



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

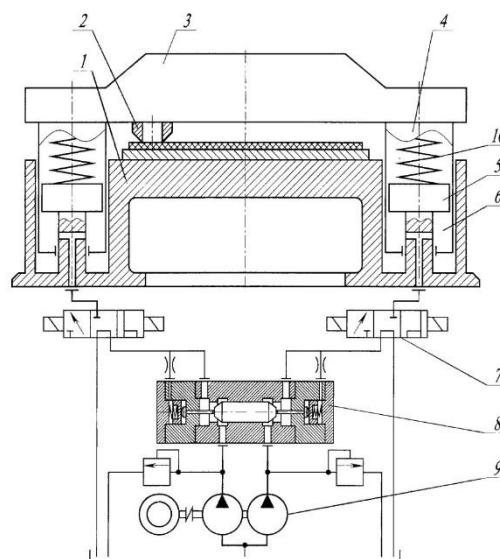
ΤΜΗΜΑ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σχεδιομελέτη υδραυλικής πρέσας 20T»

Στάμος Παναγιώτης – Παΐσιος

Επιβλέπων Καθηγητής: Χρηστάκης Δημήτριος



ΗΡΑΚΛΕΙΟ – ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020

Ευχαριστίες

Αρχικά αισθάνομαι την υποχρέωση, να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή μου κο Χρηστάκη Δημήτριο για την άριστη καθοδήγηση για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Ο κ. Χρηστάκης Δημήτριος με καθοδήγησε σε κάθε βήμα αυτής της προσπάθειας, αυτού του εγχειρήματος.

Ευχαριστώ τέλος τους γονείς μου, για την συμπαράσταση τους ηθική και υλική, όλα τα χρόνια της φοίτησης μου στα Τ.Ε.Ι. και γενικότερα στη ζωή μου, την αδερφή μου και την κοπέλα μου για την στήριξη.

Ηράκλειο, Οκτώβριος 2020

Παναγιώτης- Παΐσιος Στάμος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του ΤΕΙ Κρήτης, από τον σπουδαστή Παναγιώτη- Παΐσιο - Στάμο με επιβλέποντα καθηγητή τον κ Χρηστάκη Δημήτριο.

Η πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τον σχεδιασμό και την μελέτη κατασκευής μιας υδραυλικής πρέσας κάνοντας χρήση διαθέσιμων εξαρτημάτων από το εμπόριο.

Στην εργασία παρουσιάζονται τα κατασκευαστικά σχέδια της πρέσας και γίνεται μελέτη σχετικά με τα υλικά και εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της.

Θα γίνει αναφορά στις προδιαγραφές των πιθανών εξαρτημάτων και μελέτη ως προς το κόστος της κατασκευής και σύγκριση με παρόμοιες πρέσες του εμπορίου.

Η παρούσα εργασία είναι δομημένη σε έξι κεφάλαια όπως θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εισαγωγικά στοιχεία και μια ιστορική αναδρομή των κατεργασιών και των πρεσών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα είδη των πρεσών και η ταξινόμησή τους, γίνεται δε ιδιαίτερη αναφορά στις υδραυλικές πρέσες και περιγράφεται σε γενικές γραμμές η ασφαλής χρήση τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληροί η πρέσα, κατασκευαστικά εξαρτήματα της πρέσας και η μελέτη κατασκευής .

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το πιθανό κόστος κατασκευής.

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα του σχεδιασμού και της μελέτης της πρέσας.

Στο τέλος υπάρχει η σχετική βιβλιογραφία και οι πηγές για την σύνταξη της παρούσης.

Λέξεις κλειδιά: σχεδιο, μελέτη, υδραυλική, πρέσα

ABSTRACT

The present dissertation was prepared within the undergraduate program of the Department of Mechanical Engineering of the TEI of Crete, by the student Panagiotis-Paisios Stamos with supervising professor Mr. Christakis Dimitrios.

The dissertation deals with the design and construction of a hydraulic press using commercially available components.

The paper presents the construction drawings of the hydraulic press and studies the materials and components that will be used for its construction.

Reference will be made to the specifications of the possible components and a study in terms of the cost of construction and comparison with similar commercial presses.

The present work is structured in six chapters as will be presented below.

The first chapter presents introductory elements and a historical overview of the machinations and presses.

The second chapter describes the types of presses and their classification, and special reference is made to hydraulic presses and describes in general their safe use.

The third chapter presents the specifications that the hydraulic press must complete, the components of the press and the construction study.

The fourth chapter describes the possible construction costs.

Finally, the fifth chapter presents the general conclusions of the design and study of the press.

At the end there is the relevant bibliography and sources for the writing of the present.

Key words: design, study, hydraulic, press

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	7
1.2 ΔΟΜΗ – ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	8
1.3 ΣΥΝΟΨΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΡΕΣΩΝ & ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	10
2.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΡΕΣΩΝ	10
2.2 ΠΡΕΣΕΣ ΑΠΛΗΣ, ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	12
2.3 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΠΡΕΣΕΣ	14
2.4 ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΠΡΕΣΑ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ, ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΙ ΕΜΒΟΛΟ	18
2.5 ΣΥΝΟΨΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	25
3.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	25
3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ	25
3.3 ΜΕΛΕΤΕΣ	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	77
4.1 ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ	77
4.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΕΣΑΣ 20Τ	77
4.3 ΣΥΝΟΨΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το εργαλείο που βρήκε αρχικά ο άνθρωπος ήταν η πέτρα την οποία στην αρχή την χρησιμοποιούσε με τη μορφή που την έβρισκε στη φύση. Με αυτό λοιπόν το ακατέργαστο εργαλείο κατάφερε στη συνέχεια να κατασκευάσει τα πρώτα εργαλεία από πέτρα, ξύλα και οστά, τα οποία προσάρμοσε κατάλληλα, ανάλογα με την απαιτούμενη χρήση. Τα μέταλλα ανακαλύφθηκαν αργότερα. Η επικρατέστερη θεωρία σχετικά με την ανακάλυψη των μετάλλων υποστηρίζει ότι λόγω μεγάλων πυρκαγιών έλιωσαν τα μέταλλα που υπήρχαν μέσα στα διάφορα πετρώματα και έτσι έγινε δυνατή η εξόρυξή τους. Μάλλον με αυτό τον τρόπο ανακαλύφθηκε ο χαλκός (περίπου το 5000 π.Χ.) και ο μπρούντζος (περίπου το 3000 π.Χ.). Τον σίδηρο ο άνθρωπος τον ανακάλυψε περίπου το 1000π.Χ. πιθανότατα από τους διάφορους μετεωρίτες που έπεφταν στη γη. Με τη αύξηση των προσπαθειών του ανθρώπου σχετικά με την έρευνα αρχίζει η ιστορία της μηχανοποίησης. Έτσι, κατά τον 12ο αιώνα μ.Χ. εμφανίζεται η μηχανή με τα υδραυλικά σφυριά. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η μηχανή με τα «κατερχόμενα σφυριά», ο όγκος των οποίων υψώνεται μεταξύ δύο ράβδων ολισθήσεως και αφήνεται στη συνέχεια να πέσει πάνω στο υλικό που θα σφυρηλατηθεί. Με αυτόν τον τρόπο το 1346 κατασκευάζονται στη Φλωρεντία πυροβόλα από ορείχαλκο που χρησιμοποιούσαν σφαίρες από σφυρήλατο σίδηρο. Το 15ο αιώνα κατασκευάστηκαν βόμβες από σίδηρο και σφαίρες από χυτοσίδηρο. Η έλαση ξεκινά τον 16^ο αιώνα με

σκοπό την κατασκευή χαλυβδοφύλλων που προορίζονταν για νομισματοκοπία. Μεταγενέστερα, γενικεύεται η χρήση της και στην κατασκευή ράβδων για μεταλλικές κατασκευές. Το 1784 ο Watt δοκιμάζει τη σφύρα κρούσεως, η οποία όμως αρχίζει να κατασκευάζεται για την παραγωγική διαδικασία, κατά το 1842. Το 1861 κάνει την εμφάνισή της η πρώτη υδραυλική πρέσα.

1.2 ΔΟΜΗ – ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία οργανώνεται σε 4 κεφάλαια για το περιεχόμενο των οποίων θα ακολουθήσει μια σύντομη περιγραφή.

Το κεφάλαιο 1 όπως είδαμε παρουσιάζονται εισαγωγικά στοιχεία και μια ιστορική αναδρομή των κατεργασιών και των πρεσών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα είδη των πρεσών και η ταξινόμησή τους, γίνεται δε ιδιαίτερη αναφορά στις υδραυλικές πρέσες και περιγράφεται σε γενικές γραμμές η ασφαλής χρήση τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληροί η πρέσα, κατασκευαστικά εξαρτήματα της πρέσας και η μελέτη κατασκευής

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται το πιθανό κόστος κατασκευής.

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα του σχεδιασμού και της μελέτης της πρέσας.

1.3 ΣΥΝΟΨΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εισαγωγικά στοιχεία και μια ιστορική αναδρομή των κατεργασιών και των πρεσών.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε περιληπτικά τα είδη και την ταξινόμηση των πρεσών. Θα αναφερθούμε στις Μηχανικές και υδραυλικές πρέσες και εντοπίσαμε τις διαφορές τους.

Θα γίνει περιγραφή για τις πρέσες μονής, διπλής και πολλαπλής ενέργειας.

Θα εντοπίσουμε τους κινδύνους και τα μέτρα προστασίας των χειριστών στις πρέσες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΡΕΣΣΩΝ & ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

2.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΡΕΣΣΩΝ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΡΕΣΣΩΝ (Πιν. 1)

Υδραυλικές πρέσες	Μηχανικές πρέσες
-------------------	------------------

- Δύναμη εμβόλου σταθερή καθ' όλη τη διαδρομή
- Η ταχύτητα κατεργασίας σταθερή
- Η δύναμη συγκράτησης μειώνεται προοδευτικά κατά την εκτέλεση της κατεργασίας
- Το μήκος της διαδρομής μπορεί να ρυθμίζεται εύκολα και με ακρίβεια
- Δεν υπάρχει πιθανότητα υπερφόρτισης. Μόλις παρατηρηθεί υπέρβαση του μέγιστου φορτίου, η κινητή κεφαλή σταματά αμέσως
- Η ταχύτητα ολισθήσεως της κινητής κεφαλής σχετικά μικρή. Δεν ενδείκνυνται για μαζική παραγωγή
- Η ισχύς Η/Κ πρέπει να είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη από αυτή της ισοδύναμης μηχανικής πρέσσας
- Το κόστος της υδραυλικής πρέσσας είναι 20- 30% υψηλότερο από εκείνο της ισοδύναμης μηχανικής

- Δύναμη εμβόλου μεταβλητή με μέγιστη τιμή περί τα άκρα της διαδρομής
- Η ταχύτητα εμβόλου μεταβλητή
- Η δύναμη συγκράτησης παραμένει σταθερή κατά την εκτέλεση της κατεργασίας
- Η διαδρομή είναι καθορισμένη
- Πρέπει να φέρουν σύστημα ασφαλείας έναντι υπερφόρτισης
- Επιτυγχάνονται πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες εμβόλου, γι' αυτό και χρησιμοποιούνται αποδοτικότερα σε μαζική παραγωγή
- Λόγω της ύπαρξης σφονδύλου που αποταμιεύει μεγάλο ποσό ενέργειας, απαιτείται Η/Κ μικρότερης ισχύος από εκείνο της ισοδύναμης υδραυλικής
- Είναι φθηνότερη από την αντίστοιχη υδραυλική πρέσσα.
- Κρουστική λειτουργία
- Δυσχερής αυτοματοποίηση της λειτουργίας
- Δεν υφίστανται τα

<ul style="list-style-type: none"> ● Ομαλές κινήσεις και αθόρυβη λειτουργία ● Απλή κυβέρνηση του συγκροτήματος και δυνατότητα τηλεχειρισμών. Ευκολία εφαρμογής αυτοματισμών. Δυνατότητα προγραμματισμού των φάσεων λειτουργίας. ● Μειονεκτήματα από το υδραυλικό σύστημα (απώλειες λόγω τριβών στο υδραυλικό κύκλωμα, διαρροές λαδιού, κίνδυνοι από την αλλοίωση ιξώδους λόγω υψηλών θερμοκρασιών, είσδυση αέρα στο υδραυλικό κύκλωμα, κίνδυνος αναφλέξεως λαδιού) ● Απαιτούνται λεπτές ανοχές και μέγιστη ακρίβεια κατασκευής (honing, lapping) στα κινούμενα υπό πίεση μέρη. 	<p>μειονεκτήματα από υδραυλικό σύστημα</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Δεν απαιτείται ανάλογη υψηλή ακρίβεια κατασκευής των κινουμένων μέρων της.
--	---

Πίνακας 1: Σύγκριση υδραυλικών και μηχανικών πρεσών

2.2 ΠΡΕΣΕΣ ΑΠΛΗΣ, ΔΙΠΛΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο τρόπος ενέργειας του κάθε τύπου πρέσας πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε να ικανοποιεί τις συνηθισμένες και ιδιαίτερες απαιτήσεις

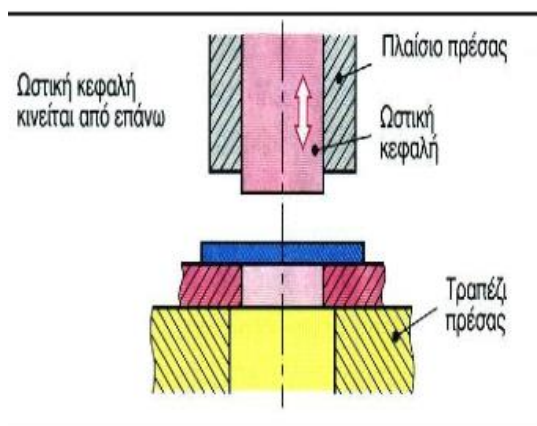
κατεργασίας, για τις οποίες προορίζεται ο κάθε τύπος πρέσας. Γι' αυτό το λόγο οι διάφοροι κατασκευαστές πρεσών προσφέρουν στην αγορά μηχανικές και υδραυλικές πρέσες απλής, διπλής και πολλαπλής ενέργειας.

Επομένως οι πρέσες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους χαρακτηρίζονται σαν:

- Πρέσες απλής ενέργειας.
- Πρέσες διπλής ενεργείας.
- Σύνθετης (πολλαπλής) ενέργειας.

Οι διαφορές στον τρόπο λειτουργίας αυτών των πρεσών είναι ο αριθμός των κινήσεων που μπορούν να πραγματοποιήσουν ταυτόχρονα ή διαδοχικά. Η δυνατότητα αυτή των πρεσών είναι πολύ σημαντική γιατί πολλές φορές κατά τις μηχανικές διαμορφώσεις πρέπει να εκτελεστούν διαφορετικές αλλά εναρμονισμένες μεταξύ τους κινήσεις της πρέσας.

Πρέσες απλής ενέργειας είναι οι πρέσες που διαθέτουν μια ωστική κεφαλή πάνω στην οποία είναι στερεωμένο το έμβολο ή το πάνω μέρος του εργαλείου διαμόρφωσης. Η πρέσες αυτές μπορούν να εκτελέσουν μόνο μία παλινδρομική κίνηση (εικ. 8) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή αντικειμένων απλού σχήματος



Εικόνα 8: Λειτουργία πρέσας απλής ενέργειας (Καρούζος, 1987)

2.3 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΠΡΕΣΕΣ

Για όλες τις κατεργασίες διαμόρφωσης με τα διάφορα είδη μητρών στις μηχανικές και στις υδραυλικές πρέσες ισχύουν ιδιαίτεροι κανόνες ασφάλειας, γιατί η εργασία του τεχνίτη-χειριστή των μηχανών αυτών είναι άκρως επικίνδυνη.

Στις πρέσες γίνεται συνήθως μαζική παραγωγή εργασιών από φύλλα ή λωρίδες ελάσματος. Για την εξασφάλιση συνέχειας της παραγωγικής διαδικασίας στις πρέσες, ο τεχνίτης-χειριστής των μηχανών αυτών είναι απαραίτητο να διεκπεραιώνει κατά κανονικά χρονικά διαστήματα μεμονωμένες βοηθητικές εργασίες με τα χέρια του. Ο χρόνος που έχει στη διάθεση του ο τεχνίτης - χειριστής για τη διεκπεραίωση των απαραίτητων βοηθητικών εργασιών με τα χέρια του είναι πολύ περιορισμένος, γιατί είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ του τέλους μια ενεργητικής διαδρομής του κριού και του εργαλείου και πριν από την αρχή της αμέσως επόμενης εργασίας διαδρομής κριού και εργαλείου.

Προσπάθεια από τον τεχνίτη-χειριστή να διεκπεραιώσει με τα χέρια κάποια βοηθητική εργασία λίγο πριν ή λίγο μετά τον καθορισμένο χρόνο, περικλείει μεγάλους κινδύνους εμπλοκής των χεριών μεταξύ του πάνω μέρους της μήτρας που παλινδρομεί με τον κριό και του κάτω μέρους της μήτρας που είναι στερεωμένη στην τράπεζα της πρέσας με αποτέλεσμα την πρόκληση ατυχήματος.

Πρέσες με μηχανικό μηχανισμό κίνησης κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκλείονται ατυχήματα ως αποτέλεσμα ακούσιας εκκίνησής τους από τον τεχνίτη-χειριστή.

Κοπτικές μήτρες με πλάκα-οδηγό κατασκευάζονται κατά κανόνα με τέτοιο τρόπο, ώστε η προσπέλαση του τεχνίτη-χειριστή της πρέσας στην κοπτική ζώνη της μήτρας να είναι αδύνατη. Έτσι στις περιπτώσεις χρησιμοποίησης τέτοιων μητρών στις πρέσες δε λαμβάνονται άλλα επιπρόσθετα προστατευτικά μέτρα.

Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις χρησιμοποίησης των διαφόρων ειδών μητρών κατεργασίας στις πρέσες επιβάλλεται η λήψη κατάλληλων προστατευτικών μέτρων, γιατί όλα τα επικίνδυνα σημεία στη ζώνη κατεργασίας βρίσκονται στο πεδίο προσπέλασης των χεριών του τεχνίτη-χειριστή της πρέσας.

Τέτοια προστατευτικά μέτρα είναι για παράδειγμα:

- Η τοποθέτηση μπροστά ή γύρω από την επικίνδυνη ζώνη προστατευτικού καλαθιού από διχτυωτό σύρμα - προστατευτικής γρίλιας - προστατευτικής πλάκας από συνθετικό γυαλί.
- Η χρησιμοποίηση κατάλληλα διαμορφωμένων βοηθητικών εργαλείων προσπέλασης του τεχνίτη-χειριστή στην επικίνδυνη ζώνη κατεργασίας
- Η εφαρμογή στην πρέσα οπτικοηλεκτρονικής εγκατάστασης φωτοκυττάρων.

Προστατευτικά καλάθια από διχτυωτό σύρμα (εικ.13), προστατευτικές γρίλιες και προστατευτικές πλάκες από συνθετικό γυαλί προσαρμόζονται με τέτοιο τρόπο στην πρέσα ώστε να είναι αδύνατη η εκκίνηση της μηχανής, αν το προστατευτικό μέσο δε βρίσκεται στη θέση του.

Σε πρέσες συνεχούς λειτουργίας μαζικής παραγωγής εφαρμόζουν οπτικο-ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις φωτοκυττάρων (εικ.14) αντί των συνηθισμένων προστατευτικών μέσων που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Από κατάλληλη πηγή, στην αριστερή στήλη της πρέσας, εκπέμπονται ακτίνες φωτός προς τα δεξιά που αντανακλούνται σε καθρέφτη, και δημιουργείται έτσι φράγμα φωτός μπροστά από τη ζώνη εργασίας στην πρέσα. Διακοπή του φράγματος φωτός σε οποιοδήποτε σημείο, από το χέρι ή την κεφαλή του τεχνίτη-χειριστή της πρέσας, έχει ως αποτέλεσμα το άμεσο σταμάτημα του συστήματος κριού-εργαλείου της πρέσας. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται ατυχήματα από ακούσια παρέμβαση του

τεχνίτη - χειριστή στην επικίνδυνη ζώνη κατεργασίας της πρέσας.

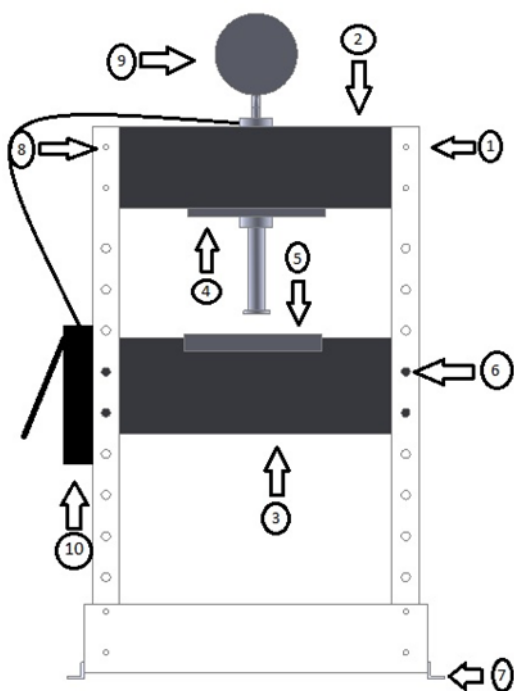
The screenshot shows a presentation slide with the following content:

- Σχ. 11/9: Σύστημα ελέγχου πρέσας**: A schematic diagram of a press control system. It features a 'Διακόπτης για πλήγμα προστασίας' (Safety impact switch) at the top, a 'Παλέτρες χεριών' (Hand levers) in the middle, and a 'Κρίσις' (Control panel) at the bottom.
- Σχ. 11/10: Οπτικο-ηλεκτρονική εγκατάσταση φωτοκτετάρων**: A photograph of a press control panel with labels for 'Κρίσις' (Control panel), 'Φράγμα φωτός' (Light barrier), and 'Γρόντζο' (Grinding).
- Εξήγηστε με τη βοήθεια του πιο κάτω σχήματος τον τρόπο λειτουργίας κοχλιοφόρας πρέσας**: A diagram of a screw-driven press mechanism with labels: 'Επίπεδος δίσκος τριβής (κενοθρόνος)' (Flat friction disk (hollow)), 'Σύζαμα πρέσας' (Press screw), and 'Κοχλίας κίνησης' (Motion screw).
- 8. Γράψετε τις πρακτικές εφαρμογές των κοφύρων πρέσων με επίπεδους δίσκους τριβής**
- 9. Να αναφέρετε τα βασικά στοιχεία του υδραυλικού συστήματος κίνησης των υδραυλικών πρεσών**
- 10. Εξηγήστε τη σκοπιμότητα χρησιμοποίησης συγκροτημάτων πρεσών με προγραμματισμό εργασίας στην ομαδική και μαζική παραγωγή μηχανολογικών προϊόντων**
- 11. Να αναφέρετε τα διάφορα προστατευτικά που χρησιμοποιούνται στις πρέσες + ως μέτρα ασφάλειας που λαμβάνονται για προστασία του τεχνίτη – χειριστή των μηχανών αυτών.**

Εικόνα 13: Σύστημα ελέγχου πρέσας

2.4 ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΠΡΕΣΑ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ: ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ, ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΙ ΕΜΒΟΛΟ

Η υδραυλική πρέσα είναι μια πρέσα που η λειτουργία της είναι η δημιουργία δύναμης συμπίεσης με τη χρήση ενός υδραυλικού κυλίνδρου. Η υδραυλική πρέσα είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την άσκηση δύναμης μεγάλου βάρους μέσα από την εφαρμογή μίας πολύ μικρότερης δύναμης. Αυτό βασίζεται στο νόμο του Pascal. Ο νόμος του Pascal αναφέρει ότι η ένταση της πίεσης σε ένα στατικό υγρό μεταδίδεται εξίσου προς όλες τις κατευθύνσεις.



Μέρη υδραυλικής πρέσας

Μια μηχανή υδραυλικής πρέσας αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

1. Βαλβίδα εκτόνωσης
2. Μανόμετρο

3. Υδραυλικός κύλινδρος

3.α Βάση κυλίνδρου ή καπάκι

3.β Κυλινδροκεφαλή

3.γ Έμβολο

3.δ Έμβολο

3.ε Στεγανοποιητικά

3.στ Τσιμούχες

4. Δεξαμενή λαδιού

5. Λαβή αντλίας λαδιού

1. Βαλβίδα εκτόνωσης:

Όταν η πίεση είναι υψηλή αυτή η βαλβίδα χρησιμοποιείται για την απελευθέρωση ή τον έλεγχο της πίεσης.

2. Μανόμετρο:

Μετράει την πίεση.

3. Υδραυλικός κύλινδρος:

Η κύρια λειτουργία του κυλίνδρου είναι να περιορίζει την πίεση του κυλίνδρου. Το έμβολο παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο. Ο κύλινδρος έχει ομαλή εσωτερική επιφάνεια, ανοχή υψηλής ακρίβειας, είναι ανθεκτικός στη χρήση κ.λπ.

3.α Βάση κυλίνδρου ή καπάκι

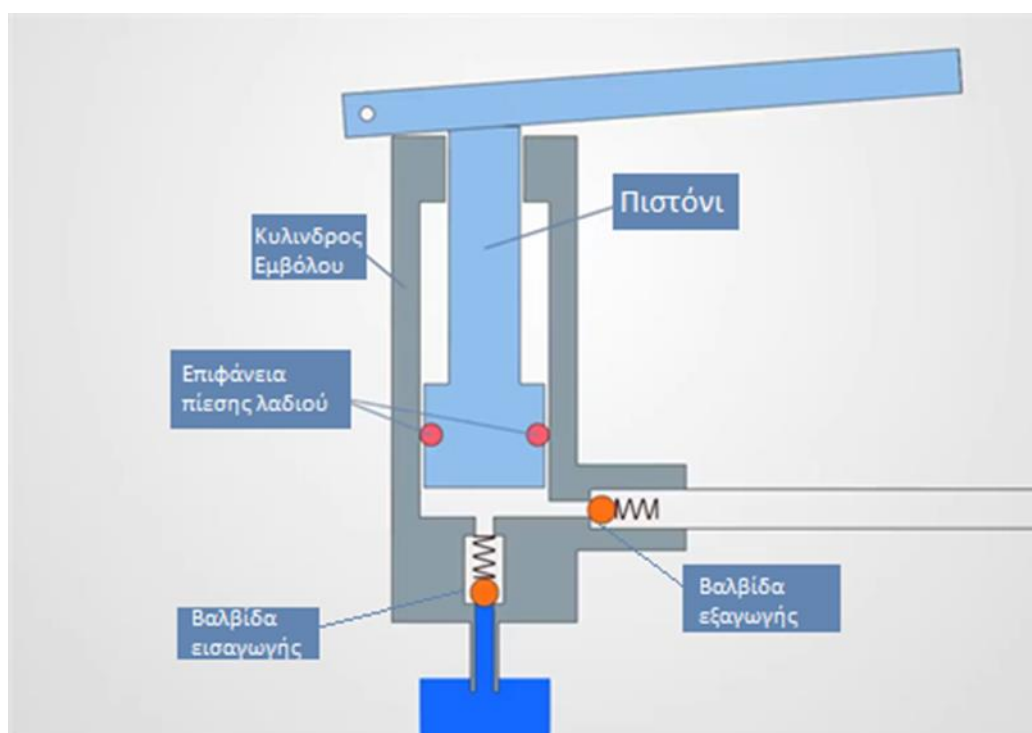
Η κύρια λειτουργία του πώματος είναι να περικλείει το θάλαμο πίεσης στο ένα άκρο. Το μέγεθος του καπακιού καθορίζεται με βάση την κάμπτική αντοχή. Ένας στατικός στεγανοποιητικός δακτύλιος / ο δακτύλιος χρησιμοποιείται ανάμεσα στο καπάκι και το βαρέλι (εκτός από τη συγκολλημένη κατασκευή).

3.β Κυλινδροκεφαλή

Η κύρια λειτουργία της κεφαλής είναι να περιορίζει το θάλαμο πίεσης στο ένα άκρο του κυλίνδρου. Η κεφαλή περιέχει μια ενσωματωμένη διάταξη στεγανοποίησης ράβδου ή την επιλογή αποδοχής στεγανοποιητικού αδένα. Η κεφαλή συνδέεται στο σώμα με σπείρωμα, μπουλόνια ή γραβάτα. Μεταξύ κεφαλής και κυλίνδρου χρησιμοποιείται ένας στατικός δακτύλιος στεγανοποίησης.

3.δ Έμβολο

Η κύρια λειτουργία του εμβόλου είναι ο διαχωρισμός των ζωνών πίεσης μέσα στον κύλινδρο. Η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών του εμβόλου αναγκάζει τον κύλινδρο να εκτείνεται και να αποσύρεται. Το έμβολο συνδέεται με τη ράβδο του εμβόλου με σπείρωμα, μπουλόνια ή παξιμάδια για τη μεταφορά της γραμμικής κίνησης.



3.ε Στεγανοποιητικά

Ο κύλινδρος είναι εφοδιασμένος με στεγανοποιητικά ώστε να αποτρέπεται η διαρροή του λαδιού υπό πίεση από τη διεπαφή μεταξύ της ράβδου και της κεφαλής.

3.στ Τσιμούχες

Οι τσιμούχες επιλέγονται ανάλογα με την πίεση λειτουργίας του κυλίνδρου, την ταχύτητα του κυλίνδρου, τη θερμοκρασία λειτουργίας, το μέσο εργασίας και την εφαρμογή. Σε γενικές γραμμές, τα στεγανοποιητικά ελαστομερή από νιτριλικό καουτσούκ, πολυουρεθάνη ή άλλα υλικά είναι καλύτερα σε περιβάλλοντα χαμηλότερης θερμοκρασίας, ενώ τα στεγανοποιητικά από φθοράνθρακα Viton είναι καλύτερα για υψηλότερες θερμοκρασίες.

4. Δεξαμενή λαδιού:

Εδώ αποθηκεύεται και τροφοδοτείται υδραυλικό λάδι.

5. Χειρολαβή αντλίας λαδιού

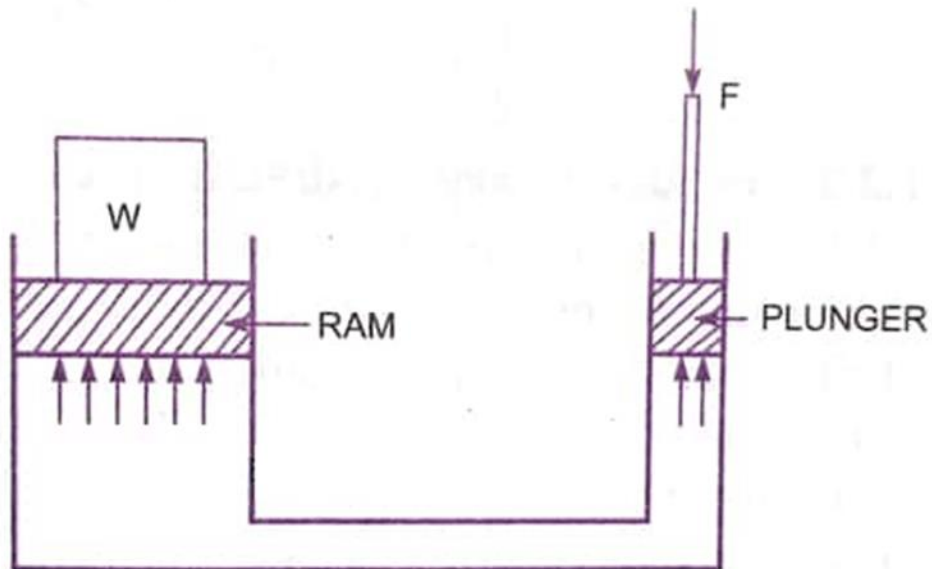
Είναι το μέρος της αντλίας που ασκείται η δύναμη που θα πολλαπλασιαστεί.

Αρχές λειτουργίας υδραυλικής πρέσας:

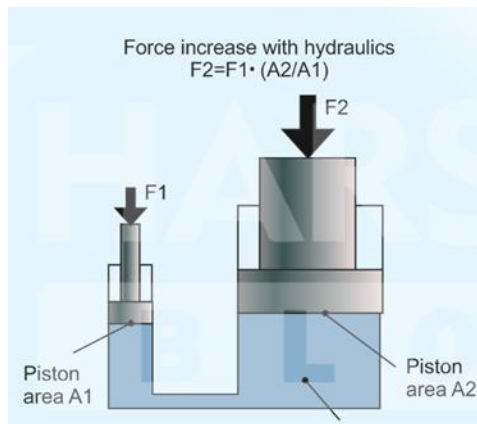
Μια μηχανή υδραυλικής πρέσας λειτουργεί με τα ακόλουθα βήματα:

1. Βασίζεται στο νόμο του Pascal. Σύμφωνα με αυτόν, η ένταση της πίεσης σε ένα στατικό υγρό μεταδίδεται εξίσου προς όλες τις κατευθύνσεις.
2. Η υδραυλική πρέσα αποτελείται από δύο έμβολα διαφορετικών διαμέτρων. Ένα από τα έμβολα είναι μεγάλης διαμέτρου και αποτελεί την επιφάνεια στην οποία καταλήγει η δύναμη που πολλαπλασιάζεται, ενώ το άλλο έμβολο είναι μικρότερης

διαμέτρου και περιέχει το έμβολο στο οποίο ασκείται χειρωνακτική δύναμη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



3. Τα δύο έμβολα συνδέονται με σωλήνα.
4. Ο σωλήνας περιέχει ένα υγρό μέσω του οποίου μεταδίδεται πίεση.
5. Όταν εφαρμόζεται μια μικρή δύναμη f στο έμβολο προς την κατεύθυνση προς τα κάτω, παράγεται πίεση στο υγρό σε επαφή με το έμβολο.
6. Αυτή η πίεση μεταδίδεται εξίσου σε όλες τις κατευθύνσεις και ασκεί δύναμη προς τα πάνω στο μεγαλύτερο έμβολο όπως φαίνεται στο σχήμα.
7. Η δύναμη F ορίζει και την απόσταση που θα κινηθεί το μεγάλο έμβολο ως εξής:



Η πίεση του υγρού σε είναι παντού ίδια. Άρα η πίεση κάτω από το έμβολο 1 είναι ίδια με αυτή κάτω από το έμβολο 2.

$P_1 = P_2$ και εφόσον η πίεση ισούται με το κλάσμα της δύναμης προς την επιφάνεια του εμβόλου, άρα:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Ακολουθώντας:

$$F_2 = F_1 \frac{A_1}{A_2}$$

Από την παραπάνω εξίσωση συμπεραίνουμε ότι η δύναμη που ασκούμε στο μικρό έμβολο καταλήγει να είναι πολλαπλάσια στο μεγάλο έμβολο. Παρ' όλα αυτά με βάση το νόμο της διατήρησης της ενέργειας:

$$W_1 = W_2$$

Άρα:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

(W για το έργο σε κάθε πλευρά του σωλήνα και d , απόσταση που διανύει το έμβολο.)

Έτσι η απόσταση που θα διανύσει το μεγάλο έμβολο είναι πολύ μικρότερη από αυτή που διανύει το μικρό έμβολο.

Κάθετη υδραυλική πρέσα 20 τόνων:

Αυτός ο τύπος υδραυλικής πρέσας έχει 2 κολώνες και έναν βραχίονα που στηρίζεται στις 2 κολώνες. Η πίεση εφαρμόζεται κάθετα.



2.5 ΣΥΝΟΨΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράψαμε περιληπτικά τα είδη και την ταξινόμηση των πρεσών. Αναφερθήκαμε στις Μηχανικές και υδραυλικές πρέσες και εντοπίσαμε τις διαφορές τους.

Περιγράψαμε τις πρέσες μονής ενέργειας.

Εντοπίσαμε τους κινδύνους και τα μέτρα προστασίας των χειριστών στις πρέσες.

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τον σχεδιασμό για την μελέτη της κατασκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Το υλικό κατασκευής που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή της υδραυλικής πρέσας είναι χάλυβας τύπου st 37 για τον λόγο ότι έχει πολύ καλές αντοχές σε θλίψη κάμψη και εφελκυσμό.

Φυσικές ιδιότητες.

Υλικό St 37-2 Πυκνότητα: 7,85 g / cm³

Σημείο τήξεως: 1420-1460 ° C (2590-2660 ° F)

Μηχανικές ιδιότητες.

Δομικός χάλυβας St37-2 Σκληρότητα: ≤ 120 HBW

Τιμή πρόσκρουσης: ≥ 27 J, δοκιμασμένη σε θερμοκρασία δωματίου 20 °

C (πάχος: ≤ 25mm)

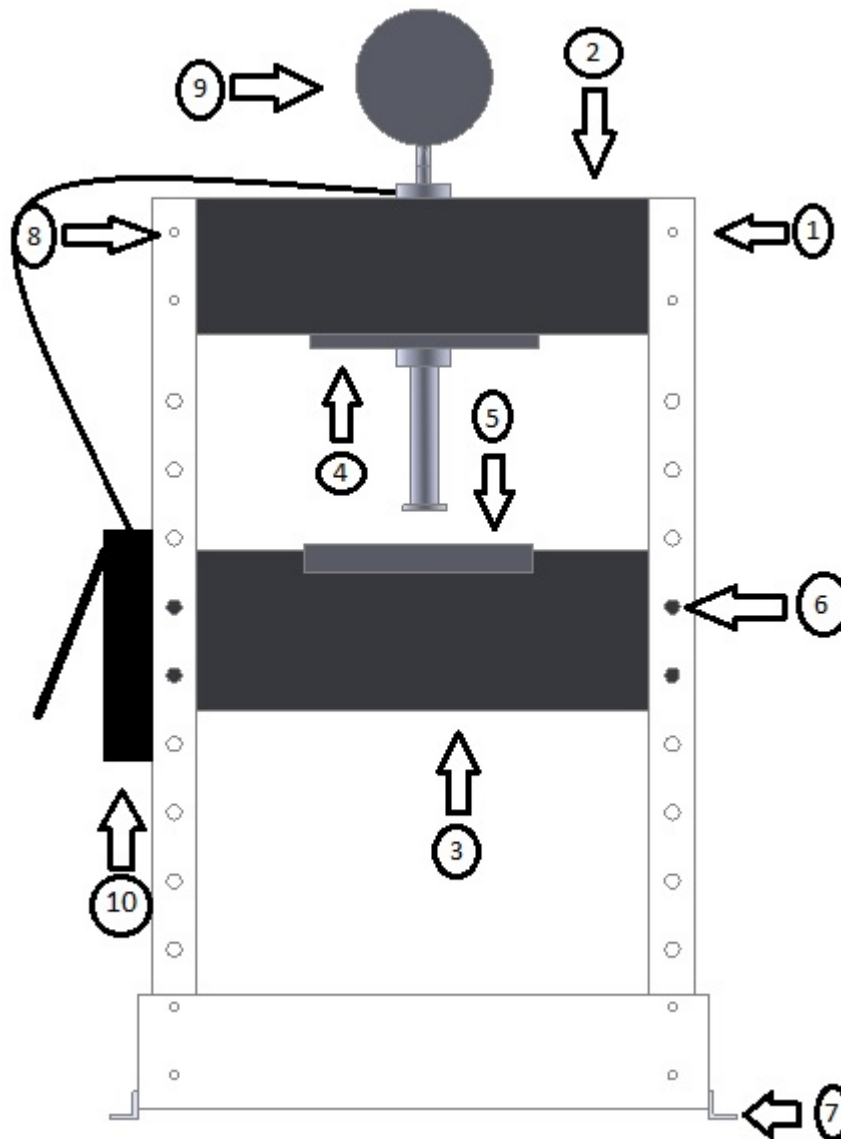
Αντοχή διαρροής για St37-2 (1.0037) =235 MPa

Αντοχή σε εφελκυσμό για St37-2 (1.0037) = 340-470 MPa

τιμη χάλυβα 0,93 €/Kg

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ – ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ

Στην ενότητα αυτή θα μελετηθούν οι εφελκυστικές, διατμητικές και καμπτικές δυνάμεις και τάσεις στην πρέσα των 20 τόνων.



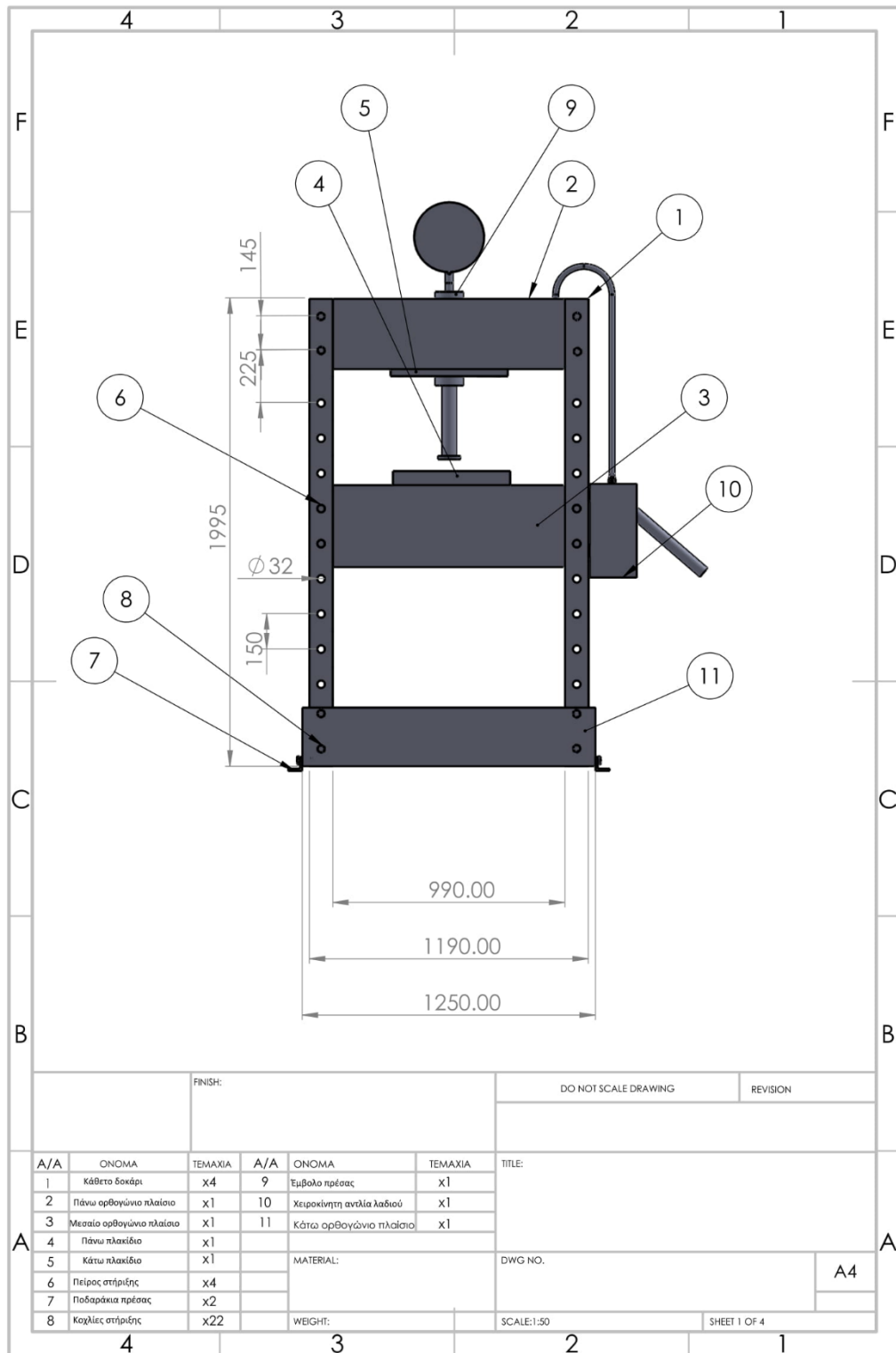
Εικόνα 15: Σκαρίφημα μελέτας πρέσας

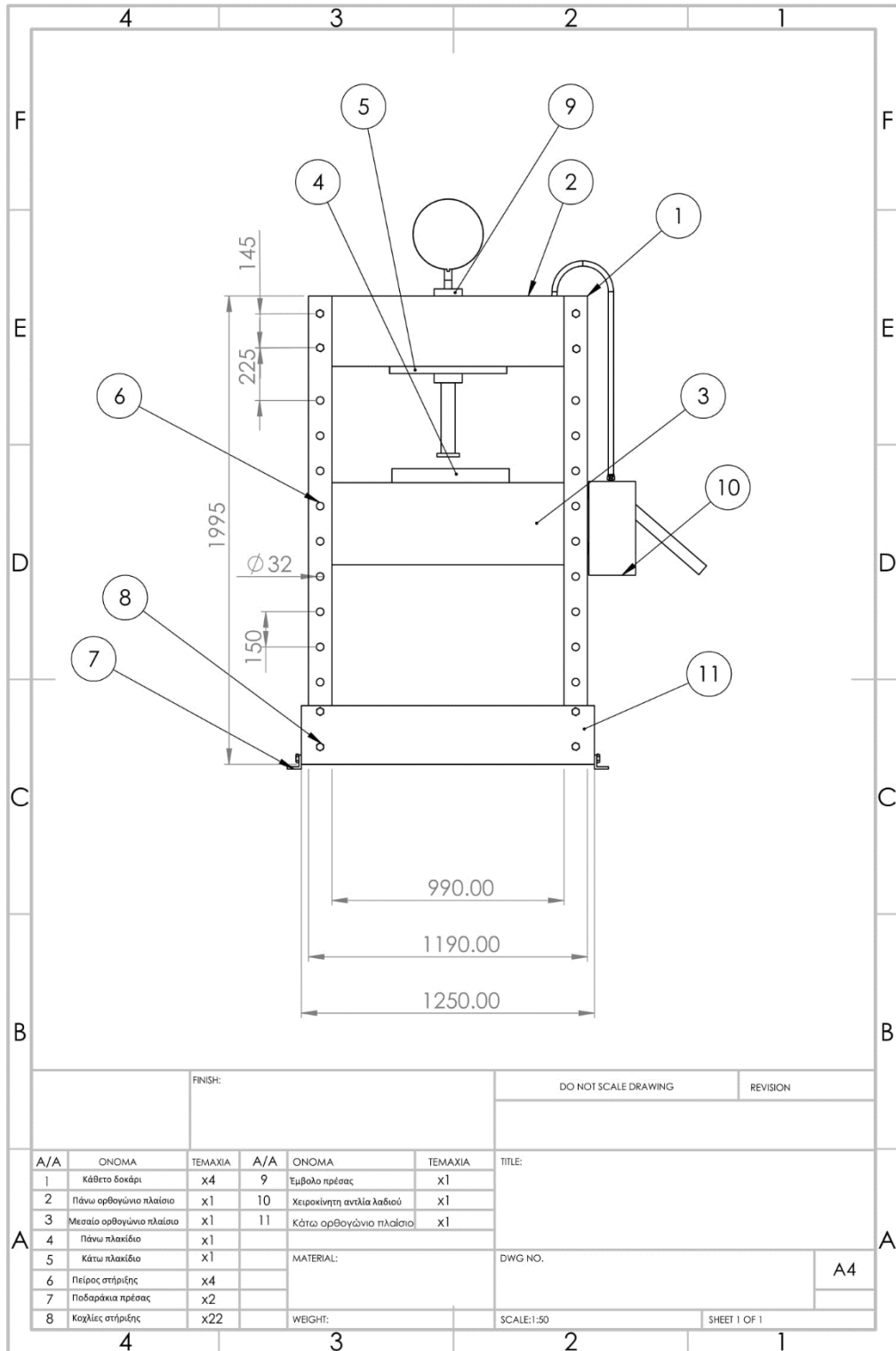
	Περιγραφή	Παρατηρήσεις
--	-----------	--------------

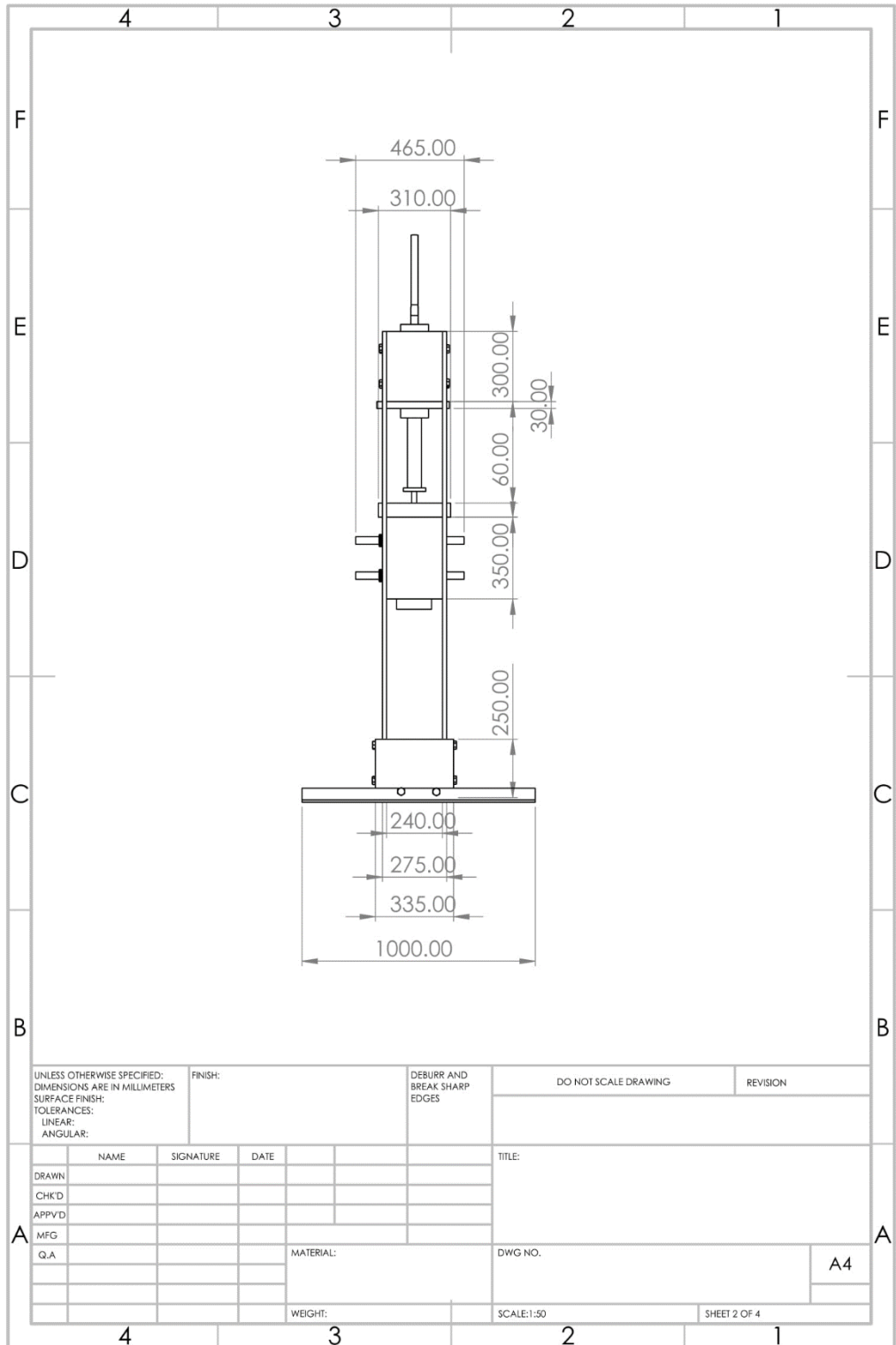
α/α		
1	Κάθετο δοκάρι	4 κάθετα δοκάρια
2	Πάνω ορθογώνιο πλαίσιο	Πακτωμένο με κοχλίες
3	Μεσαίο ορθογώνιο πλαίσιο	Αρθρωμένο με πείρους
4	Πάνω πλακίδιο	Στήριγμα εμβόλου
5	Κάτω πλακίδιο	Επιφάνεια πρεσαρίσματος
6	Πείρος στήριξης	4 πείροι στήριξης με διάτμηση σε δυο μέρη ο καθένας
7	Ποδαράκια πρέσας	Επιπλέον στήριγμα πρέσας
8	Κοχλίες στήριξης	4 κοχλίες στήριξης
9	Έμβολο πρέσας	Έμβολο 700 bar
10	Χειροκίνητη αντλία λαδιού	Αντλία μονής διεύθυνσης
11	Κάτω ορθογώνιο πλαίσιο	Στηριγμένο με βίδες

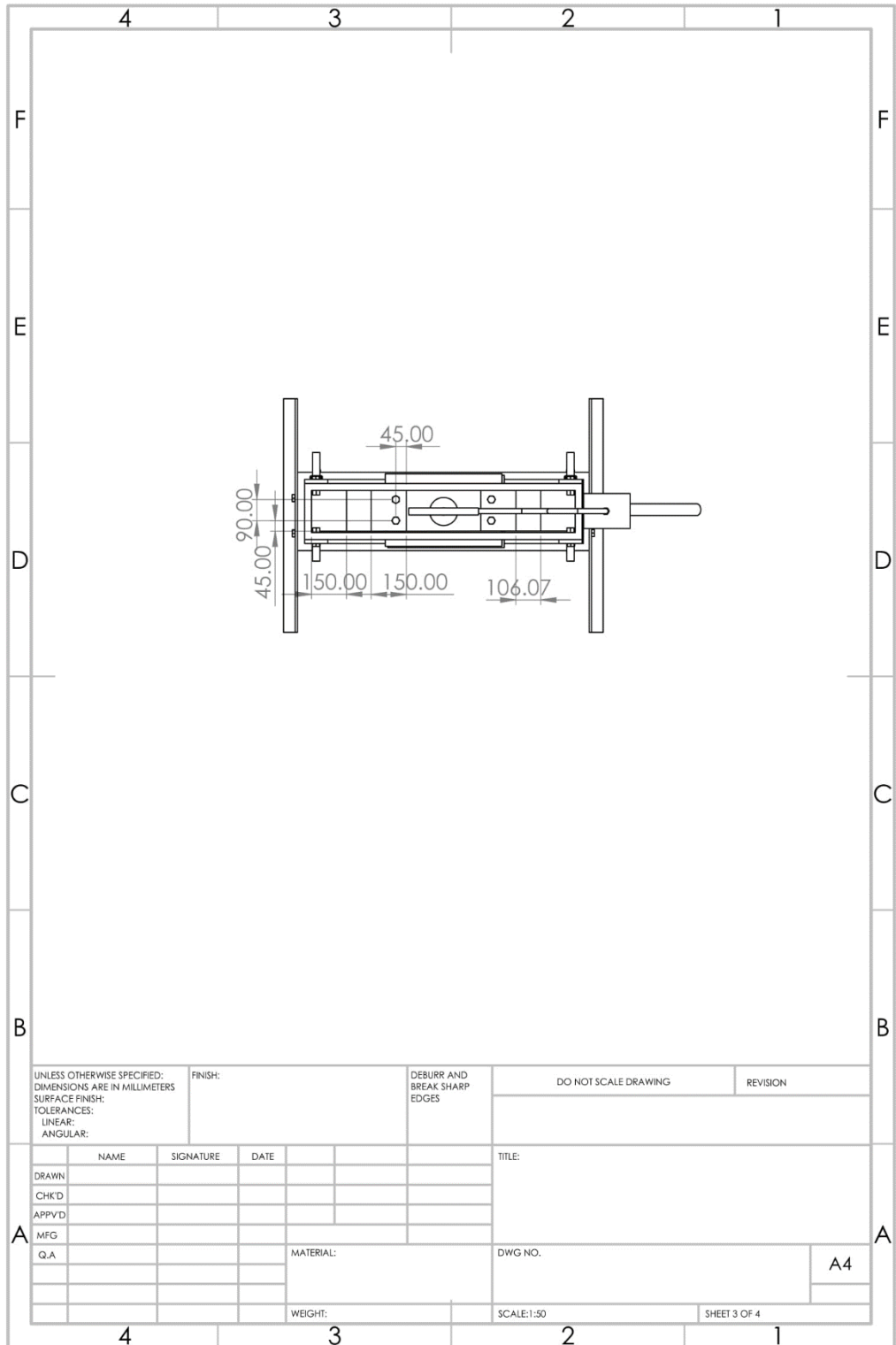
Πίνακας 2: Πίνακας εξαρτημάτων μελετέας πρέσας

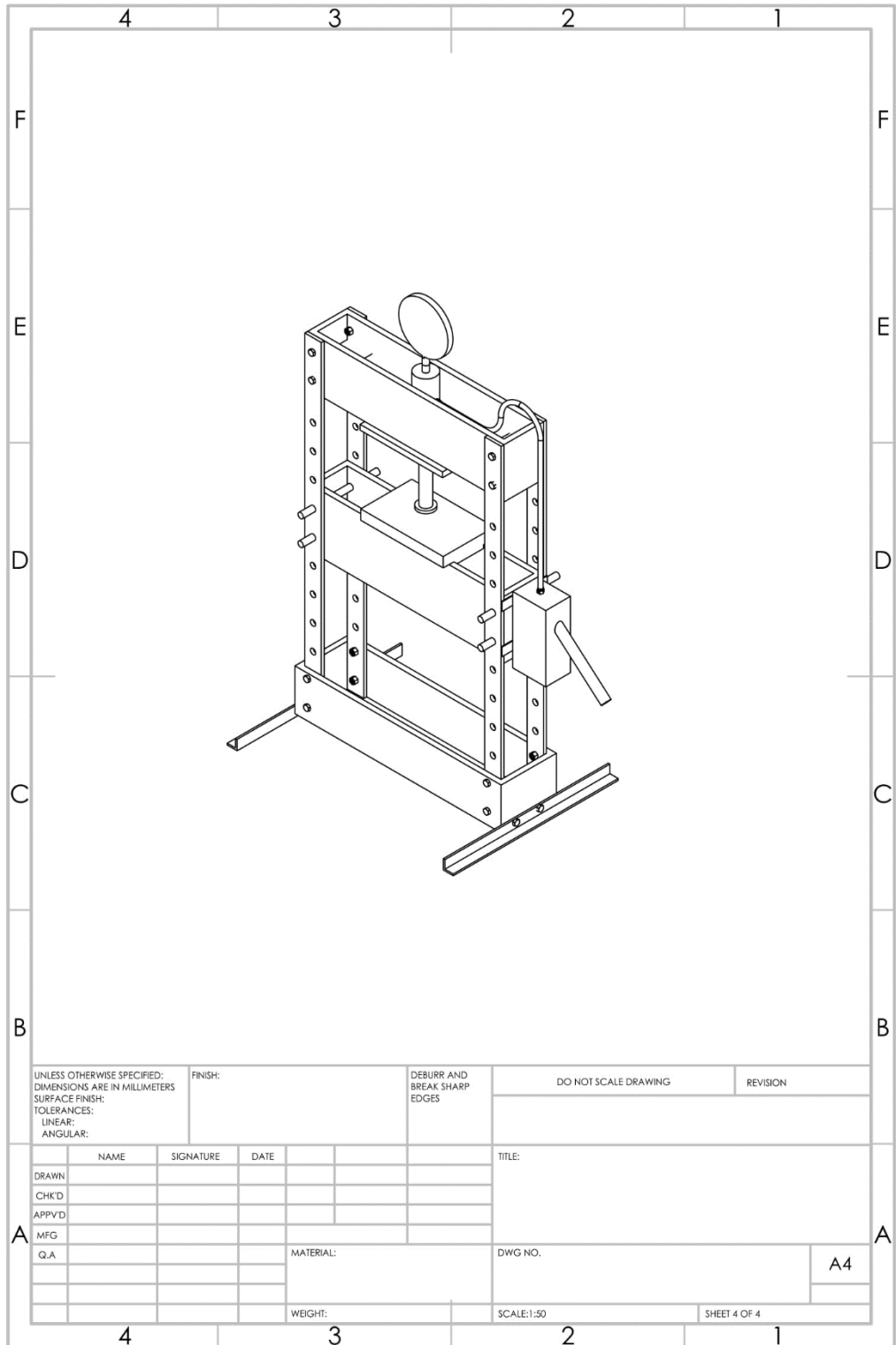
3.3 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΠΡΕΣΑΣ











UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DRAWN</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>CHK'D</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>APP'VD</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MFG</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Q.A</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				NAME	SIGNATURE	DATE		DRAWN				CHK'D				APP'VD				MFG				Q.A				TITLE:		
NAME	SIGNATURE	DATE																												
DRAWN																														
CHK'D																														
APP'VD																														
MFG																														
Q.A																														
MATERIAL:				DWG NO.		A4																								
WEIGHT:				SCALE:1:50		SHEET 4 OF 4																								

ΤΥΠΟΙ

$$\sigma = \frac{\left(\frac{F}{4}\right)}{A}$$

$$A = d(L - \delta)$$

όπου

A= επιφάνεια

Υπολογισμοί:

$$\sigma = \frac{\left(\frac{F}{4}\right)}{A}$$

$$A = d(L - \delta)$$

$$d = 17,5 \text{ mm}$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$\delta = 32 \text{ mm}$$

$$\frac{F}{4} = \frac{200000 \text{ N}}{4} = 50000 \text{ N}$$

$$\sigma = 42 \text{ MPa}$$

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{\varepsilon\pi}}{4}$$

$$\sigma_{\varepsilon\pi} = 340 \text{ Μρα}$$

Έπειτα από τον υπολογισμό της τάσης εφελκυσμού που είναι 42 ΜΡα φαίνεται ότι αντέχει αφού η επιτρεπόμενη τάση με βαθμό ασφάλειας 4 παραμένει να είναι μεγαλύτερη από την τάση υπολογισμού.

κάμψης χρησιμοποιώ την δύναμη $F=100000N$ και το μήκος το οποίο είναι $L=1190mm$ το οποίο το διαιρώ δια 8 αφού είναι πακτωμένο και όχι στηριγμένο.

ΤΥΠΟΙ

$$M = \frac{FL}{8}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

όπου

$M=$ ροπή

$I=$ ροπή αδράνειας

Υπολογισμοί:

$$M = \frac{FL}{8}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$F = 100000N$$

$$L = 1190mm$$

8 διότι είναι βηδωμένο και αρα σταθερο

$$b = 30mm$$

$$h = 300mm$$

$$Z = \frac{300}{2}$$

$$\sigma = \frac{M}{I}Z$$

$$\sigma = 33,05 MPa$$

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{επ}}{4}$$

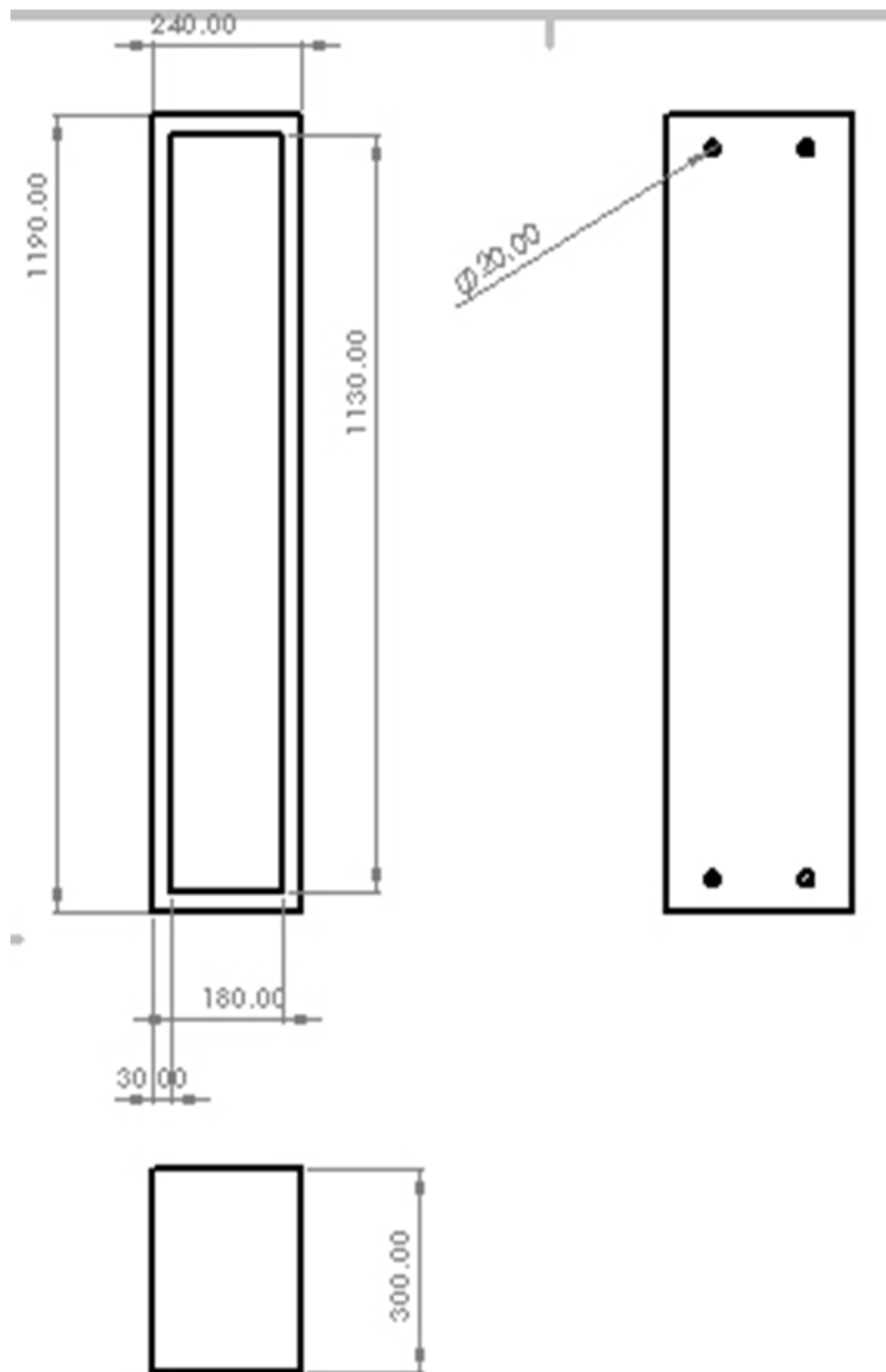
$$\sigma_{επ} = 340MPa$$

Όπου

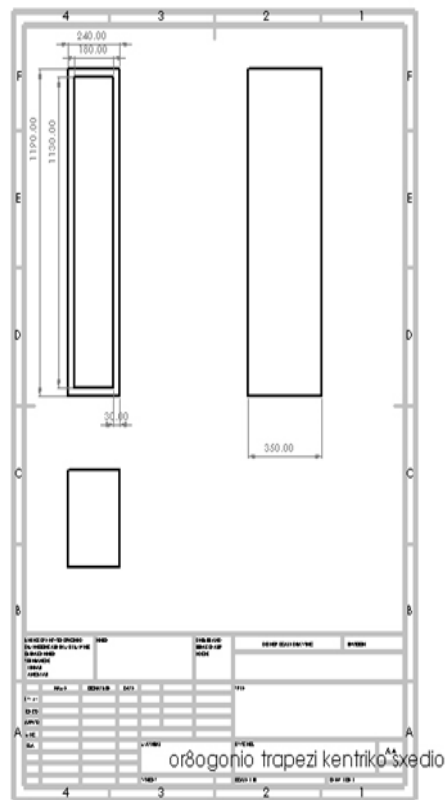
σ = ροπή κάμψης

Έπειτα από τον υπολογισμό της ορθής τάσης που είναι 33,05MPa φαίνεται ότι αντέχει αφού η επιτρεπόμενη τάση με βαθμό ασφαλείας 4 παραμένει να είναι μεγαλύτερη από την τάση υπολογισμού

3) Μεσαίο ορθογώνιο πλαίσιο



Εικόνα 18: Μεσαίο ορθογώνιο πλαίσιο



Εικόνα 19: Μεσαίο ορθογώνιο πλαίσιο

Το ορθογώνιο πλαίσιο στην μέση της πρέσας το οποίο είναι στηριγμένο με 4 πείρους το υπολογίζουμε να αντέχει σε ροπή κάμψης με μέγιστη ροπή κάμψης το κέντρο του πλαισίου και υπολογίζω το πλαινό ορθογώνιο να δέχεται την μισή δύναμη δηλαδή $F=100000N$. Η ροπή αδράνειας για να υπολογιστεί χρειαζόμαστε το πλάτος το οποίο είναι $b=17,5mm$ και το ύψος $h=350mm$. Παίρνω το Z στο $350 / 2$ γιατί εκεί θα είναι και το κέντρο της δύναμης μου. Στον τύπο της ροπής κάμψης χρησιμοποιώ την δύναμη $F=100000N$ και το μήκος το οποίο είναι $L=1190mm$ το οποίο το διαιρώ δια 4.

ΤΥΠΟΙ

$$M = \frac{FL}{8}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Υπολογισμοί:

$$M = \frac{FL}{4}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$F = 100000N$$

$$L = 1190mm$$

$$b = 17,5mm$$

$$h = 350mm$$

$$Z = \frac{350}{2}$$

$$\sigma = \frac{M}{I}Z$$

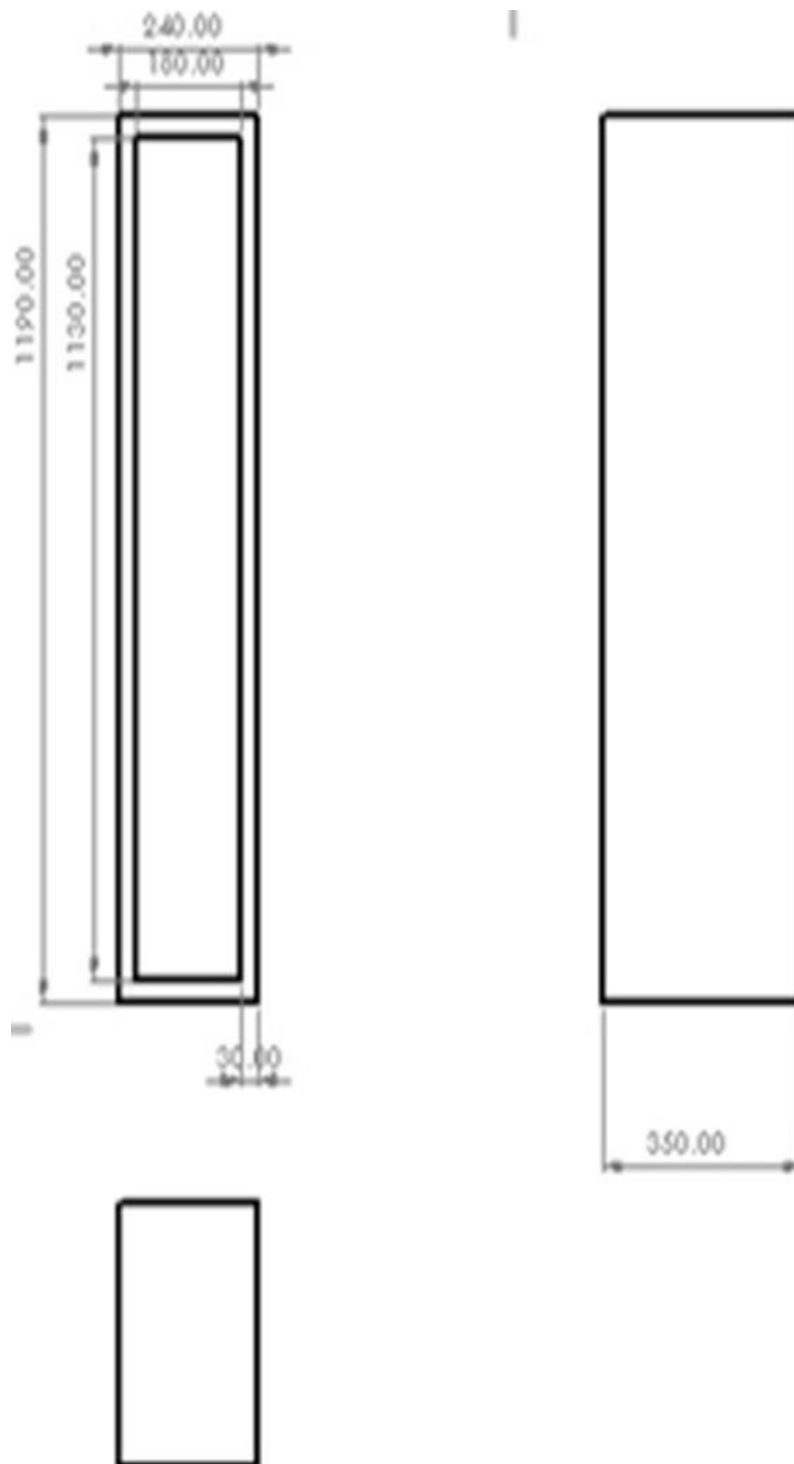
$$\sigma = 83,26MPa$$

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{\varepsilon\pi}}{4}$$

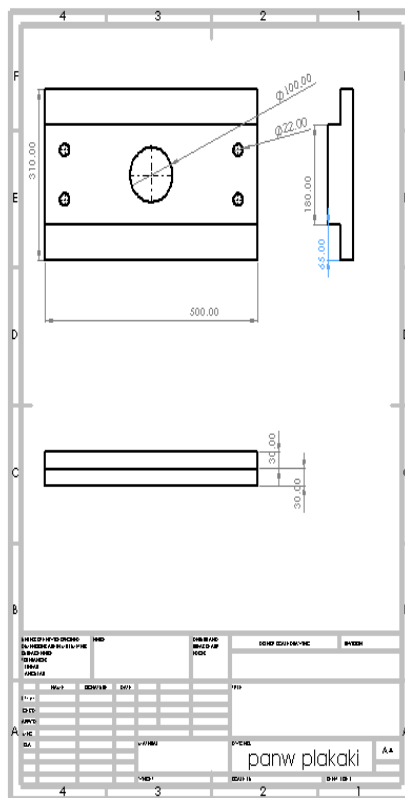
$$\sigma_{\varepsilon\pi} = 340MPa$$

Έπειτα από τον υπολογισμό της ορθής τάσης που είναι 83,26MPa φαίνεται ότι αντέχει αφού η επιτρεπόμενη τάση με βαθμό ασφαλείας 4 παραμένει να είναι μεγαλύτερη από την τάση υπολογισμού

4) Πάνω πλακίδιο



Εικόνα 20: Πάνω πλακίδιο



Εικόνα 21: Πάνω πλακίδιο

Το πάνω πλακίδιο είναι κολλημένο στην κάτω μεριά του ορθογώνιου πλαισίου και από μέσα περνά και στηρίζεται το έμβολο της πρέσας το οποίο είναι βιδωμένο με 4 βίδες και όχι στηριγμένο. Το υπολογίζουμε να αντέχει σε ροπή κάμψης με μέγιστη ροπή κάμψης το κέντρο του πλακιδίου με δύναμη $F=200000$ N. Η ροπή αδράνειας για να υπολογιστεί χρειάζεται το πλάτος το οποίο είναι $b=500$ mm και το ύψος $h=50$ mm. Παίρνω το Z στο $50\text{mm} / 2$ γιατί εκεί θα είναι και η δύναμη μου. Στον τύπο της ροπής κάμψης χρησιμοποιώ την δύναμη $F=200000$ N και το μήκος το οποίο είναι $L=500$ mm το οποίο το διαιρώ δια 8 αφού είναι πακτωμένο και όχι στηριγμένο.

ΤΥΠΟΙ

$$M = \frac{FL}{8}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Υπολογισμοί:

$$M = \frac{FL}{8}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$Z = \frac{50}{2}$$

$$F = 200000N$$

$$L = 500mm$$

$$b = 500mm$$

$$h = 50mm$$

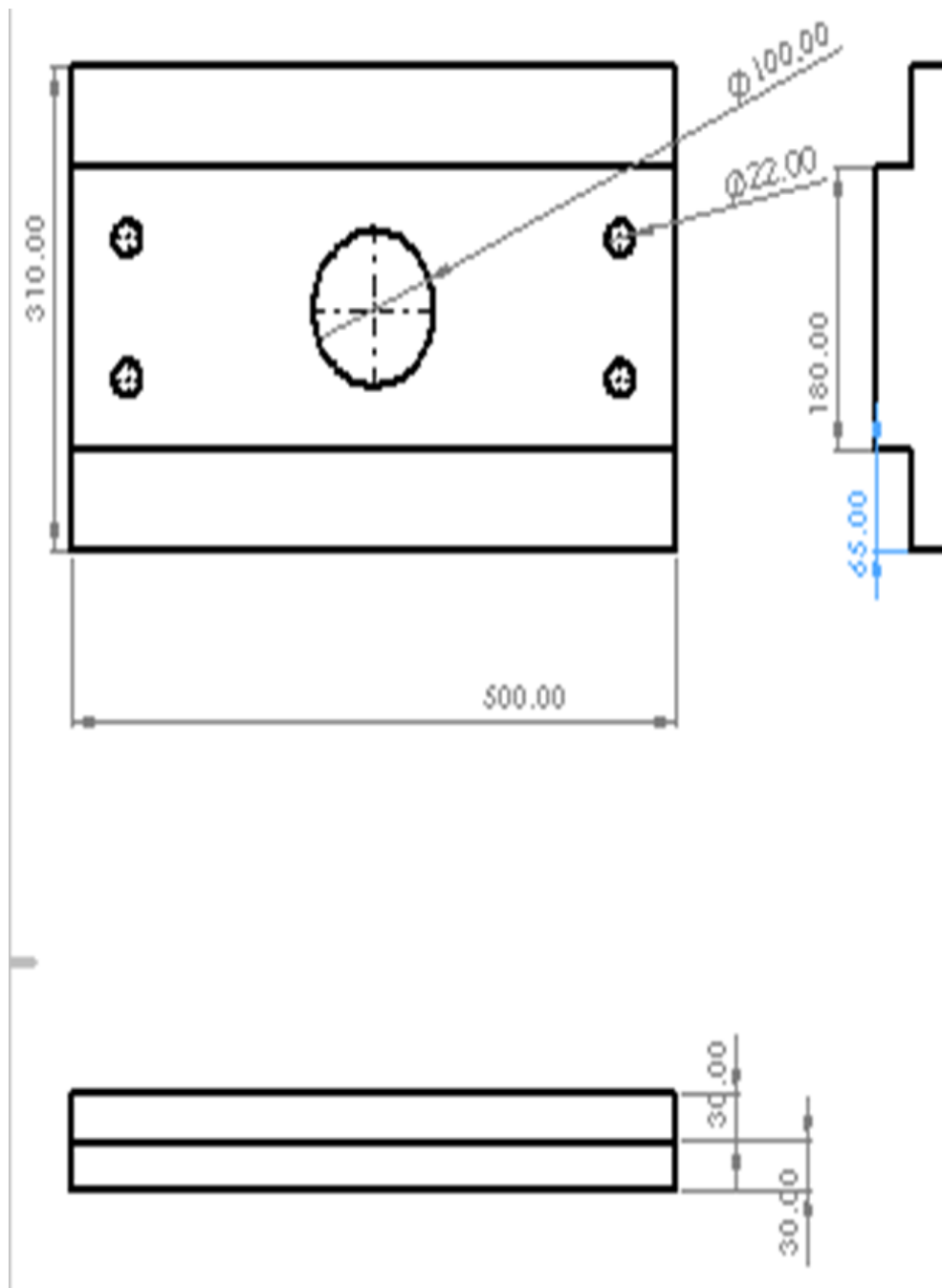
$$\sigma = \frac{M}{I}Z$$

$$\sigma = 60 MPa$$

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{\varepsilon\pi}}{4}$$

$$\sigma_{\text{επιτ}}=340\text{Μρα}$$

Έπειτα από τον υπολογισμό της ορθής τάσης που είναι 60MPa φαίνεται ότι αντέχει αφού η επιτρεπόμενη τάση με βαθμό ασφαλείας 4 παραμένει να είναι μεγαλύτερη από την τάση υπολογισμού.



Εικόνα 22: Πάνω πλακίδιο

Κριτήριο Tresca

Το κριτήριο μέγιστης διατμητικής τάσης θεωρεί ότι η πλαστική διαρροή (παραμόρφωση) ξεκινά όταν η μέγιστη διατμητική τάση, τ_{\max} , φτάνει στην τιμή της διατμητικής τάσης που παρατηρείται κατά την έναρξη πλαστικής διαρροής στον μονοαξονικό εφελκυσμό.

Στον άξονα y δεν υπάρχουν τάσεις άρα η τάση είναι 0 εκεί.

Στον άξονα x η τάση είναι η συνολική δύναμη διαιρεμένη με την επιφάνεια που δρα η δύναμη.

ΤΥΠΟΙ

$$\sigma_y = 0$$

$$\sigma_{\text{ισ}} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}}$$

$$\sigma_x = \frac{F}{S}$$

$$F = 200000N$$

$$S = bh = \left(\frac{310 - 100}{2}\right) * 50$$

Υπολογισμοί για το κριτήριο Tresca:

$$\sigma_y = 0$$

$$\sigma_{\iota\sigma} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}}$$

$$\sigma_x = \frac{F}{S}$$

$$F = 200000N$$

$$S = bh = \left(\frac{310 - 100}{2}\right) * 50$$

$$S = 5250mm^2$$

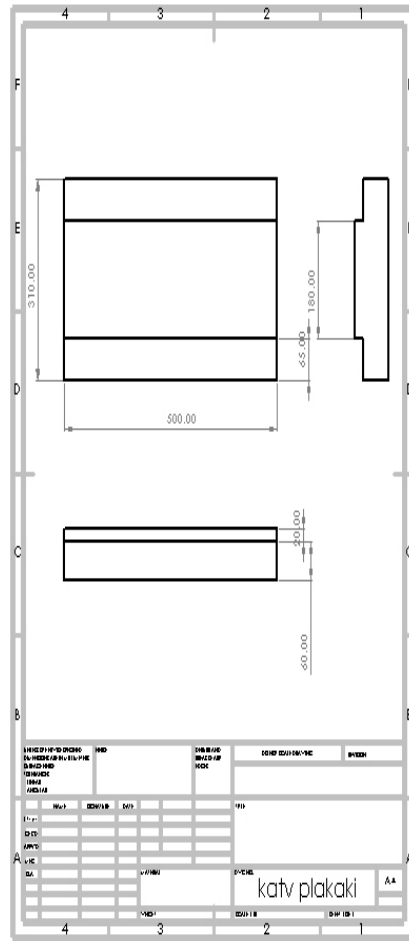
$$\sigma_x = 38,1MPa$$

$$\sigma_{\iota\sigma} = 40.39MPa$$

$$\sigma_{\epsilon\pi\iota} = 340MPa$$

Σύμφωνα με το κριτήριο Tresca, για να συμβεί πλαστική διαρροή θα πρέπει $\tau_{max} \geq \sigma_{\epsilon\pi}/2$,
Δηλαδή $\tau_{max} \geq 205MPa$. Βλέπουμε ότι αυτό δεν ισχύει και επομένως το υλικό δεν θα υποστεί πλαστική διαρροή για την δεδομένη εντατική κατάσταση σύμφωνα με το κριτήριο Tresca.

4) Κάτω πλακίδιο



Εικόνα 23: Κάτω πλακίδιο

Το κάτω πλακίδιο είναι πάνω μεριά του ορθογώνιου πλαισίου το υπολογίζουμε να αντέχει σε ροπή κάμψης με μέγιστη ροπή κάμψης το κέντρο του πλακιδίου με δύναμη $F=200000$ N. Η ροπή αδράνειας για να

υπολογιστεί χρειάζεται το πλάτος το οποίο είναι $b=500\text{mm}$ και το ύψος $h=50\text{mm}$. Παίρνω το Z στο $60\text{mm} / 2$ γιατί εκεί θα είναι και η δύναμη μου. Στον τύπο της ροπής κάμψης χρησιμοποιώ την δύναμη $F=200000\text{N}$ και το μήκος το οποίο είναι $L=500\text{mm}$ το οποίο το διαιρώ δια 8 αφού είναι πακτωμένο και όχι στηριγμένο.

ΤΥΠΟΙ

$$M = \frac{FL}{8}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Υπολογισμοί:

$$M = \frac{FL}{4}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$Z = \frac{60}{2}$$

$$F = 200000N$$

$$L = 500mm$$

$$b = 500mm$$

$$h = 50mm$$

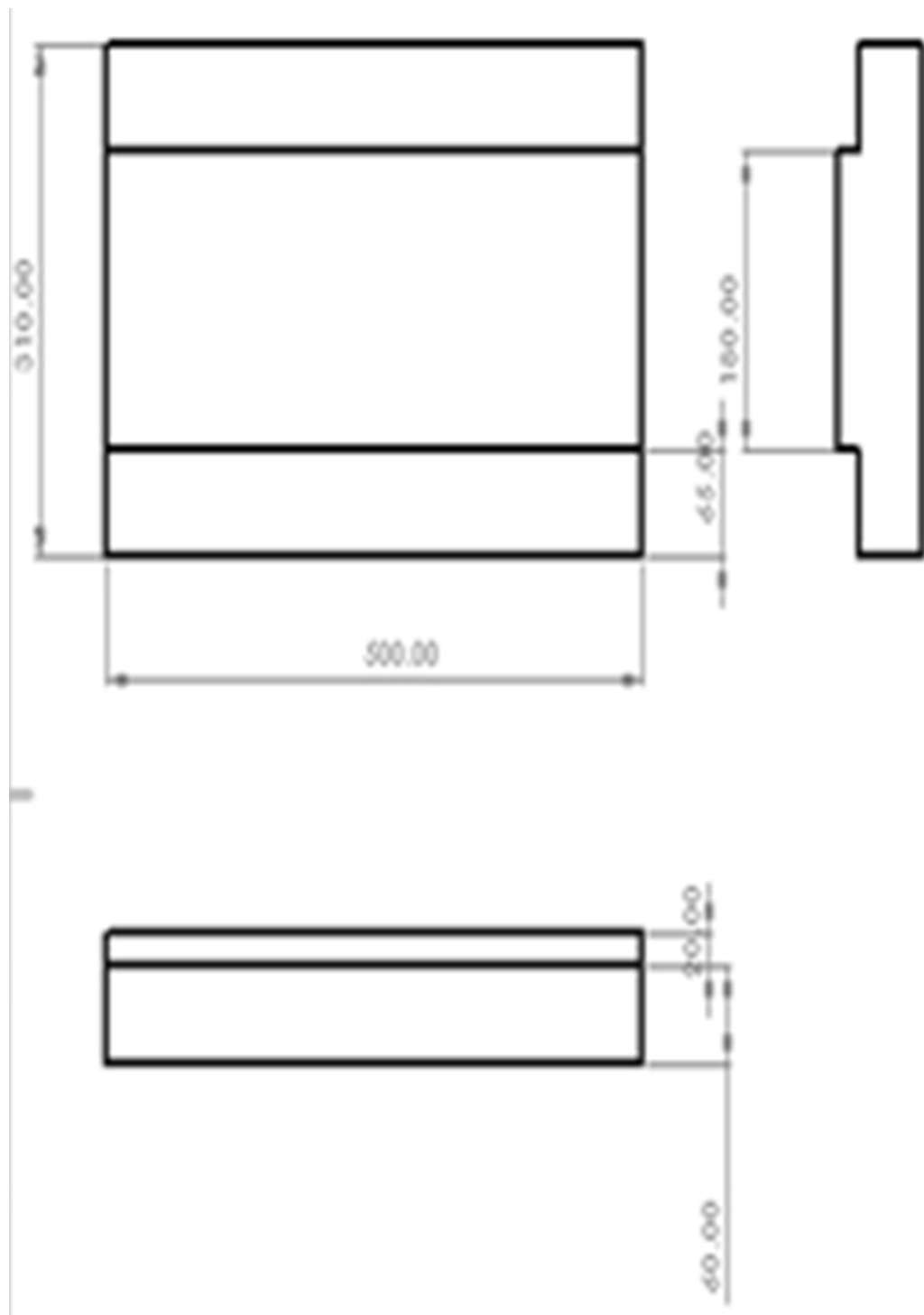
$$\sigma = \frac{M}{I}Z$$

$$\sigma = 83,3 MPa$$

$$\sigma \leq \frac{\sigma_{\varepsilon\pi}}{4}$$

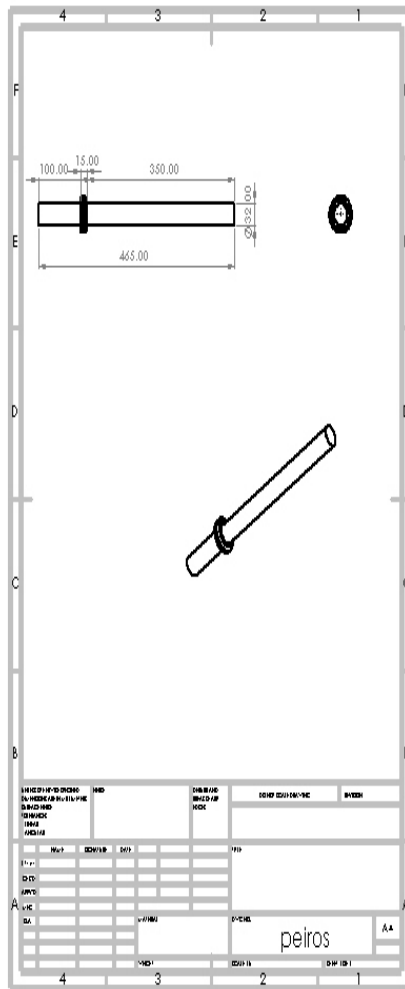
$$\sigma_{\varepsilon\pi} = 340MPa$$

Έπειτα από τον υπολογισμό της ορθής τάσης που είναι 83,3MPa φαίνεται ότι αντέχει αφού η επιτρεπόμενη τάση με βαθμό ασφαλείας 4 παραμένει να είναι μεγαλύτερη από την τάση υπολογισμού

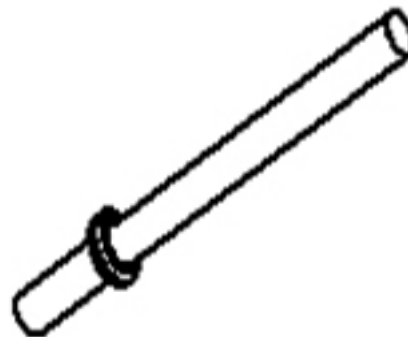


Εικόνα 24: Κάτω πλακίδιο

6) Πείρος στήριξης



Εικόνα 25: Πείρος στήριξης



Εικόνα 26: Πείρος στήριξης

Ο πείρος στηρίζει το κεντρικό ορθογώνιο πλαίσιο με 4 πείρους. Τους εξετάζουμε σε διάτμηση και δύναμη που θα δέχονται οι πείροι θα είναι διαιρεμένοι δια 8 αφού ο κάθε πείρος δέχεται σε 2 μέρη διατμητική τάση γιατί διαπερνάει το πλακίδιο ολόκληρο. Άρα σε ένα σημείο η δύναμη θα είναι $F=25000N$. Για την διάτμηση χρειαζόμαστε το εμβαδόν το οποίο βρίσκεται από την διάμετρο του κυλίνδρου που είναι $d=32mm$.

ΤΥΠΟΙ

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Υπολογισμοί:

$$\tau_{\text{επ}} = 235 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = 32 \text{ mm}$$

$$A = 803,84 \text{ mm}^2$$

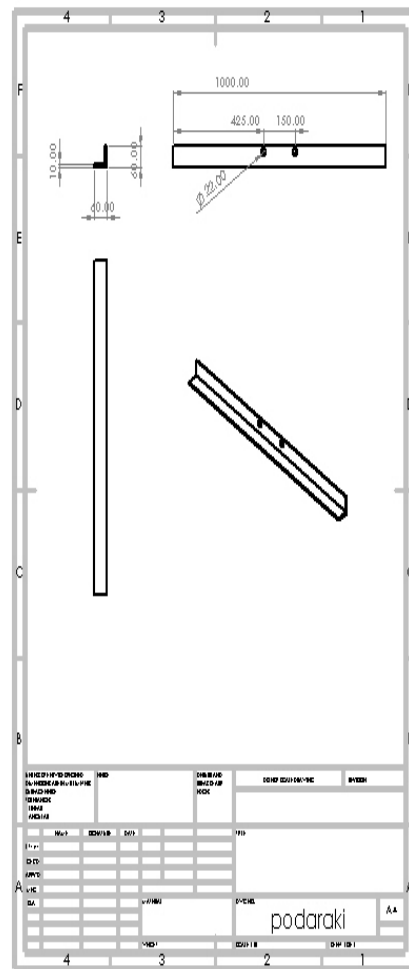
$$F = \frac{200000}{8} \text{ N}$$

$$\tau = 31,1 \text{ MPa}$$

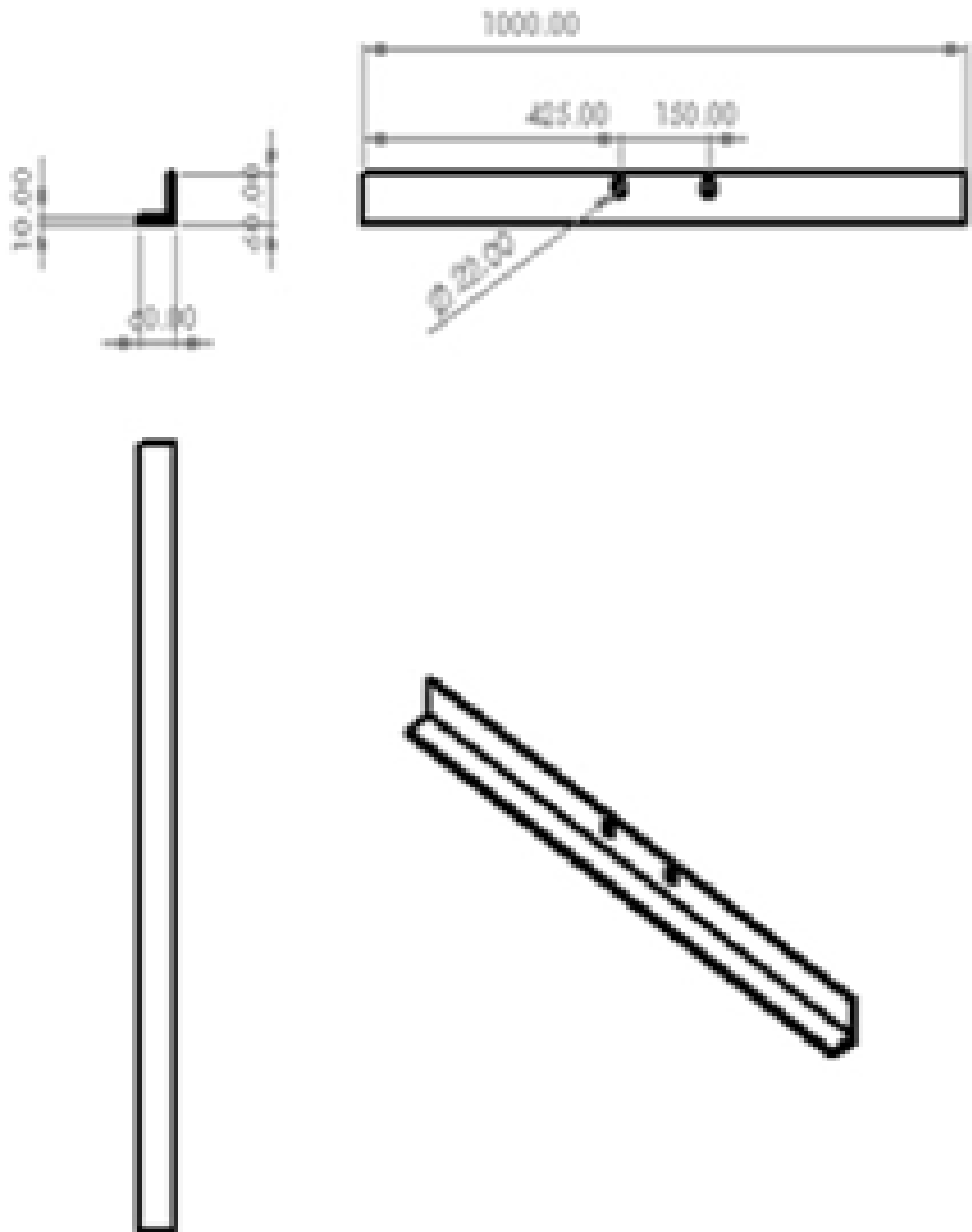
$$\tau = \frac{\tau_{\text{επ}}}{4}$$

Μετά το υπολογισμό της διατμητικής τάσης προκύπτει ότι με συντελεστή 4 της επιτρεπόμενης τάσης ο πείρος αντέχει.

7) Ποδαράκια πρέσας



Εικόνα 27: Ποδαράκια πρέσας



Εικόνα 28: Ποδαράκια πρέσας

Υπολογίζω τα κατω ποδαρακια της πρεσας σε καμψη με την δυναμη να μοιραζεται σε κάθε ένα δηλαδη $F=100000N$ εκαστος και για να βρω το εμβαδόν αφαιρώ τις 2 οπες με διαμετρο $d=24mm$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = (1000 - 2 * 24) * 10$$

$$\sigma = 10,5 \text{ MPa}$$

Έπειτα από τον υπολογισμό της ορθής τάσης που είναι 10,5MPa φαίνεται ότι αντέχει αφού η επιτρεπόμενη τάση με βαθμό ασφαλείας 4 παραμένει να είναι μεγαλύτερη από την τάση υπολογισμού.

$$\frac{F}{8} = 25000N$$

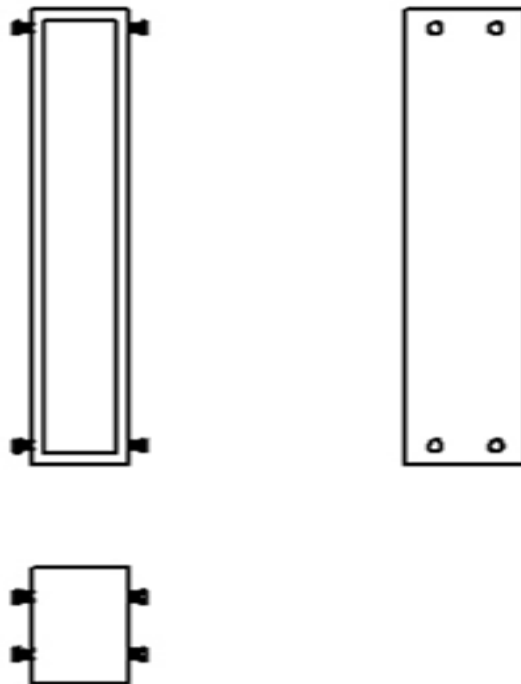
$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = 20mm$$

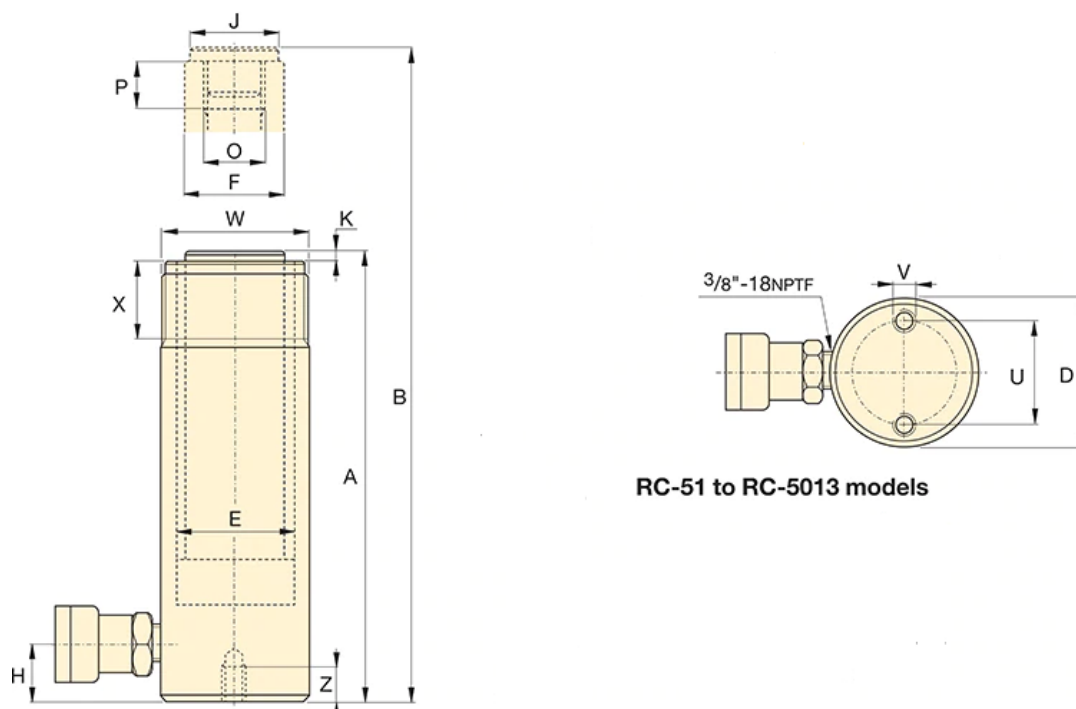
$$A = 314mm^2$$

$$\tau = 9,95 MPa$$



Εικόνα 30: Κοχλίες στήριξης

9) Έμβολο πρέσας



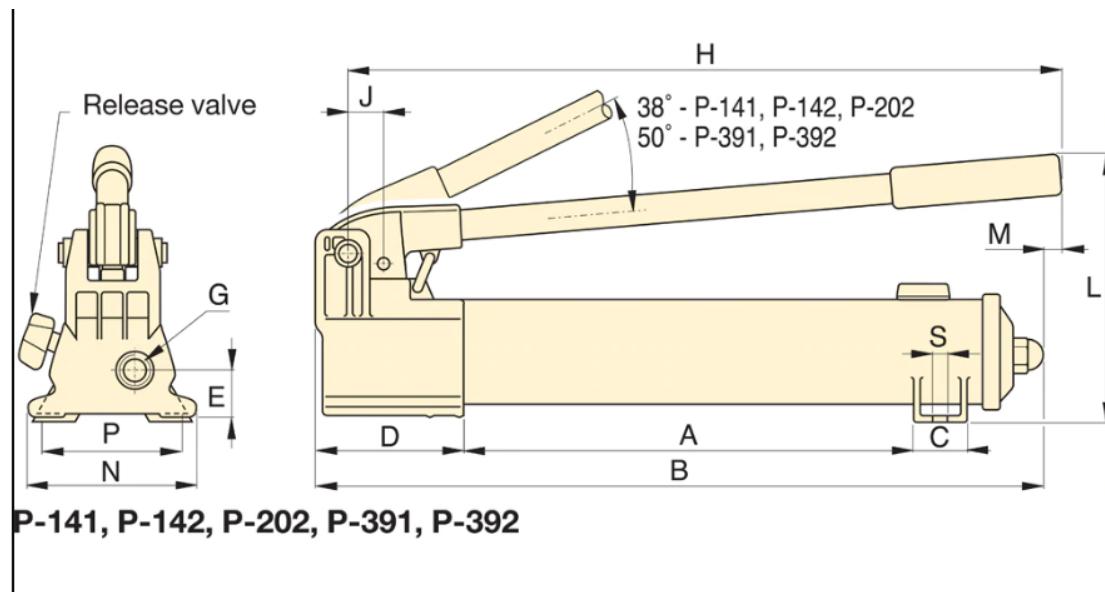
Εικόνα 31: Έμβολο πρέσας

Προδιαγραφές	Διαστάσεις
Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar) 700	Συμπτυγμένο ύψος A (mm) 139
Κατηγορία χωρητικότητας (χωρητικότητα) 25	Προαιρετική προσθήκη σέλας κλίσης σε ύψος συμπτυγμένου A1 (mm) 15
Μέγιστη πρόοδος χωρητικότητας κυλίνδρου (kN) 232	Εκτεταμένο ύψος B (mm) 165
Συμπτυγμένο ύψος A (mm) 139	Εξωτερική διάμετρος D (mm) 85
Εκτεταμένο ύψος B (mm) 165	Διάμετρος κυλίνδρου E (mm) 65,0
Τύπος επιστροφής Μοναδική δράση, SpringReturn	Διάμετρος εμβόλου F (mm) 57,2
Τύπος εμβόλου Στερεός	Βάση προς προωθητική θύρα H (mm) 25
Υλικό Ατσάλι	Διάμετρος σέλας J (mm) 50
Κύλινδρος Αποτελεσματική Περιοχή	

<p>Προόδου (cm^2) 33,2</p> <p>Πρώθηση χωρητικότητας λαδιού (cm^3) 86</p> <p>Επιφανειακή επεξεργασία Χρώμα</p> <p>Βάρος (kg) 5,9</p>	<p>Σέλα προεξοχή από έμβολο K1 (mm) 10</p> <p>Εσωτερικό σπείρωμα εμβόλου O (in) 1 1/2 "- 16</p> <p>Μήκος νήματος εμβόλου P (mm) 25</p> <p>Μέγιστη ακτίνα γωνίας κλίσης σέλας (μοίρες) 5</p> <p>Κύριος κοχλίας οπών στερέωσης βάσης U (mm) 58</p> <p>Βάση οπών στερέωσης βάσης V 1/2 "- 13 un</p> <p>Κολάρο γιακά W (in) 3 5/16 "- 12 HE</p> <p>Περιλαίμιο μήκος σπειρώματος X (mm) 49</p> <p>Βάθος στερέωσης βάσης βάσης Z (mm) 19</p>
---	--

Πίνακας 3: Προδιαγραφές και διαστάσεις

10) Χειροκίνητη αντλία λαδιού



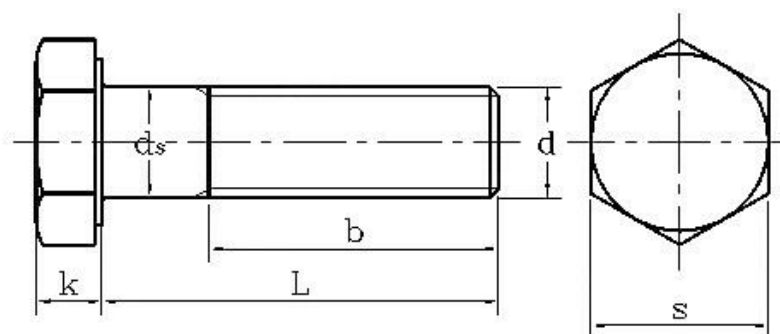
Εικόνα 32: Χειροκίνητη αντλία λαδιού

Προδιαγραφές	Διαστάσεις
Μέγιστη πίεση λειτουργίας (bar)700	Διάσταση B (mm) 336
Βαθμολογία πίεσης 2ο στάδιο (bar)700	Διάσταση C (mm) 28
Συμβατότητα κυλίνδρου	Διάσταση D (mm) 85
Μονή δράση	Διάσταση E (mm) 28
Τύπος αντλίας Ενιαία ταχύτητα	Διάσταση G (σε) 1/4 "- 18 NPTF
Χωρητικότητα δεξαμενής (cm ³) 327	Διάσταση H (mm) 319
Χωρητικότητα λαδιού (cm ³) 327	Διάσταση J (mm) 19
Μέγιστη ροή σε ονομαστική πίεση	Διάσταση L (mm) 143
	Διάσταση N (mm) 95
	Διάσταση P (mm) 80
	Διάσταση S (mm) 7

<p>0,90 cm³ / εγκεφαλικό επεισόδιο</p> <p>Μετατόπιση λαδιού ανά διαδρομή (cm³)0,90</p> <p>Μετατόπιση λαδιού ανά διαδρομή 1ης διαδρομής (cm³)</p> <p>Μετατόπιση λαδιού ανά κύπημα 2ο στάδιο (cm³)</p> <p>Μέγιστη προσπάθεια λαβής (kg)32,7</p> <p>Λειτουργία βαλβίδας χειροκίνητα</p> <p>Πηγή ενέργειας χειροκίνητα</p> <p>Βάρος (kg) 2,4</p> <p>Διάσταση A (mm) 185</p>	
---	--

Πίνακας 4: Προδιαγραφές και διαστάσεις

Καχλίας και Παξιμάδι



Unit: mm

d	P	b			ds		k		s	
		L < 125	125 < L < 200	200 < L	max	min	max	min	max	min
M5	0.8	16	22	35	5.48	4.52	3.875	3.125	8	7.64
M6	1	18	24	37	6.48	5.52	4.375	3.625	10	9.64
M8	1.25	22	28	41	8.58	7.42	5.675	4.925	13	12.57
M10	1.5	26	32	45	10.58	9.42	6.85	5.95	16	15.57
M12	1.75	30	36	49	12.70	11.30	7.95	7.05	18	17.57
M14	2	34	40	53	14.70	13.30	9.25	8.35	21	20.16
M16	2	38	44	57	16.70	15.30	10.75	9.25	24	23.16
M18	2.5	42	48	61	18.70	17.30	12.40	10.60	27	26.16
M20	2.5	46	52	65	20.84	19.16	13.40	11.60	30	29.16
M22	2.5	50	56	69	22.84	21.16	14.90	13.10	34	33
M24	3	54	60	73	24.84	23.16	15.90	14.10	36	35
M27	3	60	66	79	27.84	26.16	17.90	16.10	41	40
M30	3.5	66	72	85	30.84	29.16	19.75	17.65	46	45
M33	3.5	/	78	91	34.00	32.00	22.05	19.95	50	49
M36	4	/	84	97	37.00	35.00	23.55	21.45	55	53.8
M39	4	/	90	103	40	38	26.05	23.95	60	58.8
M42	4.5	/	96	109	43.00	41.00	27.05	24.95	65	63.1
M45	4.5	/	102	115	46	44	29.05	26.95	70	68.1
M48	5	/	108	121	49.00	47.00	31.05	28.95	75	73.1
M52	5	/	116	129	53.2	50.8	34.25	31.75	80	78.1
M56	5.5	/	/	137	57.20	54.80	36.25	33.75	85	82.8
M60	5.5	/	/	145	61.2	58.8	39.25	36.75	90	87.8
M64	6	/	/	153	65.20	62.80	41.25	38.75	95	92.8

Εικόνα 33: Τυποποιημένο μηχανολογικό σχέδιο κοχλίας

Dimensions of Metric Hex Nuts



Metric Hex Nuts

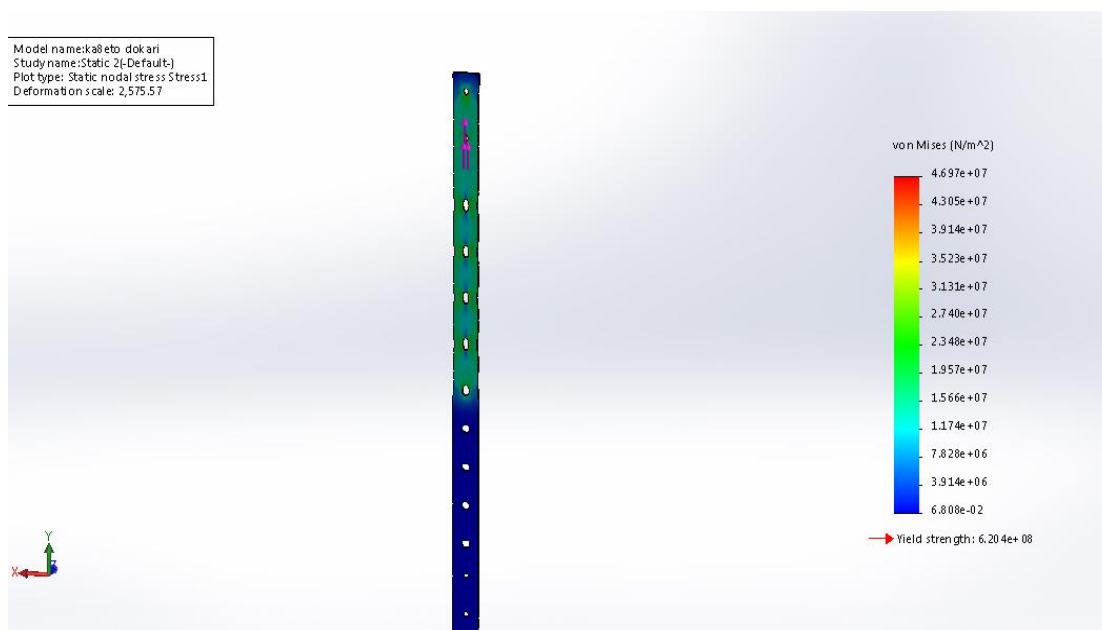
Nominal Size	Thread Pitch	F		G	H	
		Width Across Flats (Wrench Size)		Width Across Corners	Thickness	
		Max	Min	Min	Max	Min
M1.6	0.35	3.2	3.02	3.41	1.3	1.05
M2	0.4	4	3.82	4.32	1.6	1.35
M2.5	0.45	5	4.82	5.45	2	1.75
M3	0.5	5.5	5.32	6.01	2.4	2.15
M4	0.7	7	6.78	7.66	3.2	2.9
M5	0.8	8	7.78	8.79	4.7	4.4
M6	1	10	9.78	11.05	5.2	4.9
M8	1.25	13	12.73	14.38	6.8	6.44
M10	1.5	16	15.73	17.77	8.4	8.04
M12	1.75	18	17.73	20.03	10.8	10.37
M14	2	21	20.67	23.35	12.8	12.1
M16	2	24	23.67	26.75	14.8	14.1
M20	2.5	30	29.16	32.95	18	16.9
M24	3	36	35	39.55	21.5	20.2
M30	3.5	46	45	50.85	25.6	24.3
M36	4	55	53.8	60.78	31	29.4
M42	4.5	65	63.1	71.3	34	32.4
M48	5	75	73.1	82.6	38	36.4
M56	5.5	85	82.8	93.56	45	43.4
M64	6	95	92.8	104.86	51	49.1

Εικόνα 34: Τυποποιημένο μηχανολογικό σχέδιο παξιμαδιού

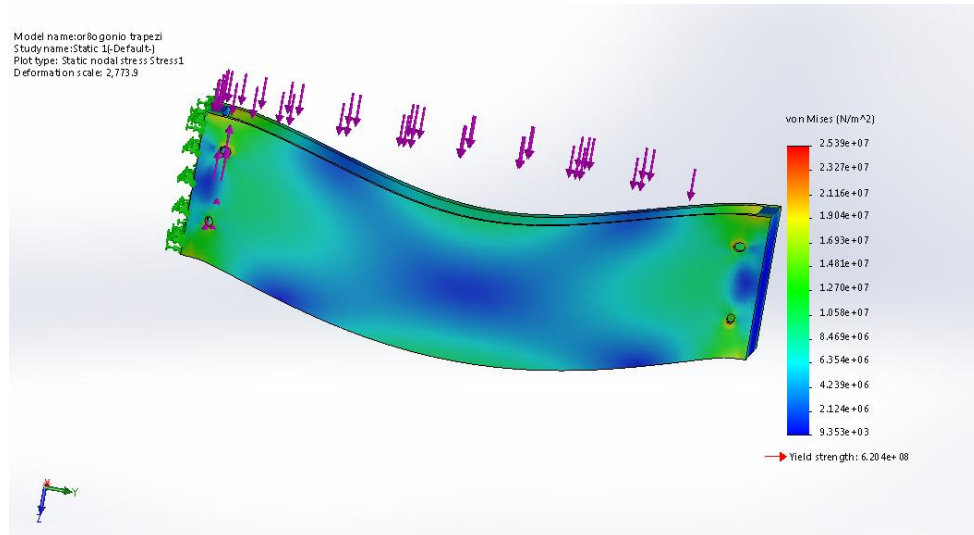
3.3 ΜΕΛΕΤΕΣ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μελέτες μέσω του εκπαιδευτικού προγράμματος **Solid Works** που βοηθάει στη σχεδίαση και την προσομοίωση της πρέσας.

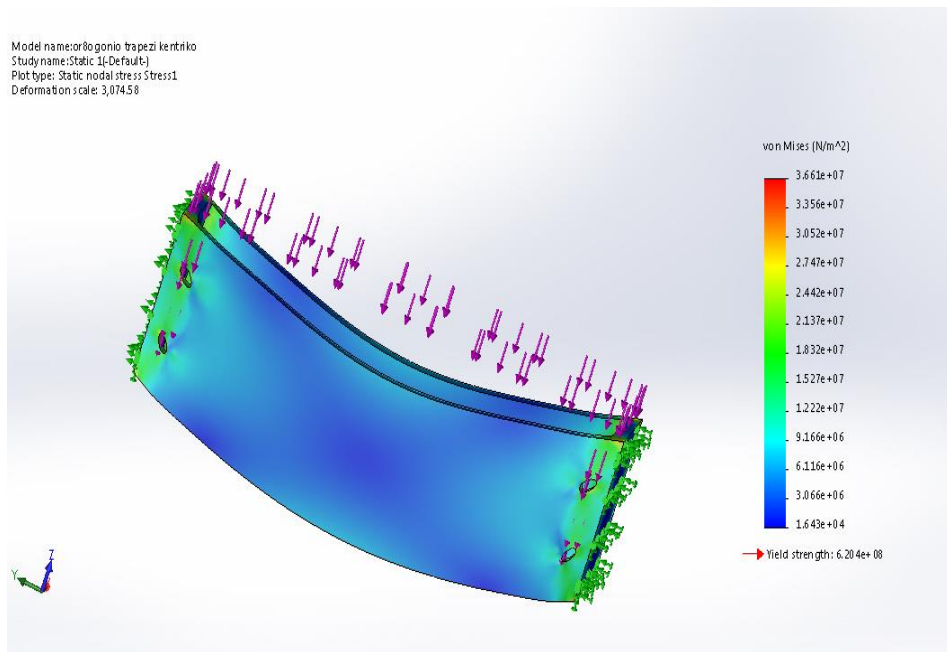
1) Κάθετο δοκάρι



2) Πάνω ορθώγωνιο

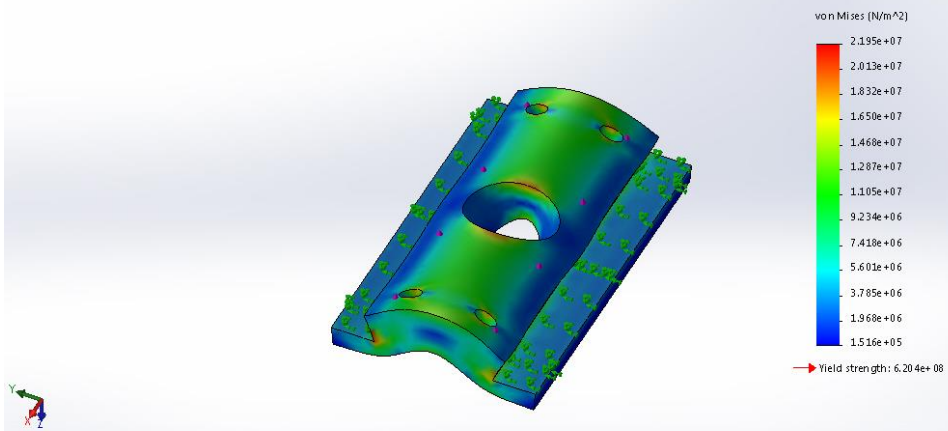


3) Μεσαίο ορθώγωνιο



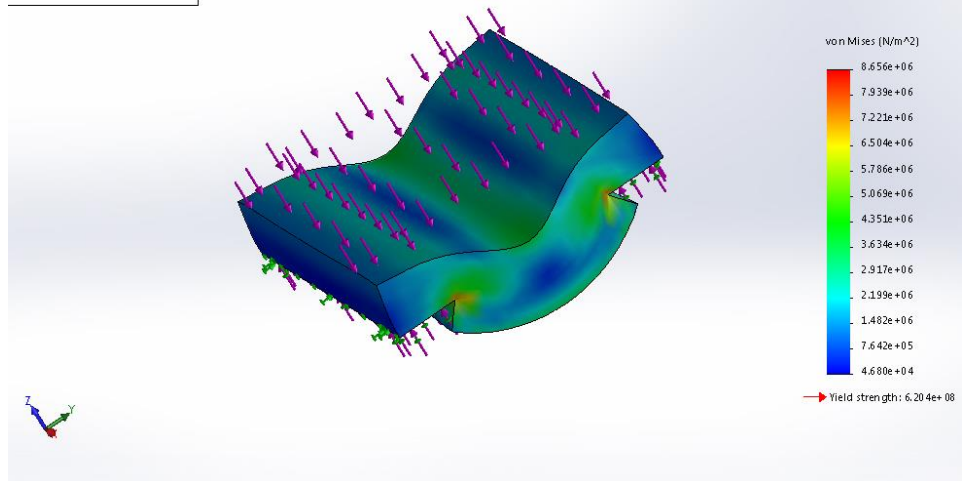
4) Πάνω πλακάκι

Model name: pgnw plakaki
Study name: Static 11 (Default)
Plot type: Static nodal stress: Stress1
Deformation scale: 4,850.54

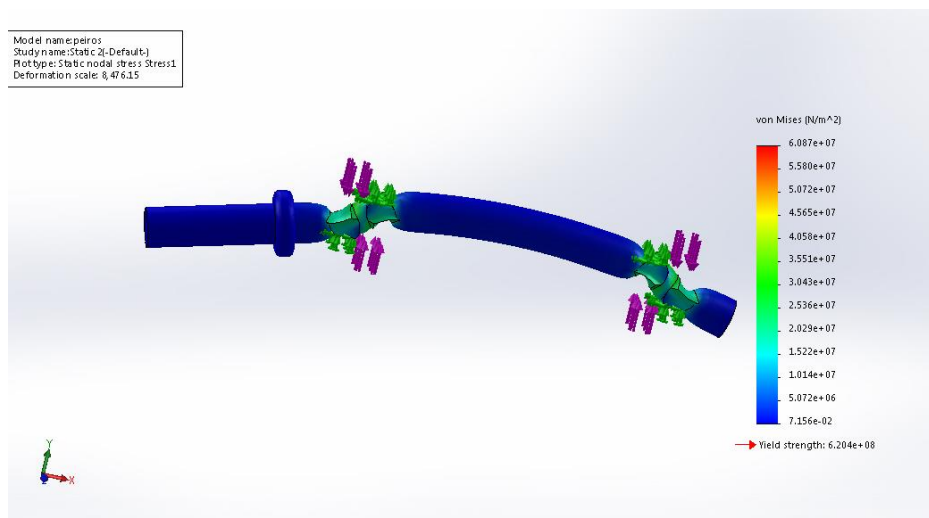


5) Κάτω πλακάκι

Model name: kaby plakaki
Study name: Static 16 (Default)
Plot type: Static nodal stress: Stress1
Deformation scale: 15,840



6) Πείρος στήριξης



ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΑΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΚΑΙ ΑΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ

ΜΕΡΗ ΠΡΕΣΑΣ	ΤΙΜΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΣΕ ΜΡα	ΤΙΜΕΣ ΑΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΣΩ SOLID WORKS ΣΕ ΜΡα
1	42	46,97
2	33,05	25,39
3	83,26	36,61
4	60	21,95
5	83,3	8,65
6	31,1	60.37

Πίνακας 5: Πίνακας τιμών από υπολογισμό και από μελέτη προσομοίωσης

ΓΙΑ ΤΟ ΕΜΒΟΛΟ

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΙΣΤΟΝΙΟΥ

$$F=20000 \text{ Kg}$$

$$P=200 \text{ bar}=152,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{\text{κυλινδρου}} = \frac{F}{P}$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$A = 130,7 \text{ cm}$$

$$D = 130 \text{ mm}$$

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΕΜΒΟΛΟΥ

ΜΕΘΟΔΟΣ EULER

$$F=20000 \text{ Kg}$$

$$K=F*S$$

S=4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Su=ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΜΗΚΟΣ ΛΥΓΙΣΜΟΥ = 21 cm

E=2,1*10⁶ Kg/cm² (γιασίδερα)

$$J = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$D^4 = 64 \frac{J}{\pi}$$

$$K = \frac{\pi^2 EJ}{S_u^2}$$

$$J = \frac{KS_u^2}{\pi^2 E}$$

$$J = 1,7 \text{ cm}^2$$

$$d = 24,2 \text{ mm}$$

ΠΑΧΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΣΩΛΗΝΑ

G= ΑΝΤΟΧΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΓΙΑ STEEL 35= 23 daN/mm²

S=4

P=200 BAR=20 MPa

d_a διαμετρος κυλίνδρου

d_i διαμετρος πιστονιού

$$\frac{d_a}{d_i} = 1,7 \frac{d_a}{d_i} = 1,7 \text{ για DIN 2413}$$

$$d_a = 1,7 d_i$$

$$d_i = 130 \text{ mm}$$

$$s_a = \frac{1,7 d_i P S}{P G}$$

Διαμετρος κυλίνδρου

$$d_a = d_i + 2S_a$$

$$d_a = 207mm$$

Ηλεκτρονικό Ψηφιακό Παχύμετρο 150mmVogel



VOGEL
GERMANY

Εικόνα 35: Ηλεκτρονικό Ψηφιακό Παχύμετρο 150mmVogel

Χαρακτηριστικά:

- Εύρος μέτρησης: 150 χιλιοστά / 6 ίντσες.
- Ανάγνωση (ψηφιακά): 0,01 χιλιοστά / 0.0005 ίντσες
Επαναληψιμότητα + -: 0,01 χιλιοστά .
- Δαγκάνα: 40 χιλιοστά Δαγκάνα (σχήμα σταυρού): 16,5 χιλιοστά για επαγγελματική χρήση.
- Μεταλλικό κάλυμμα και μεταλλικά κουμπιά.
- Με έξοδο δεδομένων (mini USB).

- Από επισκληρυμένο ανοξείδωτο ατσάλι.
- Μεγάλη οθόνη LCD Κουμπί On/Off.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

4.1 ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

Κόστος εμβόλου 550 ευρώ

Κόστος χειροκίνητης αντλίας 367 ευρώ

Κόστος κατασκευής 326 ευρώ

Συνολικό κόστος κατασκευής 1243 ευρώ

4.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΕΣΑΣ 20T

Παρακάτω παρουσιάζεται οικονομική μελέτη πρέσας 20T για ίδια κατασκευή:

ΚΟΜΜΑΤΙ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΟΓΚΟΣ (m3)	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΛΙΚΟ (KG)	ΩΡΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΚΩΗ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (ΚΩΗ/ΩΡΑ)	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΟΥ (KG/Ε)	ΚΟΣΤΟΣ (€)
ΠΟΔΙ	2	7800	0,0010924	17,04144	ΣΙΔΕΡΟ	4	0,12269	0,49076	0,8	13,633152
ΚΑΘΕΤΟ ΔΟΚΑΡΙ	4	7800	0,001156	36,0672	ΣΙΔΕΡΟ	1	0,12269	0,12269	0,8	28,85376
ΠΕΙΡΟΣ	4	7800	0,0004	12,48	ΣΙΔΕΡΟ	0,5	0,12269	0,061345	0,8	9,984
ΚΑΤΩ ΠΛΑΚΑ	1	7800	0,0111	86,58	ΣΙΔΕΡΟ	3	0,12269	0,36807	0,8	69,264
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΤΡΑΠΕΖΙ	1	7800	0,0076	59,28	ΣΙΔΕΡΟ	5	0,12269	0,61345	0,8	47,424
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΛΑΜΑΚΙ	2	7800	0,000832	12,9792	ΣΙΔΕΡΟ	1,5	0,12269	0,184035	0,8	10,38336
ΠΑΝΩ ΠΛΑΚΑ	1	7800	0,0067	52,26	ΣΙΔΕΡΟ	1,4	0,12269	0,171766	0,8	41,808
ΕΜΒΟΛΟ	1	7800	0,0075	58,5	ΣΙΔΕΡΟ	8	0,12269	0,98152	0,8	46,8
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΤΡΑΠΕΖΙ ΚΕΝΤΡΙΚΟ	1	7800	0,002877	22,4406	ΣΙΔΕΡΟ	5	0,12269	0,61345	0,8	17,95248
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΤΡΑΠΕΖΙ ΚΑΤΩ	1	7800	0,0065	50,7	ΣΙΔΕΡΟ	3,5	0,12269	0,429415	0,8	40,56
			ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	408,32844					ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ €	326,66

Πίνακας 3:Οικονομοτεχνική Ανάλυση πρέσας 20tn

Για την παραπάνω ανάλυση θεωρήθηκε κόστος αγοράς σιδήρου 0,8€/kg. Για το ηλεκτρικό ρεύμα θεωρήθηκε τιμολόγιο ΔΕΗ όπως φαίνεται στην εικόνα 1.

Ζώνη	Ενέργεια (€/kWh)	Πάγιο (€/μήνα)
Όλο το έτος	0,12269	0,60

Εικόνα 36: Τιμολόγιο ΔΕΗ

Το ποσό των 1243 ευρώ για την κατασκευή της πρέσας που μελετάμε δηλαδή μια πρέσα βαρέως τύπου 20 τόνων δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα διότι στην αγορά μια τέτοια πρέσα έχει αρχικό κόστος 850 ευρώ. Η διαφοράς με αυτήν την πρέσα είναι ότι οι δικιά μας έχει ελεγχθεί και μελετηθεί για μεγαλύτερα ποσά δύναμης και άρα χρειάστηκε περισσότερο υλικό για την κατασκευή. Επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί το εμβολο και αντλία από αξιόπιστη εταιρία και άρα κοστίζουν ποιο ακριβά. Τέλος η κατασκευή ενός τεμαχίου πάντα είναι πιο ακριβή από το να φτιάξεις 10000 τεμάχια.

4.3 ΣΥΝΟΨΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό έγιναν οι υπολογισμοί για το κόστος κατασκευής της πρέσας. Συγκεκριμένα έγινε υπολογισμό των αναγκαίων υλικών κατασκευής καθώς και των απαιτούμενων εργασιών.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούν τα συμπεράσματα και οι δυσκολίες που συναντήσαμε για την σύνταξη της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας την πτυχιακή εργασία έχω συνδυάσει αρκετές γνώσεις από διαφορετικά μαθήματα που διδάχθηκα από το τμήμα μου και έχω αναπτύξει περισσότερο την κριτική μου σκέψη αλλά και μεθοδικότητα.

Διαπίστωσα την μεγάλη σημασία που έχει το κατασκευαστικό σχέδιο με την χρήση του Autocad.

Η κοστολόγηση των υλικών και των εργασιών ήταν ένα πρόβλημα που δεν το είχα αντιμετωπίσει μέχρι σήμερα και αυτό με εξέπληξε θετικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

410 Stainless Steel, UNS S41000. Ανακτήθηκε από:

<https://www.ulbrich.com/uploads/data-sheets/410-Stainless-Steel-Wire-UNS-S41000-Wire.pdf>

Design and Optimization of A 30 Ton Hydraulic Forming Press Machine. Ανακτήθηκε από:

<https://designtools.page.tl/Types-of-press-tools.htm>

<https://www.enerpac.com/en-us/manual-pumps/hand-pump-single-speed/P141>

https://www.ijraset.com/fileserve.php?FID=696&fbclid=IwAR1fsVZxN0vutaJDPit7OhdFL2IHASDdrvE7zmjysXVdobdMPngacHEH_iM

P141, Single Speed, Lightweight Hydraulic Hand Pump, 20 in³ Usable Oil. Ανακτήθηκε από:

RC251, 25.8 ton Capacity, 1.00 in Stroke, General Purpose Hydraulic Cylinder. Ανακτήθηκε από: <https://www.enerpac.com/en-us/cylinders/general-purpose-cylinder/RC251>

RC-Series DUO Cylinders, Single-Acting. Ανακτήθηκε από:

<https://www.gustininc.com/pub/media/rockfile/e/n/enerpac-rc-series.pdf>

Types of press tools. Ανακτήθηκε από:

Types of press tools. Ανακτήθηκε από:

https://en.wikipedia.org/wiki/Types_of_press_tools

Ευστάθιος, Ζ. (2004), *Υγιεινή και ασφάλεια στην εργασία*. Αθήνα: Κλειδάριθμος

Καρούζος, Σ. (1987). *Σημειώσεις Μηχανικές Διαμορφώσεις*. Ηράκλειο: Χειρόγραφα.

Λαζαρίδης, Λ. (1985). *Στοιχεία Μηχανών (β έκδοση)*. Αθήνα:
Ίδρυμα Ευγενίδου

Μηχανική των ρευστών. Ανακτήθηκε από:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%84%CF%89%CE%BD%CF%81%CE%B5%CF%85%CF%83%CF%84%CF%8E%CE%BD>

Στεργίου, Ι. , Στεργίου, Κ. (2003). *Στοιχεία Μηχανών 1*. Αθήνα:
Σύγχρονη Εκδοτική ΕΠΕ.