



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
Τμήμα μηχανολόγων μηχανικών

Πτυχιακή εργασία

Τίτλος : Σχεδιομελέτη μηχανισμού  
ανύψωσης πυλώνα ανεμογεννήτριας ύψους  
12 μέτρων.

Θέμα : Σχεδιάζεται μηχανισμός ανύψωσης  
πυλώνα ανεμογεννήτριας ύψους 12 μέτρων που  
βρίσκεται στο εργαστήριο αιολικής ενέργειας του  
Μεσογειακού πανεπιστημίου. Αναλυτικότερα,  
σχεδιάζεται και μελετάται η δημιουργία ενός  
βραχίονα από υλικά που υπάρχουν στο  
εργαστήριο, η εύρεση μηχανικού εργατή  
κατάλληλων προδιαγραφών καθώς και η αρμονική  
διάταξη τοποθέτησης τους. Θα γίνει σχέδιο,  
μελέτη, κατασκευή και δοκιμή του μηχανισμού.

Εξάμηνο : Χειμερινό 2018-19

Ημερομηνία : 5/10/2019

Επιβλέπων καθηγητής : Χρηστάκης Δημήτριος

Σύνταξη / μελέτη : Πετράκης Εμμανουήλ



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
Abstract .....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	7
1.1 Μελέτη ισορροπίας κατασκευής.....	7
1.2 Επιλογή βιντσιού.....	13
1.3 Επιλογή μεθόδου στερέωσης στο έδαφος.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Περιγραφή κατασκευής παλάγκου.....	29
2.1 Gin pole.....	29
2.2 Συρματόσχοινο και τροχαλίες.....	32
2.3 Τύμπανο παλάγκου.....	33
2.4 Άξονας τυμπάνου.....	36
2.5 Κουζινέτο.....	38
2.6 Μειωτήρας.....	40
2.7 Λαμαρίνες πλευρικής στήριξης.....	42
2.8 Ντίζες στήριξης.....	44
2.9 Βάση εδάφους.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Κατασκευή παλάγκου.....	46
3.1 Κοπή ελασμάτων κατασκευής.....	46
3.2 Κατεργασία άξονα, κατασκευή τυμπάνου.....	49
3.3 Πλάκες συγκράτησης κατασκευής.....	54
3.4 Βάση εδάφους.....	55
3.5 Αγκύρια.....	56
3.6 Συναρμολόγηση.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Συμπεράσματα.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Βιβλιογραφία .....	61

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.

Εικόνα 1. Μηχανισμός "κιθάρας". .....	5
Εικόνα 2. Μηχανισμός συγκράτησης πυλώνα. ....	6
Εικόνα 3. Διάγραμμα ελευθέρου σώματος πλήρους κατασκευής με χρήση μεγάλου Gin pole. ....	7
Εικόνα 4. Διάγραμμα ελευθέρου σώματος πλήρους κατασκευής με χρήση μικρού Gin pole. ....	10
Εικόνα 5. Απεικόνιση φαινόμενου λυγισμού. ....	11
Εικόνα 6. Πρώτη επιλογή παλάγκου με χρήση μειωτήρα και αλυσοκίνησης. ....	13
Εικόνα 7. Δεύτερη επιλογή παλάγκου, με χρήση δύο μειωτήρων. ....	17
Εικόνα 8. Τρίτη επιλογή παλάγκου, με χρήση ενός μόνο μειωτήρα. ....	20
Εικόνα 9. Τριγωνικό αγκύριο.....	23
Εικόνα 10. Τρόπος στερέωσης τριγωνικού αγκυρίου.....	24
Εικόνα 11. Αναδιπλώμενο αγκύριο.....	26
Εικόνα 12. Σημεία στραταρίσματος αναδιπλωμένου αγκυρίου.....	26
Εικόνα 13. Μηχανισμός αγκυρίου. ....	27
Εικόνα 14. Ανάπτυξη μηχανισμού αγκυρίου. ....	28
Εικόνα 15. Διάταξη κατασκευής.....	29
Εικόνα 16. Πρώτο τμήμα Gin Pole.....	30
Εικόνα 17. Δεύτερο τμήμα Gin Pole.....	30
Εικόνα 18. Κορυφή Gin Pole, σημείο στερέωσης συρματοσχοινών Gin pole - πυλώνα και Gin pole - παλάγκου. ....	31
Εικόνα 19. Πλήρες Gin pole.....	31
Εικόνα 20. Αριστερή φλάντζα τυμπάνου. ....	33
Εικόνα 21. Δεξιά φλάντζα τυμπάνου. ....	34
Εικόνα 22. Πλήρες τύμπανο .....	34
Εικόνα 23. Πλήρες τύμπανο. ....	35
Εικόνα 24. Άξονας μηχανισμού.....	36
Εικόνα 25. Συγκόλληση πρώτου τμήματος τυμπάνου πάνω στον άξονα του μηχανισμού. ..	37
Εικόνα 26. Πλήρης συγκόλληση του τυμπάνου πάνω στον άξονα του μηχανισμού. ....	37
Εικόνα 27. Διάγραμμα ελευθέρου σώματος άξονα τυμπάνου. ....	38
Εικόνα 28. Κουζινέτο UCF 207 με ρουλεμάν UC 207 διαμέτρου 35mm.....	39
Εικόνα 29. Γωνιακός μειωτήρας NRV 090.....	40
Εικόνα 30. Αριστερή λαμαρίνα πλευρικής στήριξης.....	42
Εικόνα 31. Δεξιά λαμαρίνα πλευρικής στήριξης.....	43
Εικόνα 32. Θέση ντίζας πάνω στη κατασκευή. ....	44
Εικόνα 33. Βάση στερέωσης εδάφους για το μηχανισμό του παλάγκου.....	45
Εικόνα 34. Βάση στερέωσης εδάφους για το μηχανισμό του παλάγκου.....	45
Εικόνα 35. Διαδικασία κοπής ελασμάτων με πλάσμα.....	46
Εικόνα 36. Τοποθέτηση λαμαρινών στο σημείο αναφοράς της εργαλειομηχανής. ....	47
Εικόνα 37. Πρώτη κοπή ελασμάτων με πλάσμα σε λαμαρίνα 8mm. ....	47
Εικόνα 38. Κοπή βάσεων με πλάσμα σε λαμαρίνα 10mm. ....	48
Εικόνα 39. Πρώτη κατεργασία άξονα μηχανισμού.....	49

Εικόνα 40. Άνοιγμα αυλακώσεων για τη τοποθέτηση της σωλήνας τυμπάνου.....	50
Εικόνα 41. Καθάρισμα σκουριών στη σωλήνα του τυμπάνου. ....	50
Εικόνα 42. Εσωτερική τόννευση τυμπάνου για τη δημιουργία της κατάλληλης διαμέτρου. ....	51
Εικόνα 43. Συγκόλληση τυμπάνου πάνω στον άξονα και τελική τόννευση διαβαθμίσεων. Τόννευση ελασμάτων τυμπάνου (καθαρισμός) . ....	52
Εικόνα 44. Άνοιγμα σφηναύλακα στον άξονα. ....	53
Εικόνα 45. Τελική εικόνα τυμπάνου. ....	53
Εικόνα 46. Βαφή πλευρικών ελασμάτων με αστάρι. ....	54
Εικόνα 47. Βαφή με τελικό χρώμα κατασκευής. Τελική εικόνα πλευρικών ελασμάτων. ....	54
Εικόνα 48. Βάση εδάφους.....	55
Εικόνα 49. Βάση εδάφους.....	55
Εικόνα 50. Τελική εικόνα αγκυρίου. ....	56
Εικόνα 51. Πρώτη φάση συναρμολόγησης.....	57
Εικόνα 52. Δεύτερη φάση συναρμολόγησης. ....	58
Εικόνα 53. Τρίτη φάση συναρμολόγησης.....	59
Εικόνα 54. Τελική εικόνα βιντσιού, μετά από πλήρη συναρμολόγηση.....	59

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η κατασκευή μηχανισμού ανύψωσης του πειραματικού πυλώνα ανεμογεννήτριας που βρίσκεται στο Μεσογειακό Πανεπιστήμιο.

Παράλληλα περιγράφεται βήμα προς βήμα η διαδικασία επιλογής των βασικών στοιχείων που απαρτίζουν το μηχανισμό, ο σχεδιασμός κάθε τμήματος της κατασκευής σε τρισδιάστατο μοντέλο και τέλος η κατασκευή και συναρμολόγηση του τελικού προϊόντος.

Έμμεσος σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διατριβή πάνω στην αγορά μηχανολογικού εξοπλισμού και την εξοικείωση με το τρόπο που λειτουργεί. Επιπλέον, δίνει έμφαση πάνω στο σφάλμα που υπάρχει μεταξύ του τρισδιάστατου μοντέλου και το τελικό προϊόν που μπορεί να κατασκευαστεί σε ένα συμβατικό μηχανουργείο.

### Abstract

This treatise showcases the design and construction of the raising mechanism of the experimental wind turbine pillar located in the Greek Mediterranean University. It also describes, step by step, the selection process of the basic elements that constitute the mechanism, the design of each part of the construction in a 3d model and lastly, its assemblance into the final product.

The (indirect) aim of this paper is the dissertation on the mechanical equipment market and the familiarization with the way it's operated. In addition, it emphasizes on the errors there are between the 3d model and the final product that can be constructed in a conventional machine shop.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Μεσογειακό Πανεπιστήμιο υπάρχει ένας πυλώνας δώδεκα μέτρων που εξυπηρετεί τον πειραματισμό διάφορων πτερωτών. Το ύψος του όμως, αλλά και η γεωμετρία του χωροδικτυώματός του δεν επιτρέπει την εύκολη και ασφαλή πρόσβαση στην κορυφή του πυλώνα σε περίπτωση τοποθέτησης, συντήρησης ή αλλαγής της πτερωτής του. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη κατασκευής ενός μηχανισμού που θα μπορούσε να ρίξει το πυλώνα όσο γίνεται χαμηλότερα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση στη κορυφή του απ' το έδαφος.

Τον Ιούλιο του 2009, ο φοιτητής Αμοιράλης Φίλιππος ανέλαβε τη κατασκευή ενός μηχανισμού ανύψωσης του πυλώνα. Όπως παρουσιάζεται στην αναφορά του χρησιμοποιήθηκε σύστημα ελκυστικού μηχανήματος (κιθάρα). Η κατασκευή έγινε όπως εμφανίζεται στις κάτωθεν εικόνες.



Εικόνα 1. Μηχανισμός "κιθάρας".



*Εικόνα 2. Μηχανισμός συγκράτησης πυλώνα.*

Ο μηχανισμός αυτός κατάφερε να ανυψώσει το χωροδικτύωμα με χρόνο ανύψωσης περίπου 25 λεπτά, αλλά το σημαντικότερο ήταν ότι χρειαζόταν ανθρώπινα χέρια για να λειτουργούν για 25 λεπτά συνεχόμενα το μηχανισμό της κιθάρας. Εξαιρετικά σημαντικό είναι το γεγονός ότι για τη λειτουργία του μηχανισμού απαιτούταν δυνάμεις μεγαλύτερες των 7 τόνων για την ανύψωση οι οποίες εφαρμοζόταν πάρα πολύ κοντά στο χειριστή της κατασκευής.

Συνοψίζοντας, όπως αναφέρεται και στην αναφορά του Κ. Αμοιράλη, ο δεδομένος μηχανισμός ήταν μια αξιόπιστη, φτηνή αλλά και άμεσα διαθέσιμη λύση για την ανύψωση του πυλώνα καθώς η κιθάρα ήταν διαθέσιμη στο εργαστήριο και το κόστος των υπολοίπων κομματιών δε ξεπέρασε τα 200 ευρώ. Βέβαια λόγω της αυξημένης ανθρώπινης προσπάθειας που καταβλήθηκε κατά την ανύψωση του πυλώνα και τις μεγάλες δυνάμεις που απαιτούταν, ήρθε στο προσκήνιο η ιδέα να κατασκευαστεί ένας μηχανισμός που θα είχε μικρότερη απαίτηση δύναμης κατά την ανύψωση και τον ελάχιστο δυνατό κόπο από το χειριστή της.

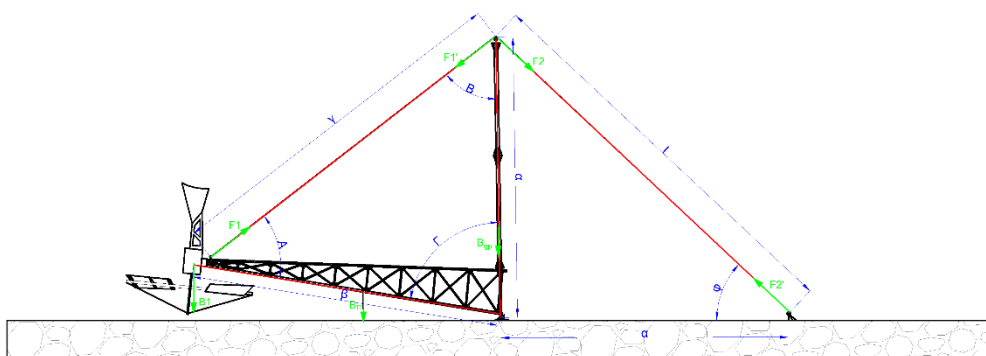
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 Μελέτη ισορροπίας κατασκευής.

Μελετώνται οι δυνάμεις που ασκούνται στη κατασκευή για την εύρεση της δύναμης που θα απαιτηθεί να ασκήσει το βίντσι.

Έγινε επίλυση δυνάμεων για τη περίπτωση που τοποθετούνταν gin pole ύψους 10,81 μέτρων αποτελούμενο από 2 σωλήνες αλουμίνιου και το σιδερένιο δοκό και έπειτα για τη περίπτωση που ήταν 6,58 μέτρα με ένα σωλήνα αλουμίνιου και το σιδερένιο δοκό.

**Για μακρύ Gin pole:**



Εικόνα 3. Διάγραμμα ελεύθερου σώματος πλήρους κατασκευής με χρήση μεγάλου Gin pole.

Από νόμο συνημίτονων βρέθηκε η πλευρά  $\gamma$ ,

$$\gamma^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos 80^\circ$$

$$\gamma^2 = 11,92^2 + 10,81^2 - 2 \cdot 11,92 \cdot 10,81 \cdot \cos 80^\circ$$

$$\gamma^2 = 142,0864 + 117,8561 - 257,7104 \cdot 0,173648$$

$$\gamma^2 = 209,1916$$

$$\sqrt{\gamma} = \sqrt{209,1916}$$

$$\gamma = 14,463m$$

Από νόμο ημιτόνων βρέθηκε η γωνία  $B$ ,

$$\frac{\beta}{\eta\mu B} = \frac{\gamma}{\eta\mu\Gamma}$$

$$\eta\mu B = \frac{11,92 \cdot \eta\mu\Gamma}{14,463}$$

$$B = 54,257^\circ$$



Άρα και

$$A = 180 - B - \Gamma$$

$$A = 180 - 80 - 54,257$$

$$A = 45,743^\circ$$

Η ανεμογεννήτρια ισορροπεί άρα,

$$\Sigma m_o = 0$$

$$B_\pi * \frac{56 * 12}{120} * \sigma\upsilon\nu 4^\circ + B_1 * 12,5 * \sigma\upsilon\nu 4^\circ - F_1 * 10,81 * \eta\mu 45,743^\circ = 0$$

$$\frac{7355 * 5,6 * \sigma\upsilon\nu 4^\circ + 2150 * 10,81 * \sigma\upsilon\nu 4^\circ}{10,81 * \eta\mu 45,743^\circ} = F_1$$

$$F_1 = 8818 \text{ Nt}$$

Το Gin role ισορροπεί άρα,

$$\Sigma m_o = 0$$

$$B_{gp} * \frac{56 * 10,81}{108,1} * \sigma\upsilon\nu 84^\circ + F_1 * 10,81 * \eta\mu 54,257^\circ - F_2 * 10,81 * \eta\mu \left( \frac{180 - 80 - 4}{2} \right) = 0$$

$$F_2 = \frac{648,6 + 77,409,9}{8,033}$$

$$F_2 = 9717 \text{ Nt} = 991.325 \text{ kgf}$$

Χρήσιμο θα ήταν να βρεθεί και το μήκος  $l$  καθώς ορίζει το μήκος του εύκαμπτου συρματοσχοινίου που θα απαιτηθεί.

$$l^2 = L_{gp} + L_{gp} - 2L_{gp} * L_{gp} * \sigma\upsilon\nu(180 - 80 - 4)$$

$$l^2 = 10.81^2 + 10.81^2 - 2 * 10.81 * 10.81 * \sigma\upsilon\nu 96$$

$$l = \sqrt{233.712 - 2 * 233.712 * \sigma\upsilon\nu 96}$$

$$l = 15.89\text{m}$$

Έπρεπε να εξεταστεί η πιθανότητα λυγισμού του gin role στο κρίσιμο σημείο, όταν δηλαδή έχει αρχίσει μόλις να ανυψώνεται η ανεμογεννήτρια, το gin role δέχεται τις εξής δυνάμεις :

Όπου,

$$\sigma_{\nu}54,3^{\circ} = \frac{F_{1x}}{F_1}$$

$$F_{1x} = \sigma_{\nu}54,3^{\circ} * F_1 = 5258 \text{ Nt}$$

$$\sigma_{\nu}42 = \frac{F_{2x}}{F_2}$$

$$F_{2x} = \sigma_{\nu}42^{\circ} * F_2 = 7221 \text{ Nt}$$

Τελικά

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = 5258 + 7221 = 12479 \text{ Nt}$$

*F<sub>x</sub> είναι η συνιστάμενη δύναμη των δυο συρματόσχοινων η οποία ευθύνεται για τον πιθανό λυγισμό.*

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2}$$

Για το χαλύβδινο μέρος,

$$P_{cr_1} = \frac{\pi^2 * E_X * I_1}{L_1^2}$$

$$P_{cr_1} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^5 * (\frac{B^4 - \beta^4}{12})}{(2 * 10^3)^2}$$

$$P_{cr_1} = 4552 * 10^3 \text{ Nt}$$

Ομοίως για το αλουμινένιο μέρος,

$$P_{cr_2} = \frac{\pi^2 * E_A * I_2}{L_2^2}$$

$$P_{cr_1} = \frac{\pi^2 * 69 * 10^3 * \pi * (\frac{141^4 - 125^4}{64})}{(9 * 10^3)^2}$$

$$P_{cr_1} = 62 * 10^3 \text{ Nt}$$

Άρα και τα 2 μέρη του gin role ξεχωριστά αντέχουν σε λογισμό.

Παράλληλα εξετάστηκε το πλήρες μήκος του gin role με το μέτρο ελαστικότητας του αλουμινίου, που είναι και το χαμηλότερο.

$$P_{cr_2} = \frac{\pi^2 * E_A * I_2}{L_2^2}$$

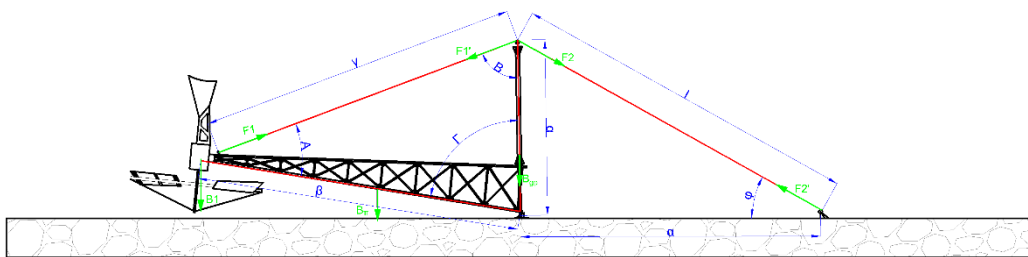
$$Pcr_1 = \frac{\pi^2 * 69 * 10^3 * \pi * \left(\frac{141^4 - 125^4}{64}\right)}{(11 * 10^3)^2}$$

$$Pcr_1 = 41,535 * 10^3 \text{ Nt} > 12,479 * 10^3$$

Άρα αντέχει και το σύνολο των gin pole σε λυγισμό.

### Για κοντότερο Gin pole :

Για να την εύρεση της δύναμης που απαιτείται για την ανύψωση του δικτυώματος του πυλώνα της ανεμογεννήτριας, αναλύεται η γεωμετρία ως εξής:



Εικόνα 4. Διάγραμμα ελευθέρου σώματος πλήρους κατασκευής με χρήση μικρού Gin pole.

Αρχικά επιλύεται νόμος συνημίτονων για την εύρεση της Γ πλευράς του τριγώνου.

$$\Gamma^2 = A^2 + B^2 - 2 * A * B * \sigma\upsilon\nu\gamma$$

$$\Gamma^2 = 11,92^2 + 6,58^2 - 2 * 11,92 * 6,58 * \sigma\upsilon\nu 80$$

$$\Gamma = 12,58\text{m}$$

Στη συνέχεια επιλύεται νόμος ημίτονων για την εύρεση των β και α γωνιών.

$$\frac{B}{\eta\mu\beta} = \frac{\Gamma}{\eta\mu\gamma}$$

$$\eta\mu\beta = \frac{\eta\mu\gamma * B}{\Gamma}$$

$$\eta\mu\beta = \frac{\eta\mu 80 * 11,92}{12,58}$$

$$\beta = 69^\circ$$

Άρα,

$$\alpha = 180 - \beta - \gamma$$

$$\alpha = 180 - 69 - 80$$

$$\alpha = 31^\circ$$

Η ανεμογεννήτρια ισορροπεί άρα,

$$\Sigma m_o = 0$$

$$B_\pi * \frac{56 * 12}{120} * \sigma\upsilon\nu 4^\circ + B_1 * 12,5 * \sigma\upsilon\nu 4^\circ - F_1 * 6,58 * \eta\mu 31 = 0$$

$$\frac{7355 * 5,6 * \sigma\upsilon\nu 4^\circ + 2150 * 12,5 * \sigma\upsilon\nu 4^\circ}{6,58 * \eta\mu 31} = F_1$$

$$F_1 = 20034 \text{ Nt}$$

Το Gjn pole ισορροπεί άρα,

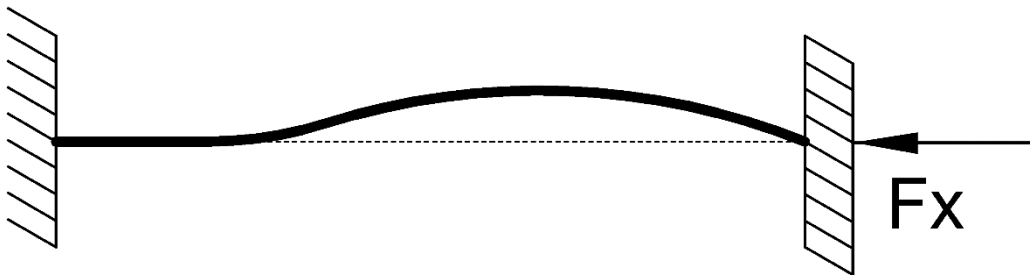
$$\Sigma m_o = 0$$

$$B_{gp} * \frac{56 * 12}{120} * \sigma\upsilon\nu 84^\circ + F_1 * 6,58 * \eta\mu 69^\circ - F_2 * 6,58 * \eta\mu \left( \frac{180 - 80 - 4}{2} \right) = 0$$

$$F_2 = \frac{243 + 123068}{7,233}$$

$$F_2 = 25217 \text{ Nt} = 2570 \text{ kgf}$$

Έπρεπε να εξεταστεί η πιθανότητα λυγισμού του gjn pole στο κρίσιμο σημείο, όταν δηλαδή έχει αρχίσει μόλις να ανυψώνεται η ανεμογεννήτρια, το gjn pole δέχεται τις εξής δυνάμεις :



Εικόνα 5. Απεικόνιση φαινόμενου λυγισμού.

Όπου,

$$\sigma\upsilon\nu 69^\circ = \frac{F_{1x}}{F_1}$$

$$F_{1x} = \sigma\upsilon\nu 69^\circ * F_1 = 7179 \text{ Nt}$$

$$\sigma\upsilon\nu 31^\circ = \frac{F_{2x}}{F_2}$$

$$F_{2x} = \sigma \nu 31^\circ * F_2 = 18801 \text{ Nt}$$

Τελικά

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = 7179 + 18801 = 25980 \text{ Nt}$$

$F_x$  είναι η συνιστάμενη δύναμη των δυο συρματόσχοινων η οποία ευθύνεται για τον πιθανό λυγισμό.

$$Pcr = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2}$$

Για το χαλύβδινο μέρος,

$$Pcr_1 = \frac{\pi^2 * E_X * I_1}{L_1^2}$$

$$Pcr_1 = \frac{\pi^2 * 2 * 10^5 * \left(\frac{B^4 - \beta^4}{12}\right)}{(2 * 10^3)^2}$$

$$Pcr_1 = 4552 * 10^3 \text{ Nt}$$

Ομοίως για το αλουμινένιο μέρος,

$$Pcr_2 = \frac{\pi^2 * E_A * I_2}{L_2^2}$$

$$Pcr_1 = \frac{\pi^2 * 69 * 10^3 * \pi * \left(\frac{141^4 - 125^4}{64}\right)}{(4.5 * 10^3)^2}$$

$$Pcr_1 = 248 * 10^3 \text{ Nt}$$

Άρα και τα 2 μέρη του gin role ξεχωριστά αντέχουν σε λυγισμό.

Παράλληλα εξετάστηκε το πλήρες μήκος του gin role με το μέτρο ελαστικότητας του αλουμινίου, που είναι και το χαμηλότερο.

$$Pcr_2 = \frac{\pi^2 * E_A * I_2}{L_2^2}$$

$$Pcr_1 = \frac{\pi^2 * 69 * 10^3 * \pi * \left(\frac{141^4 - 125^4}{64}\right)}{(6,58 * 10^3)^2}$$

$$Pcr_1 = 116,61 * 10^3 \text{ Nt} > 25980 * 10^3 \text{ Nt}$$

Άρα αντέχει και το σύνολο των gin role σε λυγισμό.

Είναι ξεκάθαρο πως με χρήση κοντύτερου gin role σχεδόν τριπλασιάζεται το κρίσιμο φορτίο λογισμού. Παρόλα αυτά, επιλέχθηκε το μακρύτερο gin role αφού απαιτούσε πολύ μικρότερα φορτία στα υπόλοιπα μέρη της κατασκευής.

## 1.2 Επιλογή βιντσιού.

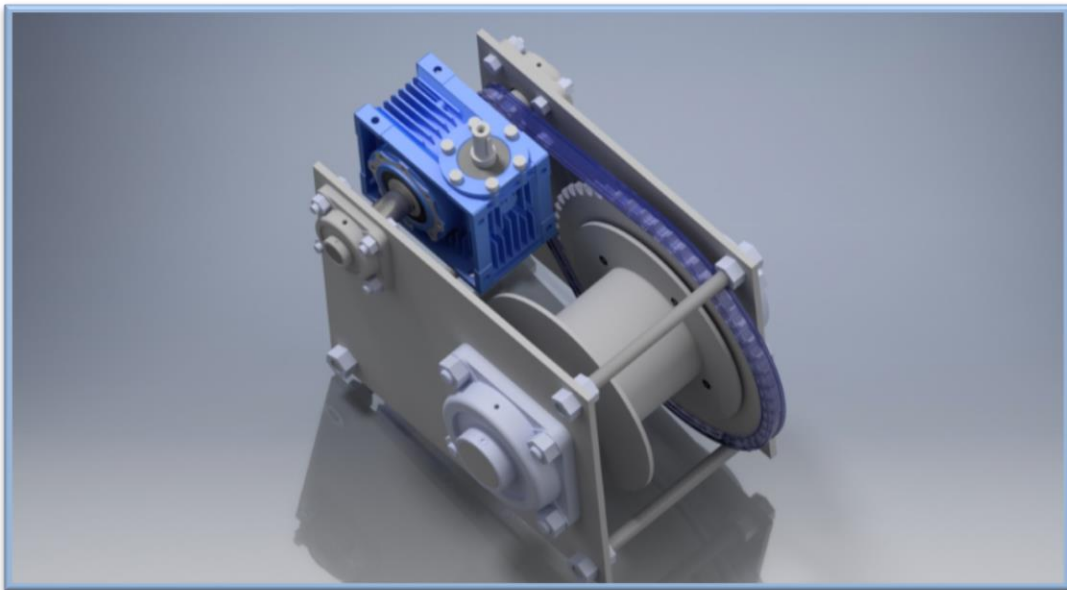
Για την αποπεράτωση της κατασκευής μελετήθηκαν τρεις πιθανές λύσεις .

- Γωνιακός μειωτήρας μεσαίου μεγέθους συνεργαζόμενος με αλυσοκίνηση
- Ζεύγος γωνιακών μειωτήρων σε σειρά επι του άξονα του τυμπάνου
- Γωνιακός μειωτήρας μεγάλου μεγέθους επι του άξονα του τυμπάνου

Δεδομένα της κατασκευής ήταν .

- Ροπή εξόδου του κινητήρα έως 70 Nm
- Στροφές εξόδου του κινητήρα 130-275 rpm
- Απαιτούμενο φορτίο 20 kN (Συντελεστής ασφάλειας  $S=2$ )
- Ο μηχανισμός να είναι φορητός
- Να σηκώνεται ευκολά από 2 άτομα.

### Λύση 1



Εικόνα 6. Πρώτη επιλογή παλάγκου με χρήση μειωτήρα και αλυσοκίνησης.

Ο εξοπλισμός που χρειάζεται αυτή η λύση είναι :

- Γωνιακός μειωτήρας τυποποίησης NRV 050 ( $i = 20$ ) Με μέγιστη ροπή στην άτρακτο εξόδου 105Nm
- Αλυσοκίνηση τυποποίησης 10B-1 με  $Z_1 = 50$   $Z_2 = 10$  ( $i = 10$ )
- 2 κουζινέτα για τον κάθε άξονα
- 3 τροχαλίες ώστε να υποτριπλασιαστεί το απαιτούμενο φορτίο.

Άρα η ροπή που πρέπει να υπερνικήσει η κατασκευή είναι :

$$M_1 = F * r_1$$

$$M_1 = \frac{F}{3} * r_1$$

$$M_1 = \frac{19434}{3} * 0.08$$

$$M_1 = 496 \text{ Nm}$$

Τη ροπή αυτή τη παραλαμβάνει το μεγάλο γρανάζι της αλυσίδας ( $Z_1 = 50$ ) και τη μεταφέρει στο μικρό ( $Z_2 = 10$ ).

Άρα στον άξονα του μικρού γραναζιού αναπτύσσεται ροπή ίση με :

$$M_2 = \frac{M_1}{5}$$

$$M_2 = \frac{496}{5}$$

$$M_2 = 100 \text{ Nm}$$

Τη ροπή αυτή ( $M_2$ ) τη παραλαμβάνει ο γωνιακός μειωτήρας ( $i=20$ ) ο οποίος μειώνει αρκετά τη ροπή για να τη παραλάβει ο άξονας του κινητήρα.

Άρα στον άξονα του κινητήρα αναπτύσσεται ροπή ίση με :

$$M_3 = \frac{M_2}{20}$$

$$M_3 = \frac{100}{20}$$

$$M_3 = 5 \text{ Nm}$$

Συνολική σχέση μετάδοσης μειωτήρα και αλυσοκίνησης  $5*20 = 100$  . Άρα για κάθε 100 περιστροφές του κινητήρα θα γινόταν μια περιστροφή του τυμπάνου.

Είναι φανερό ότι η συγκεκριμένη μείωση έχει αρκετά μικρότερη απαίτηση ροπής στον άξονα εισόδου του μειωτήρα απ' την ονομαστική ροπή του κινητήρα. Ο λόγος που δημιουργείται αυτή η μεγάλη μείωση στροφών είναι ότι η μέγιστη ροπή που μπορεί να δεχτεί ο μειωτήρας είναι υποπενταπλάσια απ' τη ροπή που χρειάζεται για τη περιστροφή του τυμπάνου, το οποίο πρόβλημα λύθηκε με την προσθήκη της αλυσοκίνησης με ( $i=5$ ) .

### Υπολογισμός ελάχιστης διαμέτρου κινητήριου γραναζιού αλυσοκίνησης .

Από το Βιβλίο Στοιχεία μηχανών Π' Γρακούςση υπολογίστηκε η ελάχιστη διάμετρος του κινητήριου γραναζιού ως εξής.

Επιλέχθηκε αλυσίδα απ' τον πίνακα (X) τύπου 10B με όριο θραύσης 20 kN.

Έπειτα απ' το τύπο

$$F = \frac{2T}{D}$$

Με συντελεστή ασφαλείας 4,

$$D = \frac{2 * 120 * 4}{20 * 10^3}$$

$$D = \frac{240 * 4}{20 * 10^3}$$

$$D = D_{min} = 48 \text{ mm}$$

Εύρεση διαμέτρου των αξόνων

Για τη κατασκευή του μηχανισμού θα χρησιμοποιηθεί μολυβδούχος χάλυβας με αντοχή σε εφελκυσμό  $45 \text{ Kg/mm}^2$  και σε διάτμηση  $147 \text{ N/mm}^2$ . Ο αργός άξονας του μειωτήρα έχει διατομή 25mm οπότε θα εξεταστεί αν είναι κατάλληλος ο μολυβδούχος χάλυβας του εργαστηρίου ή απαιτείται η αγορά διαφορετικού υλικού. Το ίδιο θα γίνει και για το γρήγορο άξονα του μειωτήρα. Αντίθετα για τον άξονα του τυμπάνου, θα βρεθεί η ελάχιστη απαιτούμενη διάμετρος.

Για τον γρήγορο άξονα του μειωτήρα:

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_3}{\pi * D_3^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{16 * 5 * 1000}{\pi * 14^3}$$

$$\tau_{max} = 9.16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 147 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Άρα ο γρήγορος άξονας του μειωτήρα αντέχει στη ροπή.

Για τον αργό άξονα του μειωτήρα:

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_2}{\pi * D_2^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{16 * 100 * 1000}{\pi * 25^3}$$

$$\tau_{max} = 33,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 147 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Άρα ο αργός άξονας του μειωτήρα αντέχει στη ροπή.

Για τον άξονα του τυμπάνου (Προστέθηκε επιπλέον συντελεστής ασφαλείας 2 στην αντοχή διάτμησης του υλικού):

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_1}{\pi * D_1^3}$$
$$D_1^3 = \frac{16 * M_1}{\pi * \tau_{max}}$$
$$D_1^3 = \frac{16 * 496 * 1000}{\pi * 70}$$
$$D_1 \geq 33,6 \text{ mm}$$

Επιλέγεται άξονας 40mm για να ανοιχτούν οι κατάλληλες σφήνες της αλυσοκίνησης και να υπάρχει φτηνότερο τυποποιημένο κουζινέτο.

Σημαντική σημείωση είναι ότι αυτή η λύση επιτρέπει στη κατασκευή να μπορεί να λειτουργήσει με κάποιο κινητήρα πολύ χαμηλότερης ροπής αλλά περισσότερων στροφών που είναι αρκετά φτηνότερος, ή ακόμη και χειροκίνητα.

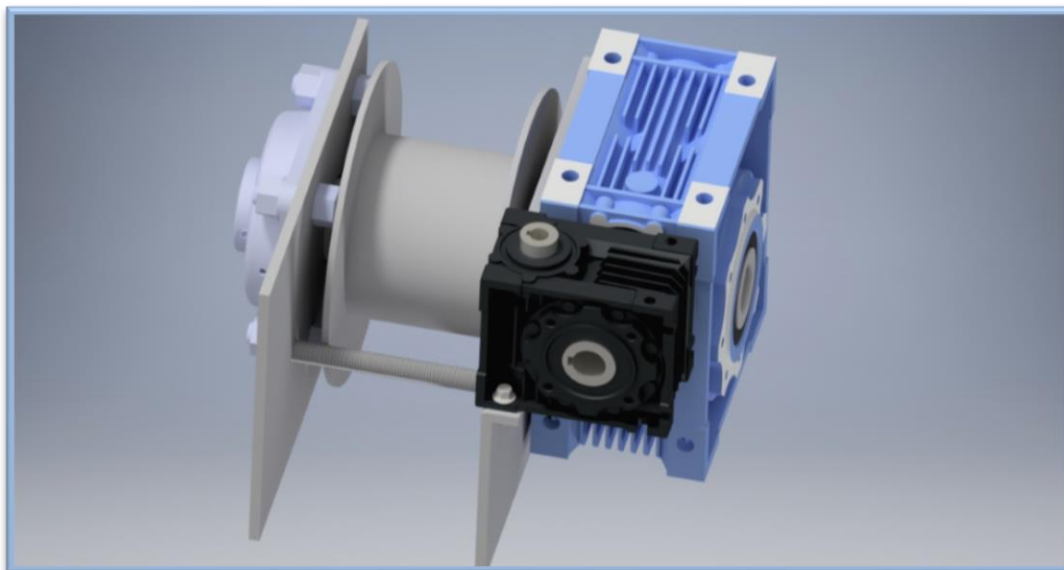
Για την υλοποίηση της λύσης αυτής απαιτούνται τα εξής κομμάτια . Ο μειωτήρας ατέρμονα κοχλία NRV 050, δυο κουζινέτα Φ25 ,δυο κουζινέτα Φ45 , άξονας εξόδου του μειωτήρα , άξονας τυμπάνου , τύμπανο , δυο γρανάζια 10B-1 ,αλυσίδα 10B-1 , τέσσερεις ντίζες M16 και οι δυο πλευρικές λαμαρίνες συγκράτησης του μηχανισμού.

Άρα το κόστος αυτής της κατασκευής ,χωρίς τις απαιτούμενες εργατοώρες καθώς οι απαραίτητες μηχανουργικές κατεργασίες και η συναρμολόγηση θα γίνει από το προσωπικό του εργαστήριου, είναι το εξής:

Αντικείμενο	Κόστος (€)	Ποσότητα (τμχ.)	Σύνολο (€)
Μειωτήρας NRV 050	50	1	50
Κουζινέτο Φ25	10	2	20
Κουζινέτο Φ45	15	2	30
Άξονας εξόδου μειωτήρα	30	1	30
Άξονας τυμπάνου	45	1	45
Τύμπανο	40	1	40
Γρανάζια	80	1	80
Αλυσίδα	-	-	-
Ντίζα 1μ	13	2	26
Λαμαρίνα στήριξης	20	2	40
			<b>361</b>

Οι τιμές αυτές είναι οι χαμηλότερες που βρέθηκαν. Αυτό σημαίνει ότι για να αγοραστούν τα συγκεκριμένα προϊόντα θα χρειαστεί να επισκεφτούν περισσότερα από ένα μαγαζιά. Κατά τη διάρκεια της έρευνας αγοράς που πραγματοποιήθηκε , βρέθηκε μια διαφορά της τάξης 15 με 20% αν γινόταν η αγορά από ένα μόνο κατάστημα.

## Λύση 2



Εικόνα 7. Δεύτερη επιλογή παλάγκου, με χρήση δύο μειωτήρων.

Ο εξοπλισμός που χρειάζεται αυτή η λύση είναι :

- Γωνιακός μειωτήρας τυποποίησης NRV 110 ( $i = 10$ ) Με μέγιστη ροπή στην άτρακτο εξόδου 851Nm
- Γωνιακός μειωτήρας τυποποίησης NRV 050 ( $i = 15$ ) Με μέγιστη ροπή στην άτρακτο εξόδου 100Nm
- 1 κουζινέτο στην άλλη μεριά του άξονα του τυμπάνου.
- Μια τροχαλία για να υποδιπλασιαστεί το απαιτούμενο φορτίο.

Η ροπή που πρέπει να υπερνικήσει η κατασκευή είναι :

$$M_1 = F * r_1$$

$$M_1 = \frac{F}{2} * r_1$$

$$M_1 = \frac{19434}{2} * 0.08$$

$$M_1 = 744 \text{ Nm}$$

Τη ροπή αυτή τη παραλαμβάνει ο άξονας του πρώτου μειωτήρα ( NRV 110 ) με σχέση μετάδοσης  $i = 10$ . Στην έξοδο του πρώτου μειωτήρα η ροπή είναι ίση με:

$$M_2 = \frac{M_1}{10}$$

$$M_2 = \frac{744}{10}$$

$$M_2 = 74,4 \text{ Nm}$$

Τη ροπή αυτή ( $M_2$ ) τη παραλαμβάνει ο δεύτερος γωνιακός μειωτήρας NRV 050 ( $i=15$ ). Άρα η ροπή που απαιτείται μετά απ' τη μείωση του δευτέρου μειωτήρα είναι:

$$M_3 = \frac{M_2}{15}$$

$$M_3 = \frac{74,4}{15}$$

$$M_3 = 5 Nm$$

Συνολική σχέση μετάδοσης των δυο μειωτήρων  $10 \cdot 15 = 150$ . Άρα για κάθε 150 περιστροφές του κινητήρα θα γινόταν μια περιστροφή του τυμπάνου.

Για τη κατασκευή του μηχανισμού θα χρησιμοποιηθεί μολυβδούχος χάλυβας με αντοχή σε εφελκυσμό  $45 \text{Kg/mm}^2$  και σε διάτμηση  $147 \text{N/mm}^2$ . Ο αργός άξονας του πρώτου μειωτήρα έχει διατομή  $14 \text{mm}$  οπότε θα εξεταστεί αν είναι κατάλληλος ο μολυβδούχος χάλυβας του εργαστηρίου ή απαιτείται η αγορά διαφορετικού υλικού. Το ίδιο θα γίνει και για τον ενδιάμεσο άξονα που συνδέει τους δυο μειωτήρες με διάμετρο  $25 \text{mm}$  και για τον άξονα του τυμπάνου με διατομή  $42 \text{mm}$ .

Για τον γρήγορο άξονα του μειωτήρα:

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_3}{\pi * D_3^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{16 * 5 * 1000}{\pi * 14^3}$$

$$\tau_{max} = 9.16 \frac{N}{\text{mm}^2} < 147 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Άρα ο γρήγορος άξονας του πρώτου μειωτήρα αντέχει στη ροπή.

Για τον αργό άξονα του μειωτήρα:

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_2}{\pi * D_2^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{16 * 74,4 * 1000}{\pi * 25^3}$$

$$\tau_{max} = 25.1 \frac{N}{\text{mm}^2} < 147 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Άρα ο αργός άξονας του μειωτήρα αντέχει στη ροπή.

Για τον άξονα του τυμπάνου :

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_1}{\pi * D_1^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{16 * 744 * 1000}{\pi * 43^3}$$

$$\tau_{max} = 50 \frac{N}{mm^2} < 147 \frac{N}{mm^2}$$

Άρα αντέχει.

Είναι φανερό ότι και σε αυτή τη λύση η μείωση έχει αρκετά μικρότερη απαίτηση ροπής στον άξονα του μειωτήρα απ' την ονομαστική ροπή του κινητήρα. Ο λόγος που δημιουργήθηκε και αυτή η επιλογή είναι για να υπάρχει μια διαφορετική επιλογή για την ίδια απαίτηση ροπής με τη Λύση 1 .

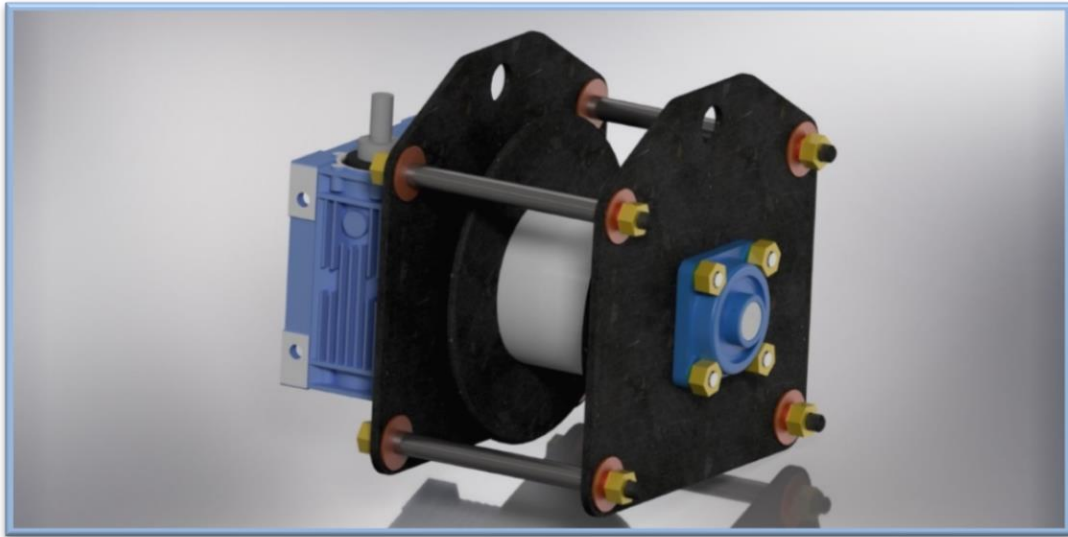
Σημαντική σημείωση είναι ότι και αυτή η λύση επιτρέπει στη κατασκευή να μπορεί να λειτουργήσει με κάποιο κινητήρα πολύ χαμηλότερης ροπής αλλά περισσότερων στροφών, ή ακόμη και χειροκίνητα.

Για την υλοποίηση αυτής της λύσης απαιτούνται τα εξής κομμάτια. Ένας γωνιακός μειωτήρας ατέρμονα κοχλία NRV 090 , ένας γωνιακός μειωτήρας ατέρμονα κοχλία NRV 050, ένα κουζινέτο Φ35 , το τύμπανο με τον άξονα του, τέσσερις ντίζες M16 και οι δυο λαμαρίνες συγκράτησης της κατασκευής.

Αντικείμενο	Κόστος (€)	Ποσότητα (τμχ.)	Σύνολο (€)
Μειωτήρας NRV 050	50	1	50
Μειωτήρας NRV 090	165	1	165
Κουζινέτο Φ35	10	2	16
Άξονας τυμπάνου	45	1	45
Τύμπανο	40	1	40
Ντίζα 1μ	13	2	26
Λαμαρίνα στήριξης	20	2	40
			<b>382</b>

Και εδώ οι τιμές αυτές είναι μετά από έρευνα αγοράς σε διαφορά καταστήματα. Στη συγκεκριμένη λύση το να αγοραστούν όλα από ένα κατάστημα θα κόστιζε 8-10% επιπλέον. Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως σε αυτή τη τιμή δεν έχουν προστεθεί εργατοώρες των μηχανουργών για τις απαραίτητες κατεργασίες.

### Λύση 3



Εικόνα 8. Τρίτη επιλογή παλάγκου, με χρήση ενός μόνο μειωτήρα.

Ο εξοπλισμός που χρειάζεται αυτή η λύση είναι :

- Γωνιακός μειωτήρας τυποποίησης NRV 090 ( $i = 20$ ) Με μέγιστη ροπή στην άτρακτο εξόδου 520Nm
- 1 κουζινέτο στην άλλη μεριά του άξονα του τυμπάνου .
- 2 τροχαλίες ώστε να υποτριπλασιαστεί το απαιτούμενο φορτίο.

Άρα η ροπή που πρέπει να υπερνικήσει η κατασκευή είναι :

$$M_1 = F * r_1$$

$$M_1 = \frac{F}{3} * r_1$$

$$M_1 = \frac{19434}{3} * 0.07$$

$$M_1 = 496 \text{ Nm}$$

Τη ροπή αυτή τη παραλαμβάνει ο άξονας του μειωτήρα ( NRV 090 ) με σχέση μετάδοσης  $i = 20$ . Στην έξοδο του μειωτήρα η ροπή είναι ίση με:

$$M_2 = \frac{M_1}{20}$$

$$M_2 = \frac{518}{20}$$

$$M_2 = 25 \text{ Nm}$$

Ροπή που είναι επιτρεπτό να παραλάβει κατευθείαν ο κινητήρας.

Συνολική σχέση μετάδοσης  $i = 20$ . Άρα για κάθε 20 περιστροφές του κινητήρα θα γινόταν μια περιστροφή του τυμπάνου.

Για τη κατασκευή του μηχανισμού θα χρησιμοποιηθεί μολυβδούχος χάλυβας με αντοχή σε εφελκυσμό  $45\text{Kg/mm}^2$  και σε διάτμηση  $147\text{N/mm}^2$ . Ο αργός άξονας του μειωτήρα έχει διατομή  $25\text{mm}$  οπότε θα εξεταστεί αν είναι κατάλληλος ο μολυβδούχος χάλυβας του εργαστηρίου ή απαιτείται η αγορά διαφορετικού υλικού. Το ίδιο θα γίνει και για τον άξονα του τυμπάνου με διατομή  $35\text{mm}$ .

Για τον γρήγορο άξονα του μειωτήρα:

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_2}{\pi * D_2^3}$$
$$\tau_{max} = \frac{16 * 25 * 1000}{\pi * 25^3}$$
$$\tau_{max} = 8,45 \frac{N}{\text{mm}^2} < 147 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Άρα ο γρήγορος άξονας του μειωτήρα αντέχει στη ροπή.

Για τον αργό άξονα του μειωτήρα:

$$\tau_{max} = \frac{16 * M_1}{\pi * D_1^3}$$
$$\tau_{max} = \frac{16 * 496 * 1000}{\pi * 35^3}$$
$$\tau_{max} = 61,56 \frac{N}{\text{mm}^2} < 147 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Η λύση αυτή μειώνει σημαντικά το κόστος της κατασκευής και αυξάνει δραστικά τη γωνιακή ταχύτητα λειτουργίας του άξονα του τυμπάνου. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι με αυτή τη λύση χάνεται η επιλογή λειτουργίας της κατασκευής με κάποιο κινητήρα χαμηλότερης ροπής, ή χειροκίνητα.

Για την υλοποίηση αυτής της λύσης απαιτούνται τα εξής κομμάτια. Ένας γωνιακός μειωτήρας ατέρμονα κοχλία NRV 090, ένα κουζινέτο Φ35, το τύμπανο με τον άξονα του, τέσσερεις ντίζες M16 και οι δυο λαμαρίνες συγκράτησης της κατασκευής.

Αντικείμενο	Κόστος (€)	Ποσότητα (τμχ.)	Σύνολο (€)
Μειωτήρας NRV 090	165	1	165
Κουζινέτο Φ35	10	2	16
Άξονας τυμπάνου	45	1	45
Τύμπανο	40	1	40
Ντίζα 1μ	13	2	26

Λαμαρίνα στήριξης	20	2	40
			<b>332</b>

Άλλη μια φορά οι τιμές αυτές είναι μετά από έρευνα αγοράς σε διαφορά καταστήματα. Στη συγκεκριμένη λύση το να αγοραστούν όλα από ένα κατάστημα θα κόστιζε 10-15% επιπλέον. Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως και σε αυτή τη λύση δεν έχουν προστεθεί εργατοώρες των μηχανουργών για τις απαραίτητες κατεργασίες.

Κριτήρια		Λύση 1		Λύση 2		Λύση 3	
Παρατηρήσεις	Μέγιστη Βαθμολογία	Βαθμολόγηση		Βαθμολόγηση		Βαθμολόγηση	
		Απόλυτη	Σχετική	Απόλυτη	Σχετική	Απόλυτη	Σχετική
Κόστος	0,4	6	2,4	7	2,8	8	3,2
Βάρος	0,2	7	1,4	6	1,2	9	1,8
Συντήρηση	0,05	7	0,35	8	0,4	9	0,45
Ευκολία κατασκευής	0,1	5	0,5	7	0,7	8	0,8
Χειροκίνητος έλεγχος	0,1	8	0,8	8	0,8	1	0,1
Χρόνος ανύψωσης	0,15	6	0,9	6	0,9	8	1,2
Σ =	1	-	6,35	-	6,8	-	7,55
Κατάταξη	-	3		2		1	

Επιλέχθηκε η τρίτη λύση καθώς πέρα απ' ότι ήταν φανερά φτηνότερη η κατασκευή της, επέτρεπε τη ταχύτερη ανύψωση του πυλώνα παρόλο που χανόταν η δυνατότητα χρήσης κάποιου μοχλού για λειτουργία του μηχανισμού χωρίς την ανάγκη ηλεκτρικού δραπάνου.

### 1.3 Επιλογή μεθόδου στερέωσης στο έδαφος.

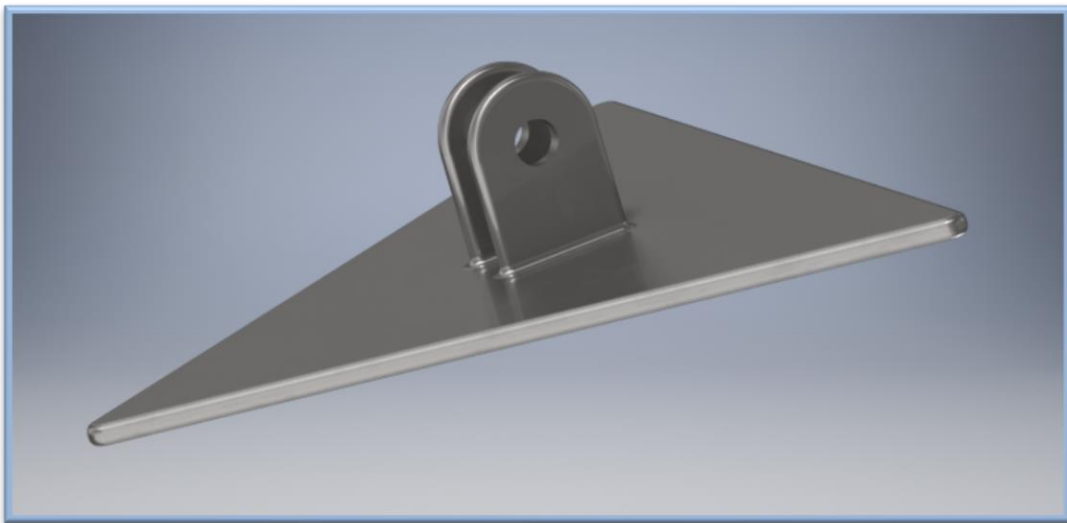
Αφού ολοκληρώθηκε η μελέτη, κατασκευή και συναρμολόγηση του μηχανισμού του βιντσιού, προέκυψε το ζήτημα της στερέωσης του στο έδαφος. Ο μέχρι τώρα τρόπος που πακτωνόταν ο μηχανισμός στο έδαφος απαιτούσε τη τοποθέτηση της κατασκευής πολύ κοντά στο πυλώνα, σε σημείο που υπήρχε θεμέλιο από μπετόν. Εκεί είχαν φυτευτεί κάποια μπουλόνια που επέτρεπαν την άμεση τοποθέτηση του μηχανισμού.

Θα έπρεπε να βρίσκεται 12 μέτρα μακριά απ' το πυλώνα, άρα προκύπτει το πρόβλημα της στερέωσης του στο έδαφος. Το δύσκολο στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν η ανάγκη εύρεσης ενός τρόπου που δε θα απαιτούσε μεγάλη χειρωνακτική εργασία, να ήταν αξιόπιστο, εύκολο στη κατασκευή και προπαντός φτηνό με χρήση απλών υλικών.

Για να βρεθεί ο βέλτιστος τρόπος αγκύρωσης του μηχανισμού στο έδαφος προτάθηκαν πάλι τρεις λύσεις.

#### Λύση 1

Η πρώτη λύση αναφέρεται σε ένα ισόπλευρο τριγωνικό αργύριο πλευράς 30cm το οποίο θα τοποθετούνταν βαθιά στο χώμα και θα θαβόταν, ώστε το βάρος του όγκου χώματος που θα το κάλυπτε να υπερνικήσει την απαιτούμενη δύναμη που θα ασκούσε το βίντσι.



Εικόνα 9. Τριγωνικό αγκύριο.

Θεωρήθηκε σωστό το αργύριο απ' τη μια μεριά να καρφωθεί στα τοιχώματα του λάκκου που ανοίχτηκε καθώς στο ακατέργαστο κομμάτι χώματος διπλασιάζεται το βάρος ανά κυβικό μέτρο χώματος.





Εικόνα 10. Τρόπος στερέωσης τριγωνικού αγκυρίου.

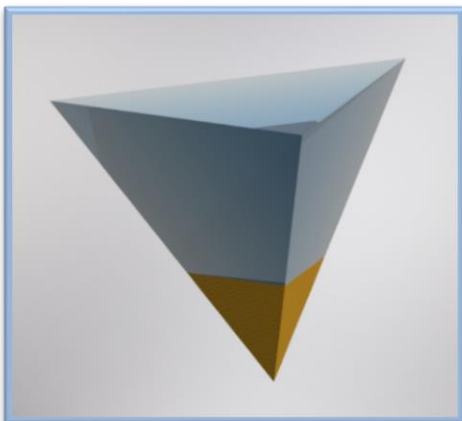
Για να βρεθεί το βάθος που πρέπει να θαφτεί το αγκύριο έγινε ο εξής συλλογισμός.

Αρχικά είναι γνωστό πως όταν τοποθετηθεί ένα αντικείμενο στο χώμα, τραβώντας το προς τα έξω ανασηκώνεται το εμβαδόν του προβεβλημένο κατά 40 μοίρες.

Άρα ο όγκος που χρειαζόταν να υπολογιστεί είναι ο όγκος μιας πυραμίδας και δίδεται απ' τον τύπο:

$$V = \frac{1}{3} * \text{Εμβαδον βασης} * \text{Υψος}$$

Γνωρίζοντας ότι το ειδικό βάρος αργλικού χώματος είναι  $18 \frac{kNt}{m^3}$ , το απαιτούμενο εμβαδόν για να σηκώσει το φορτίο των 20 kN είναι :



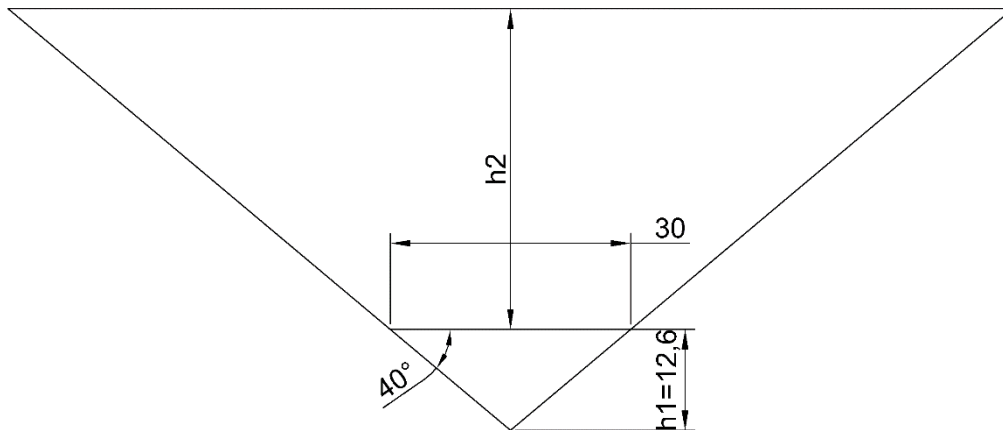
$$W(\text{βάρος}) = V(\text{όγκος}) * \gamma(\text{ειδικό βάρος})$$

$$V(\text{όγκος}) = \frac{W(\text{βάρος})}{\gamma(\text{ειδικό βάρος})}$$

$$V = \frac{20 \text{ kNt}}{18 \frac{kNt}{m^3}}$$

Άρα ο απαιτούμενος όγκος,

$$V = 1,1 \text{ m}^3$$



Το ύψος της μικρής πυραμίδας (κίτρινης) είναι 12,6 cm άρα ο όγκος της μικρής:

$$V_1 = \frac{1}{3} * \text{Εμβαδόν βάσης μικρού τριγώνου} * \text{Ύψος}$$

$$V_1 = \frac{1}{3} * \left( \text{πλευρά}^2 * \frac{\sqrt{3}}{4} \right) * \text{ύψος}$$

$$V_1 = \frac{1}{3} * \left( 0,3^2 * \frac{\sqrt{3}}{4} \right) * 0,126$$

Άρα ο όγκος της μικρής πυραμίδας:  $V = 1,6 * 10^{-3} \text{ m}^3$

Το βάθος εισχώρησης του αγκυρίου δίδεται απ' τον εξής τύπο:

$$V = V_1 + V_2$$

$$h_2 = 3 * \frac{V - V_1}{\left[ (2 * \varepsilon \varphi 40 * h_2 + 0,3)^2 * \frac{\sqrt{3}}{4} \right]} - h_1$$

$$2,82 * h_2^3 + 0,8 * h_2^2 - 0,4 * h_2 - 1,76 = 0$$

$$h_2 \approx 0,82 \text{ m}$$

Άρα το αγκύριο θα πρέπει να φυτευτεί σε βάθος μεγαλύτερο των 0,82 μέτρων.

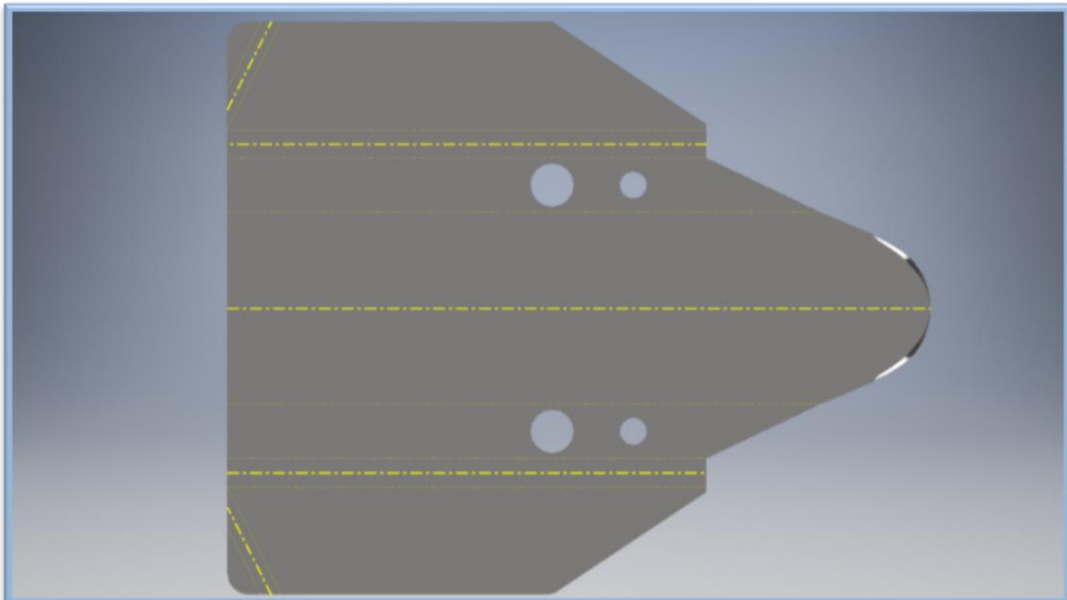
## Λύση 2

Στη δεύτερη λύση παρουσιάζεται ένα αγκύριο το οποίο θα καρφωνόταν στο έδαφος με τη βοήθεια μιας ράβδου. Ο τρόπος που επενεργεί ουσιαστικά είναι ο ίδιος, εκμεταλλεύεται το βάρος του όγκου χώματος που θα το κάλυπτε να υπερνικήσει την απαιτούμενη δύναμη που θα ασκούσε το βίντσι.



*Εικόνα 11. Αναδιπλώμενο αγκύριο.*

Το συγκεκριμένο αγκύριο θα κατασκευάζονταν από μια λαμαρίνα ανοξείδωτη που θα διπλωνόταν σε στράντζα στα κατάλληλα σημεία για να γίνει όπως στο σχήμα.



*Εικόνα 12. Σημεία στραταρίσματος αναδιπλωμένου αγκυρίου.*

Για το υπολογισμό του βάθους που θα έπρεπε να καρφωθεί αυτό το αγκύριο βρέθηκε το εμβαδόν της επιφάνειας που επενεργεί και υπολογίστηκε ο όγκος της κολουρης πυραμίδας που δημιουργείται από ένα τρίγωνο με το ίδιο εμβαδόν.

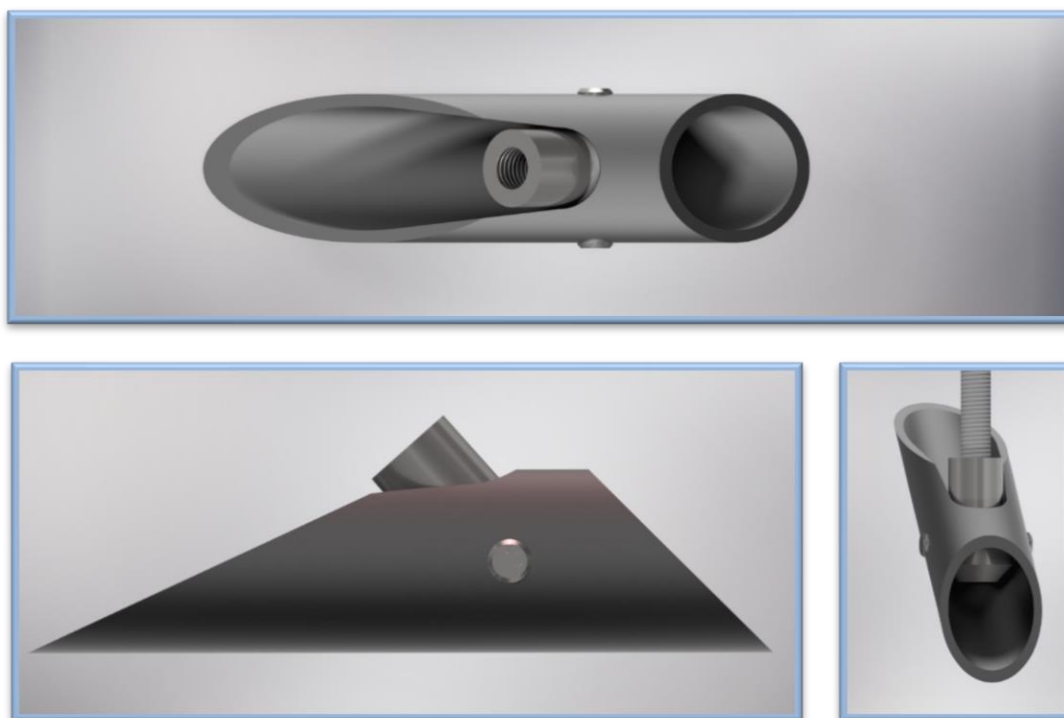
Για να εισχωρήσει το αγκύριο στο έδαφος χρειάζεται να ανοιχτεί μια οπή τουλάχιστον 4-6 εκατοστών η οποία θα εκτείνεται σε βάθος τουλάχιστον 120-130 εκατοστών από την επιφάνεια του εδάφους. Για να επιτευχθεί αυτό κατασκευάστηκε ένα ειδικό τρυπάνι.

### Λύση 3

Η τρίτη λύση αγκύρωσης της βάσης του βιντσιού είναι ένας τρόπος που χρησιμοποιείται ευρέως σε αγροτικές εγκαταστάσεις. Αποτελείται από απλά υλικά χωρίς δύσκολες κατεργασίες.

Αρχικά ανοίγεται μια τρυπά στο έδαφος διαμέτρου 5-6 εκατοστών.

Το αργύριο αυτό τοποθετείται στη τρύπα που ανοίχτηκε και καλύπτεται με χαλίκια και άμμο.



*Εικόνα 13. Μηχανισμός αγκυρίου.*

Ο τρόπος που επενεργεί είναι λίγο διαφορετικός απ' τις προηγούμενες περιπτώσεις καθώς όταν απαιτηθεί να υπερνικήσει την ελκτική δύναμη του παλάγκου, η μικρή μεριά θα έχει τη τάση να εισχωρήσει στο σκληρό χώμα του τοιχώματος της τρύπας. Έτσι εκμεταλλεύεται και το βάρος των χαλικιών αλλά και τη τάση επιφάνειας του σκληρού χώματος.

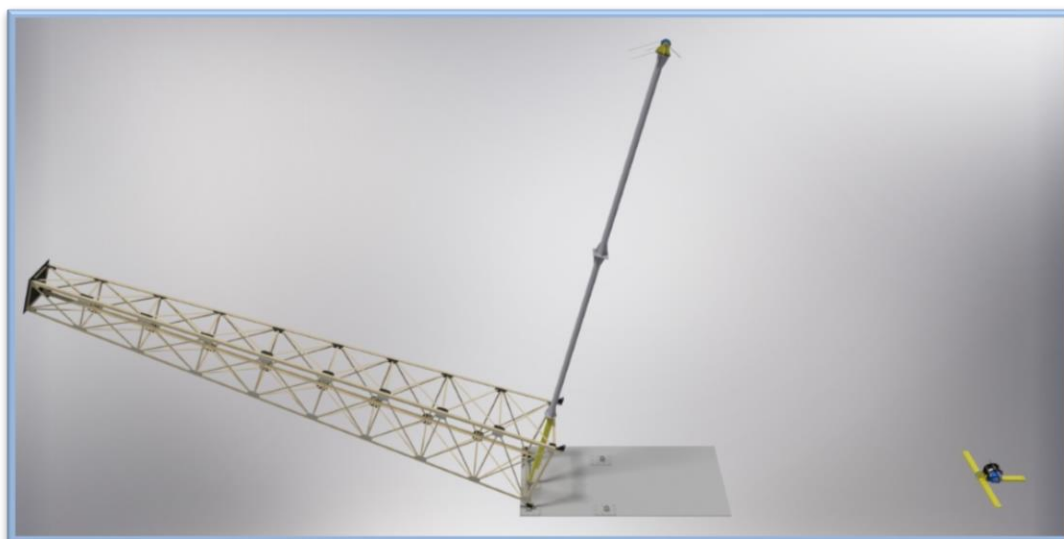


Εικόνα 14. Ανάπτυξη μηχανισμού αγκυρίου.

Κριτήρια		Λύση 1		Λύση 2		Λύση 3	
Παρατηρήσεις	Μέγιστη Βαθμολογία	Βαθμολόγηση		Βαθμολόγηση		Βαθμολόγηση	
		Απόλυτη	Σχετική	Απόλυτη	Σχετική	Απόλυτη	Σχετική
Κόστος	0,2	7	1,4	5	1	8	1,6
Κόστος εγκατάστασης	0,3	2	0,6	8	2,4	8	2,4
Ευκολία εγκατάστασης	0,3	6	1,8	8	2,4	7	2,1
Ευκολία κατασκευής	0,2	8	1,6	3	0,6	9	1,8
Σ =	1	-	5,4	-	6,4	-	7,9
Κατάταξη	-	3		2		1	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Περιγραφή κατασκευής παλάγκου.

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά τα κομμάτια που αποτελείται το βίντσι της Λύσης 3. Η σειρά που εμφανίζονται είναι η σειρά που επενεργούν. Ο πυλώνας συνδέεται με το gin pole, το gin pole με τις τροχαλίες και το τύμπανο, το τύμπανο με τον άξονα, ο άξονας με το κουζινέτο και τον μειωτήρα, ο μειωτήρας και το κουζινέτο με τις πλευρικές λαμαρίνες, οι οποίες με τη σειρά τους συνδέονται μέσω των ντιζών.

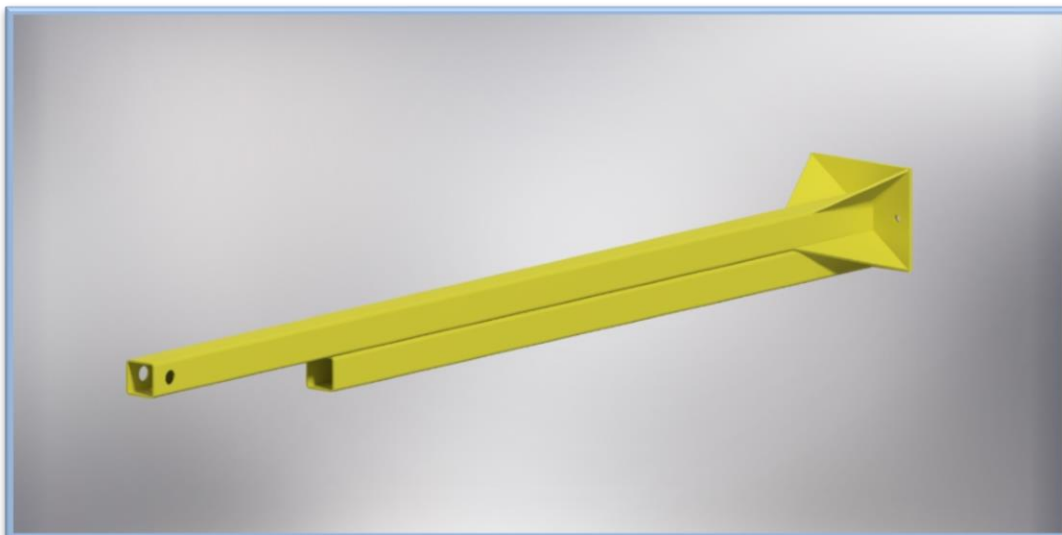


Εικόνα 15. Διάταξη κατασκευής.

### 2.1 Gin pole.

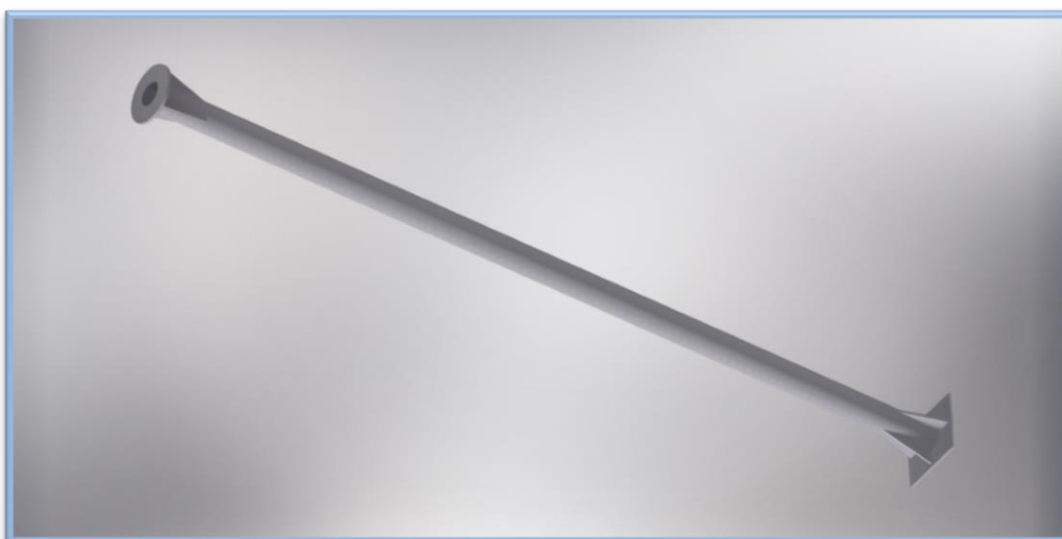
Το gin pole που θα χρησιμοποιηθεί αποτελείται από τέσσερα κομμάτια.

Το πρώτο κομμάτι είναι χαλύβδινο και συνδέεται στη μια του πλευρά με τη πακτωμένη στο έδαφος άρθρωση. Το κομμάτι αυτό είχε κατασκευαστεί για τη λύση με τη κιθάρα του κ Αμοιράλη που αναφέρθηκε στην εισαγωγή. Αφαιρέθηκαν οι τροχαλίες απ' το ανώτερο σημείο και τοποθετήθηκε ένα νέο χαλύβδινο έλασμα ώστε να μπορέσει να συνεργαστεί με το επόμενο κομμάτι.



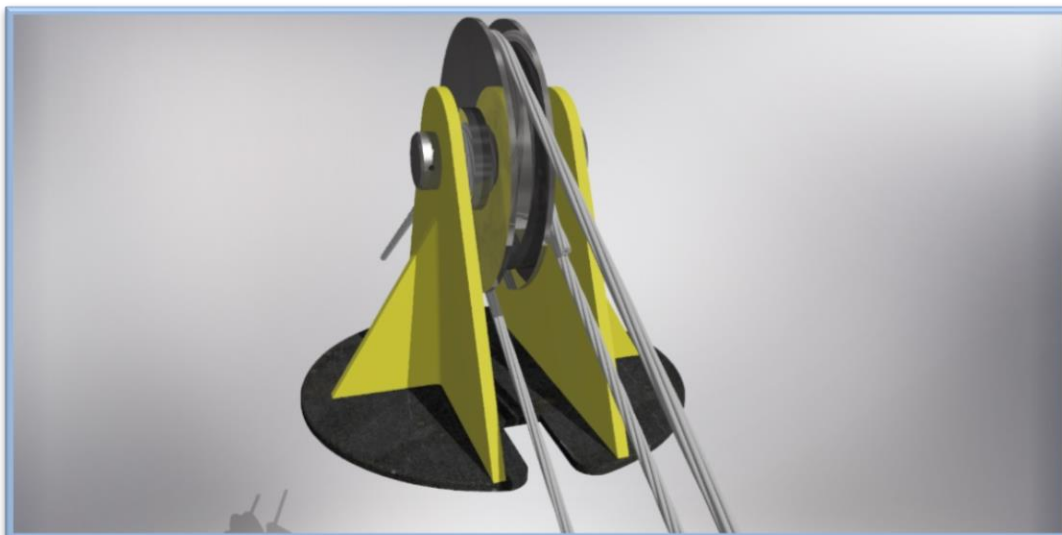
*Εικόνα 16. Πρώτο τμήμα Gin Pole.*

Αμέσως μετά ενώνονται 2 όμοιες αλουμιένιες σωλήνες των 4,5 μέτρων. Σκοπός της κατασκευής είναι να υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο gin pole ώστε να ελαττωθεί τη δύναμη που απαιτείται κατά την ανύψωση όσο γίνεται περισσότερο.

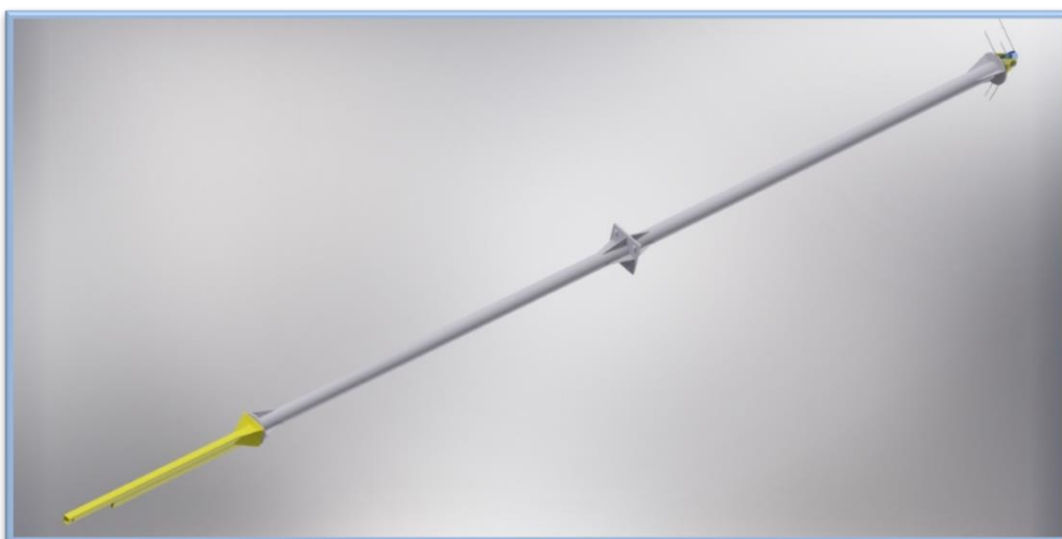


*Εικόνα 17. Δεύτερο τμήμα Gin Pole*

Τέλος, μετά απ' τις αλουμιένιες σωλήνες τοποθετείται ένα στρογγυλό έλασμα με τις κατάλληλες βάσεις για να δεθούν με ναυτικά κλειδιά τα συρματόσχοινα του πυλώνα, αλλά και η τροχαλία του παλάγκου.



*Εικόνα 18. Κορυφή GIN Pole, σημείο στερέωσης συρματόσχοινων GIN pole - πυλώνα και GIN pole - παλάγκου.*



*Εικόνα 19. Πλήρες GIN pole.*



## 2.2 Συρματόσχοινο και τροχαλίες.

Αφού πλέον είναι συνδεδεμένος ο πυλώνας με το gin role, χρειάζεται ένα συρματόσχοινο για να παραλάβει τη δύναμη απ' το gin role και να την μεταφέρει στο παλάγκο.

Επιλέχθηκε συρματόσχοινο 6x19 γαλβάνιζε Φ8 με όριο θραύσης 3500 κιλά. Το φορτίο λειτουργίας του συρματόσχοινου είναι το 1/5 του ορίου θραύσης άρα 700 κιλά. Τοποθετήθηκαν 2 τροχαλίες για να υποτριπλασιαστεί το φορτίο όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 2.

Το συρματόσχοινο ξεκινάει απ' το νεύρο του Gym role ,περνάει απ' τη τροχαλία που βρίσκεται στη βάση του παλάγκου, επιστρέφει στη κορυφή του gin role, στην διαμορφωμένη τροχαλία και καταλήγει στο τύμπανο του παλάγκου.

Οι τροχαλίες που τοποθετήθηκαν στη κατασκευή υπήρχαν στην αποθήκη του εργαστηρίου από το προηγούμενο μηχανισμό ανύψωσης, είναι διαμέτρου 160mm και συμφωνούν με το προεδρικό διάταγμα 1071 του 1981 .

### 2.3 Τύμπανο παλάγκου.

Το τύμπανο σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 1071 του 1981 Άρθρο 58 (Όργανα και εξαρτήματα ανυψωτικών μηχανήματων) πρέπει να έχει διάμετρο 20 φορές μεγαλύτερη της διαμέτρου του συρματόσχοινου.

Η σύνδεση συρματόσχοινου στο τύμπανο θα γίνει σε μια τρύπα που έχει διαμορφωθεί στη μια πλευρά του τυμπάνου. Θα περαστεί το συρματόσχοινο μες απ' τη τρύπα, θα διπλωθεί με talurit και θα κοπεί το υπόλοιπο της θηλιάς που δημιουργείται.

Για το σχεδιασμό του τυμπάνου πάρθηκε η εσωτερική διάμετρος εικοσαπλάσια της διαμέτρου του συρματόσχοινου ( $8 * 20 = 160 \text{ mm}$ ). Επίσης ήταν επιθυμητό να χωράει τουλάχιστον 90 μέτρα συρματόσχοινο καθώς δε θα υπήρχε κάποιος μηχανισμός που θα τακτοποιεί τις σπείρες κατά το τύλιγμα, άρα θα έπρεπε να καλυφτεί το ενδεχόμενο να τυλιχτούν μαζεμένες σπείρες στη μια πλευρά.

Για τη κατασκευή του τυμπάνου απαιτούνται 2 ελάσματα διαμέτρου 240mm και σωλήνας  $\Phi 160 \times 5\text{mm}$ .

Τα στρογγυλά αυτά ελάσματα απαιτούν μια κατεργασία στο τόρνο ώστε να ανοιχτούν τα αυλάκια που θα μπει ο σωλήνας.



Εικόνα 20. Αριστερή φλάντζα τυμπάνου.

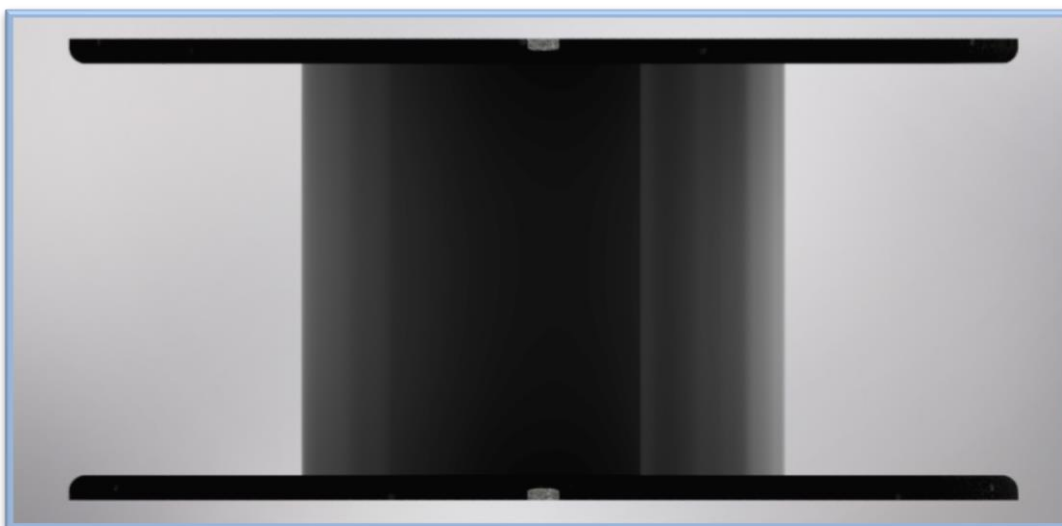


*Εικόνα 21. Δεξιά φλάντζα τύμπανου.*

Η διαδικασία συναρμογής θα είναι η εξής. Συγκόλληση του πρώτου ελάσματος πάνω στο σωλήνα. Θα χρειαστεί ένα γαζί στην εσωτερική πλευρά του σωλήνα, και μετά συγκολλάται και εξωτερικά του σωλήνα. Η συγκόλληση θα είναι κοίλη 3x3mm.

Αφού έχει συγκολλήσει το πρώτο έλασμα με το τύμπανο, τοποθετείται και το δεύτερο έλασμα πάνω στο σωλήνα και συγκολλάτε και αυτό περιμετρικά με γαζί 3x3mm.

Το τύμπανο είναι έτοιμο για χρήση.



*Εικόνα 22. Πλήρες τύμπανο*

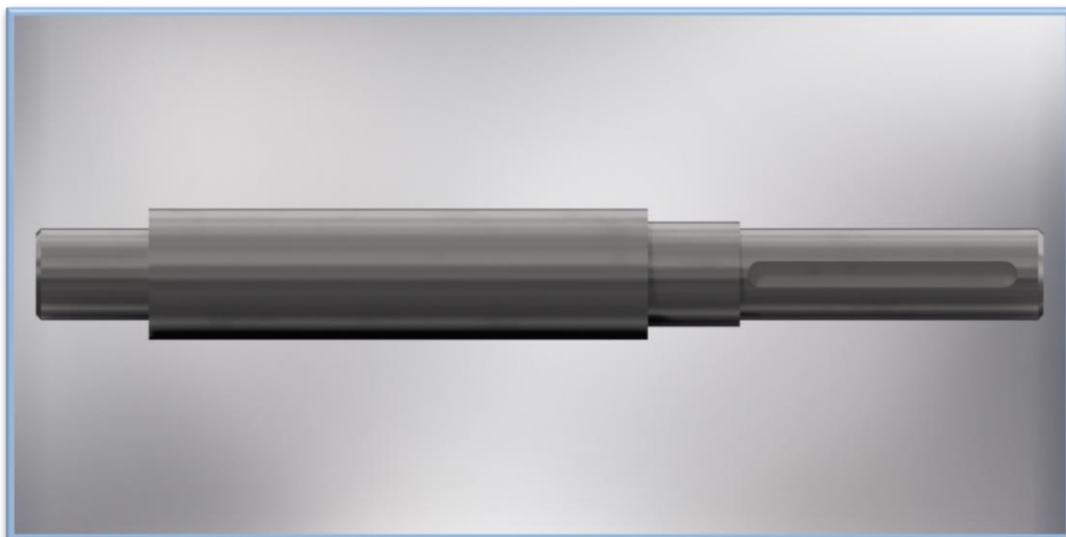


*Εικόνα 23. Πλήρες τύμπανο.*

## 2.4 Άξονας τυμπάνου.

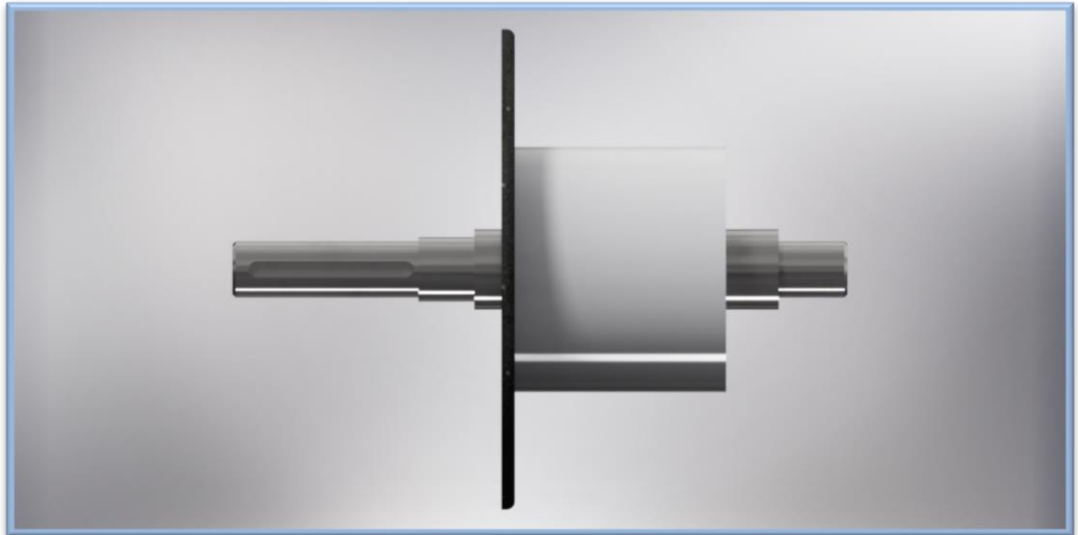
Ο άξονας από μολυβδούχο χάλυβα, αγοράστηκε 50 mm για να μπορέσει να συγκολληθεί πάνω του το τύμπανο. Η σειρά των κατεργασιών που θα δεχτεί είναι η εξής:

1. Κατεργασία του άξονα στον τόρνο. Για την ευκολότερη κατεργασία του άξονα δένεται πρώτα στο τόρνο για να δημιουργηθούν οι απαραίτητες διαβαθμίσεις.



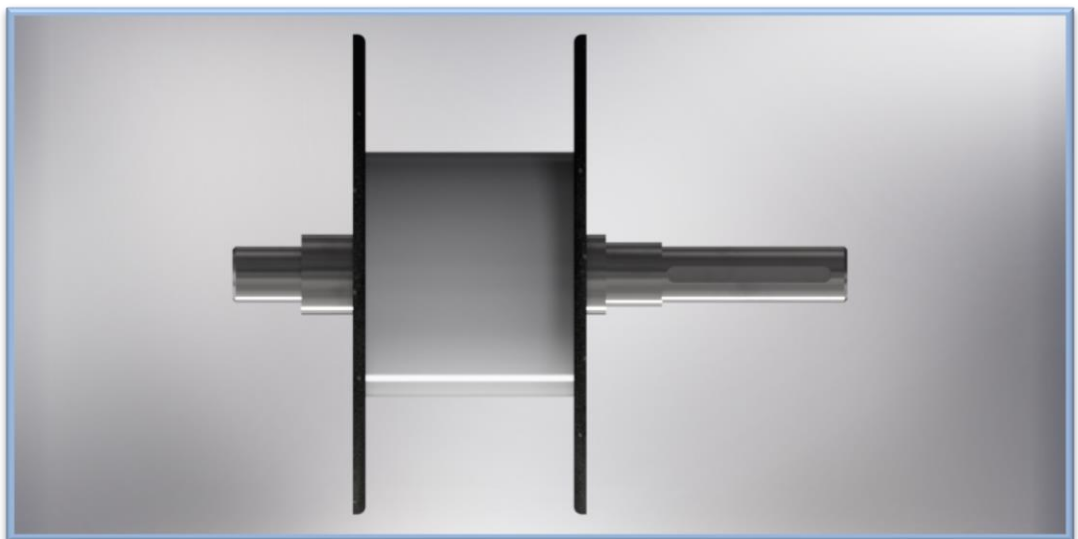
Εικόνα 24. Άξονας μηχανισμού.

2. Συγκόλληση του τυμπάνου πάνω στον άξονα. Η συγκόλληση του τυμπάνου πάνω στον άξονα πριν να ολοκληρωθεί η πλήρης κατεργασία του άξονα, ενώ πρακτικά θα δυσκολέψει τη τόννευση του άξονα, γίνεται για να αποφευχθεί όσο γίνεται ενδεχομένη παραμόρφωση από τη θερμότητα που εκλύει η ηλεκτροκόλληση. Έτσι ακόμα και αν παραμορφωθεί λίγο ο άξονας ακολουθεί η τόννευση για να εξαλείψει ενδεχομένη εκκεντρότητα κατά τη περιστροφή του.



Εικόνα 25. Συγκόλληση πρώτου τμήματος τυμπάνου πάνω στον άξονα του μηχανισμού.

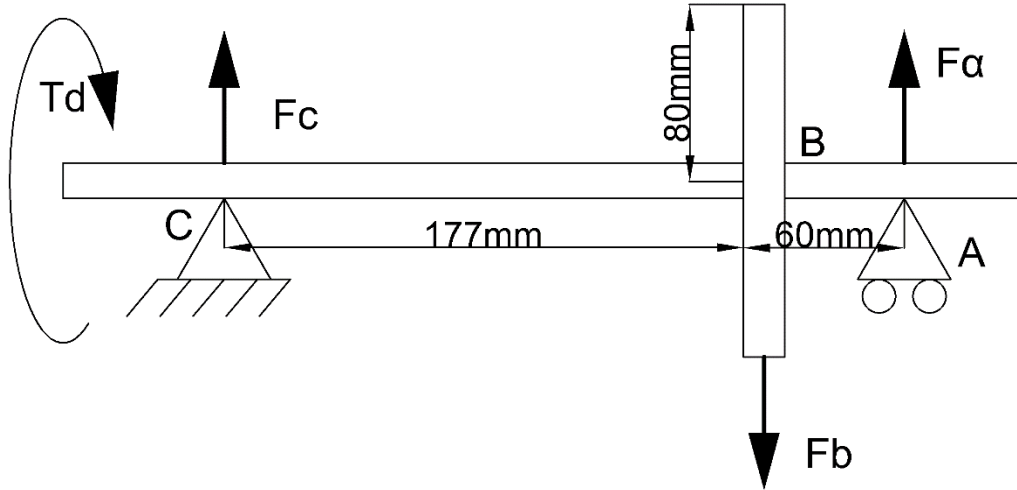
3. Κατεργασία του άξονα στη φρέζα. Αφού δημιουργηθούν οι διαβαθμίσεις σειρά έχει η σφήνα που συνδέει τον άξονα με το γωνιακό μειωτήρα. Η σφήνα, επιλέχθηκε σύμφωνα με το βιβλίο στοιχεία μηχανών του Κ. Γραϊκούση και είναι διαστάσεων 8x10x100mm.



Εικόνα 26. Πλήρης συγκόλληση του τυμπάνου πάνω στον άξονα του μηχανισμού.

## 2.5 Κουζινέτο.

Το κουζινέτο υπολογίστηκε ως εξής:



Εικόνα 27. Διάγραμμα ελευθέρου σώματος άξονα τυμπάνου.

Το κουζινέτο βρίσκεται στη θέση Α. Στη θέση Β βρίσκεται η άκρη του τυμπάνου, εκεί που δέχεται το δυσμενέστερο φορτίο. Η  $F_b$  είναι η δύναμη που ασκεί το συρματόσχοινο (6.7kNt). Στο σημείο C είναι το ενσωματωμένο στο μειωτήρα ρουλεμάν και  $T_d$  η ροπή που έρχεται από το κινητήρα.

Για την εύρεση της δύναμης  $F_a$  του κουζινέτου, εξετάζεται η ισορροπία δυνάμεων. Στη προκείμενη περίπτωση, αρκεί να εξεταστεί η ισορροπία ροπών στο σημείο C.

$$\Sigma M_c = 0$$

$$F_b * 177 - F_a * 237 = 0$$

$$F_a = 5kn = P = P_o$$

Οι στροφές λειτουργίας του μηχανισμού θα είναι περίπου 20/λεπτό.

Από πίνακα 11-2 βιβλίου «στοιχεία μηχανών 1 ΣΤΕΡΓΙΟΥ» επιλέχθηκε βάση της χρήσης της κατασκευής  $L_{10h} = 15000h$ .

Από σχήμα 11-14 βιβλίου «στοιχεία μηχανών 1 ΣΤΕΡΓΙΟΥ» επιλέχθηκε  $f_L = 3$  ( $L_{10h} = 15000h$ ).

Από σχήμα 11-13 βιβλίου «στοιχεία μηχανών 1 ΣΤΕΡΓΙΟΥ» επιλέχθηκε  $f_n = 1,1$ . (RPM = 20).

Από πίνακα 11-3 βιβλίου «στοιχεία μηχανών 1 ΣΤΕΡΓΙΟΥ» επιλέχθηκε βάση της διάρκειας ζωής ( $L_{10h} = 15000h$ ) και των στροφών ( $n = 20$ ) ο συντελεστής  $C/P = 3,5$ .

Από σχέση 11-8 βιβλίου «στοιχεία μηχανών 1 ΣΤΕΡΓΙΟΥ» :

$$C = \frac{f_L}{f_n} * P$$

$$C = \frac{3}{1.1} 5kNt$$

$$C = 13.7kNt$$

Ή από συντελεστή  $C/P=3,5$  :

$$C = 3,5 * P$$

$$C = 18kNt$$

Επιλέγεται ως συντελεστής δυναμικής φόρτισης το  $C = 18 \text{ kNt}$ .

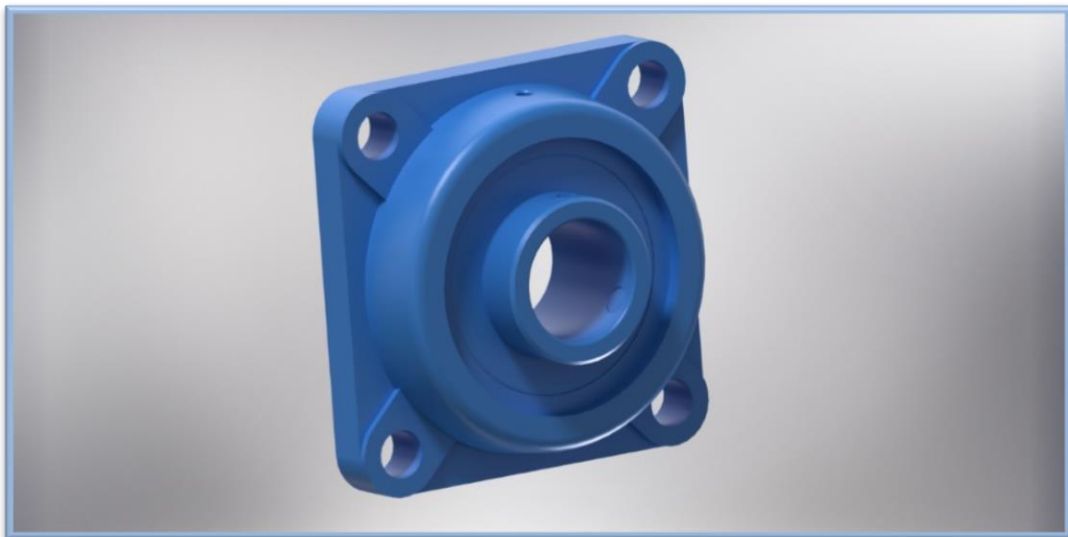
Έπειτα βρέθηκε ο συντελεστής στατικής φόρτισης  $C_0$  από σχέση 11-11 βιβλίου «στοιχεία μηχανών 1 ΣΤΕΡΓΙΟΥ» . Επιλέχθηκε συντελεστής ασφαλείας  $f_s = 2$ .

$$C_0 = P_0 * f_s$$

$$C_0 = 5 * 2$$

$$C_0 = 10kNt$$

Το κουζινέτο που επιλέχθηκε είναι αυτορρυθμιζόμενο, τύπου UCF 207 με ρουλεμάν UC 207 διαμέτρου 35mm. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία του ρουλεμάν αυτού είναι στατική φόρτιση ( $C_0$ ) 15400 N και δυναμική φόρτιση (C) 27500N. Χρησιμοποιήθηκε αυτορρυθμιζόμενο ρουλεμάν καθώς οι πλευρικές λαμαρίνες θα κοπούν με πλάσμα και όχι με λέιζερ και υπάρχει πιθανότητα να μην είναι ακριβώς ομόκεντρες οι σπές που περνάει ο άξονας, πρόβλημα που λύνεται εύκολα με τέτοιου τύπου κουζινέτο.



Εικόνα 28. Κουζινέτο UCF 207 με ρουλεμάν UC 207 διαμέτρου 35mm.



## 2.6 Μειωτήρας.

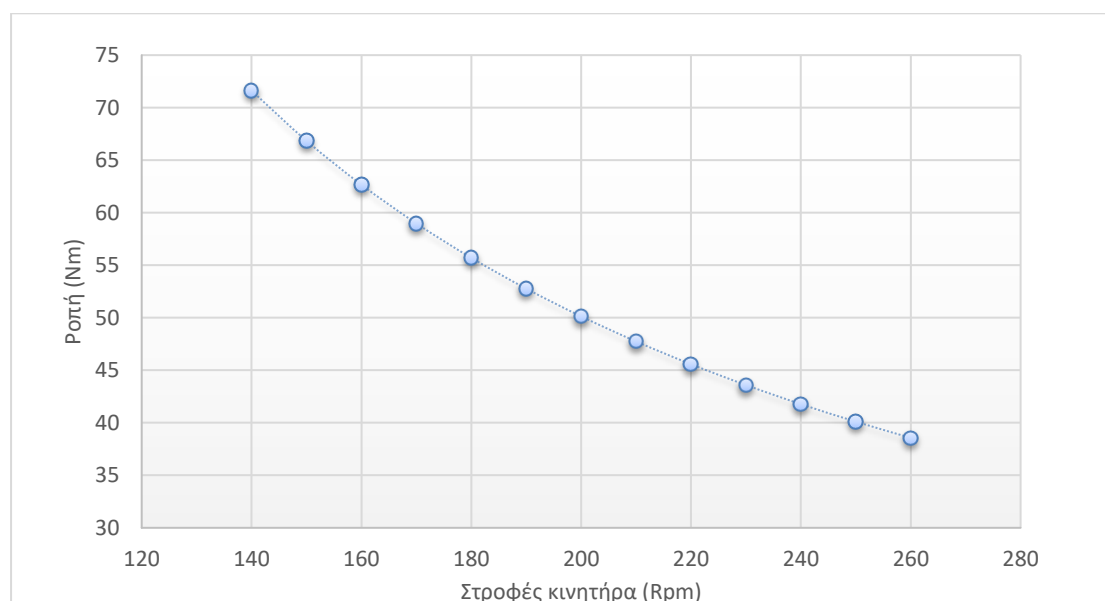
Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, στη λύση 3 που τελικά επιλέχθηκε χρησιμοποιείται ένας γωνιακός μειωτήρας NRV 090. Το δύσκολο κομμάτι ήταν ότι δεν υπήρχαν ξεκάθαρες ονομαστικές τιμές, πχ. η μέγιστη ροπή που αντέχει ο μειωτήρας. Ο μειωτήρας επιλέχθηκε σύμφωνα με τη ροπή που μπορούσε να βγάλει αν είχε στην είσοδο του ένα κινητήρα 2hp με το συλλογισμό ότι για να βγάλει αυτή τη ροπή, οι οδοντώσεις των γραναζιών στο εσωτερικό του θα μπορούσαν να την αντέξουν.



Εικόνα 29. Γωνιακός μειωτήρας NRV 090.

Επίσης σημαντικός παράγοντας που ώθησε στην επιλογή του συγκεκριμένου μεγέθους μειωτήρα είναι η διάμετρος ατράκτου εξόδου των 35mm που επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί άξονας αρκετά μεγάλος ώστε να αντέξει τη ροπή στρέψης της κατασκευής.

Απ' την άλλη μεριάς του μειωτήρα, στον άξονα εισόδου χρειάστηκε να φτιαχτεί ένας μικρός άξονας και να προσαρμοστεί το κούμπωμα του δράπανου που θα αναλάβει τη θέση του ηλεκτροκινητήρα.



Στο διάγραμμα αυτό παρουσιάζεται η χαρακτηριστική καμπύλη ροπής στροφών του δραπάνου που θα χρησιμοποιηθεί. Βάση αυτού του διαγράμματος φαίνεται ότι τη ροπή των 500Nm μπορεί να υπερνικηθεί με μια σχέση μετάδοσης 1:10 και μεγαλύτερη.

Επιλέχθηκε σχέση μετάδοσης 1:20 για τη περίπτωση που θα απαιτούταν η λειτουργία του μειωτήρα και με κάποιο άλλο δράπανο. Έτσι έγινε ερευνά αγοράς σε μέτρια προς χαμηλή ποιότητα δαπανών και φάνηκε ότι αυτή η σχέση μετάδοσης κάλυπτε σχεδόν όλα τα δράπανα της αγοράς.

## 2.7 Λαμαρίνες πλευρικής στήριξης.

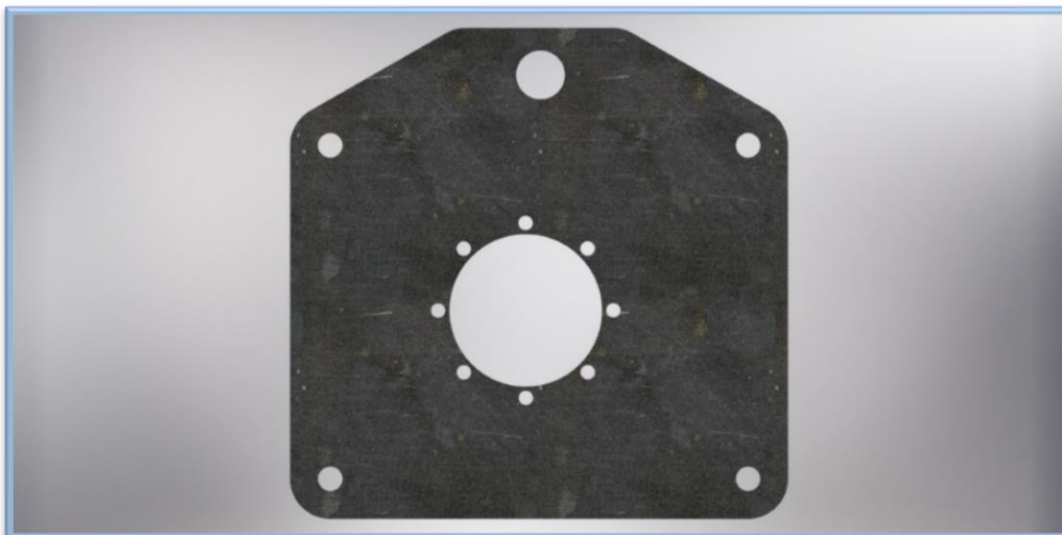
Απαιτούνται δυο ελάσματα για τη συγκράτηση της κατασκευής. Απ' τη μια μεριά, το πρώτο έλασμα, αποτελεί τη βάση που θα δεθεί ο μειωτήρας και απ' την άλλη τη βάση του κουζινέτου.

Για διευκόλυνση των μηχανουργών, μιας και οι 2 πλάκες είναι αρκετά μεγάλες για να χωρέσουν με ευκολία στη φρέζα του εργαστηρίου επιλέχθηκε να αγοραστούν κομμένες οι πλάκες από κατάλληλη εργαλειομηχανή.



*Εικόνα 30. Αριστερή λαμαρίνα πλευρικής στήριξης.*

Στο άνωθεν σχέδιο, η δεύτερη λαμαρίνα, συνδέεται με το κουζινέτο με βίδες πολυγωνικής κεφαλής M14. Η μεγαλύτερη οπή είναι για να περνάει ο άξονας του τυμπάνου. Τέσσερις οπές Φ18 απέναντι απ' αυτές του προηγούμενου ελάσματος για να περάσει η M16 ντίζα. Τέλος μια οπή Φ25 για να περάσει σωλήνα  $\frac{3}{4}$  ίντσας σε περίπτωση μετακίνησης.



*Εικόνα 31. Δεξιά λαμαρίνα πλευρικής στήριξης.*

Όπως φαίνεται στο άνωθεν σχέδιο η πρώτη λαμαρίνα, συνδέεται με το μειωτήρα με βίδες M10. Η μεγάλη οπή στο κέντρο επιτρέπει στο έλασμα να πατήσει πάνω στη πατούρα που έχει ο μειωτήρας. Τέσσερις οπές Φ18, 30mm εσωτερικά της περιμέτρου σε κομβικά σημεία για τη ενδυνάμωση του μηχανισμού κατά τη διάρκεια λειτουργίας του. Εκεί θα περάσουν 4 ντίζες M16 και θα στερεωθούν. Τέλος και σε αυτό το έλασμα η αντίστοιχη οπή Φ25 για να περάσει η σωλήνα  $\frac{3}{4}$  ίντσας.

## 2.8 Ντίζες στήριξης.

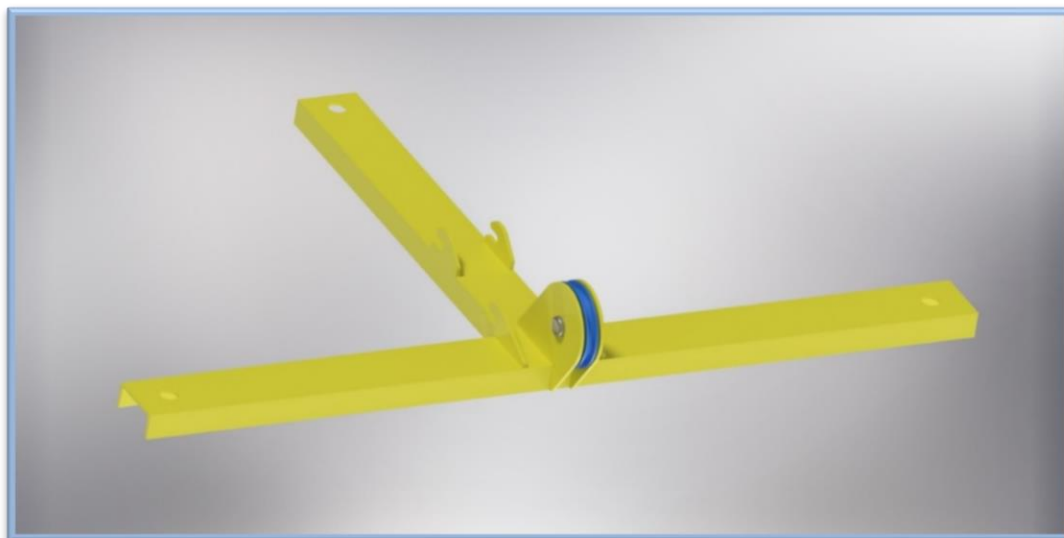
Αφού έχουν συνδεθεί όλα τα υπόλοιπα κομμάτια τοποθετούνται οι τέσσερις ντίζες M16 για τη σταθεροποίηση της κατασκευής. Στις πάνω 2 τρύπες όπως φαίνεται και στη παρακάτω εικόνα, οι ντίζες στερεώνονται στις πλευρικές λαμαρίνες με παξιμάδι, γκρόβερ και ροδέλα. Στις κάτω τρύπες εξωτερικά των 2 ελασμάτων τοποθετούνται κανονικά τα παξιμάδια ,τα γκρόβερ και οι ροδέλες ενώ απ' την εσωτερική μεριά μένει μόνο μια ροδέλα στη κάθε πλευρά και στο ενδιάμεσο τους τοποθετείται ένα κομμάτι σωλήνα ½ ίντσας. Έτσι λειτουργεί ως αποστάτης αλλά και κάνει ομαλότερη τη σύνδεση του μηχανισμού με τη βάση του (βλ. κεφάλαιο 3.10).



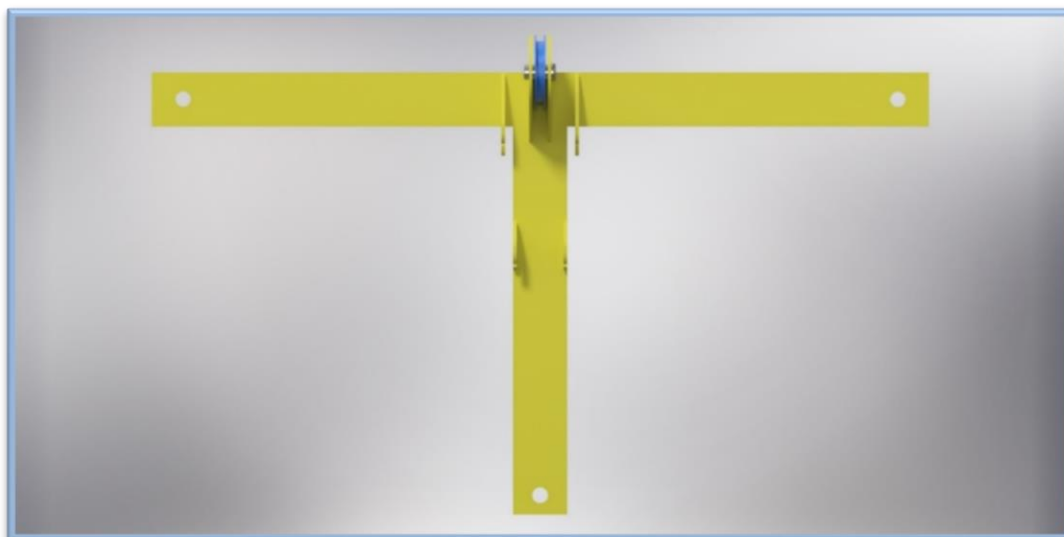
Εικόνα 32. Θέση ντίζας πάνω στη κατασκευή.

## 2.9 Βάση εδάφους.

Απαραίτητη είναι η κατασκευή μιας βάσης συγκράτησης του μηχανισμού στο έδαφος καθώς είναι ασύμφορο να βγουν τα αγκύρια απ' το έδαφος και να επανατοποθετηθούν. Έτσι δημιουργείται μια βάση η οποία θα μένει σταθερή στο χώρο λειτουργίας του παλάγκου και θα έχει τις κατάλληλες υποδοχές για να τοποθετείται πάνω ο μηχανισμός.



Εικόνα 33. Βάση στερέωσης εδάφους για το μηχανισμό του παλάγκου.



Εικόνα 34. Βάση στερέωσης εδάφους για το μηχανισμό του παλάγκου.

Η βάση αυτή αποτελείται από δυο δοκούς ISO CH 140x15 που βρέθηκαν στο εργαστήριο. Τοποθετήθηκαν σε σχήμα T, και πάνω τους θα κολληθούν τα μεγάλα ελάσματα που περικλύσουν τη τροχαλία όπως και τα μικρότερα που αποτελούν τις υποδοχές για να δεχτεί το μηχανισμό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Κατασκευή παλάγκου.

### 3.1 Κοπή ελασμάτων κατασκευής.

Η πρώτη φάση της κατασκευής ξεκίνησε με κοπή των απαιτούμενων ελασμάτων. Η διαδικασία εκτυλίχθηκε ως εξής.

Μετά από την απαιτούμενη έρευνα αγοράς ζητήθηκαν οι προσφορές και δόθηκαν τα τελικά σχέδια των ελασμάτων στην εταιρία ΓΙΑΜΠΑΤΖΟΛΙΑΣ, διευκρινίστηκαν τα πάχη που απαιτούνταν σε κάθε σχέδιο και ξεκίνησε η διαδικασία κοπής.



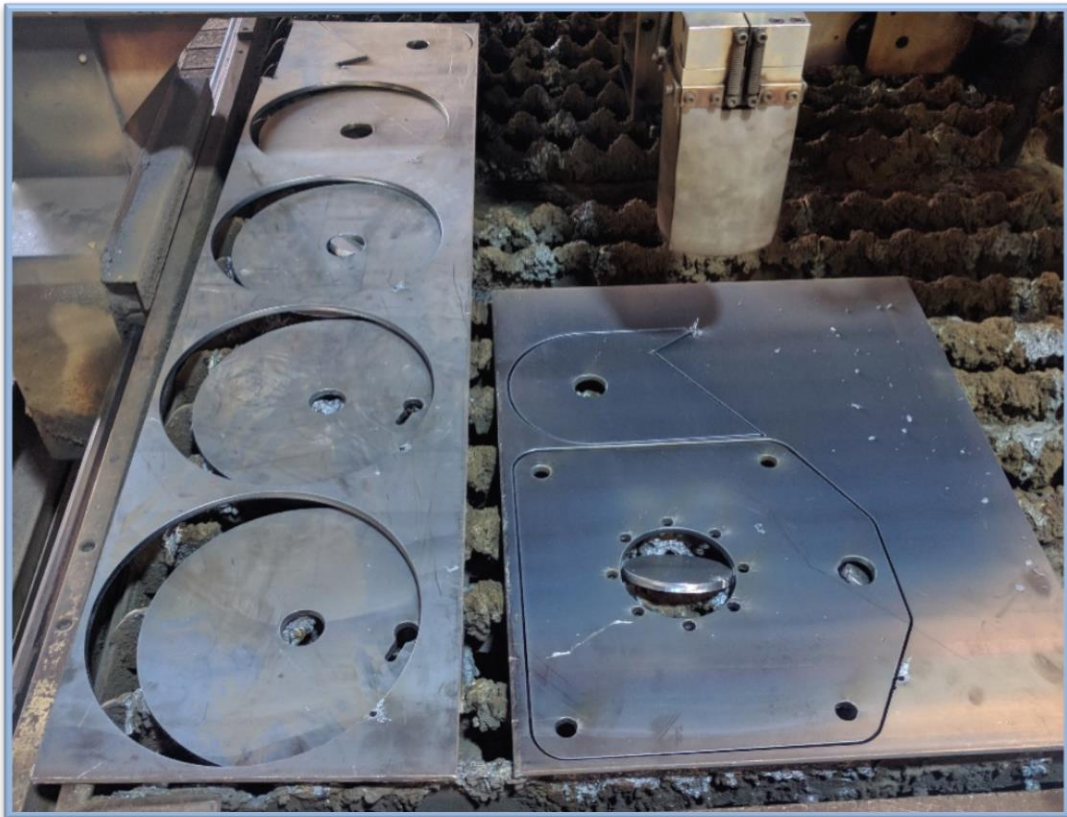
*Εικόνα 35. Διαδικασία κοπής ελασμάτων με πλάσμα.*

Η διαδικασία κοπής έγινε ως εξής. Τοποθετήθηκαν οι κατάλληλες λαμαρίνες στη γωνιά αναφοράς της CNC εργαλειομηχανής, ρυθμίστηκαν οι παράμετροι κοπής και κοπήκαν όλα τα κομμάτια.



*Εικόνα 36. Τοποθέτηση λαμαρινών στο σημείο αναφοράς της εργαλειομηχανής.*

Πρώτα κοπήκαν τα στρογγυλά ελάσματα του τυμπάνου, μετά το έλασμα που βιδώνεται ο μειωτήρας και η τροχαλία.



*Εικόνα 37. Πρώτη κοπή ελασμάτων με πλάσμα σε λαμαρίνα 8mm.*



Στη συνέχεια κοπήκαν οι βάσεις στερέωσης του παλάγκου στο έδαφος και τελευταία κόπηκε η λαμαρίνα που στερεώνεται το κουζινέτο και η δεύτερη μεριά της βάσης της τροχαλίας.



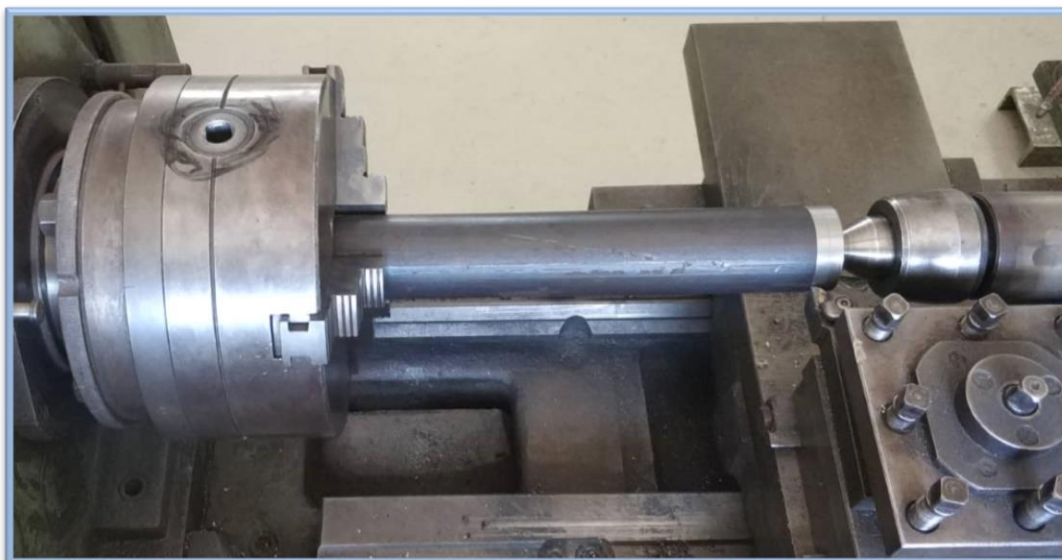
*Εικόνα 38. Κοπή βάσεων με πλάσμα σε λαμαρίνα 10mm.*

Δυστυχώς η κοπή πλάσμα δεν είχε μεγάλη ακρίβεια πράγμα που φάνηκε ακόμη περισσότερο στις οπές και ειδικά στις φλάντζες του τυμπάνου. Παρόλα αυτά επιλέχθηκε καθώς ήταν σημαντικά φτηνότερη από την υψηλή σε ακρίβεια κοπή με λέιζερ.

### 3.2 Κατεργασία άξονα, κατασκευή τυμπάνου.

Το επόμενο βήμα στη κατασκευή και σημαντικότερο σημείο ήταν η κατεργασία του άξονα. Ο άξονας έπρεπε να δεχτεί μια κατεργασία στο τόρνο στην αρχή, μετά να κολληθεί το τύμπανο πάνω και έπειτα να ολοκληρωθεί και να φινιριστεί. Η διαδικασία έγινε ως εξής.

Τοποθετήθηκε ο άξονας στο τόρνο για να οριστούν οι βασικές διαστάσεις.



*Εικόνα 39. Πρώτη κατεργασία άξονα μηχανισμού.*

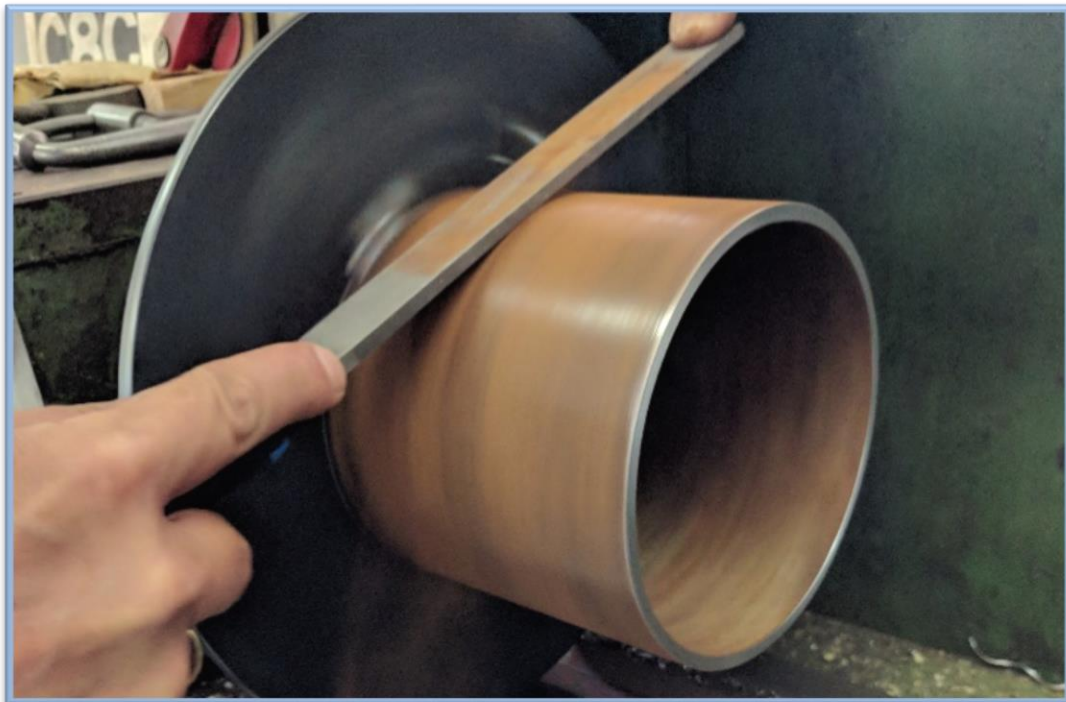
Μετά τη πρώτη κατεργασία του άξονα ακολούθησε η ετοιμασία του τυμπάνου.

Χρησιμοποιήθηκε σωλήνα διαμέτρου  $\Phi 153$  καθώς ήταν διαθέσιμη στο εργαστήριο, πάχους 5 χιλιοστών και χωρίς ραφή. Δέθηκε το ρετάλι στο τόρνο και κόπηκε το απαιτούμενο κομμάτι μήκους 139 mm. Αμέσως μετά τοποθετήθηκαν για κατεργασία τα πλαϊνά ελάσματα του τυμπάνου.



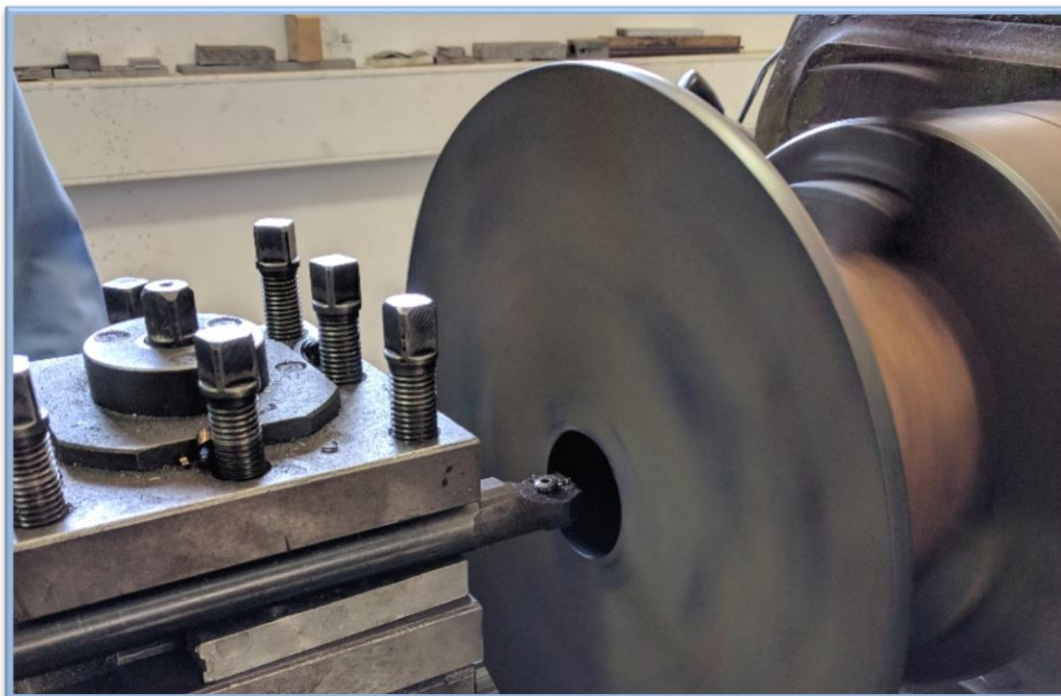
*Εικόνα 40. Άνοιγμα αυλακώσεων για τη τοποθέτηση της σωλήνας τυμπάνου.*

Ανοίχθηκαν τα αυλάκια που θα τοποθετηθεί ο σωλήνας του τυμπάνου. Αφού ολοκληρωθήκαν οι αύλακες και στις δυο φλάντζες, πονταρίστηκαν πάνω στο τύμπανο για να κατεργαστεί η εσωτερική σπή που έχουν, καθώς δεν ήταν απόλυτα κυκλική.



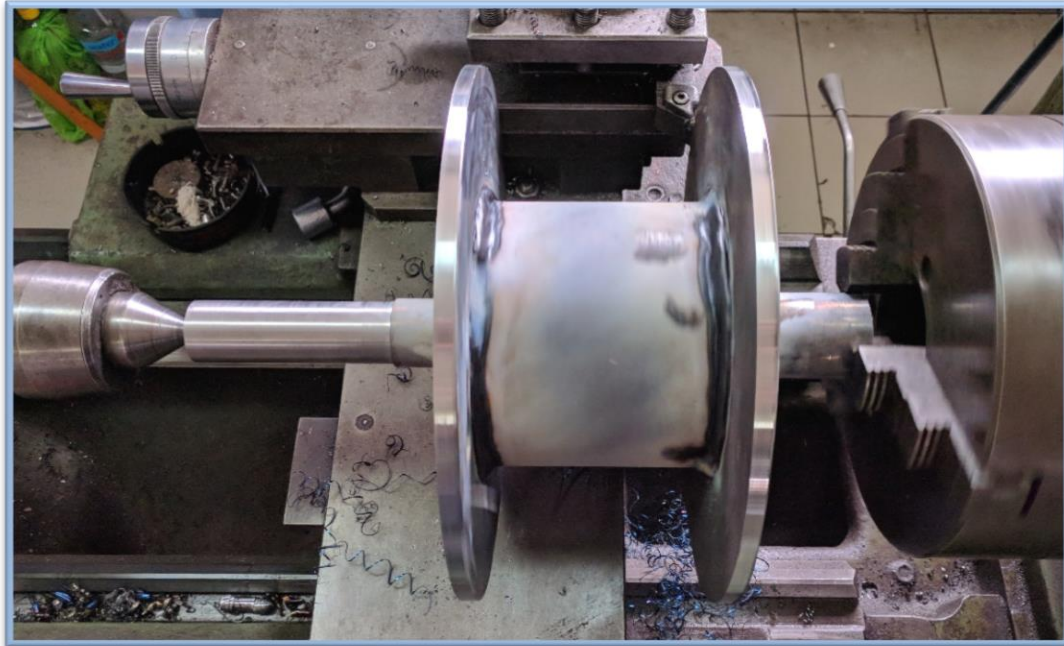
*Εικόνα 41. Καθάρισμα σκουριών στη σωλήνα του τυμπάνου.*

Στη συνέχεια, αφού η οπή έγινε απολύτως κυκλική και στην απαραίτητη διάμετρο, δέθηκε στο τόρνο απ' την άλλη μεριά για να ακολουθήσει η κατεργασία του τυμπάνου.



*Εικόνα 42. Εσωτερική τόννευση τυμπάνου για τη δημιουργία της κατάλληλης διαμέτρου.*

Αφού αφαιρέθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό της σκουριάς και καθαρίστηκε η εξωτερική αλλά και η εσωτερική επιφάνεια, περάστηκαν δυο χεριά αστάρι εσωτερικά για προστασία. Στη συνέχεια περάστηκε ο άξονας, τοποθετήθηκε το δεύτερο έλασμα του τυμπάνου και συγκολλήθηκαν όλα μαζί. Για τη συγκόλληση χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρόδια ISO 2560-A  $\Phi 3,2$  mm.



*Εικόνα 43. Συγκόλληση τυμπάνου πάνω στον άξονα και τελική τórνευση διαβαθμίσεων. Τórνευση ελασμάτων τυμπάνου (καθαρισμός).*

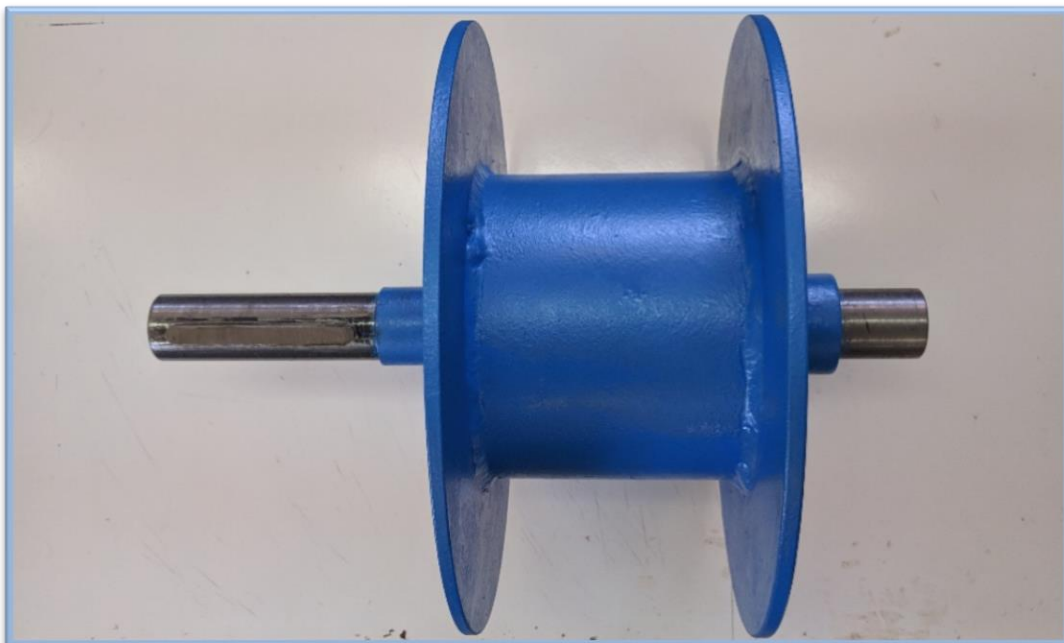
Μετά τη συγκόλληση έγινε η τελική κατεργασία στον άξονα αλλά και στα πρόσωπα του τυμπάνου. Ενώ θα ήταν πιο εύκολη η κατεργασία του άξονα πριν συγκολληθεί πάνω το τύμπανο αφέθηκε για το τέλος ώστε να υπάρχει περιθώριο κατεργασίας σε περίπτωση που στράβωνε ο άξονας κατά τη συγκόλληση του τυμπάνου.

Επόμενο στάδιο της κατεργασίας ήταν να ανοιχτεί η σφήνα που απαιτούταν. Δέθηκε το τεμάχιο στη τράπεζα της φρέζας, επιλέχθηκε το κατάλληλο κοπτικό εργαλείο και ανοίχτηκε η σφήνα.



*Εικόνα 44. Άνοιγμα σφηναύλακα στον άξονα.*

Μετά το άνοιγμα της σφήνας, κόπηκε μια σφήνα, τοποθετήθηκε πάνω στον άξονα, βάρφηκε το τύμπανο με δυο στρώσεις αστάρι και χρώμα και ήταν έτοιμο για να τοποθετηθεί στη κατασκευή.



*Εικόνα 45. Τελική εικόνα τυμπάνου.*

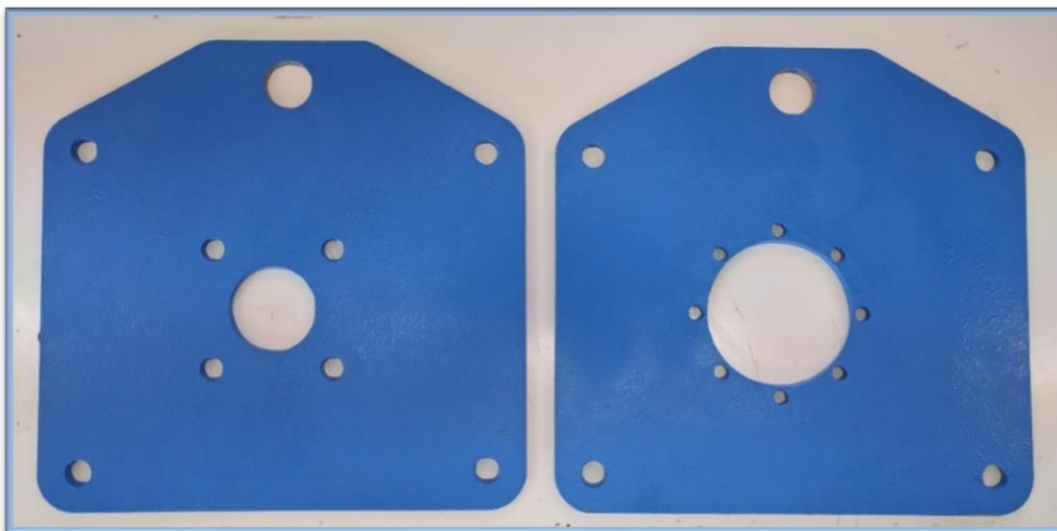
### 3.3 Πλάκες συγκράτησης κατασκευής.

Επόμενο βήμα ήταν η κατεργασία των πλακών συγκράτησης της κατασκευής. Στα συγκεκριμένα κομμάτια αυτά λαμαρίνας, η κοπή πλάσμα ήταν αρκετά καλή οπότε η μονή κατεργασία που έγινε ήταν ένα καθάρισμα μικρών γρεζιών και μια μικρή λείανση για να μη τραυματίσουν τον χρήστη της κατασκευής.



Εικόνα 46. Βαφή πλευρικών ελασμάτων με αστάρι.

Όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες περάστηκαν δυο χεριά αστάρι και τέλος βάφτηκαν με το χρώμα της κατασκευής.



Εικόνα 47. Βαφή με τελικό χρώμα κατασκευής. Τελική εικόνα πλευρικών ελασμάτων.

### 3.4 Βάση εδάφους.

Βρέθηκαν δυο δοκοί ISO CH 140x15 στην αποθήκη του εργαστήριου, κοπήκαν σε δυο κομμάτια μήκους 95 cm και 175 cm. Πάνω τους συγκολλήθηκαν οι βάσεις του παλάγκου και της τροχαλίας στην αρχή με πόντες για να σιγουρευτούμε για τη σωστή συναρμογή της κατασκευής και έπειτα γαζώθηκαν κανονικά με ραφή ISO 2560-A  $\Phi 3,2$  mm ηλεκτροδίου.

Τέλος, περάστηκαν με δυο χέρια αστάρι όπως όλα τα υπόλοιπα κομμάτια της κατασκευής και βάφτηκαν με το κατάλληλο χρώμα ώστε να ξεχωρίζουν στο έδαφος.



Εικόνα 48. Βάση εδάφους.



Εικόνα 49. Βάση εδάφους.



### 3.5 Αγκύρια.

Η κατασκευή των αγκυριών έγινε ως εξής. Κοπήκαν τέσσερα κομμάτια των 175 mm από σωλήνα Φ42 πάχους 3mm. Στην αρχή κόπηκε η γωνιά 45° στη μια μεριά και μετά η γωνία 65° στην άλλη.

Στη συνέχεια ανοίχτηκαν οι οπές για να περάσει ο πείρος της κατασκευής.

Επόμενο βήμα είναι η κατασκευή του συνδετικού κομματιού που ευθύνεται για τη μεταφορά της δύναμης απ' τη ντίζα στο αργύριο. Η διαδικασία έγινε ως εξής.

Κόπηκε κομμάτι μήκους 50mm από άξονα Φ30. Δέθηκε στο τόρνο και δέχτηκε κατάλληλη κατεργασία.

Έπειτα τοποθετήθηκε στο τρυπάνι και ανοίχτηκε η οπή Φ10 που θα δεχτεί το πείρο.

Τέλος ανοίχτηκε το σπείρωμα για να συνδεθεί με τη ντίζα.

Συνεχίζοντας στη κατασκευή του αγκυρίου φτιάχτηκε ο πείρος που θα κρατήσει ενωμένη τη κατασκευή.

Ενωθήκαν όλα τα κομμάτια και το αγκύριο είναι έτοιμο να φυτευτεί στο έδαφος.



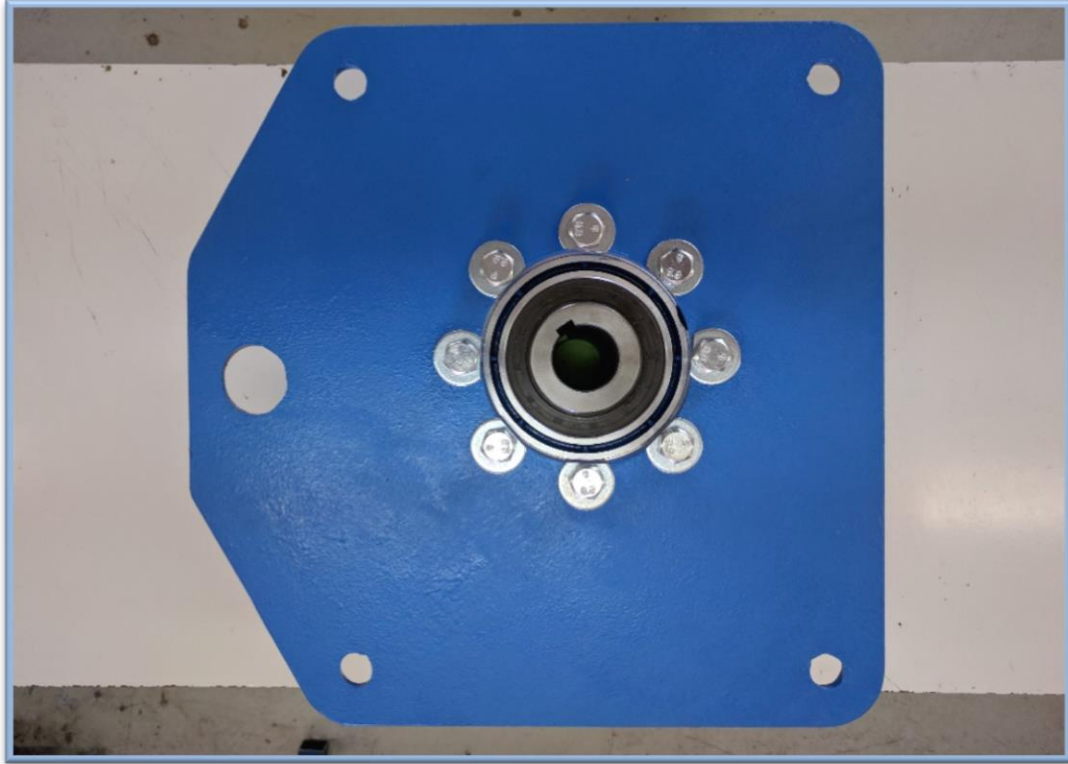
Εικόνα 50. Τελική εικόνα αγκυρίου.

Για τη κατασκευή του τρυπανιού χρησιμοποιήθηκε σωλήνα Φ42 πάχους 3 χιλιοστών και δυο μικρές λάμες που βοηθούν στη διάνοιξη της οπής στο έδαφος.

### 3.6 Συναρμολόγηση.

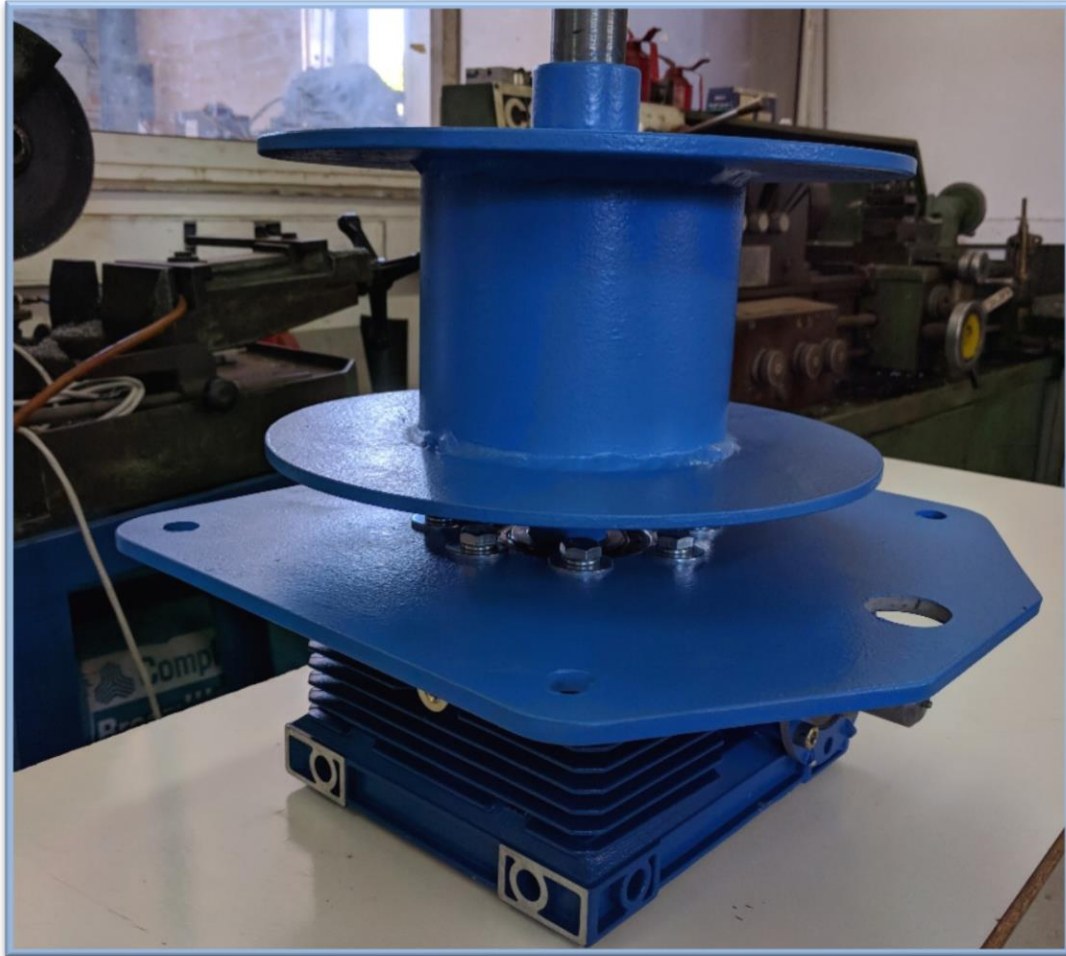
Η συναρμολόγηση της κατασκευής έγινε ως εξής.

Τοποθετήθηκε ο γωνιακός μειωτήρας στο πάγκο και βιδώθηκε πάνω του η πρώτη πλάκα στήριξης.



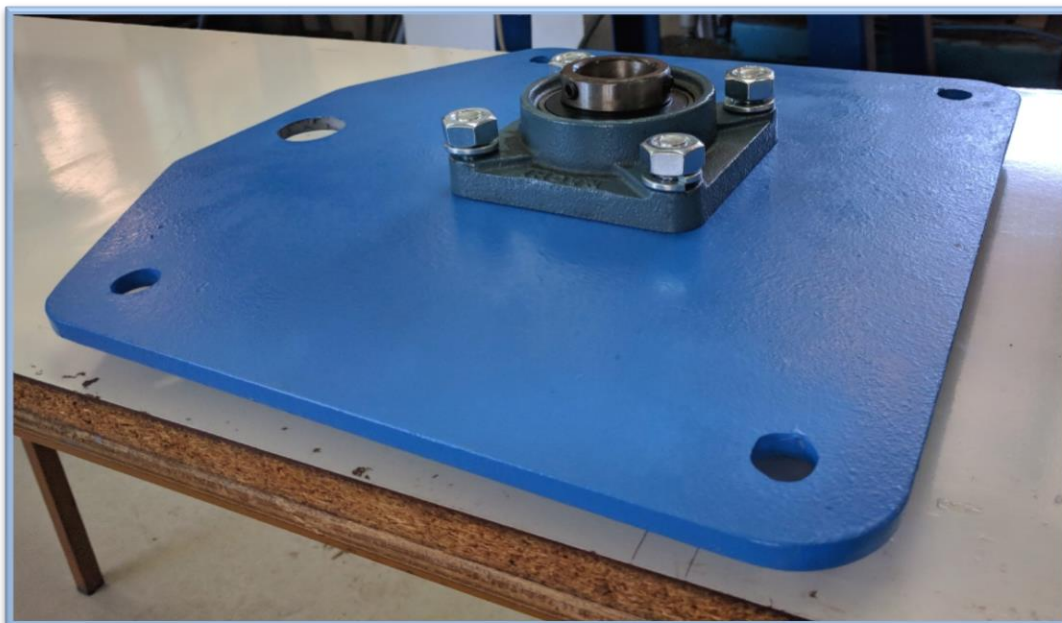
*Εικόνα 51. Πρώτη φάση συναρμολόγησης.*

Έπειτα τοποθετήθηκε το τύμπανο με τον άξονα.



*Εικόνα 52. Δεύτερη φάση συναρμολόγησης.*

Αμέσως μετρά, τοποθετήθηκε το κουζινέτο πάνω στη δεύτερη πλευρική λαμαρίνα χωρίς όμως να σφιχτεί για ευθυγραμμιστεί μόνο του.



*Εικόνα 53. Τρίτη φάση συναρμολόγησης.*

Φορέθηκε το κουζινέτο στον άξονα του τυμπάνου ,σφίχτηκαν οι αποστάτες που συγκρατούν τη κατασκευή και τέλος, αφού ήρθε στη θέση του το κουζινέτο, σφίχτηκαν και οι βίδες του. Η κατασκευή του παλάγκου έχει ολοκληρωθεί. Το μόνο που απομένει είναι να μπει το απαιτούμενο συρματόσχοινο.



*Εικόνα 54. Τελική εικόνα θιντσιού, μετά από πλήρη συναρμολόγηση.*

Η συναρμολόγηση της κατασκευής διήρκεσε 20-25 λεπτά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Συμπεράσματα

Επιτεύχθηκε η μελέτη και κατασκευή του παλάγκου.

Στο προσεχές μέλλον ίσως αποπερατωθεί και η δοκιμή του μηχανισμού από το προσωπικό του εργαστήριου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Βιβλιογραφία

- ΓΡΑΙΚΟΥΣΗΣ Ρ., Στοιχεία Μηχανών Ι, ΙΙ, ΙΙΙ, ΙV, V εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη.
- ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Α ΒΟΥΘΟΥΝΗΣ, ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ Ε ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ, Π Π ΒΟΥΘΟΥΝΗ, Αθήνα 2014 2<sup>η</sup> έκδοση. Μηχανική παραμορφώσου στερεού.
- Π. Δ. 89/1999 (ΦΕΚ 94/Α`/13.5.1999).
- Π. Δ. 113/2012 (ΦΕΚ 198/Α`/17.10.2012).
- Υ. Α. οικ. 15085/593/2003.
- ΙΩΑΝΝΗΣ Κ. ΣΤΕΡΓΙΟΥ , ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Ι. ΣΤΕΡΓΙΟΥ , ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική