



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Μελέτη αυτοκινούμενης ανυψωτικής διάταξης εσωτερικών χώρων, με χρήση τρισδιάστατου CAD μοντελοποιητή. Μελέτη περίπτωσης ανύψωσης υαλοπινάκων.”

“Design of a self-propelled indoor lifting machine by using a 3D CAD modeler. Case study for lifting glass.”

ΜΑΥΡΙΔΗΣ Π. ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ

Επιβλέποντες:
Στεργίου Κωνσταντίνος
Δόκτωρ Μηχ/γος-Μηχ/κός,
Σαγιάς Βασίλειος

ΑΘΗΝΑ - ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας έγινε υπό την επίβλεψη των καθηγητών, κ Σαγιά Βασίλειου και Κωνσταντίνου Στεργίου, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω για την δυνατότητα που μου προσέφεραν να την πραγματοποιήσω, αλλά και την καθοδήγηση τους καθ' όλη τη διάρκεια της. Η συνεισφορά τους υπήρξε πολύ σημαντική για την ολοκλήρωση της και επικούρησε σε πολύ μεγάλο βαθμό την προσωπική μου προσπάθεια. Επιπροσθέτως, ικανοποίησαν την επιθυμία μου να συντάξω μια πτυχιακή εργασία με θέμα που εγώ ο ίδιος διαμόρφωσα και πίστεψαν από την αρχή στην επιτυχία του εγχειρήματος. Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του ΠΑ.Δ.Α. για τις γνώσεις που μου μεταλάμπάδευσαν μέσα από τις παραδόσεις της θεωρίας, τα εργαστήρια και τα πειράματα και τις εργασίες που μου ανέθεσαν. Συνοψίζοντας, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ και να αφιερώσω αυτήν την εργασία, στα αγαπημένα συγγενικά και φιλικά μου πρόσωπα, που με την ψυχολογική τους υποστήριξη και την θετική τους σκέψη, με βοήθησαν να ξεπεράσω όλα τα εμπόδια που συνάντησα στη ζωή μου, να πετύχω τους στόχους μου και να γίνω ένας καλύτερος άνθρωπος.

Μαυρίδης Ευστράτιος

Αθήνα 2020

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τον σχεδιασμό και την μελέτη ενός αυτοκινούμενου, τηλεσκοπικού γερανοφόρου οχήματος με σκοπό την μεταφορά και ανύψωση υαλοπινάκων σε εσωτερικούς χώρους. Θα γίνει μια ιστορική αναδρομή στη χρήση των πρώτων γερανών, ενώ επιπλέον θα αναφερθούν οι διάφοροι τύποι γερανών που χρησιμοποιούνται σήμερα. Στη συνέχεια, θα γίνει αναφορά στους ευρωπαϊκούς κανονισμούς των γερανών, που πραγματεύονται ζητήματα όπως η ασφάλεια κατά την λειτουργία, η ορθή συντήρηση, και τα πρότυπα με τα οποία αυτοί οφείλουν να συμμορφώνονται, αλλά και οδηγίες για την ασφαλή διαχείριση των υαλοπινάκων. Στο τέλος του θεωρητικού μέρους, θα παρατεθούν διάφορα τεχνικά άρθρα που αφορούν τη μηχανολογία αυτοκινούμενων μηχανημάτων. Στο επόμενο μέρος της εργασίας, θα αναλυθεί η μεθοδολογία του σχεδιασμού βήμα προς βήμα με τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται, έτσι ώστε να καταλήξουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Έπειτα, θα εστιάσουμε στο αντικείμενο μελέτης της εργασίας, αναφερόμενοι στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κατασκευής, τις τεχνικές δυσκολίες και το πεδίο εφαρμογών. Θα γίνει ένας αρχικός διαχωρισμός των επιμέρους μηχανικών στοιχείων της κατασκευής, ενώ θα προσδιοριστούν οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν σε όλους τους τομείς και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτό το σκοπό. Στην εφαρμογή της μεθοδολογίας, θα γίνει σχεδιασμός όλων των τεμαχίων της κατασκευής και μελέτη στα σημαντικότερα τμήματα της με τη βοήθεια πεπερασμένων στοιχείων. Θα γίνουν αναφορές στις βελτιώσεις που υπέστη η κατασκευή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και θα οριστικοποιηθεί το τελικό σχέδιο. Στη συνέχεια θα δημιουργηθούν τα κατασκευαστικά σχέδια των εξαρτημάτων και του ολοκληρωμένου μηχανήματος, ένας κατάλογος με όλα τα απαραίτητα τεμάχια και τις προδιαγραφές τους και θα γίνει προσπάθεια να κοστολογηθεί η κατασκευή του γερανού. Τέλος θα γίνει μια ανασκόπηση της κατασκευής, όπου θα εξεταστεί η ενδεχόμενη επέκταση του πεδίου χρήσης του μηχανήματος με τη βοήθεια απλών μετατροπών, η εξοικονόμηση που θα προσφέρει η κατασκευή του σε σχέση με την αγορά και την ενοικίαση μιας έτοιμης λύσης και το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα. Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση της βιβλιογραφίας που αξιοποιήθηκε για την εκπόνηση της.

Abstract

The current undergraduate dissertation's topic is the design and study of a self-propelled crane with a retractable boom, for indoor glass-lifting. Precursory, there will be a quick reference to the historical background of the crane and its primary case uses and an introduction to the various types of cranes and lifting machines of today. Subsequently, part the European regulations regarding the safe use, proper maintenance and standards to which all lifting machines comply are being referenced, along with some general rules and safe practices of glass storage, loading and transportation. The first chapter concludes with a few technical articles that address certain aspects of the mechanical engineering integrated in self-driven machinery. On the next section of this dissertation, the principals of designing a construction are analyzed step-by-step, with all the methods and the criteria that are being utilized. Further ahead, the focus shifts on the case study of this particular project, analyzing the advantages and disadvantages a machine of such type has, the technical difficulties faced during the design process and the intended range of application. An initial segregation of the different mechanical elements that comprise the whole machine is followed by the definition and setting of the goals that must be achieved, and the means that will be used towards this direction. The following part addresses the application of the methodology and the thought process described previously. At this point the design of all the parts the machine consists of takes place in 3D CAD environment, along with the essential engineering studies by means of finite elements analysis. Furthermore, the mechanical designs of the various parts are created, a parts list is composed and an effort to accurately calculate the cost of the whole project is made. At last, this endeavor concludes with a review of the construction as a whole, with the discussion of a possible extension of the range of application of the machine, via simple and low-cost modifications. The general benefits and cost savings of owning a self-made machine, in comparison to renting or purchasing a pre-engineered solution from the market are being analyzed. Finally, it is unraveled how safety issues surrounding the use of heavy machinery and the environmental concerns like the carbon print of internal combustion engines, shaped the eventual design of the whole construction.

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Αυτοκινούμενος τροχοφόρος γερανός (liebherr.com, 2019)	5
Εικόνα 2: Αυτοκινούμενος ερπυστριοφόρος γερανός (liebherr.com, 2019).....	5
Εικόνα 3: Αυτοκινούμενος πλωτός γερανός (liebherr.com, 2019)	6
Εικόνα 4: Γερανογέφυρα εγκατεστημένη σε μονάδα παραγωγής (Torontoelectric.com, 2019)	7
Εικόνα 5: Αυτοκινούμενος τηλεσκοπικός γερανός για χρήση σε ανώμαλο έδαφος (liebherr.com, 2019)	7
Εικόνα 6: Γερανογέφυρα μονού φορέα (Architas.gr, 2019)	10
Εικόνα 7: Γερανογέφυρα διπλού φορέα (Architas.gr, 2019).....	10
Εικόνα 8: Κρεμαστή γερανογέφυρα μονού φορέα (Torontoelectric.com, 2019)	11
Εικόνα 9: Γερανός πυλώνας διπλού φορέα (Architas.gr, 2019)	11
Εικόνα 10: Περιστρεφόμενος γερανός κολώνας (Torontoelectric.com, 2019).....	12
Εικόνα 11: Περιστρεφόμενος γερανός τοίχου (Torontoelectric.com, 2019)	13
Εικόνα 12: Περιστρεφόμενος γερανός πύργου (liebherr.com, 2019).....	14
Εικόνα 13: Σταθερός γερανός τύπου «Derrick» (liebherr.com, 2019).....	14
Εικόνα 14: Πλατφόρμα φόρτωσης τοποθετημένη σε φορτηγό (koskeridis.com, 2019).....	16
Εικόνα 15: Γερανός φόρτωσης τοποθετημένος σε φορτηγό (watn.com.au, 2019).....	17
Εικόνα 16: Μεγάλος αυτοκινούμενος γερανός (liebherr.com, 2019)	17
Εικόνα 17: Αυτοκινούμενος ερπυστριοφόρος γερανός (liebherr.com, 2019)	18
Εικόνα 18: Γερανός πλοίου (liebherr.com, 2019)	18
Εικόνα 19: Μεταφορά υαλοπινάκων (Doubleglazingequipment.com, 2019)	50
Εικόνα 20: Καμπύλες Wöhler για σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (metadosi- ischios.gr, 2019).	54
Εικόνα 21: Αποτελέσματα του πειράματος του Ransom (mie.uth.gr, 2019).	57
Εικόνα 22: Διάγραμμα τάσης – κύκλων φόρτισης, με τις πιθανότητες που αντιστοιχούν σε ορισμένες καμπύλες Wohler (mie.uth.gr, 2019).....	58

Εικόνα 23: Παραμόρφωση λόγω κάμψης. Η μέγιστη υποχώρηση ή αλλιώς το μέγιστο βέλος κάμψης εμφανίζεται στο ελεύθερο (δεξιό) άκρο (Βουθούνης , 2011).....	62
Εικόνα 24: Σχήμα επεξήγησης του νόμου του Pascal (Gsu.edu, 2019).....	65
Εικόνα 25: «Ο σκεπτόμενος» (Le Penseur), August Rodin (Wikimedia.org, 2019)	86
Εικόνα 26: Μηχανολογικά σχέδια, όργανα μέτρησης και εξαρτήματα (Gdandtbasics.com, 2019)	87
Εικόνα 27: Οικονομικοί όροι σε κολάζ (Pic-control.com, 2019)	88
Εικόνα 28: Logistics (Sahay & Chakraborty, 2015).....	269
Εικόνα 29: Πλαίσιο εξοπλισμένο με περόνες	275
Εικόνα 30: Ο γερανός με το περονοφόρο πλαίσιο εγκατεστημένο	276
Εικόνα 31: Μέτρηση της κάθετης απόστασης του κέντρου βάρους και του άξονα του εμπρός βραχίονα στήριξης (διάταξη με περόνες)	277
Εικόνα 32: Οι επεκτάσεις του βραχίονα, το βαρούλκο και ο γάντζος πρόσδεσης	279
Εικόνα 33: Ο γερανός με τις επεκτάσεις του βραχίονα και το βαρούλκο εγκατεστημένα. 280	
Εικόνα 34: Μέτρηση της κάθετης απόστασης του κέντρου βάρους και του άξονα του εμπρός βραχίονα στήριξης (διάταξη με βαρούλκο)	281
Εικόνα 35: Το καλάθι μεταφοράς προσωπικού	283
Εικόνα 36: Ο γερανός με την διάταξη του καλαθιού μεταφοράς προσωπικού εγκατεστημένη	284
Εικόνα 37: Μέτρηση της κάθετης απόστασης του κέντρου βάρους και του άξονα του εμπρός βραχίονα στήριξης (διάταξη με καλάθι μεταφοράς προσωπικού)	285
Εικόνα 38: Οικονομική ανάλυση (Stockwatch.com.cy, 2019).....	293

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	2
Περίληψη.....	iii
Abstract.....	iv
Πίνακας εικόνων	v
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Ιστορική Αναδρομή.....	1
1. Γενικά για τους γερανούς.....	3
1.1. Βασικές αρχές	3
1.2. Κατηγορίες γερανών και γερανοφόρων οχημάτων	4
1.2.A. Γερανογέφυρες και γερανοί πυλώνες	9
1.2.B. Περιστρεφόμενοι γερανοί.....	12
1.2.Γ. Γερανοφόρα οχήματα και γερανοί σε πλωτά μέσα.....	15
2. Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί Ασφαλείας Γερανών	19
2.1. Ατυχήματα και αιτίες ατυχημάτων	19
2.2 Αρμόδια Αρχή για την εφαρμογή της νομοθεσίας και τον έλεγχο της συμμόρφωσης των ανυψωτικών μηχανημάτων	20
2.3. Ευρωπαϊκή Οδηγία μηχανών 2006/42/EK	21
2.4. Διάθεση στην αγορά και έναρξη χρήσης	21
2.5. Διαδικασίες για την εκτίμηση της συμμόρφωσης γερανού	22
2.6. Τεχνικός φάκελος γερανού.....	27
2.7. Κανονισμός Ανυψωτικών Μηχανημάτων ΚΥΑ υπ.αρ. Οικ. 15085/593 (ΦΕΚ 1186/Β/2003)	29
2.8. Βαθμός επικινδυνότητας	29
2.9. Κατάταξη των ανυψωτικών μηχανημάτων με βάση την επικινδυνότητά τους.....	30
2.9.A. Υψηλής επικινδυνότητας ανυψωτικά μηχανήματα.....	30
2.9.B. Μέσης επικινδυνότητας ανυψωτικά μηχανήματα	31
2.9.Γ. Χαμηλής επικινδυνότητας ανυψωτικά μηχανήματα.....	32
2.10. Αρχικοί και Περιοδικοί Έλεγχοι ανυψωτικών μηχανημάτων	32
2.11. Διαδικασία δοκιμών με φορτία	34
2.11.A. Στατική δοκιμή.....	36
2.11.B. Δυναμική δοκιμή.....	36

2.11.Γ. Δοκιμή ευστάθειας	37
3. Ασφάλεια κατά την αποθήκευση, την συσκευασία, τον χειρισμό και τη μεταφορά των υαλοπινάκων	38
3.1. Αποθήκευση υαλοπινάκων	39
3.1.A. Αποθήκευση σε σταθερές κάθετες θυρίδες.....	40
3.1.B. Αποθήκευση σε ανεξάρτητα μεταλλικά στηρίγματα	40
3.1.Γ. Αποθήκευση σε συνδεδεμένα μεταλλικά στηρίγματα τύπου Α.....	41
3.1.Δ. Αποθήκευση υαλοπινάκων στο εργοτάξιο	41
3.2. Συσκευασία υαλοπινάκων	42
3.2.A. Συσκευασία σε κιβώτια.....	42
3.3. Χειρισμός υαλοπινάκων	44
3.3.A. Χειρωνακτική διαχείριση	44
3.3.B. Διαχείριση με μηχανικά μέσα	44
3.3.Γ. Ασφάλεια εργαζομένων στο εργοτάξιο κατά τον χειρισμό υαλοπινάκων.....	47
3.4. Μεταφορά υαλοπινάκων.....	48
3.4.A. Φόρτωση σε όχημα μεταφοράς.....	48
3.4.B. Εκφόρτωση από όχημα μεταφοράς	49
4. Μηχανολογία Γερανού	51
4.1. Επίδραση του φαινομένου της κόπωσης σε μεταλλικές κατασκευές	51
4.2. Συμπεριφορά των τμημάτων μεταλλικών κατασκευών υπό την επίδραση καμπτικών ροπών	59
4.3. Ρευστομηχανική των υδραυλικών συστημάτων σε ανυψωτικές διατάξεις	64
4.4. Εισαγωγή στους οδοντωτούς τροχούς των διατάξεων μετάδοσης της κίνησης	67
5. Μεθοδολογία Σχεδιασμού.....	70
5.1. Στάδιο διασαφήνισης του προβλήματος.....	71
5.1.A. Πίνακας προδιαγραφών	71
5.1.B. Στάδιο της αφαίρεσης	78
5.1.Γ. Τεχνικό σύστημα- Μετατροπή ενέργειας, ύλης και σήματος.....	81
5.2. Στάδιο σύλληψης της ιδέας	86
5.3. Σχεδιομελέτη και επεξεργασία	87
6. Περίπτωση μελέτης αυτοκινούμενου γερανού εσωτερικών χώρων	91
6.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτοκινούμενων γερανών	92
6.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μη σταθερών γερανών με μικρό αποτύπωμα και βάρους	92

6.3. Αναμενόμενες τεχνικές δυσκολίες.....	93
6.4. Ιεράρχηση στόχων της κατασκευής.....	95
6.5. Αντιμετώπιση των προκλήσεων και επίτευξη των στόχων	96
6.5.1. Πλεονεκτήματα σχεδιαστικής προσέγγισης και ανάλυσης της κατασκευής, με τη βοήθεια των πεπερασμένων στοιχείων.....	96
6.5.2. Χρήση επιστημονικής βιβλιογραφίας και αξιοποίηση πρακτικής εμπειρίας τρίτων με πείρα σε ανυψωτικές κατασκευές.....	98
6.5.3. Παραδοχές στα πλαίσια της κατασκευής του γερανού και παράγοντες που τις καθιστούν αναγκαίες.....	100
7. Σχεδιασμός και μελέτη αυτοκινούμενου γερανού	101
7.1. Ανάλυση της κατασκευής	101
7.1.A. Πλαίσιο οχήματος.....	102
7.1.B. Βραχίονας ανύψωσης.....	125
7.1.Γ. Υδραυλικό σύστημα	157
7.1.Δ. Διάταξη μετάδοσης κίνησης	167
7.2. Ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία – Προσομοίωση	222
7.3. Τελική μορφή του ολοκληρωμένου γερανού	228
7.4. Υπολογισμός του κόστους κατασκευής	235
8. Συμπεράσματα – Προτάσεις	270
8.1. Πλεονεκτήματα της κατασκευής του γερανού από τον τελικό χρήστη.....	270
8.1.A. Βραχυπρόθεσμα οφέλη της κατασκευής του γερανού.....	270
8.1.B. Μακροπρόθεσμα οφέλη της κατασκευής του γερανού.....	271
8.2. Μετατροπές στο γερανοφόρο όχημα για την εκτέλεση επιπλέον εργασιών	272
8.2.A. Πλαίσιο που φέρει περόνες για την ανύψωση κιβωτίων και άλλων συμπαγών διαστάσεων φορτίων	273
8.2.B. Βαρούλκο με γάντζο και συρματόσχοινο για την μεταφορά ασκών με θραύσματα υάλου	278
8.2.Γ. Καλάθι μεταφοράς προσωπικού για εργασίες σε ψηλές θέσεις	282
8.3. Ασφάλεια κατασκευής και ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός	286
8.4. Περιβαλλοντικές και υγειονομικές ανησυχίες.....	287
8.4.A. Αντιρρυπαντική νομοθεσία	288
8.4.B. Υγιεινή και ασφάλεια του προσωπικού στο χώρο εργασίας.....	289
8.4.Γ. Ανακυκλωσιμότητα υλικών	290
8.5. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη της κατασκευής.....	292
9. Συζήτηση - Ανάλυση	294

9.1. Ανάλυση και αντιμετώπιση προβλημάτων – πορεία εργασίας.....	294
9.2. Συνεισφορά στον κλάδο και τα οφέλη της πτυχιακής για τον φοιτητή.....	297
9.3. Προτάσεις για βελτίωση της πτυχιακής εργασίας.....	299
Βιβλιογραφία.....	301
Παράρτημα Α - Προμηθευτές πρώτων υλών και έτοιμων εξαρτημάτων.....	308
Παράρτημα Β - Αποτελέσματα Simulation.....	316
Παράρτημα Γ - Κατασκευαστικά Σχέδια Τεμαχίων.....	573

Ιστορική Αναδρομή

Από την απαρχή της ιστορίας η ανάπτυξη όλων των μεγάλων πολιτισμών βασίστηκε στην χρήση εργαλείων και μηχανημάτων που βοηθούσαν τους ανθρώπους να αξιοποιήσουν με πιο αποτελεσματικό τρόπο τους φυσικούς πόρους γύρω τους και να βελτιώσουν το επίπεδο της ζωής τους. Τεχνολογικά άλματα όπως η χρήση της φωτιάς, η εξημέρωση των ζώων, η εφεύρεση του τροχού και η μεταλλουργία υπήρξαν το εφαλτήριο για την δημιουργία δρόμων, θεάτρων, κτηρίων, γεφυρών, οχυρωματικών έργων, ναών και άλλων κατασκευών που δεν θα μπορούσαν να κατασκευαστούν δίχως αυτά. Ένα μηχάνημα το οποίο διαδραμάτισε και διαδραματίζει ακόμα σημαντικό ρόλο στις περισσότερες κατασκευές είναι ο γερανός. Ο σκοπός ενός γερανού, ανεξαρτήτως μορφής, είναι η ανύψωση ή και η μεταφορά φορτίων τα οποία δεν είναι εύκολο ή δυνατόν να μεταφερθούν με τη χρήση ανθρώπινης μυϊκής δύναμης. Η βασική αρχή λειτουργίας του έγκειται στη μετατροπή της προσδιδόμενης μηχανικής ενέργειας και την απόδοση της με τρόπο που απαιτεί λιγότερη δύναμη για την παραγωγή του ίδιου έργου, συνήθως με το μειονέκτημα της μεγαλύτερης διαδρομής (Χατζηιακώβου, Γ). Ο γερανός εφευρέθηκε από τους αρχαίους Έλληνες τον 6^ο αιώνα π.Χ. με σημάδια σε ογκόλιθους αρχαιοελληνικών ναών να αποτελούν ενδείξεις για την χρήση τους σε κατασκευές αυτής της περιόδου. Μια παραλλαγή του σχεδιάστηκε από τον Αρχιμήδη και χρησιμοποιήθηκε από τους Συρακούσιους για την κατακόρυφη ρίψη ογκόλιθων από τα τείχη της πόλης στα πλοία των Ρωμαίων κατά την πολιορκία της (Πολύβιος; Πλούταρχος, n.d.; Τίτος, n.d.). Ο γερανός αντικατέστησε την χρήση ραμπών για την κατακόρυφη μετατόπιση φορτίων, οι οποίες απαιτούσαν πολύ περισσότερο χρόνο και εργατικό δυναμικό για την κατασκευή τους, ενώ ήταν λιγότερο παραγωγικές κατά τη χρήση τους. Οι Ρωμαίοι υιοθέτησαν τη χρήση του γερανού για την κατασκευή κτηρίων και οχυρώσεων, προβαίνοντας σε βελτιώσεις. Από την εποχή του Μεσαίωνα η χρήση του γερανού επεκτάθηκε στα λιμάνια, όπου η γρήγορη και ασφαλής μεταφορά προϊόντων από τις αποβάθρες στα πλοία ήταν μεγάλο πλεονέκτημα, σε έναν κόσμο όπου οι θαλάσσιες δίοδοι ήταν ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την διεξαγωγή εμπορίου. Μετά από την εκτεταμένη χρήση του σε εργοστάσια και ορυχεία την εποχή

της βιομηχανικής επανάστασης, το επόμενο άλμα στην εξέλιξη του γερανού ήρθε το 1838 όταν ο βιομήχανος William Armstrong σχεδίασε τον υδραυλικό γερανό με τροφοδοσία νερού, που επέτρεπε την μεταφορά ακόμα μεγαλύτερων φορτίων (liebherr.com, 2019) (Heald, 2019). Οι σημερινοί γερανοί έχουν φτάσει στο εξελικτικό τους ζενίθ, όντας ικανοί να μεταφέρουν φορτία χιλιάδων τόνων σε μεγάλα ύψη και επιτρέποντας στον άνθρωπο να δημιουργήσει κατασκευές ασύλληπτης, μέχρι πρότινος, κλίμακας.

1. Γενικά για τους γερανούς

1.1. Βασικές αρχές

Οι γερανοί είναι **μηχανήματα ασυνεχούς μεταφοράς** τα οποία μπορούν να σηκώσουν και να μετακινήσουν φορτία. Το φορτίο αναρτάται σε ένα μέσο πρόσδεσης ή παραλαβής φορτίου (συρματόσχοινο, αλυσίδα, αρπάγη, ηλεκτρομαγνήτης, βεντούζες κ.λπ.). Η θεμελιώδης αρχή λειτουργίας του κλασικού γερανού πηγάζει από την έννοια του μηχανικού πλεονεκτήματος. **Μηχανικό πλεονέκτημα** είναι η αρχή ότι μια διάταξη όπως η τροχαλία, μπορεί να πολλαπλασιάσει τη δύναμη που εφαρμόζεται πάνω της με ένα ορισμένο συντελεστή, μειώνοντας την απαιτούμενη ισχύ για την παραγωγή ενός συγκεκριμένου έργου. Έτσι είναι δυνατόν, για παράδειγμα, για έναν και μόνο άνθρωπο χρησιμοποιώντας μια τροχαλία να άρει ένα βαρύ κιβώτιο που θα ανάγκαζε μια ολόκληρη ομάδα ανθρώπων να το ανυψώσουν με τα χέρια τους. Οι κλασικοί γερανοί ενσωματώνουν ένα σύστημα από τροχαλίες και άλλες διατάξεις, ώστε να αυξηθεί σημαντικά η ανυψωτική τους ικανότητα. Πλέον τα περισσότερα ανυψωτικά μηχανήματα, κάνουν επιπλέον χρήση υδραυλικών συστημάτων για την ανύψωση φορτίων, τα οποία βασίζονται στην ίδια αρχή δημιουργίας μηχανικού πλεονεκτήματος. Οι γερανοί είναι κατά κανόνα, **συγκολλητές χαλύβδινες κατασκευές**, με συμπαγή μορφή **κιβωτίου ή δικτυώματος**, από χάλυβες κατασκευών τύπου **St 37-3** ή **St 52-3**. Αυτές οι κατασκευές αποτελούνται από στοιχεία όπως κεραίες, βραχίονες, υποστηρίγματα, πυλώνες, φορείς και πλαίσια κυλιόμενων φορείων, τα οποία πρέπει να ανταπεξέλθουν σε μεγάλες δυνάμεις και ροπές με ευνοϊκό τρόπο όσων αφορά την καταπόνηση τους. Στο **DIN 15018**, καθορίζονται τα υλικά, οι παραδοχές των φορτίων και οι επιτρεπόμενες τάσεις (Στεργίου & Στεργίου, 2006).

1.2. Κατηγορίες γερανών και γερανοφόρων οχημάτων

Η κατηγοριοποίηση των γερανών μπορεί να γίνει με βάση διάφορες παραμέτρους. Οι περιπτώσεις χρήσης μπορούν να ποικίλουν από αποθήκες και μονάδες παραγωγής, μέχρι σιδηρόδρομους και μεγάλα κατασκευαστικά έργα. Ο πρώτος διαχωρισμός αφορά την αυτόνομη **δυνατότητα μετακίνησης** του γερανού από ένα χώρο εργασίας σε έναν άλλο. Οι **σταθεροί γερανοί** συνήθως είναι πακτωμένοι στο δάπεδο ή σε τοίχους εσωτερικών χώρων, όπως μονάδες παραγωγής και αποθήκες, ή συναρμολογούνται επιτόπου στο χώρο του εργοταξίου ή του σιδηρόδρομου που εξυπηρετούν και αποσυναρμολογούνται με την αποπεράτωση των εργασιών. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι περιστρεφόμενοι γερανοί κολώνας, οι περιστρεφόμενοι γερανοί τοίχου, οι γερανογέφυρες, οι πυλώνες γερανοί, οι περιστρεφόμενοι γερανοί πύργου κ.α. Οι **αυτοκινούμενοι γερανοί** μπορούν να κινούνται σε σιδηροτροχιές, να είναι ελεύθερα γερανοφόρα οχήματα που φέρουν τροχούς με ελαστικά, ερπύστριες ή υδραυλικούς βραχίονες κίνησης ή να είναι τοποθετημένοι πάνω σε ένα πλωτό μέσο. Κατά αυτό τον τρόπο μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικούς χώρους εργασίας, χωρίς να απαιτείται συνήθως κάποιο επικουρικό όχημα για την μεταφορά τους. Η κατηγορία αυτών των γερανών περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τις πλατφόρμες φόρτωσης των φορτηγών οχημάτων τους γεραμούς φόρτωσης τους μεγάλους αυτοκινούμενους γεραμούς, τους πλωτούς γεραμούς και τους γεραμούς πλοίων κ.α. (Στεργίου & Στεργίου, 2006).



Εικόνα 1: Αυτοκινούμενος τροχοφόρος γερανός (liebherr.com, 2019)



Εικόνα 2: Αυτοκινούμενος ερπυστριοφόρος γερανός (liebherr.com, 2019)



Εικόνα 3: Αυτοκινούμενος πλωτός γερανός (liebherr.com, 2019)

Ένα ακόμα στοιχείο διαχωρισμού των γερανών είναι η **ευελιξία του βραχίονα ανύψωσης** του φορτίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτός είναι σταθερά πακτωμένος στην υπόλοιπη κατασκευή και μόνιμα παράλληλος με το έδαφος, που σημαίνει ότι ο φορέας - βαρούλκο κινείται επί του βραχίονα, και η βάση του γερανού κινείται επί σιδηροτροχιάς ή πάνω σε άλλο φορέα (γερανογέφυρες και πυλώνες γερανοί). Παρά το γεγονός ότι, για τις ανάγκες μιας μονάδας παραγωγής αυτή η αρχιτεκτονική προσφέρει επαρκή ευελιξία, ένας τέτοιος γερανός περιορίζεται από τις διαστάσεις και το ύψος του κτηρίου. Σε άλλες κατασκευές, οι οποίες δεν δεσμεύονται για την στήριξη τους σε μια σταθερή κατασκευή, ο βραχίονας μπορεί να συμπύσσεται, με την έλξη του μέσω ενός συρματόσχοινου (γερανοί τύπου «Derrick»), να είναι τηλεσκοπικός ή και τα δύο μαζί. Αυτό αυξάνει τις δυνατότητες του γερανού όταν αυτός καλείται να παράγει έργο σε περιορισμένους και δυσπρόσιτους χώρους, σε εξαιρετικά μεγάλα ύψη και όπου απαιτούνται δύσκολοι χειρισμοί (Στεργίου & Στεργίου, 2006).



Εικόνα 4: Γερανογέφυρα εγκατεστημένη σε μονάδα παραγωγής (Torontoelectric.com, 2019)



Εικόνα 5: Αυτοκινούμενος τηλεσκοπικός γερανός για χρήση σε ανώμαλο έδαφος (liebherr.com, 2019)

Ένα μέτρο της δυσκολίας της αναμενόμενης εργασίας ενός γερανού είναι η κλάση ανύψωσης στην οποία ανήκει. Υπάρχουν **4 κλάσεις ανύψωσης (H1 έως H4)** και τα διάφορα είδη γερανών κατανέμονται σε αυτές κατά το πρότυπο **DIN 15018**, όπως φαίνεται στον κάτωθι πίνακα:

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση γερανών κατά κλάση ανύψωσης (Στεργίου & Στεργίου, 2006)

Είδος γερανού	Κλάση ανύψωσης
Χειροκίνητοι γερανοί	H1
Αυτοκινούμενοι γερανοί βαρέων φορτίων	H1
Γερανοί με πυλώνες	H1
Περιστρεφόμενοι γερανοί πύργου σε δομικά έργα	H1
Γερανοί συναρμολόγησης	H1, H2
Γερανοί πλοίων	H2 ^(α)
Αυτοκινούμενοι γερανοί	H2 ^(α)
Γέφυρες μεταφόρτωσης	H2 ^(α)
Γερανοί λιμανιών, περιστρεφόμενοι γερανοί, πλωτοί γερανοί	H2 ^(α)
Γερανοί μηχανοστασίων	H2, H3
Γερανοί χυτηρίων	H2, H3
Γερανοί αποθηκών με διακεκομμένη λειτουργία	H2
Γερανοί αποθηκών με συνεχή λειτουργία	H3, H4
Γερανοί κλιβάνων	H3, H4
α: για λειτουργία με άγκιστρο - για λειτουργία με αρπάγη ή μαγνήτη: H3, H4	

Παρακάτω γίνεται ένας γενικός διαχωρισμός των διαφόρων τύπων των γερανών, με βάση την γενική τους αρχιτεκτονική και την περιοχή χρήσης τους, καθώς και μια σύντομη αναφορά σε ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά. Η κατάταξη τους κατά είδος και χρήση δίνεται στο DIN 15001.

1.2.A. Γερανογέφυρες και γερανοί πυλώνες

Γερανογέφυρα ονομάζεται ο τύπος του σταθερού γερανού όπου το φορείο του ανυψωτήρα (βαρούλκο) κινείται κατά μήκος μιας ή ενός ζεύγους οριζόντιων δοκών. Χρησιμοποιούνται για την μεταφορά βαριών φορτίων σε εσωτερικούς χώρους όπως μονάδες παραγωγής και αποθήκες και η εγκατάστασή τους γίνεται στο ύψος της οροφής του κτηρίου. Η επιφάνεια εργασίας τους αντιστοιχεί σε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την αρχιτεκτονική τους, τις **γερανογέφυρες μονού και διπλού φορέα**. Η γερανογέφυρα μονού φορέα κατασκευάζεται από δοκό ή από σύνθετη διατομή BOX. Η ανυψωτική της ικανότητα μπορεί να φτάσει τα 16.000 kg. Το άνοιγμα της γερανογέφυρας μπορεί να είναι από 5 έως 25 m. Το βαρουλκοφορείο που χρησιμοποιείται είναι κρεμαστό ή πλάγιας κρέμασης. Η γερανογέφυρα διπλού φορέα κατασκευάζεται από δοκούς ή από σύνθετες διατομές BOX. Η ανυψωτική της ικανότητα μπορεί να φτάσει τα 50.000 kg. Το άνοιγμα της γερανογέφυρας μπορεί να είναι από 5 έως 32 m. Το βαρουλκοφορείο που χρησιμοποιείται είναι επικαθήμενο (Architas.gr, 2019). Ένας σύνθετος τύπος γερανογέφυρας είναι οι **κρεμαστές γερανογέφυρες** όπου ο κύριος φορέας είναι αναρτημένος σε φορείς μικρότερου μεγέθους που κινούνται στο κάτω πέλμα τροχιών στερεωμένων στην οροφή του κτηρίου (Στεργίου & Στεργίου, 2006). Μια ακόμα παραλλαγή των γερανογεφυρών είναι οι **πυλώνες γερανοί** οι οποίοι στηρίζονται σε ποδαρικά και χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους. Όπως και οι γερανογέφυρες, οι πυλώνες γερανοί διαχωρίζονται σε μονού και διπλού φορέα (Architas.gr, 2019).



Εικόνα 6: Γερανογέφυρα μονού φορέα (Architas.gr, 2019)



Εικόνα 7: Γερανογέφυρα διπλού φορέα (Architas.gr, 2019)



Εικόνα 8: Κρεμαστή γερανογέφυρα μονού φορέα (Torontoelectric.com, 2019)



Εικόνα 9: Γερανός πυλώνας διπλού φορέα (Architas.gr, 2019)

1.2.B. Περιστρεφόμενοι γερανοί

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν πολλά είδη γερανών τα οποία διαχωρίζονται με βάση τον τρόπο στήριξης του περιστρεφόμενου βραχίονα. Οι **περιστρεφόμενοι γερανοί κολώνας** αποτελούνται από μια περιστρεφόμενη οριζόντια δοκό (βραχίονας ή μπούμα), η οποία στηρίζεται σε έναν κατακόρυφο πυλώνα πακτωμένο μέσω μιας πλάκας, στο μπετόν του θεμελίου. Ενίοτε, η βάση της άρθρωσης του οριζόντιου βραχίονα είναι πακτωμένη σε τοίχο, οπότε γίνεται λόγος για **περιστρεφόμενο γερανό τοίχου**. Το φορείο του ανυψωτήρα (βαρούλκο), είτε πακτώνεται στο άκρο της δοκού, είτε κινείται κατά μήκος της δοκού όπως και στις γερανογέφυρες (**περιστρεφόμενοι γερανοί προβόλου**) (Στεργίου & Στεργίου, 2006). Συνήθως έχουν την δυνατότητα να περιστρέφουν τον βραχίονα τους μέχρι και 360 μοίρες ανάλογα με την αρχιτεκτονική τους και τους περιορισμούς του χώρου όπου τοποθετούνται. Έχουν μέγιστο μήκος βραχίονα έως 20 μέτρα και ανυψωτική ικανότητα μέχρι 60.000 kg. Χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς και σε εξωτερικούς χώρους και κυρίως σε μονάδες παραγωγής, αποθήκες και αποβάθρες λιμανιών (Architas.gr, 2019).



Εικόνα 10: Περιστρεφόμενος γερανός κολώνας (Torontoelectric.com, 2019)



Εικόνα 11: Περιστρεφόμενος γερανός τοίχου (Torontoelectric.com, 2019)

Οι **περιστρεφόμενοι γερανοί πύργου**, αποτελούνται από έναν ψηλό και λεπτό πύργο ο οποίος είναι κατασκευασμένος από χαλύβδινο δικτύωμα, για λόγους μείωσης του βάρους και για να μην είναι η κατασκευή ευπαθής στον άνεμο. Στην κορυφή του πύργου βρίσκεται η κεραία κατασκευασμένη με την ίδια αρχιτεκτονική, η οποία μέσω συρματόσχοινων συνδέει τον πύργο με το βραχίονα της ανύψωσης. Για την επίτευξη ευστάθειας γίνεται χρήση αντίβαρων στο φορείο ή στη βάση του πύργου. Η βάση του πύργου, μπορεί είτε να κινείται πάνω σε τροχιές είτε να είναι σταθερή. Είναι απαραίτητη η πολύ προσεκτική μελέτη της κατασκευής τους καθώς, λόγω του μεγάλου ύψους και μήκους του βραχίονα, είναι πολύ μεγάλος ο κίνδυνος να ανατραπούν λόγω υπερφόρτωσης ή ισχυρών ανέμων. Ανεγκύουν φορτία μέχρι 50 τόνους και με ταχύτητες έως 60 m/min, σε ύψη μέχρι 100 m. Χρησιμοποιούνται σε οικοδομικά έργα και έργα συναρμολόγησης. Μια παραλλαγή των γερανών αυτών (η οποία έχει και αυτοκινούμενες εφαρμογές) είναι οι **γερανοί τύπου «Derrick»** που αποτελούνται από έναν κεντρικό ιστό στη βάση του οποίου εδράζεται μια συμπτυσσόμενη κεραία, ενώ στο άνω άκρο της ενεργεί το συρματόσχοινο για την έλξη της. Η κατασκευή του κεντρικού ιστού, των ιστών υποστήριξης και του βραχίονα γίνεται από χαλύβδινους σωλήνες ή με τη μορφή δικτύωματος στις πιο βαριές κατασκευές. Μπορούν να ανεγκύσουν φορτία έως 300 τόνους, με μέγιστο άνοιγμα του βραχίονα τα 50 m (Στεργίου & Στεργίου, 2006).



Εικόνα 12: Περιστρεφόμενος γερανός πύργου (liebherr.com, 2019)



Εικόνα 13: Σταθερός γερανός τύπου «Derrick» (liebherr.com, 2019)

1.2.Γ. Γερανοφόρα οχήματα και γερανοί σε πλωτά μέσα

Όταν υπάρχει ανάγκη για τη χρήση ενός γερανού σε διαφορετικά σημεία εντός ενός μεγάλου εργοταξίου ή σε διαφορετικά εργοτάξια και τη μεταφορά βαρέων φορτίων σε χώρους συναρμολόγησης, τα γερανοφόρα οχήματα προσφέρουν πολύ μεγάλη ευελιξία και μειώνουν δραματικά το κόστος κατασκευής. Ανήκουν στην κατηγορία **των αυτοκινούμενων γεραμών** όντας ενσωματωμένοι σε φορτηγά οχήματα δρόμου, ερπυστριοφόρα ή πλωτές εξέδρες και πλοία. **Ως «αυτοκινούμενα γερανοφόρα οχήματα» κατηγοριοποιούνται για της ανάγκες αυτής της εργασίας οι γερανοί οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να κινούνται αυτόνομα, τουλάχιστον για μικρές αποστάσεις, χωρίς την βοήθεια άλλου μέσου, ενώ σε περίπτωση που δεν μπορούν να ταξιδεύσουν σε αυτοκινητόδρομους ή στην ανοικτή θάλασσα, για νομικούς ή πρακτικούς λόγους, ρυμουλκούνται από άλλο μέσο, από τον χώρο αποθήκευσης στο χώρο εργασίας και αντιστρόφως.** Για την κίνηση τους χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά ο νηζελοκινητήρας και σε πολύ μικρές κατασκευές ο ηλεκτροκινητήρας μέσω συσσωρευτών. Αυτό προσδίδει ανεξαρτησία από ένα δίκτυο μόνιμης παροχής ενέργειας και οικονομία, ωστόσο έχει ως μειονεκτήματα την αδυναμία εκκίνησης υπό φορτίο, τους δύσκολους χειρισμούς και την εκπομπή καυσαερίων. Η μετάδοση της κίνησης στα ανυψωτικά μέρη του γερανού γίνεται με μηχανικό ή υδραυλικό τρόπο. Στη μηχανική μετάδοση γίνεται χρήση ενός κιβωτίου ταχυτήτων για την προσαρμογή στα διάφορα φορτία και ένα κιβώτιο διανομής που ενεργοποιείται μέσω συμπλεκτών για τις επιμέρους κινήσεις του γερανού. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης της κίνησης χαρακτηρίζεται από μηχανική απλότητα και υψηλό βαθμό απόδοσης, αλλά και από πολυπλοκότητα χειρισμών, ενώ ο αριθμός των τεμαχίων που υπόκεινται σε φθορές είναι μεγάλος. Στην υδραυλική μετάδοση κίνησης, ένας νηζελοκινητήρας κινεί μια υδραυλική αντλία που τροφοδοτεί με λάδι υπό πίεση του υδραυλικούς κινητήρες και τα υδραυλικά έμβολα που κινούν τα διάφορα τμήματα του γερανού. Η πίεση του λαδιού σε γραναζωτές αντλίες φτάνει τα 250 bar ενώ στις εμβολοφόρες τα 400 bar. Η μετάδοση κίνησης με αυτό τον τρόπο είναι ακριβότερη και έχει μικρότερο βαθμό απόδοσης, αλλά απαιτεί απλούστερους χειρισμούς και επιτυγχάνει καλύτερο έλεγχο των ταχυτήτων εργασίας. Πολλά ανυψωτικά μηχανήματα και γερανοί χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό των δυο αυτών τρόπων μετάδοσης, επιλέγοντας τον προτιμότερο

σε κάθε κινούμενο τμήμα τους. Η ηλεκτρική μετάδοση κατά την οποία ο νητζελοκινητήρας κινεί μια ηλεκτρογεννήτρια που με τη σειρά της τροφοδοτεί με ρεύμα διάφορους ηλεκτροκινητήρες, χρησιμοποιείται σε κατασκευές πολύ μεγάλης κλίμακας και ισχύος λόγω πολύ υψηλού κόστους. Σε αυτήν την περίπτωση, οι χειρισμοί είναι απλοί και εύκολοι όπως και η ρύθμιση των ταχυτήτων εργασίας. Για την κίνηση των οχημάτων αυτών εκτός δρόμου, σε ανομοιόμορφα και σαθρά εδάφη, γίνεται χρήση ειδικών ελαστικών και τετρακίνησης ή ο γερανός εξοπλίζεται με ερπύστριες. Σε ακραίες συνθήκες όπου το όχημα πρέπει να προσεγγίσει πολύ δύσβατα σημεία όπως πλαγιές λόφων και δασικές εκτάσεις την κίνηση του οχήματος αναλαμβάνουν υδραυλικά κινούμενοι, αρθρωτοί βραχίονες. Σε πολλές περιπτώσεις γίνεται χρήση υδραυλικών τηλεσκοπικών ή αναδιπλούμενων ποδαρικών, τα οποία έρχονται σε επαφή με το έδαφος και σταθεροποιούν τον γερανό, μειώνοντας τις πιθανότητες ανατροπής του από ισχυρούς άνεμους ή υπερφόρτωση. Τέλος, για την διεκπεραίωση εργασιών που βρίσκονται σε σημεία κάτω από την επιφάνεια θαλασσών ή ποταμών, οι γερανοί ενσωματώνονται σε πλωτά μέσα όπως εξέδρες και πλοία (Στεργίου & Στεργίου, 2006).



Εικόνα 14: Πλατφόρμα φόρτωσης τοποθετημένη σε φορτηγό (koskeridis.com, 2019)



Εικόνα 15: Γερανός φόρτωσης τοποθετημένος σε φορτηγό (watm.com.au, 2019)



Εικόνα 16: Μεγάλος αυτοκινούμενος γερανός (liebherr.com, 2019)



Εικόνα 17: Αυτοκινούμενος ερπυστριοφόρος γερανός (liebherr.com, 2019)



Εικόνα 18: Γερανός πλοίου (liebherr.com, 2019)

2. Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί Ασφαλείας Γερανών

2.1. Ατυχήματα και αιτίες ατυχημάτων

Τα συνηθέστερα ατυχήματα ανυψωτικών μηχανημάτων που αναφέρονται αφορούν:

- Τις ανατροπές των ανυψωτικών από κακή τοποθέτηση φορτίων ή υπερβολική ταχύτητα.
- Τον τραυματισμό ή/και θάνατο εργαζομένων σε χώρους κυκλοφορίας ανυψωτικών μέσω ή κάτω από ανυψωμένα φορτία.
- Τον τραυματισμό ή/και θάνατο εργαζομένων ως αποτέλεσμα χρήσης ανυψωτικού μέσου για ανύψωση ανθρώπων.
- Τις ηλεκτροπληξίες από επαφή ανυψωτικών μέσων ή εξαρτημάτων τους με ηλεκτροφόρα δίκτυα.

Συνηθέστερα αίτια των παραπάνω ατυχημάτων με ανυψωτικά μηχανήματα είναι:

- αδιαφορία και έλλειψη ενημέρωσης
- εσφαλμένος χειρισμός ανυψωτικών μέσων από χειριστές
- απασχόληση στα ανυψωτικά μέσα μη αδειούχων ή άπειρων χειριστών
- κίνηση προσωπικού σε χώρους διέλευσης οχημάτων ή το αντίστροφο
- εσφαλμένη φόρτωση
- ελλιπής συντήρηση ή/και έλεγχος ανυψωτικών μέσων

2.2 Αρμόδια Αρχή για την εφαρμογή της νομοθεσίας και τον έλεγχο της συμμόρφωσης των ανυψωτικών μηχανημάτων

Η 3η Διεύθυνση Κλαδικής Βιομηχανικής Πολιτικής (3η ΔΚΒΠ) της Γενικής Γραμματείας Βιομηχανίας (ΓΓΒ) του Υπουργείου Οικονομίας και Ανάπτυξης, είναι η μεταξύ των άλλων, αρμόδια αρχή της χώρας για :

- την παρακολούθηση της εφαρμογής της σχετικής εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας αναφορικά με τα ανυψωτικά μηχανήματα και την εποπτεία της αγοράς.
- τον έλεγχο της συμμόρφωσης των συγκεκριμένων προϊόντων που κυκλοφορούν στην αγορά και χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις.

Η ελεύθερη κυκλοφορία στην αγορά και η χρήση ανυψωτικών μηχανημάτων διέπεται από δύο νομοθετήματα, τα οποία καλύπτουν :

- Τις απαιτήσεις ασφάλειας για την κατασκευή και την επισήμανσή τους με τη σήμανση CE, σύμφωνα με την Οδηγία 2006/42/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τα μηχανήματα και την τροποποίηση της οδηγίας 95/16/EK, όπως αυτή εναρμονίστηκε στο ελληνικό δίκαιο (ΠΔ 57/2010, ΦΕΚ 97/Α'/25.06.2010).
- Τον αρχικό έλεγχο και τον περιοδικό επανέλεγχο τους, όπως ορίζεται στον «Κανονισμό Ελέγχων Ανυψωτικών Μηχανημάτων» (ΚΥΑ υπ.αρ. Οικ 15085/593/25.8.2003, ΦΕΚ 1186/Β/2003).

Η **Ευρωπαϊκή Επιτροπή**, προκειμένου να καλύψει θέματα ασφάλειας και υγείας των πολιτών της Ευρώπης θεσπίζει νομοθεσία, τις γνωστές **Ευρωπαϊκές Οδηγίες**. Οι οδηγίες αυτές μεταφέρονται εντός καθορισμένου χρονικού διαστήματος στο εθνικό δίκαιο των κρατών-μελών της ΕΕ. Η εφαρμογή των οδηγιών στα κράτη-μέλη, προϋποθέτει την ύπαρξη πρότυπων. Για το σκοπό αυτό εντέλλονται η **Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης CEN** και η **Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης CENELEC** να εκδώσουν εναρμονισμένα ευρωπαϊκά πρότυπα, που υποστηρίζουν τις ουσιώδεις απαιτήσεις των Οδηγιών. Οι

φορείς μέλη της CEN και της CENELEC, μεταξύ των οποίων και ο **ΕΛΟΤ** για την Ελλάδα, είναι υποχρεωμένοι να υιοθετήσουν τα εναρμονισμένα πρότυπα ως εθνικά. Η χρήση των εναρμονισμένων προτύπων είναι προαιρετική, πλην όμως αποτελεί μονόδρομο, αφού σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να αναπτυχθεί τεχνολογία και δοκιμές που να καλύπτουν τις ουσιαστικές απαιτήσεις των Οδηγιών κατά ισοδύναμο με τα πρότυπα τρόπο (1025/2012, 2012).

2.3. Ευρωπαϊκή Οδηγία μηχανών 2006/42/EK

Η οδηγία 2006/42/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 17ης Μαΐου 2006, σχετικά με τα μηχανήματα είναι τροποποίηση της οδηγίας 95/16/EK. Η εφαρμογή της οδηγίας αφορά τον ασφαλή σχεδιασμό και κατασκευή των μηχανημάτων, καθώς και την ορθή εγκατάσταση και συντήρησή τους. Η εφαρμογή της οδηγίας έχει σκοπό την μείωση του μεγάλου αριθμού ατυχημάτων που προκαλούνται άμεσα από την χρήση των μηχανημάτων. Στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας ανήκουν και τα ανυψωτικά μηχανήματα, συνεπώς και οι γερανοί (2006/42/EK, 2006).

2.4. Διάθεση στην αγορά και έναρξη χρήσης

Πριν από τη διάθεση του μηχανήματος στην αγορά ή/και την έναρξη χρήσης του, ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του:

- α) εξασφαλίζει ότι το μηχανήμα πληροί τις σχετικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας που παρατίθενται στο παράρτημα Ι.
- β) εξασφαλίζει ότι ο τεχνικός φάκελος που μνημονεύεται στο τμήμα Α του παραρτήματος VII είναι διαθέσιμος.
- γ) παρέχει, ιδίως, τις αναγκαίες πληροφορίες, όπως οι οδηγίες χρήσης.

δ) εφαρμόζει τις δέουσες διαδικασίες εκτίμησης της συμμόρφωσης σύμφωνα με το άρθρο 12.

ε) συντάσσει τη δήλωση συμμόρφωσης ΕΚ σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙ μέρος 1 τμήμα Α και διασφαλίζει ότι η δήλωση αυτή συνοδεύει το μηχάνημα.

στ) επιθέτει τη σήμανση «CE» σύμφωνα με το άρθρο 16.

Για τους σκοπούς της διαδικασίας του άρθρου 12, ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του διαθέτει τα απαραίτητα μέσα ή έχει πρόσβαση σε αυτά, προκειμένου να είναι σε θέση να διασφαλίζει τη συμμόρφωση του μηχανήματος προς τις βασικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας του παραρτήματος Ι. (2016/C272/01, 2016; 2006/42/EC, 2010; Standards, 2019)

2.5. Διαδικασίες για την εκτίμηση της συμμόρφωσης γερανού

Για να πιστοποιήσει τη συμμόρφωση του γερανού προς τις διατάξεις της οδηγίας 2006/42/ΕΚ, ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του εφαρμόζει μία από τις παρακάτω διαδικασίες αξιολόγησης της συμμόρφωσης.

Όταν οι γερανοί έχουν κατασκευασθεί σύμφωνα με τα εναρμονισμένα πρότυπα και εφόσον τα πρότυπα αυτά καλύπτουν όλες τις σχετικές βασικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας, ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του εφαρμόζουν μία από τις ακόλουθες διαδικασίες:

α) Αξιολόγηση της συμμόρφωσης των γερανών με εσωτερικό έλεγχο της κατασκευής σύμφωνα με το παράρτημα VIII. Για κάθε αντιπροσωπευτικό τύπο της υπό εξέταση σειράς γερανών, ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του καταρτίζει τον τεχνικό φάκελο. Ο κατασκευαστής πρέπει να λαμβάνει όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε η διαδικασία κατασκευής να εξασφαλίζει τη συμμόρφωση των κατασκευαζόμενων γερανών προς τον τεχνικό φάκελο και προς τις απαιτήσεις της οδηγίας 2006/42/ΕΚ.

β) Εξέταση τύπου ΕΚ και εσωτερικός έλεγχος της κατασκευής γερανού κατά το παράρτημα VIII σημείο 3. Η εξέταση τύπου ΕΚ είναι η διαδικασία με την οποία κοινοποιημένος φορέας διαπιστώνει και πιστοποιεί ότι το αντιπροσωπευτικό μοντέλο γερανών («τύπος») πληροί τις διατάξεις της οδηγίας 2006/42/ΕΚ. Ο κατασκευαστής πρέπει να λαμβάνει όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε η διαδικασία κατασκευής να εξασφαλίζει τη συμμόρφωση των κατασκευαζόμενων γερανών προς τον τεχνικό φάκελο και προς τις απαιτήσεις της οδηγίας 2006/42/ΕΚ.

γ) Πλήρης διασφάλιση της ποιότητας, όπου γίνεται εκτίμηση της συμμόρφωσης γερανών που κατασκευάζονται σύμφωνα με σύστημα πλήρους διασφάλισης της ποιότητας ενώ κοινοποιημένος φορέας αξιολογεί και εγκρίνει το σύστημα ποιότητας και παρακολουθεί την εφαρμογή του. Ο κατασκευαστής εφαρμόζει εγκεκριμένο σύστημα ποιότητας για το σχεδιασμό, την κατασκευή, την τελική επιθεώρηση και τις δοκιμές, όπως καθορίζεται στο σημείο 2, και το οποίο υπόκειται στην εποπτεία που προβλέπεται στο σημείο 3. **Ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του, υποβάλλει σε κοινοποιημένο φορέα της επιλογής του αίτηση αξιολόγησης του συστήματός του ποιότητας.** Η αίτηση περιλαμβάνει το όνομα και τη διεύθυνση του κατασκευαστή και ενδεχομένως του εξουσιοδοτημένου αντιπροσώπου του, τους τόπους σχεδιασμού, κατασκευής, επιθεώρησης, δοκιμών και αποθήκευσης των γερανών, τον τεχνικό φάκελο, για έναν τύπο κάθε κατηγορίας γερανών που σκοπεύει να κατασκευάσει, την τεκμηρίωση που αφορά το σύστημα ποιότητας, γραπτή δήλωση ότι η ίδια αίτηση δεν έχει υποβληθεί σε άλλο κοινοποιημένο οργανισμό. Το σύστημα ποιότητας πρέπει να διασφαλίζει τη συμμόρφωση των γερανών προς τις διατάξεις οδηγίας των μηχανών. Όλα τα στοιχεία, απαιτήσεις και διατάξεις που εφαρμόζει ο κατασκευαστής πρέπει να περιλαμβάνονται σε τεκμηρίωση, η οποία τηρείται κατά συστηματικό και ορθολογικό τρόπο υπό τη μορφή μέτρων, διαδικασιών και γραπτών οδηγιών. Η τεκμηρίωση αυτή σχετικά με το σύστημα ποιότητας επιτρέπει την ομοιόμορφη ερμηνεία των μέτρων που αφορούν τις διαδικασίες και την ποιότητα, όπως προγράμματα, σχέδια, εγχειρίδια και φάκελοι ποιότητας (2006/42/EC, 2010).

Ειδικότερα, πρέπει να περιλαμβάνει επαρκή περιγραφή:

- των στόχων ποιότητας, του οργανογράμματος καθώς και των ευθυνών και αρμοδιοτήτων των στελεχών στον τομέα ποιότητας του σχεδιασμού και ποιότητας των μηχανημάτων.
- των τεχνικών προδιαγραφών σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων που θα εφαρμοσθούν και, εφόσον τα πρότυπα δεν εφαρμόζονται πλήρως, των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να τηρηθούν οι βασικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας της παρούσας οδηγίας.
- των τεχνικών ελέγχου και επαλήθευσης του σχεδιασμού, των μεθόδων κατασκευής και των συστηματικών δράσεων που θα χρησιμοποιηθούν κατά το σχεδιασμό των γερανών τα οποία εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας των μηχανών.
- των αντίστοιχων τεχνικών κατασκευής, ελέγχου της ποιότητας και διασφάλισης της ποιότητας καθώς και των μεθόδων κατασκευής και συστηματικών δράσεων που θα χρησιμοποιηθούν.
- των ελέγχων και των δοκιμών που θα πραγματοποιηθούν πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την κατασκευή, με ένδειξη της συχνότητας με την οποία θα εκτελούνται.
- των φακέλων ποιότητας, όπως οι εκθέσεις επιθεώρησης και τα δεδομένα δοκιμών, τα δεδομένα βαθμονόμησης και οι εκθέσεις για τα προσόντα του αρμόδιου προσωπικού.
- των μέσων που επιτρέπουν την παρακολούθηση της υλοποίησης του σχεδιασμού και της ποιότητας των γερανών καθώς και την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος ποιότητας.

Ο **κοινοποιημένος φορέας** αξιολογεί το **σύστημα ποιότητας**, προκειμένου να καθορίσει κατά πόσον αυτό ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που προβλέπονται στο σημείο 2.2. Η ομάδα των ελεγκτών περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα μέλος με εμπειρία στην αξιολόγηση της τεχνολογίας των μηχανών. Η διαδικασία αξιολόγησης περιλαμβάνει **επιθεώρηση στις εγκαταστάσεις του κατασκευαστή**. Κατά την αξιολόγηση η ομάδα των ελεγκτών προβαίνει σε επανεξέταση των τεχνικών φακέλων που μνημονεύονται στο σημείο 2.1 δεύτερο εδάφιο τρίτη περίπτωση για να εξασφαλισθεί ότι συμφωνούν προς τις σχετικές απαιτήσεις

υγείας και ασφάλειας. **Η απόφαση κοινοποιείται στον κατασκευαστή ή στον εξουσιοδοτημένο αντιπρόσωπό του.** Η κοινοποίηση περιλαμβάνει τα συμπεράσματα του ελέγχου και την αιτιολογημένη απόφαση αξιολόγησης. Πρέπει να προβλέπεται διαδικασία προσφυγής. **Ο κατασκευαστής δεσμεύεται να πληροί τις υποχρεώσεις που απορρέουν από το σύστημα ποιότητας,** όπως αυτό έχει εγκριθεί, και να φροντίζει ώστε το εν λόγω σύστημα να παραμένει επαρκές και αποτελεσματικό. Ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του ενημερώνει τον κοινοποιημένο φορέα, ο οποίος ενέκρινε το σύστημα ποιότητας, σχετικά με οποιαδήποτε σχεδιαζόμενη τροποποίηση του τελευταίου. Ο κοινοποιημένος φορέας αξιολογεί τις προτεινόμενες τροποποιήσεις, αποφασίζει κατά πόσον το τροποποιημένο σύστημα διασφάλισης της ποιότητας εξακολουθεί να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που προβλέπονται στο σημείο 2.2 ή κατά πόσον απαιτείται νέα αξιολόγηση και κοινοποιεί την απόφασή του στον κατασκευαστή. Η κοινοποίηση περιλαμβάνει τα συμπεράσματα του ελέγχου και την αιτιολογημένη απόφαση αξιολόγησης. **Σκοπός της εποπτείας είναι να διασφαλισθεί ότι ο κατασκευαστής εκπληροί ορθά τις υποχρεώσεις που απορρέουν από το εγκεκριμένο σύστημα ποιότητας.** Ο κατασκευαστής εξουσιοδοτεί τον κοινοποιημένο φορέα προκειμένου ο τελευταίος να έχει πρόσβαση, για σκοπούς επιθεώρησης, στους χώρους σχεδιασμού, κατασκευής, επιθεώρησης, δοκιμής και αποθήκευσης, και του παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, και συγκεκριμένα:

- την τεκμηρίωση σχετικά με το σύστημα ποιότητας
- τους φακέλους ποιότητας οι οποίοι προβλέπονται στο τμήμα του συστήματος ποιότητας που αφορά το σχεδιασμό, όπως αποτελέσματα αναλύσεων, υπολογισμών, δοκιμών κ.λπ.
- τους φακέλους ποιότητας που προβλέπονται στο τμήμα του συστήματος ποιότητας, το οποίο αφορά την κατασκευή, όπως οι εκθέσεις επιθεώρησης και τα δεδομένα δοκιμών, τα δεδομένα βαθμονόμησης, οι εκθέσεις σχετικά με τα προσόντα του αρμοδίου προσωπικού, κ.λπ.

Ο κοινοποιημένος φορέας πραγματοποιεί περιοδικούς ελέγχους, προκειμένου να βεβαιώνεται ότι ο κατασκευαστής διατηρεί και εφαρμόζει το σύστημα ποιότητας και υποβάλλει έκθεση ελέγχου στον κατασκευαστή. Η συχνότητα των περιοδικών ελέγχων είναι τέτοια

ώστε να διεξάγεται πλήρης αξιολόγηση κάθε τρία χρόνια. Ο κοινοποιημένος φορέας μπορεί να πραγματοποιεί αιφνιδιαστικές επισκέψεις στο χώρο του κατασκευαστή. Η αναγκαιότητα των εκτάκτων αυτών επισκέψεων και η συχνότητά τους καθορίζονται βάσει ενός συστήματος ελέγχου κατόπιν επισκέψεων, το οποίο διαχειρίζεται ο κοινοποιημένος φορέας. Στο σύστημα ελέγχου κατόπιν επισκέψεων λαμβάνονται κυρίως υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- τα αποτελέσματα προηγούμενων επισκέψεων εποπτείας
- η αναγκαιότητα διασφάλισης της παρακολούθησης τυχόν διορθωτικών μέτρων
- ενδεχομένως, οι ειδικές συνθήκες που συνδέονται με την έγκριση του συστήματος
- σημαντικές τροποποιήσεις στην οργάνωση της κατασκευής, στα μέτρα ή στις τεχνικές

Επ' ευκαιρία των σχετικών επισκέψεων, ο κοινοποιημένος φορέας μπορεί, εφόσον είναι απαραίτητο, να πραγματοποιεί ή να αναθέτει την πραγματοποίηση δοκιμών που αποσκοπούν στην επαλήθευση της ορθής λειτουργίας του συστήματος ποιότητας. Υποβάλλει στον κατασκευαστή έκθεση επίσκεψης και, εφόσον πραγματοποιήθηκε δοκιμή, έκθεση δοκιμής.

Ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος εκπρόσωπός του φυλάσσει στη διάθεση των εθνικών αρχών επί δέκα έτη, υπολογιζόμενα από την τελευταία ημερομηνία κατασκευής:

- την τεκμηρίωση που προβλέπεται στο σημείο 2.1
- τις αποφάσεις και τις εκθέσεις του κοινοποιημένου φορέα που αναφέρονται στο σημείο 2.4 τρίτο και τέταρτο εδάφιο, καθώς και στα σημεία 3.3 και 3.4 ((ΦΕΚ), 2003; Αnon., 2011; Αnon., 2011)

Όταν οι γερανοί δεν έχουν κατασκευασθεί σύμφωνα με τα εναρμονισμένα πρότυπα ή έχουν κατασκευασθεί μόνον εν μέρει σύμφωνα με τα πρότυπα αυτά, ή εάν τα εναρμονισμένα πρότυπα δεν καλύπτουν όλες τις σχετικές βασικές απαιτήσεις υγείας και

ασφάλειας, ή εάν δεν υπάρχουν εναρμονισμένα πρότυπα για τα συγκεκριμένα μηχανήματα, ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος του εφαρμόζει μία από τις ακόλουθες διαδικασίες:

α) τη διαδικασία εξέτασης τύπου ΕΚ και τον εσωτερικό έλεγχο της κατασκευής του γερανού.

β) τη διαδικασία πλήρους διασφάλισης της ποιότητας όπως αναφέρεται πιο πάνω.

2.6. Τεχνικός φάκελος γερανού

Ο τεχνικός φάκελος πρέπει να καταδεικνύει ότι το μηχάνημα πληροί τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας. Πρέπει να καλύπτει το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία του μηχανήματος, στο βαθμό που αυτό είναι απαραίτητο για την ανωτέρω αξιολόγηση. Ο εν λόγω τεχνικός φάκελος πρέπει να συντάσσεται σε μια ή περισσότερες επίσημες γλώσσες της Κοινότητας. Ο τεχνικός φάκελος περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

α) Φάκελο κατασκευής, ο οποίος αποτελείται από τη γενική περιγραφή του μηχανήματος, το γενικό σχέδιο του μηχανήματος και των σχεδίων των κυκλωμάτων ελέγχου, καθώς και τις σχετικές περιγραφές και εξηγήσεις που απαιτούνται για την κατανόηση της λειτουργίας του μηχανήματος, τα λεπτομερή και πλήρη σχέδια, συνοδευόμενα από τυχόν σημειώσεις υπολογισμών, αποτελέσματα δοκιμών και πιστοποιητικά που απαιτούνται για την επαλήθευση της συμμόρφωσης του μηχανήματος προς τις βασικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας, την τεκμηρίωση για την αξιολόγηση του κινδύνου, όπου θα περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε, και η οποία περιλαμβάνει:

- κατάλογο των βασικών απαιτήσεων υγείας και ασφάλειας που εφαρμόζονται στον γερανό.

- την περιγραφή των μέτρων προστασίας που έχουν ληφθεί για την εξάλειψη ή τη μείωση εντοπισμένων κινδύνων και ενδεχομένως, την αναφορά σε εναπομένοντες κινδύνους που συνδέονται με τον γερανό.
- τα πρότυπα και τις άλλες τεχνικές προδιαγραφές που χρησιμοποιήθηκαν, με αναφορά στις βασικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας που καλύπτουν αυτά τα πρότυπα.
- όλες τις τεχνικές εκθέσεις που παρέχουν τα αποτελέσματα δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν κατ' επιλογήν του κατασκευαστή, είτε από τον ίδιο, είτε από οργανισμό τον οποίο επέλεξε ο κατασκευαστής ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπός του.
- αντίτυπο των οδηγιών χρήσης του γερανού
- αντίγραφα της δήλωσης συμμόρφωσης ΕΚ για μηχανήματα ή άλλα προϊόντα που ενσωματώνονται στον γερανό
- αντίγραφο της δήλωσης συμμόρφωσης ΕΚ

β) Τα εσωτερικά μέτρα που εφαρμόζονται για να διασφαλίζουν τη διατήρηση της συμμόρφωσης των γερανών προς τις διατάξεις της οδηγίας των μηχανών, στην περίπτωση παραγωγής εν σειρά.

Ο κατασκευαστής πρέπει να πραγματοποιήσει τις απαραίτητες έρευνες και δοκιμασίες στα τμήματα και στα εξαρτήματα ή στο πλήρες μηχάνημα προκειμένου να προσδιορίσει αν αυτό, ως εκ του σχεδιασμού ή της κατασκευής του, μπορεί να συναρμολογηθεί και να τεθεί σε λειτουργία με ασφάλεια. Οι σχετικές εκθέσεις και τα αποτελέσματα περιλαμβάνονται στον τεχνικό φάκελο. Ο τεχνικός φάκελος πρέπει να βρίσκεται στη διάθεση των αρμόδιων αρχών των κρατών μελών για δέκα τουλάχιστον έτη από την ημερομηνία κατασκευής του γερανού ή, στην περίπτωση παραγωγής γερανών εν σειρά, από την ημερομηνία παραγωγής της τελευταίας μονάδας. Ο τεχνικός φάκελος δεν πρέπει υποχρεωτικά να ευρίσκεται επί του εδάφους της Κοινότητας. επιπλέον, μπορεί να μην υφίσταται μονίμως υπό μορφή εγγράφων. Πρέπει, ωστόσο, να είναι δυνατόν να συγκεντρωθεί και να καταστεί διαθέσιμος, εντός χρονικού διαστήματος ανάλογου προς την πολυπλοκότητά

του, από το πρόσωπο που καθορίζεται στη δήλωση συμμόρφωσης «ΕΚ». Ο τεχνικός φάκελος δεν πρέπει υποχρεωτικά να περιλαμβάνει λεπτομερή σχέδια ή άλλες ειδικές πληροφορίες σχετικά με τα υποσυγκροτήματα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των μηχανημάτων, εκτός εάν η γνώση τους είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της συμμόρφωσης προς τις βασικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας. **Η μη υποβολή του τεχνικού φακέλου μετά από δέοντως αιτιολογημένη συναφή αίτηση των αρμοδίων εθνικών αρχών, μπορεί να αποτελέσει επαρκή λόγο αμφισβήτησης του τεκμηρίου συμμόρφωσης των εν λόγω γερανών προς τις βασικές απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας** (Anon., 2011; Anon., 2011; (ΦΕΚ), 2003)

2.7. Κανονισμός Ανυψωτικών Μηχανημάτων ΚΥΑ υπ.αρ. Οικ. 15085/593 (ΦΕΚ 1186/Β/2003)

Σε κάθε κράτος υπάρχει σχετική νομοθεσία για τα ανυψωτικά μηχανήματα. Στην Ελλάδα υπάρχει ο **Κανονισμός Ανυψωτικών Μηχανημάτων (ΦΕΚ 1186/Β/2003)**. Σε αυτόν τον κανονισμό εμπίπτουν όλα τα μηχανήματα τα οποία σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση ανυψωτικών εργασιών και τα οποία αναφέρονται στο άρθρο 2. Στις διατάξεις αυτού του κανονισμού δεν εμπίπτουν τα ανυψωτικά μέσα τα οποία ανήκουν στον εξοπλισμό των πλοίων και οι ανελκυστήρες ((ΦΕΚ), 2003).

2.8. Βαθμός επικινδυνότητας

Η χρήση ανυψωτικών μηχανημάτων για τη μετατόπιση ή μεταφορά φορτίων, ενέχει ένα βαθμό επικινδυνότητας σχετικά με την ασφάλεια των ατόμων, των υλικών και των αγαθών ή και των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στον χώρο. Ο βαθμός επικινδυνότητας εξαρτάται από πολλές και διαφορετικές παραμέτρους, κυριότερες από τις οποίες είναι :

- η κατάσταση του ανυψωτικού μηχανήματος και του εξοπλισμού ανύψωσης

- ο τρόπος ανάρτησης
- ο όγκος και το βάρος του φορτίου
- ο περιβάλλον χώρος
- η εκπαίδευση και η κατάσταση του χειριστή του ανυψωτικού μηχανήματος

2.9. Κατάταξη των ανυψωτικών μηχανημάτων με βάση την επικινδυνότητά τους

Σύμφωνα με το άρθρο 2 του Κανονισμού, τα ανυψωτικά μηχανήματα ανάλογα με την επικινδυνότητά τους, κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, την υψηλή, τη μέση και τη χαμηλή.

2.9.A. Υψηλής επικινδυνότητας ανυψωτικά μηχανήματα

Η κατηγορία της υψηλής επικινδυνότητας περιλαμβάνει δύο υποκατηγορίες ανυψωτικών μηχανημάτων, την υποκατηγορία (Υ1) και την υποκατηγορία (Υ2).

Στην υποκατηγορία (Υ1) υπάγονται:

- οι γερανοί που λειτουργούν κοντά στη θάλασσα, όπως γερανοί ναυπηγοεπισκευαστικής ζώνης και γερανοί εξυπηρέτησης λιμένων
- οι γερανοί που λειτουργούν σε χαλυβουργία, χυτήρια ή άλλες εγκαταστάσεις όπου διακινούνται επικίνδυνα υλικά όπως εύφλεκτα, εκρηκτικά, τοξικά, διαβρωτικά ανυψωτικής ικανότητας ίσης ή άνω των δύο τόνων
- γερανογέφυρες ανυψωτικής ικανότητας ίσης ή άνω των πέντε (5) τόνων
- οικοδομικοί γερανοί πύργου

- ανυψωτικές γέφυρες οχημάτων άνω των 4m
- γερανοί επιτοίχιοι ή επί ιστού ανυψωτικής ικανότητας ίσης ή άνω των δύο (2) τόνων

Στην υποκατηγορία (Υ2) υπάγονται:

- τα ανυψωτικά μηχανήματα για τα οποία υπάρχει κίνδυνος πτώσης του χειριστή ή άλλου εργαζόμενου σε αυτό από κατακόρυφο ύψος άνω των τριών μέτρων
- μηχανήματα έργων που είναι γερανοί, καλαθοφόρα, γερανοί-εκσκαφείς και γερανογέφυρες
- γερανοί που λειτουργούν σε χαλυβουργία, χυτήρια ή άλλες εγκαταστάσεις όπου επεξεργάζονται επικίνδυνα υλικά, ανυψωτικής ικανότητας κάτω των δύο (2) τόνων
- γερανογέφυρες ανυψωτικής ικανότητας έως πέντε (5) τόνων
- γερανοί επιτοίχιοι ή επί ιστού ανυψωτικής ικανότητας κάτω των δύο (2) τόνων

2.9.B. Μέσης επικινδυνότητας ανυψωτικά μηχανήματα

Στη κατηγορία μέσης επικινδυνότητας κατατάσσονται:

- οι μικροί γερανοί οικοδομών μέχρι 250 kg (παπαγαλάκια)
- τα μηχανήματα έργων που είναι αναβατόρια, όπως π.χ. ανύψωσης οικοσκευών, τροφοδοσίας αεροσκαφών, ασθενών επιβατών αεροσκαφών, εξέδρες εργασίας κ.ά., αντλίες σκυροδέματος ή περνοφόρα οχήματα
- ανυψωτικές γέφυρες οχημάτων μέχρι 4 μέτρα

2.9.Γ. Χαμηλής επικινδυνότητας ανυψωτικά μηχανήματα

Στην κατηγορία χαμηλής επικινδυνότητας κατατάσσονται:

- οι γερανοί μετακίνησης οχημάτων
- οι χειροκίνητες μηχανές ανύψωσης φορτίου άνω των 100 kg
- τα αναβατόρια, μη αυτοκινούμενα και υδραυλικοί μηχανισμοί με ψαλιδωτές εξέδρες ανυψωτικής ικανότητας άνω των 200 kg

2.10. Αρχικοί και Περιοδικοί Έλεγχοι ανυψωτικών μηχανημάτων

Τα ανυψωτικά μηχανήματα υπόκεινται υποχρεωτικά:

- Σε αρχικό έλεγχο τύπου ΑΑ, το περιεχόμενο του οποίου αναφέρεται στον Πίνακα 2. Σκοπός του αρχικού ελέγχου είναι να εξασφαλίσει την ορθή εγκατάσταση και καλή λειτουργία της ανυψωτικής συσκευής και δεν είναι ο έλεγχος συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις σχεδιασμού του ΠΔ 57/2010 περί ασφάλειας των μηχανών.
- Σε περιοδικό επανέλεγχο που διακρίνεται σε τύπος Α (πλήρης έλεγχος) και τύπος Β (μερικός έλεγχος). Οι έλεγχοι των ανυψωτικών μηχανημάτων μπορεί να διενεργούνται:

1) Από φορείς ελέγχου (ΦΕ), οι οποίοι έχουν εγκριθεί από το Υπουργείο Ανάπτυξης, σύμφωνα με την διαδικασία της Υ.Α. Φ.01.2/56790/ΔΠΠ 1828/2016 (ΦΕΚ 1897/Β/2005), είναι διαπιστευμένοι για τον σκοπό αυτό, σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC17020 και των οποίων οι ελεγκτές μηχανικοί ικανοποιούν τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στο Παράρτημα ΙΙ του παραπάνω Κανονισμού. Αυτοί θα πρέπει να είναι Διπλωματούχοι Μηχανικοί τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και να διαθέτουν πρακτική εμπειρία, οι μεν Διπλωματούχοι Μηχανικοί ΑΕΙ πέντε έτη και οι μεν Πτυχιούχοι Μηχανικοί ΤΕΙ δέκα έτη.

2) Από φυσικά πρόσωπα, τα οποία σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις έχουν αρμοδιότητα ελέγχου της αντίστοιχης ηλεκτρομηχανολογικής εγκατάστασης και πληρούν τις προϋποθέσεις του Παραρτήματος ΙΙ του παραπάνω Κανονισμού, όπως αναφέρονται στην περίπτωση 1.

Ο τρόπος και η συχνότητα διενέργειας των παραπάνω ελέγχων, για κάθε κατηγορία ανυψωτικών μηχανημάτων, είναι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2: Συχνότητα διενέργειας ελέγχων σε ανυψωτικά μηχανήματα ανά κατηγορία

Κατηγορία ανυψωτικού (επικινδυνότητα)	Χρόνος αρχικού ελέγχου, Τύπος ΑΑ	Φορέας αρχικού ελέγχου	Περίοδος και τύπος επανελέγχου	Φορέας Επανελέγχου
Υψηλή 1	Αμέσως μετά την εγκατάσταση, εφόσον δεν εφαρμόζεται η παράγραφος 3.1 του Κανονισμού	ΦΕ	Κάθε 12 μήνες, Τύπος Β Κάθε 48 μήνες, Τύπος Α	ΦΕ ΦΕ
Υψηλή 2	Το αργότερο δώδεκα (12) μηνών από την έναρξη λειτουργίας	ΦΕ	Κάθε 24 μήνες, Τύπος Β Κάθε 48 μήνες, Τύπος Α	ΦΕ ΦΕ
Μέση	Το αργότερο εντός δώδεκα (12) μηνών από την έναρξη λειτουργίας	ΦΕ	Κάθε 30 μήνες, Τύπος Β Κάθε 60 μήνες, Τύπος Α	ΦΕ ή Π ΦΕ
Χαμηλή	Το αργότερο εντός είκοσι-τεσσάρων(24) μηνών από την έναρξη λειτουργίας	ΦΕ ή Π	Κάθε 60 μήνες, Τύπος Α	ΦΕ ή Π

Μετά από κάθε συναρμολόγηση, μετατροπή ή σοβαρή επισκευή ανυψωτικού μηχανήματος θα πρέπει να διενεργείται έλεγχος Τύπου ΑΑ. Ο Φορέας Ελέγχου επιτρέπεται, κατά την κρίση του να συντομεύει τα χρονικά διαστήματα που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα, να εκδίδει πιστοποιητικά με παρατηρήσεις, με παράλληλη ενημέρωση της αρμόδιας αρχής. Οι διενεργούντες ελέγχους ανυψωτικών μηχανημάτων, οφείλουν να διατηρούν αρχεία με όλα τα σχετικά με τους ελέγχους στοιχεία, τα οποία θέτουν στη διάθεση της αρμόδιας ελεγκτικής αρχής όποτε ζητηθούν. Τα ανυψωτικά μηχανήματα φορτίου χρήσης

άνω των 1000 kg ή των οποίων η ροπή ανατροπής είναι τουλάχιστον ίση με 4000 Nm, πρέπει να είναι εξοπλισμένα με συστήματα προστασίας και ειδοποιήσεις του χειριστή, που να εμποδίζουν τις επικίνδυνες μετατοπίσεις του φορτίου, την υπερφόρτωση του ανυψωτικού και την υπέρβαση των ροπών που τείνουν να προκαλέσουν την ανατροπή του μηχανήματος. **Κατά τη διάρκεια των ελέγχων πρέπει να συντάσσεται αναλυτική έκθεση με τους διενεργούμενους ελέγχους ή/και δοκιμές και να εκδίδεται Πιστοποιητικό Επανελέγχου** (Α.Ε., 2018; egsii.org, 2019).

2.11. Διαδικασία δοκιμών με φορτία

Κατά τη διενέργεια ελέγχων Τύπου ΑΑ ή Α (Αρχικού ή Περιοδικού Ελέγχου) σε ανυψωτικό μηχάνημα, ο Επιθεωρητής εκτελεί και δοκιμές με φορτία. Πριν την εκτέλεση δοκιμών θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Η εκτέλεση δοκιμών γίνεται μετά από την ενδελεχή επιθεώρηση του ανυψωτικού μηχανήματος και αφού διασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία του.
- Μετά την εκτέλεση κάθε δοκιμής με φορτίο και πριν από την εκτέλεση της επόμενης δοκιμής, θα πρέπει να ακολουθεί οπτικός ή/και διαστασιολογικός έλεγχος του ανυψωτικού μηχανισμού, ώστε να διαπιστωθεί τυχόν βλάβη ή φθορές.
- Ονομαστικό Φορτίο εννοείται η μέγιστη ανυψωτική ικανότητα που ορίζεται από τον κατασκευαστή, υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας του ανυψωτικού μηχανήματος. Στις περιπτώσεις όπου το ανυψωτικό μηχάνημα για οποιαδήποτε λόγο οφείλει να λειτουργεί σε χαμηλότερο φορτίο, τότε ως ονομαστικό φορτίο νοείται το μειωμένο αυτό φορτίο.
- Τα ανυψωτικά επί σιδηροτροχιών πρέπει να δοκιμάζονται επί σιδηροτροχιών που έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

- Στην περίπτωση ανυψωτικών με ερπύστριες ή τροχούς η δοκιμή πρέπει να εκτελείται επί οριζοντίου εδάφους με μέγιστη κλίση 0,5%. Η πίεση των αεροθαλάμων των τροχών πρέπει να είναι αυτή που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή με μέγιστη απόκλιση $\cdot 3\%$.
- Κατά τη διάρκεια των δοκιμών η ταχύτητα του ανέμου θα πρέπει να είναι η προβλεπόμενη από τον κατασκευαστή και δεν πρέπει να ξεπερνά τα 30 km/h.
- Ο χειρισμός του ανυψωτικού κατά τη διάρκεια των δοκιμών πρέπει να γίνεται από αδειούχο χειριστή και να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας.
- Τα βάρη που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση των δοκιμών πρέπει είτε να προκύπτουν από ζύγισμα σε ελεγμένη γεφυροπλάστιγγα, είτε, όταν αυτό δεν είναι εφικτό, να τεκμηριώνεται με σαφή τρόπο η τιμή τους.

Οι δοκιμές ανύψωσης φορτίου περιλαμβάνουν:

- Στατική δοκιμή
- Δυναμική δοκιμή
- Δοκιμή ευστάθειας (αν είναι απαραίτητη)

Τα φορτία δοκιμών θα είναι σύμφωνα με τα πρότυπα κατασκευής και ελλείψει τούτων, όπως ορίζεται στα επόμενα. Η στατική και η δυναμική δύναμη υπερφόρτισης δεν θα απαιτούνται ως μέρος του αρχικού ελέγχου, εάν έχουν ήδη διεξαχθεί από τον κατασκευαστή της συσκευής με την ίδια διάταξη χρήσης, όπως απαιτείται από την απαίτηση ασφαλείας 4.2.4 του παραρτήματος I της οδηγίας 2006/42/ΕΚ. Μόνο αν αυτές οι στατικές και δυναμικές δοκιμές δεν πραγματοποιήθηκαν από τον κατασκευαστή ή εάν πραγματοποιήθηκαν με διαφορετική διάταξη των εξαρτημάτων της συσκευής απ' ότι κατά την εγκατάστασή της, θα απαιτούνται νέες στατικές και δυναμικές δοκιμές υπερφόρτισης (Iso.org, 2019; Standards, 2019).

2.11.A. Στατική δοκιμή

Η στατική δοκιμή γίνεται για να διαπιστωθεί η κατασκευαστική καταλληλότητα και η απουσία κατασκευαστικών ατελειών του ανυψωτικού και των επιμέρους κατασκευαστικών του στοιχείων, καθώς και η ευστάθεια του ανυψωτικού. Το φορτίο δοκιμής που ασκείται προοδευτικά πρέπει να ανυψώνεται από 100mm έως 200mm πάνω από το έδαφος και να παραμένει αναρτημένο για τουλάχιστον 10 min. Το φορτίο της στατικής δοκιμής καθορίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3: Συντελεστές φορτίου στατικής δοκιμής, ανά κατηγορία βάρους

Ονομαστικό φορτίο P	Στατική δοκιμή
$P \leq 20 \text{ tn}$	$(1.25 \cdot P)\text{tn}$
$20 \text{ tn} \leq P \leq 50 \text{ tn}$	$P + 5 \text{ tn}$
$P > 50 \text{ tn}$	$(1.1 \cdot P)\text{tn}$

2.11.B. Δυναμική δοκιμή

Η δυναμική δοκιμή γίνεται κυρίως για να διαπιστωθεί η καλή λειτουργία των μηχανισμών και των φρένων του ανυψωτικού. Οι δυναμικές δοκιμές πρέπει να γίνονται για κάθε κίνηση του ανυψωτικού, ανεξάρτητα η μία από την άλλη εκτός αν προκύπτει από το εγχειρίδιο λειτουργίας ότι κάποιοι συνδυασμοί κινήσεων επάγουν μεγαλύτερες φορτίσεις στους μηχανισμούς του ανυψωτικού μέσου. Οι δοκιμές πρέπει να περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενες εκκινήσεις και σταματήματα καθ' όλη τη διαδρομή της κίνησης. Κατά τη δοκιμή πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε οι αναπτυσσόμενες επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις και ταχύτητες να είναι κατά το δυνατόν πλησιέστερα στις μέγιστες αποδεκτές από τον κατασκευαστή για την κανονική λειτουργία του ανυψωτικού. Το φορτίο δοκιμής πρέπει να είναι $1.1 \times P$, όπου P το ονομαστικό φορτίο του ανυψωτικού, εκτός αν ειδικοί λόγοι επιβάλλουν μεγαλύτερη

τιμή. Για την επιλογή του φορτίου P θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο (A.E., 2018; Iso.org, 2019; Standards, 2019).

2.11.Γ. Δοκιμή ευστάθειας

Η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται στα αυτοκινούμενα ανυψωτικά προκειμένου να ελεγχθεί η ευστάθεια του ανυψωτικού. Κατά τη δοκιμή επιλέγονται από όλους τους συνδυασμούς λειτουργίας εκείνοι κατά τους οποίους ασκείται στο ανυψωτικό η μεγαλύτερη ροπή ανατροπής. Το φορτίο δοκιμής καθορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P_{\text{δοκ}} = 1.25 \cdot P + 0.1 \cdot F \quad (1)$$

όπου F το βάρος της κεραίας του ανυψωτικού (A.E., 2018; Iso.org, 2019; Standards, 2019).

3. Ασφάλεια κατά την αποθήκευση, την συσκευασία, τον χειρισμό και τη μεταφορά των υαλοπινάκων

Το παρακάτω κεφάλαιο αποτελεί απόσπασμα από το εγχειρίδιο «Τεχνική Κατάρτιση Τεχνιτών Υαλοπινάκων» της Δρ. Αγγελικής Καραλή, το οποίο απευθύνεται σε εργατοτεχνίτες και άλλους απασχολούμενους στο χώρο του υάλου.

Γενικές οδηγίες για τους τεχνίτες υαλοπινάκων

Σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες, *υπάρχουν κανονισμοί ασφαλείας που αναθεωρούνται και βελτιώνονται κατά διαστήματα* και αφορούν τη λήψη μέτρων *για την ασφαλή διαχείριση, μεταφορά και αποθήκευση υαλοπινάκων* στην αποθήκη, στο εργαστήριο και στο εργοτάξιο. Στους κανονισμούς αυτούς περιλαμβάνονται τα καθήκοντα και τις υποχρεώσεις των εργοδοτών και των απασχολούμενων, στον τομέα αυτό, τεχνιτών αναφορικά με τους σοβαρούς και άμεσους κινδύνους που σχετίζονται με το χειρισμό και τη μεταφορά των υαλοπινάκων, είτε αυτή γίνεται χειρωνακτικά είτε με μηχανικά μέσα. *Η μη τήρηση των κανονισμών ασφαλείας, τόσο κατά την επεξεργασία όσο και κατά τη μεταφορά και αποθήκευσή τους, μπορεί να οδηγήσει στην πρόκληση σοβαρών σωματικών βλαβών ή ακόμη και στο θάνατο τόσο των τεχνιτών όσο και των ανθρώπων που θα τύχει να βρεθούν σε μικρή απόσταση από το σημείο ενός ενδεχόμενου ατυχήματος.* Οι τεχνίτες και οι εργαζόμενοι που χειρίζονται υαλοπίνακες, είτε στην αποθήκη είτε στο εργοτάξιο, θα πρέπει να έχουν λάβει την κατάλληλη εκπαίδευση, τόσο για τη δική τους προστασία όσο και για την προστασία των άλλων εργαζομένων. Θα πρέπει να *γνωρίζουν και να χρησιμοποιούν τα προβλεπόμενα μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ), θα πρέπει να μάθουν να ξεχωρίζουν τα διάφορα είδη των υαλοπινάκων και τις ιδιαιτερότητες που εμπεριέχονται στο χειρισμό τους, θα πρέπει να γνωρίζουν πώς να πιάνουν, πώς να μεταφέρουν και πώς να εναποθέτουν έναν υαλοπίνακα με ασφάλεια* (simpasglass.gr/, 2019; Imegseevee.gr, 2019)

3.1. Αποθήκευση υαλοπινάκων

Η αποθήκευση του γυαλιού γίνεται πάντοτε σε «όρθια» θέση, σε κλειστούς αεριζόμενους χώρους χωρίς σκόνη και υγρασία. Αν κατά την παραλαβή διαπιστωθεί ότι υπάρχει υγρασία στην επιφάνεια τους, θα πρέπει όλα τα φύλλα να βγαίνουν από τη συσκευασία τους, να πλένονται, να στεγνώνονται και έπειτα να αποθηκεύονται. Συνίσταται η χρησιμοποίησή τους να λαμβάνει προτεραιότητα σε σχέση με άλλες παρτίδες. Το ίδιο ισχύει και για τους υαλοπίνακες που μπορεί να εκτεθούν σε υγρασία, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους. Απαγορεύεται η αποθήκευση γυαλιών σε απροστάτευτους εξωτερικούς χώρους ή κάτω από ανοιχτά υπόστεγα. Η αποθήκευση των υαλοπινάκων, χωρίς την τήρηση των ανωτέρω γενικών κανόνων, μεγιστοποιεί τον κίνδυνο αυτοί να υποστούν επιφανειακές αλλοιώσεις (οξειδωση, θάμπωμα, ιριδισμό κ.λπ.). Αποθηκευμένα γυαλιά που έρχονται απευθείας σε επαφή με τον ήλιο, κυρίως χρωματιστά και αρμέ, κινδυνεύουν να σπάσουν από θερμικό σοκ. Κατά την αποθήκευση θα πρέπει να ακολουθούνται συγκεκριμένοι κανόνες. Τα γυαλιά δεν θα πρέπει να έρχονται σε άμεση επαφή με πιο σκληρά υλικά (μπετόν, πέτρες, σιδηρούχα μέταλλα κ.λπ.) έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να χαραχθούν ή να σπάσουν. Αυτό επιτυγχάνεται με την επένδυση όλων των χρησιμοποιούμενων στηριγμάτων με ξύλο, τσόχα, λάστιχο ή πλαστικό υλικό. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να μην προεξέχουν αιχμηρά αντικείμενα όπως καρφιά ή βίδες, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στην επιφάνεια των υαλοπινάκων. Τα μεταλλικά στηρίγματα αποθήκευσης, οφείλουν να έχουν γωνία κλίσης 4° τουλάχιστον, ενώ η συνιστώμενη γωνία κλίσης των μεταλλικών στηριγμάτων μεταφοράς κυμαίνεται από 5° έως 6° . Γωνία μεγαλύτερη των 6° τείνει να επιβαρύνει τα πίσω φύλλα της στοίβας με πρόσθετο βάρος και δημιουργεί επιπλέον κίνδυνο θραύσης των υαλοπινάκων. Η επιφάνεια των γυαλιών των οποίων η αποθήκευση γίνεται σε «όρθια» θέση, πρέπει να εφάπτεται σε επίπεδα και ομαλά στηρίγματα. Τα στηρίγματα αυτά θα πρέπει να έχουν έκταση περίπου ίση με ολόκληρο το πλάτος και το ύψος των γυαλιών. Υαλοπίνακες οι οποίοι αποθηκεύονται «όρθιοι», με κλίση 3° έως 4° ασκούν στο δάπεδο κάθετη δύναμη ίση με το 99,8% του συνολικού βάρους τους. Το πάτωμα πρέπει να έχει την αναγκαία αντοχή αλλά και επιφανειακή σκληρότητα, ενώ ο διαμοιρασμός του βάρους οφείλει να γί-

νεται σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια. Δεν συνιστάται η στοίβαξη πολλών υαλοπινάκων σε τοίχους. Ο τύπος των μέσων αποθήκευσης που χρησιμοποιούνται εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος και την ποσότητα των προς αποθήκευση γυαλιών, καθώς και από τον τρόπο με τον οποίο αυτά διακινούνται (μηχανικό ή χειρωνακτικό). Σε κάθε περίπτωση, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του εξοπλισμού αλλά και η εργασία θα πρέπει να ανταποκρίνονται στις απαιτούμενες προδιαγραφές. Πέραν τούτου, όλα τα χρησιμοποιούμενα μέσα και συστήματα για την αποθήκευση, θα πρέπει να περνούν από επιθεώρηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ τυχόν φθορές και ελαττώματα να αποκαθίστανται χωρίς καθυστέρηση (simpasglass.gr/, 2019; Imegsevee.gr, 2019).

3.1.A. Αποθήκευση σε σταθερές κάθετες θυρίδες

Κατά την αποθήκευση και διακίνηση υαλοπινάκων σε σταθερές κάθετες θυρίδες, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένες βασικές αρχές. Τα γυαλιά θα πρέπει να διατηρούνται σε όσο αυτό είναι δυνατόν πιο όρθια θέση. Τυχόν υπερβολική κλίση θα μπορούσε να επιφέρει ζημιές επί των υαλοπινάκων αλλά και τραυματισμούς κατά τη διαδικασία της αποδέσμευσης του υαλοπίνακα από την υπόλοιπη ντάνα. Δεν συνιστάται το «μπατάρισμα» μεγάλου αριθμού υαλοπινάκων μαζί, καθώς η ξαφνική μετατόπιση του βάρους μπορεί να ασκήσει μεγάλες πιέσεις στα κάθετα πλαϊνά χωρίσματα. Οι υαλοπίνακες πρέπει να μην κλίνουν προς μια κατεύθυνση μέσα στις θυρίδες. Εμπρός από τις θυρίδες, πρέπει να υπάρχει επαρκής ελεύθερος χώρος, έτσι ώστε ο εργαζόμενος να έχει την δυνατότητα αφού τραβήξει τελείως έξω το γυαλί, να το περιστρέψει κατά 90°.

3.1.B. Αποθήκευση σε ανεξάρτητα μεταλλικά στηρίγματα

Τα ελεύθερα μεταλλικά στηρίγματα τύπου Α ή κάθετα, χρησιμοποιούνται κατά ζεύγη για την αποθήκευση υαλοπινάκων, με την τοποθέτησή τους σε ευθεία και με την ύπαρξη επαρκή

κούς απόστασης ανάμεσα τους. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να δίνεται στην επιλογή του εδάφους που θα γίνει η αποθήκευση, το οποίο οφείλει να είναι ομαλό, επίπεδο και στέρεο, ενώ θα πρέπει να δημιουργείται ελεύθερος χώρος ενός μέτρου εμπρός από τα γυαλιά για την ασφάλεια κατά την μετακίνηση του εργαζομένου.

3.1.Γ. Αποθήκευση σε συνδεδεμένα μεταλλικά στηρίγματα τύπου A

Αποτελούνται από σετ τριών ή τεσσάρων συνδεδεμένων μεταξύ τους μεταλλικών στηριγμάτων τύπου A που χρησιμοποιούνται κατά την αποθήκευση μεγάλου μεγέθους (jumbo) υαλοπινάκων εκατέρωθεν. Απέχουν κατά προσέγγιση 90cm μεταξύ τους και συνδέονται με την βοήθεια μεταλλικών οριζόντιων συνδέσμων. Ισχύουν και εδώ οι προβλεπόμενοι κανόνες ασφαλείας που έχουν αναφερθεί προηγουμένως.

3.1.Δ. Αποθήκευση υαλοπινάκων στο εργοτάξιο

Ένας τεχνίτης υαλοπινάκων που αναλαμβάνει να αποθηκεύει και να μεταφέρει υαλοπινάκες εντός του εργοταξίου, επιβάλλεται να γνωρίζει τους κανόνες ασφαλείας και να αντιλαμβάνεται την επικινδυνότητα αυτών των εργασιών, περισσότερο από τους υπόλοιπους εργαζομένους στον κλάδο. Ο ίδιος δεν έχει μόνο να αντιμετωπίσει ολόκληρο το φάσμα των κινδύνων του χειρώνακτα-απασχολούμενου στο χώρο του γυαλιού, αλλά και μια σειρά επιπρόσθετων κινδύνων που προκύπτουν από το παράγοντες όπως ο χώρος, οι καιρικές συνθήκες, και άλλες παραμέτρους που επηρεάζουν τη μεταφορά και την εναπόθεση των γυαλιών. Η γενική εκτίμηση του κινδύνου απαιτεί τον σχολαστικό έλεγχο σημείων όπως:

- Η καταλληλότητα και αντοχή του εδάφους ή του δαπέδου για την εναπόθεση των υαλοπινάκων.
- Τα τυχόν υποστηρίγματα που θα απαιτηθούν για την ασφαλή και σταθερή εναπόθεση των υαλοπινάκων.

- Τον τρόπο και μέσα με τα οποία θα γίνει η εκφόρτωση από το φορτηγό και η μετακίνηση στα σημεία προσωρινής ή μόνιμης εναπόθεσης.
- Τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες (άνεμοι, βροχή κ.λπ.).
- Τη διασφάλιση και προφύλαξη των υαλοπινάκων, με τον αποκλεισμό της πρόσβασης άλλων μη εχόντων αρμοδιότητα εργαζομένων και συνεργείων.
- Τη λήψη μέτρων ασφαλείας και την παροχή στους εργαζόμενους των αναγκαίων μέσων ατομικής προστασίας.

3.2. Συσκευασία υαλοπινάκων

3.2.A. Συσκευασία σε κιβώτια

Χρησιμοποιούνται ευρέως κατά τη διακίνηση και αποθήκευση υαλοπινάκων. Κατά γενική ομολογία, το μέγιστο ωφέλιμο βάρος σε ένα τέτοιο ξυλοκιβώτιο γυαλιού είναι περίπου 2 τόνοι. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των φύλλων, εντός του κιβωτίου, μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το πάχος και τις διαστάσεις των περιεχόμενων υαλοπινάκων. Τα κιβώτια που κατασκευάζονται από ξύλινα καπάκια, οφείλουν να αποθηκεύονται σε σειρά εφαπτόμενα, με κλίση 4° έως 6° σε κατάλληλα μεταλλικά στηρίγματα σχήματος Α. Σε καμιά περίπτωση δεν θα πρέπει να επιτρέπεται να αποθηκεύεται ένα κιβώτιο όρθιου δίχως αυτό να ακουμπά σε κατάλληλα στηρίγματα. Σε εξαιρετικές μόνο περιπτώσεις, γίνεται δυνατή η αποθήκευση σε δύο επίπεδα εφόσον ακολουθηθούν κατά οι εξής κανόνες:

- Όλα τα κιβώτια πρέπει να στηρίζονται σε ανθεκτικά και κατάλληλα μεταλλικά στηρίγματα, σχηματίζοντας μια πυραμίδα.
- Όλα τα κιβώτια της ίδιας σειράς πρέπει να έχουν το ίδιο ύψος.

- Η ασφαλής στερέωση κάθε κιβωτίου γίνεται με τα διπλανά του με συνδετήριες σανίδες ή μεταλλικά τσέρκια.
- Κάθε φορά που υπάρχει ανάγκη να πάρουμε ένα κιβώτιο (εννοείται πάντοτε από την επάνω σειρά), στερεώνονται πρώτα τα υπόλοιπα μεταξύ τους και ύστερα μετακινείται το κιβώτιο.

Υαλοπίνακες οι οποίοι θα συσκευαστούν σε κιβώτια από ξύλινα καπάκια τοποθετούνται σε στηρίγματα με κλίση 4^ο έως 6^ο. Τα ξύλινα καπάκια τοποθετούνται περιμετρικά των γυαλιών αφού πρώτα γίνει η προσθήκη των αναγκαίων σπογγωδών υλικών με τα οποία αυτά στερεώνονται. Ακολούθως, τα ξύλινα καπάκια σφίγγονται επάνω στα γυαλιά με την χρήση μεταλλικών εξωτερικών τσέρκιων, με σκοπό την δημιουργία ενός ενιαίου συμπαγούς συνόλου. Ιδιαίτερη τέλος προσοχή απαιτείται πριν την ανύψωση του κιβωτίου να ελέγχονται οι πλαϊνοί τάκοι επί των οποίων «πιάνουν» τα συρματόσχοινα. Κατά το άνοιγμα του κιβωτίου πρέπει να ακολουθείται η ακριβώς αντίστροφη διαδικασία. Το κιβώτιο τοποθετείται επί στηριγμάτων με κλίση 3^ο έως 5^ο και στη συνέχεια αφαιρούνται τα μεταλλικά τσέρκια, αφού έχουν βεβαίως τηρηθεί οι σχετικοί κανόνες ασφαλείας όσον αφορά τα ατομικά μέσα προστασίας των εργαζομένων (γάντια, γυαλιά, παπούτσια, κράνος κ.λπ.) και έχει προηγηθεί η απομάκρυνση των υπολοίπων απασχολούμενων από τον χώρο (simpasglass.gr/, 2019; Imegsevee.gr, 2019).

3.3. Χειρισμός υαλοπινάκων

3.3.A. Χειρωνακτική διαχείριση

Οι διαστάσεις και το είδος του υαλοπίνακα ο οποίος πρόκειται να μετακινηθεί σε συνδυασμό με την απόσταση μεταφοράς, αλλά και η σχετική μέθοδος επηρεάζουν τον απαιτούμενο αριθμό των εργαζομένων που θα χρειαστούν. Οι συνήθεις εργασίες εντός του εργαστηρίου και της αποθήκης είναι η επιλογή του φύλλου ή του κιβωτίου από την στοίβα, η μετακίνηση του, η εναπόθεση του στον πάγκο κοπής, το κόψιμο και η τοποθέτηση όλων των κομματιών στο ειδικό καρότσι μεταφοράς. Ανεξάρτητα με το εάν οι εν λόγω εργασίες θα εκτελεστούν από έναν ή περισσότερους εργαζομένους, οφείλουν να τηρούνται μεταξύ άλλων και οι εξής κανόνες ασφαλείας:

- Ελέγχεται η κατάσταση των υαλοπινάκων και συγκεκριμένα η ύπαρξη χτυπημάτων ή ανοιγμάτων στα άκρα τους.
- Ελέγχεται εάν υπάρχει ο αναγκαίος χώρος για την ελεύθερη μετακίνηση και τους ελιγμούς του υαλοπίνακα.
- Εξασφαλίζεται ότι επί του σημείου εναπόθεσης του γυαλιού έχει προετοιμαστεί αναγκαίος χώρος και έχουν τοποθετηθεί τα κατάλληλα υποστηρίγματα και υλικά απόσβεσης κραδασμών.

3.3.B. Διαχείριση με μηχανικά μέσα

Η φορτοεκφόρτωση και διακίνηση των υαλοπινάκων γίνεται κυρίως με τη χρήση μηχανικών μέσων (γερανογέφυρες, γερανούς, παπαγαλάκια, κλάρκ, βαγονέτα, βεντούζες, τσιμπίδες κ.λπ.). Το πλέον διαδεδομένο και χρησιμοποιούμενο μηχανικό μέσο διαχείρισης των υαλοπινάκων είναι οι ηλεκτροκίνητες γερανογέφυρες. Η επιλογή του μεγέθους καθορίζεται με βάση τη μάζα του βαρύτερου φορτίου που πρόκειται να χειριστούμε. Κάθε γερανογέφυρα

οφείλει να είναι εφοδιασμένη με το αντίστοιχο πιστοποιητικό καταλληλότητας που εκδίδεται ύστερα από τον ανάλογο έλεγχο από τον αρμόδιο οργανισμό πιστοποίησης, όπως ορίζεται από την ισχύουσα νομοθεσία. Πέραν τούτου, οι γερανογέφυρες θα πρέπει να υφίστανται τακτικούς ελέγχους και να συντηρούνται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής και ομαλή τους λειτουργία. Οι χειριστές των γερανογεφυρών θα πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι, καθώς θα καλούνται να ανταποκρίνονται στις αυξημένες απαιτήσεις της θέσης αυτής, η οποία απαιτεί γνώση των τεχνικών της πρόσδεσης του φορτίου, προσοχή να μην γίνει υπερφόρτωση του γερανού, αλλά και καλή όραση και ευχέρεια χειρισμών του μηχανήματος. Ο χειριστής της γερανογέφυρας θα πρέπει να έχει σε κάθε περίπτωση, ελεύθερο οπτικό πεδίο τόσο του μεταφερόμενου αντικειμένου όσο και της ακολουθούμενης διαδρομής. Τα πιο συχνά ατυχήματα συμβαίνουν κατά τη μεταφορά, όταν το φορτίο έρχεται σε επαφή με άλλα αποθηκευμένα γυαλιά. Καθώς τα αποθηκευμένα γυαλιά, όντας συσκευασμένα ή όχι, τοποθετούνται υπό γωνία 4° έως 6°, μπορούν εύκολα να κλίνουν και να ανατραπούν με σχετικά μικρή ώθηση. Μέσα, όπως είναι οι βεντούζες και οι τσιμπίδες, χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μετακίνηση υαλοπινάκων. Πριν την ανύψωση ενός φύλλου με βεντούζα, είναι υποχρεωμένος να βεβαιώνεται ο χειριστής ότι το γυαλί είναι καθαρό από σκόνες και απαλλαγμένο από υγρασία. Θα πρέπει επίσης να ελέγχει ότι όλες οι βεντούζες έρχονται σε επαφή, σε όλο το εμβαδόν τους, με το γυαλί. Το γυαλί που θα ανυψωθεί, πρέπει να διαχωρίζεται πρώτα από τα υπόλοιπα γυαλιά πριν να ξεκινήσει η ανύψωση. Συνιστάται επιπλέον ο καθημερινός έλεγχος όλων των «ματιών» της βεντούζας για να εντοπίζονται έγκαιρα τυχόν φθορές αλλά και για τον καθαρισμό από συσσωρευμένη πούδρα και άλλες ακαθαρσίες. Οι κανονισμοί ασφαλείας επίσης ορίζουν ότι οι βεντούζες οφείλουν να είναι εφοδιασμένες με ένα ηχητικό σύστημα για την προειδοποίηση του χειριστή, σε περίπτωση που αυτές απωλέσουν την υποπίεση. Όσον αφορά τη διακίνηση γυαλιών με τη χρήση τσιμπίδας, δεν συνιστάται η μεταφορά περισσότερων από δύο φύλλα ταυτόχρονα, ενώ θα πρέπει να επιθεωρούνται και να αντικαθίστανται ανελλιπώς σε περίπτωση φθοράς, οι επενδύσεις από λάστιχο ή φελλό. Γενικότερα, χρήση του εξοπλισμού ανύψωσης με ασφάλεια από τους εργαζομένους προϋποθέτει την καταγραφή και κοινοποίηση των επικίνδυνων σημείων, καθώς και των δεξιοτήτων και γνώσεων που απαιτούνται από το χειριστή του εξοπλισμού. Κάθε μηχανικό μέσο που χρησιμοποιείται θα πρέπει να έχει περάσει πριν από τη

χρήση του από τους απαιτούμενους ελέγχους ασφαλείας και να είναι κατάλληλα πιστοποιημένο από τους αρμόδιους φορείς. Θα πρέπει επίσης να φέρει μια ευανάγνωστη πινακίδα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως το ωφέλιμο φορτίο που μπορεί να ανυψωθεί όπως αυτό προκύπτει από τα σχετικά πιστοποιητικά. Αλυσίδες, συρματόσχοινα, παλάγκα, γάντζοι, κλειδιά κ.λπ. θα πρέπει υφίστανται εξονυχιστική επιθεώρηση τουλάχιστον ανά διάστημα έξι μηνών, από εξουσιοδοτημένα άτομα. Από πλευράς του ανθρώπινου δυναμικού που αναλαμβάνει να λειτουργεί τα συγκεκριμένα μηχανικά μέσα διαχείρισης υαλοπινάκων, συνιστάται:

- Να γίνεται χειρισμός των μέσων μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα που διαθέτουν την απαραίτητη εκπαίδευση, ειδικευση και εμπειρία. Όσοι από τους εργαζομένους πρόκειται να εξουσιοδοτηθούν στο χειρισμό των μέσων αυτών πρέπει να εκπαιδεύονται προηγουμένως και να εξοπλίζονται με την απαραίτητη γνώση ως προς το χειρισμό τόσο των μέσων όσο και των συμπληρωματικών τους εργαλείων κατά την διεξαγωγή των εργασιών, όπως π.χ. τη χρήση των συρματόσχοινων και την ασφαλή πρόσδεση των διάφορων φορτίων.
- Τόσο οι χειριστές των μέσων όσο και οι υπόλοιποι εργαζόμενοι στο χώρο οφείλουν να χρησιμοποιούν ανελλιπώς τα απαραίτητα μέσα ατομικής προστασίας.
- Κανείς δεν επιτρέπεται να στέκεται ή να κυκλοφορεί κοντά ή κάτω από μεταφερόμενα φορτία. Άλλωστε, όταν αυτό είναι εφικτό, πρέπει τα φορτία να μεταφέρονται χαμηλά, σε απόσταση 30-40 εκατοστών από το έδαφος.
- Οι χώροι όπου διακινούνται φορτία οφείλουν να παραμένουν καθαροί και ελεύθεροι επικίνδυνων αντικειμένων, δίνοντας στους εργαζομένους τη δυνατότητα να απομακρυνθούν γρήγορα και ανεμπόδιστα σε περίπτωση ατυχήματος (simpasglass.gr/, 2019; Imegsevee.gr, 2019).

3.3.Γ. Ασφάλεια εργαζομένων στο εργοτάξιο κατά τον χειρισμό υαλοπινάκων

Πριν από την έναρξη των εργασιών, πρέπει να γίνει μια **γενική συζήτηση με τους υπόλοιπους εργαζομένους** ώστε να συμφωνηθεί ένα γενικό πλάνο επί της ασφαλούς εργασίας και διαχείρισης των υαλοπινάκων στο χώρο του εργοταξίου. **Πρέπει σε κάθε περίπτωση να λαμβάνετε υπόψη:**

- Την εύκολη και ασφαλή πρόσβαση του αυτοκινήτου μεταφοράς στο χώρο εργασίας.
- Την εναπόθεση των μεταφερόμενων υαλοπινάκων σε ένα σημείο με εύκολη από το προσωπικό πρόσβαση για τη μετακίνηση και διανομή των γυαλιών.
- Το βάρος των γυαλιών που μοιράζονται σε ορόφους και σκαλωσιές να μην υπερβαίνει τα όρια αντοχής τους (σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή τους).
- Την ασφαλή εναπόθεση των γυαλιών ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος για τους εργαζομένους άλλων συνεργείων.
- Την ασφαλή εναπόθεση των γυαλιών ώστε να μην εκτίθενται στα στοιχεία του καιρού όπως η βροχή και συγκεκριμένα τα χρωματιστά γυαλιά θα πρέπει να μην είναι εκτεθειμένα στον ήλιο.
- Αν φυσάει, να γίνεται πρόσδεση των γυαλιών για να μην τα παρασύρει ο αέρας.
- Τα γυαλιά πρέπει να μεταφέρονται σε όρθια θέση πάντα.
- Οι χώροι να είναι ελεύθεροι από εμπόδια και υλικά που μπορεί να δημιουργούν κινδύνους.
- Αν σπάσει κάποιο γυαλί κατά το χειρισμό, να αφηθεί να πέσει και να μην γίνει προσπάθεια να σωθεί.
- Να φορούν όλοι τα απαραίτητα μέσα ατομικής προστασίας, ενώ όσοι έχουν προϋστορία με προβλήματα και τραυματισμούς στη μέση να μην εμπλέκονται στη μεταφορά των γυαλιών με τα χέρια.

Όσον αφορά τα χρησιμοποιούμενα μέσα και εργαλεία μεταφοράς, θα πρέπει να μην μεταφέρονται φορτία με βάρος πέρα από αυτό που μπορούν να σηκώσουν με ασφάλεια (σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή τους). Όταν χρησιμοποιούμε βεντούζες, τόσο οι ίδιες όσο και η επιφάνεια του γυαλιού πρέπει να καθαρίζονται από σκόνη, έλαια και άλλα κατάλοιπα και ακαθαρσίες. Αν η εργασία απαιτεί μεγάλο διάστημα, να «ξεπιάνονται» και να «ξαναπιάνονται» κατά τακτά διαστήματα. Όταν εκτελούνται εργασίες αντικατάστασης ή τοποθέτησης υαλοπινάκων σε δημόσιους χώρους, η πρόσβαση στην περιοχή πρέπει να απαγορεύεται και να γίνεται γνωστό αυτό με προειδοποιητικές ταινίες, ενώ οι διερχόμενοι θα πρέπει είτε να περνούν από συγκεκριμένους ασφαλείς διαδρόμους είτε να συνοδεύονται έτσι ώστε να μην πλησιάζουν κοντά σε επικίνδυνα σημεία. Υαλοπίνακες οι οποίοι αποθηκεύονται προσωρινά εντός του εργοταξίου, θα πρέπει είτε να είναι στερεωμένοι και καλυμμένοι είτε να βρίσκονται σε μέρος δίχως πρόσβαση από τρίτους και κυρίως παιδιά. Θα πρέπει επιπλέον να ενημερώνεται και ο πελάτης για τους κινδύνους (simpasglass.gr/, 2019; Imegsevee.gr, 2019).

3.4. Μεταφορά υαλοπινάκων

3.4.A. Φόρτωση σε όχημα μεταφοράς

Για τη ασφαλή μεταφορά τους οι υαλοπίνακες προσδένονται σε ειδικό μεταλλικό στήριγμα τύπου A με κλίση 5° έως 6°, το οποίο είναι κατάλληλα στερεωμένο επάνω στην καρότσα ενός φορτηγού ή σε μεταλλικό στήριγμα τύπου L με ανάλογη κλίση, το οποίο είναι κατάλληλα στερεωμένο στα πλάγια της καρότσας του φορτηγού. Για την ασφαλή μεταφορά των υαλοπινάκων, οφείλουμε να προσέχουμε ώστε:

- Η φόρτωση να διεξάγεται με τον ενδεδειγμένο τρόπο και τα γυαλιά να προσδένονται κατάλληλα και με ασφαλώς, το δε φορτίο να ελέγχεται προσεκτικά από τον οδηγό πριν από την αναχώρηση.
- Τα γυαλιά να μην έρχονται ποτέ σε επαφή με μεταλλικά μέρη ή άλλα σκληρά αντικείμενα.

- Τα μεγαλύτερα γυαλιά να φορτώνονται πρώτα και να ακολουθούν τα μικρότερων διαστάσεων.
- Όταν μεταφέρονται ασυσκευάστα γυαλιά, να παρεμβάλλονται χαρτιά ανάμεσά τους ώστε να προλαμβάνονται γρατζουνίσματα κατά τη μεταφορά.
- Οτιδήποτε άλλο μεταφέρεται επί της καρότσας του φορητού να δένεται ώστε να μην μετατοπίζεται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και προσκρούσει στα γυαλιά.
- Αν τα γυαλιά μεταφέρονται με το πλαϊνό στήριγμα, το βάρος τους να μην αναγκάζει το όχημα να γέρνει σε βαθμό που να εξουδετερώνεται η γωνία κλίσης τους.
- Στο σημείο εκφόρτωσης, ο οδηγός, πριν το λύσιμο και την ελευθέρωση του φορτίου, να βεβαιώνεται ότι η καρότσα του αυτοκινήτου είναι σε οριζοντιωμένη και τα γυαλιά διατηρούν τη γωνία κλίσης. Ο έλεγχος αυτός να γίνεται και κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης κυρίως αν το αυτοκίνητο ξεφορτώνεται μονόπαντα.

3.4.B. Εκφόρτωση από όχημα μεταφοράς

Ο παραλήπτης των υαλοπινάκων θα πρέπει να διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό και να έχει προβεί στις απαραίτητες διευθετήσεις έτσι ώστε η εκφόρτωση να διεξαχθεί με ασφάλεια. Ο οδηγός του προμηθευτή πρέπει να έχει έρθει σε επαφή με τον αρμόδιο της επιχείρησής σας για την λήψη οδηγιών ασφαλούς προσέγγισης του χώρου εκφόρτωσης. Η ανάρτηση πινακίδων με σχετικές οδηγίες ασφαλείας τις οποίες θα βλέπουν όχι μόνο οι τρίτοι, αλλά και οι δικοί σας εργαζόμενοι, είναι ιδιαίτερα σημαντική. Δώστε ξεκάθαρη εντολή στον οδηγό να παραμείνει στο αυτοκίνητό του μέχρι το πέρας της εκφόρτωσης. Το προς εκφόρτωση φορτίο θα πρέπει να επιθεωρείται πριν ξεκινήσει η εκφόρτωση, για τυχόν ζημιές και σπασμένα γυαλιά και να λαμβάνονται τα απαραίτητα προληπτικά μέτρα. Κατά την παραλαβή ασυσκευάστου γυαλιού, πρωτίστως ο παραλήπτης οφείλει σε συνεννόηση με τον οδηγό του προμηθευτή, να εξασφαλίζει ότι το φορητό έχει ακινητοποιηθεί ασφαλώς σε επίπεδο και σταθερό έδαφος και ότι τα γυαλιά διατηρούν την αναγκαία γωνία κλίσης. Εφόσον

υπάρχουν προς εκφόρτωση υαλοπίνακες και από τις δύο μεριές του οχήματος, να ελευθερώνονται πρώτα τα γυαλιά μόνο από την πλευρά από όπου θα αρχίσει η εκφόρτωση και αφού τελειώσει να αποδεσμεύονται τα γυαλιά της άλλης. Κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης είναι σημαντικό να γίνεται έλεγχος της κλίσης του αυτοκινήτου και η διασφάλιση της γωνίας κλίσης των γυαλιών επί αυτού. Οι ίδιες οδηγίες ασφαλείας βρίσκουν εφαρμογή και για την παραλαβή συσκευασμένων σε κιβώτια γυαλιών. Κατά την εκφόρτωση γυαλιών σε κιβώτια θα πρέπει να τηρούνται και τα εξής μέτρα ασφαλείας:

- Πριν ανυψωθεί ένα κιβώτιο, ελέγξτε αν οι τάκοι όπου δένουν τα συρματόσχοινα είναι εντάξει. Μην επιχειρείτε να δέσετε το κιβώτιο από αλλού. Σε καμιά περίπτωση μην επιχειρήσετε να ανυψώσετε ένα κιβώτιο που έχει κομμένα τσέρκια. Αν έχετε αμφιβολία για την αντοχή των τσερκιών, αντικαταστήστε τα ή προσθέστε επιπλέον.
- Μην σηκώνετε περισσότερα του ενός κιβωτίου σε κάθε μεταφορά. Τα συρματόσχοινα που χρησιμοποιείτε οφείλουν να έχουν το κατάλληλο μήκος και να σχηματίζουν την ενδεδειγμένη γωνία στο γάντζο.
- Η συνιστώμενη γωνία που σχηματίζουν τα συρματόσχοινα θα πρέπει να είναι από 90° έως 120°. Να χειρίζεστε τα κιβώτια χωρίς απότομες κινήσεις και να μην επιταχύνετε πριν αυτά εξέλθουν εντελώς από το φορτηγό (simpasglass.gr/, 2019; Imegsevee.gr, 2019).



Εικόνα 19: Μεταφορά υαλοπινάκων (Doubleglazingequipment.com, 2019)

4. Μηχανολογία Γερανού

4.1. Επίδραση του φαινομένου της κόπωσης σε μεταλλικές κατασκευές

4.1.1. Μηχανική συμπεριφορά μεταλλικών υλικών σε δυναμικές καταπονήσεις

Ήδη από το 1830 είχε διαπιστωθεί ότι *τα μεταλλικά υλικά, όταν καταπονούνται από επαναλαμβανόμενες ή χρονικά μεταβαλλόμενες (δυναμικές) τάσεις, μπορούν να αστοχήσουν σε θραύση, ακόμη και όταν οι τιμές των τάσεων αυτών βρίσκονται αρκετά χαμηλότερα από την αντοχή του υλικού σε θραύση*. Η αστοχία που εμφανίζεται στα μεταλλικά υλικά λόγω της επίδρασης δυναμικών καταπονήσεων ονομάζεται **κόπωση (fatigue)**. Το βασικό χαρακτηριστικό της κόπωσης είναι ότι απαιτεί μία σημαντική χρονική περίοδο λειτουργίας του δομικού στοιχείου ή εξαρτήματος μίας κατασκευής για να εμφανιστεί. Μάλιστα, καθώς η πρόοδος της τεχνολογίας έφερε σε χρήση νέα δομικά στοιχεία, τα οποία βρήκαν εφαρμογή σε κατασκευές όπως αυτοκίνητα, αεροσκάφη, συμπιεστές, στρόβιλοι, κ.λπ., στα οποία οι μηχανικές καταπονήσεις είναι κατ' εξοχήν δυναμικές, η κόπωση απέκτησε σταδιακά όλο και μεγαλύτερη σημασία σαν μηχανισμός αστοχίας. **Σήμερα εκτιμάται ότι το 90% των αστοχιών, που προέρχονται από μηχανικά αίτια, οφείλεται σε κόπωση. Η κόπωση των μεταλλικών υλικών είναι ένας από τους πλέον επικίνδυνους μηχανισμούς αστοχίας, καθώς πραγματοποιείται χωρίς να εμφανίζει προειδοποιητικές ενδείξεις**. Μία αστοχία λόγω κόπωσης μπορεί να αναγνωρισθεί, αφότου εκδηλωθεί, από ορισμένα χαρακτηριστικά των επιφανειών θραύσης. Ένα **μεγάλο τμήμα της επιφάνειας θραύσης έχει λεία εμφάνιση**, η οποία οφείλεται στην τριβή των επιφανειών του ρήγματος μεταξύ τους, καθώς αυτό προωθείται σταδιακά κατά τη διάρκεια λειτουργίας του

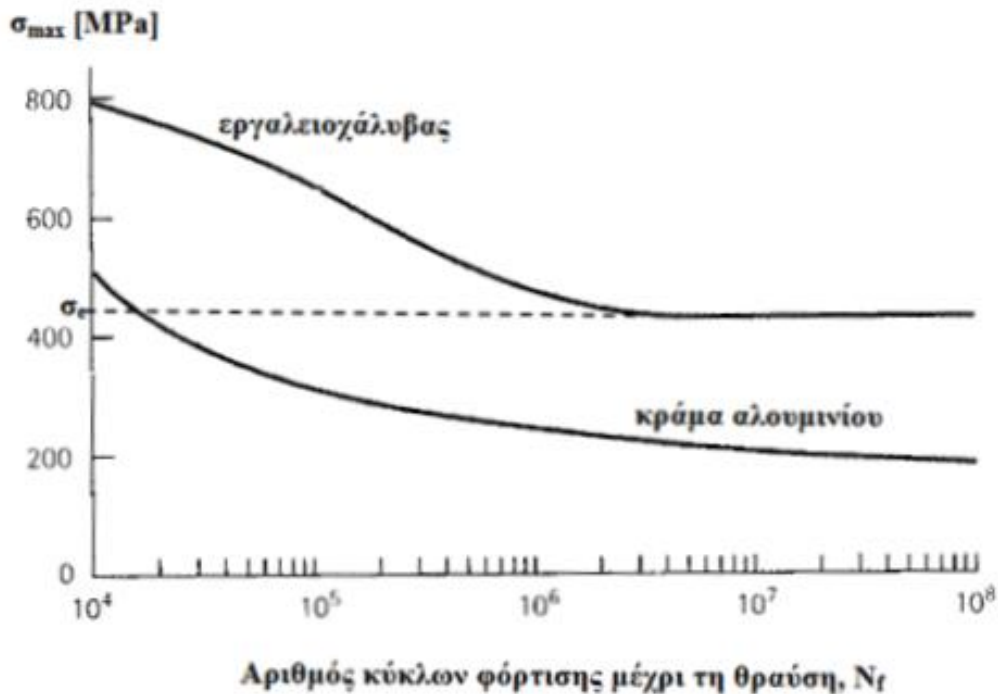
τεμαχίου. Αντίθετα, ένα **μικρότερο τμήμα της επιφάνειας, το οποίο αντιστοιχεί στο τελικό στάδιο της θραύσης, έχει τραχιά εμφάνιση** και οφείλεται στη γρήγορη τελική προώθηση του ρήγματος με όλκιμο τρόπο μέσα στο υλικό, καθώς η μειωμένη διατομή του υλικού που έχει απομείνει δεν μπορεί να αντέξει πλέον τα επιβαλλόμενα φορτία. Ένα ακόμη πιο τυπικό χαρακτηριστικό των επιφανειών θραύσης που προήλθαν από κόπωση είναι οι **γραμμώσεις (striations)** που δημιουργούνται σε αυτές. Οι γραμμώσεις αυτές έχουν συνήθως σχήμα τόξων από ομόκεντρους κύκλους, το κέντρο των οποίων υποδεικνύει το σημείο όπου βρισκόταν το αρχικό ρήγμα. Η απόσταση της μίας γραμμώσεως από την άλλη δίνει μία καλή εκτίμηση της ταχύτητας με την οποία προωθήθηκε το ρήγμα μέσα στο υλικό. Υπάρχουν τρεις βασικοί παράγοντες που απαιτούνται για να εμφανισθεί αστοχία από κόπωση:

- **μία αρκετά υψηλή μέγιστη εφελκυστική τάση**
- **μία αρκετά μεγάλη και επαναλαμβανόμενη διακύμανση της τάσης κατά τη λειτουργία**
- **ένας αρκετά μεγάλος αριθμός κύκλων φόρτισης, δηλαδή επαναλήψεων της δυναμικής καταπόνησης**

Εκτός από τους τρεις αυτούς βασικούς παράγοντες, **η συμπεριφορά των μεταλλικών υλικών σε κόπωση επηρεάζεται και από μία σειρά άλλων παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η παρουσία διαβρωτικού περιβάλλοντος, η μικροδομή του υλικού, η ύπαρξη παραμενουσών εσωτερικών τάσεων στο υλικό, κ.α.** Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η κόπωση των μεταλλικών υλικών δεν έχει εξηγηθεί πλήρως θεωρητικά και η ανάλυσή της βασίζεται σε μεγάλο βαθμό, ακόμη και σήμερα, σε πειραματικές και εμπειρικές παρατηρήσεις (mie.uth.gr, 2019) .

4.1.2. Καμπύλες S – N (καμπύλες Wohler)

Η βασική μορφή με την οποία υπάρχουν διαθέσιμα στη βιβλιογραφία πειραματικά δεδομένα, σχετικά με την συμπεριφορά μεταλλικών υλικών σε κόπωση, είναι οι καμπύλες S – N ή, όπως είναι πιο γνωστές, οι **καμπύλες Wohler**. Οι καμπύλες αυτές σχεδιάζονται σε διαγράμματα που στον κατακόρυφο άξονα έχουν ένα **μέγεθος «S» σχετιζόμενο με την τάση** (συνηθέστερα κάποιο από τα **σα, σ_{max} ή σ_{min}**), ενώ στον οριζόντιο άξονα δείχνουν τον **αριθμό κύκλων φόρτισης μέχρι τη θραύση, δηλαδή την διάρκεια ζωής σε κόπωση N_f, του υλικού**. Ο άξονας του αριθμού κύκλων φόρτισης μέχρι τη θραύση σχεδόν πάντοτε είναι εκφρασμένος σε λογαριθμική (log) κλίμακα. Κάθε καμπύλη S – N ενός υλικού ισχύει για την συγκεκριμένη τιμή μέσης τάσης (σ_m) και αναλογίας τάσεων (R) στην οποία έχουν διεξαχθεί οι αντίστοιχες δοκιμές κόπωσης. Εάν για το ίδιο υλικό πραγματοποιηθούν δοκιμές κόπωσης με διαφορετική τιμή σ_m ή/και R, η καμπύλη S – N που θα προκύψει δεν θα είναι ίδια με την προηγούμενη. Συνήθως, οι περισσότερες καμπύλες S – N των μεταλλικών υλικών προέρχονται από δοκιμές περιστρεφόμενου προβόλου, όπου **σ_m = 0**. Ωστόσο, επειδή στις περισσότερες πραγματικές εφαρμογές ισχύει ότι **σ_m ≠ 0**, σε επόμενη παράγραφο θα εξετάσουμε ποιες διαφορές προκύπτουν στην περίπτωση αυτή. Ένα τυπικό διάγραμμα αυτού του είδους φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου υπάρχουν δύο καμπύλες S-N: μία που είναι χαρακτηριστική για σιδηρούχα κράματα (χάλυβες) και μία για μη σιδηρούχα κράματα (π.χ. κράματα αλουμινίου).



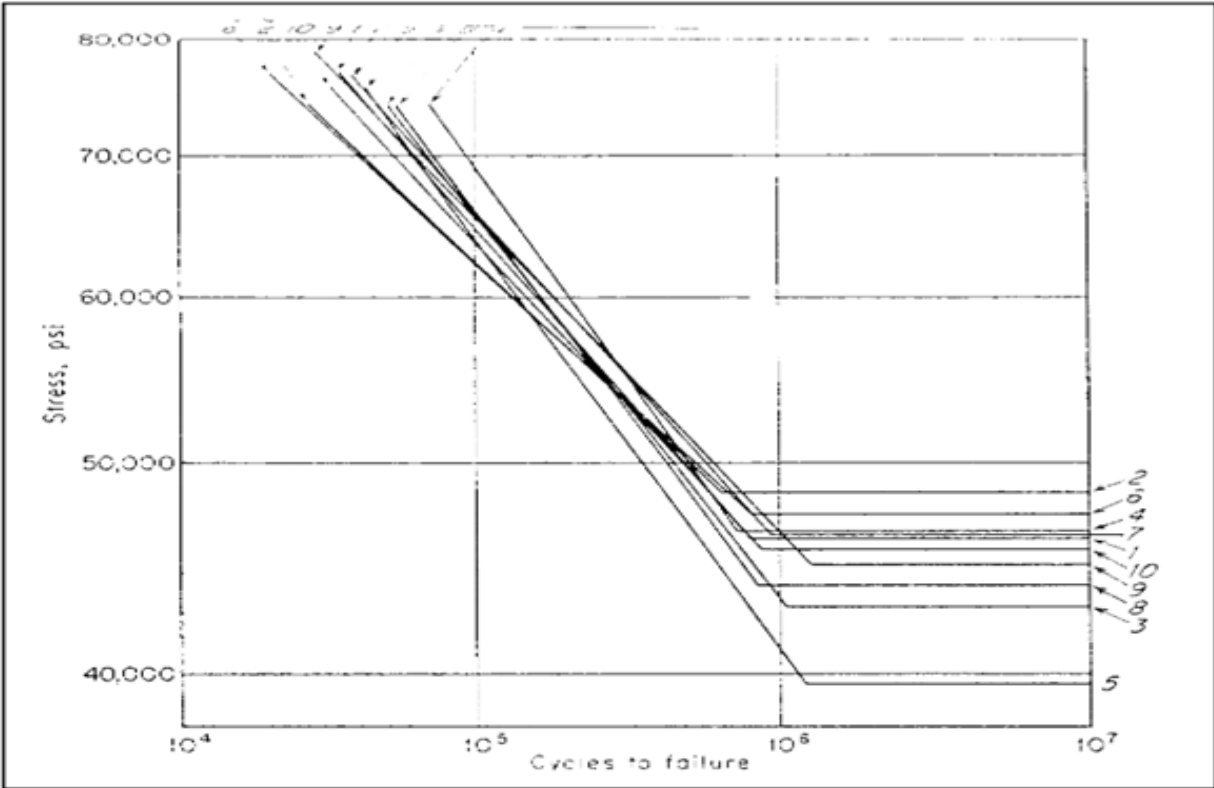
Εικόνα 20: Καμπύλες Wöhler για σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (metadosi-ischios.gr, 2019).

Αξίζει να προσέξει κανείς ότι οι καμπύλες S-N αναφέρονται σε θραύση λόγω κόπωσης μετά από έναν αρκετά μεγάλο αριθμό κύκλων φόρτισης, δηλαδή για $N_f > 10^4$ κύκλους. Στις περιπτώσεις αυτές οι τάσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο είναι ελαστικές, με αποτέλεσμα μακροσκοπικά να μην προκαλείται πλαστική παραμόρφωση του υλικού. Η κόπωση αυτού του είδους ονομάζεται **πολύκυκλική κόπωση (high cycle fatigue - HCF)**. Όταν οι εφαρμοζόμενες τάσεις ξεπερνούν το όριο διαρροής του υλικού, με συνέπεια αυτό σε κάθε κύκλο φόρτισης να υφίσταται ένα ποσοστό ελαστικής και πλαστικής παραμόρφωσης, τότε η διάρκεια ζωής σε κόπωση μειώνεται σημαντικά ($N_f < 10^4$ κύκλοι). Επειδή στις περιπτώσεις αυτές είναι δύσκολο να εκφραστεί η δυναμική καταπόνηση σε όρους τάσης, **οι δοκιμές κόπωσης διεξάγονται έτσι, ώστε σε κάθε κύκλο φόρτισης να προσδίδεται στο υλικό ένα προκαθορισμένο ποσοστό ελαστικής και πλαστικής παραμόρφωσης**, παρά μία προκαθορισμένη μεταβολή τάσης. Αυτό το είδος κόπωσης ονομάζεται **ολιγοκυκλική**

κόπωση (low cycle fatigue – LCF). Εξετάζοντας τις καμπύλες S-N, η πρώτη παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι ότι, **η διάρκεια ζωής σε κόπωση** (δηλ. ο αριθμός κύκλων φόρτισης μέχρι τη θραύση) **αυξάνεται όσο μειώνεται η εφαρμοζόμενη τάση.** Μία δεύτερη παρατήρηση έχει να κάνει με τη μορφή των καμπυλών. **Σε μεταλλικά υλικά μεγάλης πρακτικής σημασίας, όπως οι χάλυβες και το τιτάνιο, υπάρχει μία χαρακτηριστική τιμή τάσης (σε) κάτω από την οποία η καμπύλη γίνεται οριζόντια. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι εάν η εφαρμοζόμενη τάση είναι μικρότερη από σε, τότε ουσιαστικά το υλικό έχει άπειρη διάρκεια ζωής σε κόπωση.** Με άλλα λόγια δεν κινδυνεύει να υποστεί θραύση λόγω κόπωσης. Για αυτό και η τάση σε ονομάζεται **όριο διαρκούς αντοχής σε κόπωση (endurance limit).** Στο παράδειγμα του εργαλειοχάλυβα που δόθηκε παραπάνω το όριο διαρκούς αντοχής είναι $σε = 410 \text{ MPa}$. Η συμπεριφορά αυτή δεν εμφανίζεται σε όλα τα μεταλλικά υλικά. Τα περισσότερα μη σιδηρούχα κράματα, όπως τα κράματα αλουμινίου, μαγνησίου, χαλκού, κ.α., δεν εμφανίζουν όριο διαρκούς αντοχής. Το παράδειγμα του κράματος αλουμινίου είναι χαρακτηριστικό, αφού φαίνεται ότι η καμπύλη δεν γίνεται οριζόντια σε καμία τάση, αλλά τείνει ασυμπτωτικά προς τον άξονα Nf όσο μειώνεται η εφαρμοζόμενη τάση. Αυτό πρακτικά μεταφράζεται στο ότι τα κράματα με τη συγκεκριμένη συμπεριφορά πάντοτε έχουν μία πεπερασμένη διάρκεια ζωής σε κόπωση, άσχετα με το πόσο μικρή είναι η εφαρμοζόμενη τάση. Για παράδειγμα, **το κράμα αλουμινίου του παραδείγματος κάποια στιγμή, έστω και μετά από πάρα πολλούς κύκλους φόρτισης, θα υποστεί θραύση λόγω κόπωσης, ακόμα και για πολύ μικρού μεγέθους εναλλασσόμενες τάσεις.** Στις περιπτώσεις αυτές, για να μπορεί να ορισθεί μία τάση σαν αντοχή του υλικού σε κόπωση και να χρησιμοποιηθεί για την σχεδιομελέτη κατασκευών, έχει καθιερωθεί η χρήση της **συμβατικής αντοχής σε κόπωση (fatigue strength).** Η συμβατική αντοχή σε κόπωση είναι **η τάση εκείνη, για την οποία το υλικό θα έχει μία προκαθορισμένη διάρκεια ζωής σε κόπωση.** Συνήθως επιλέγεται μία μεγάλη διάρκεια ζωής της τάξεως των $5 \cdot 10^7 - 10^8$ κύκλων φόρτισης. Έτσι, το κράμα αλουμινίου του παραδείγματος έχει συμβατική αντοχή σε κόπωση για διάρκεια ζωής $5 \cdot 10^7$ κύκλους ίση με 220 MPa , ενώ η συμβατική του αντοχή σε κόπωση για διάρκεια ζωής 10^8 κύκλους είναι ίση με 200 MPa (mie.uth.gr, 2019).

4.1.3. Στατιστική εξέταση της κόπωσης

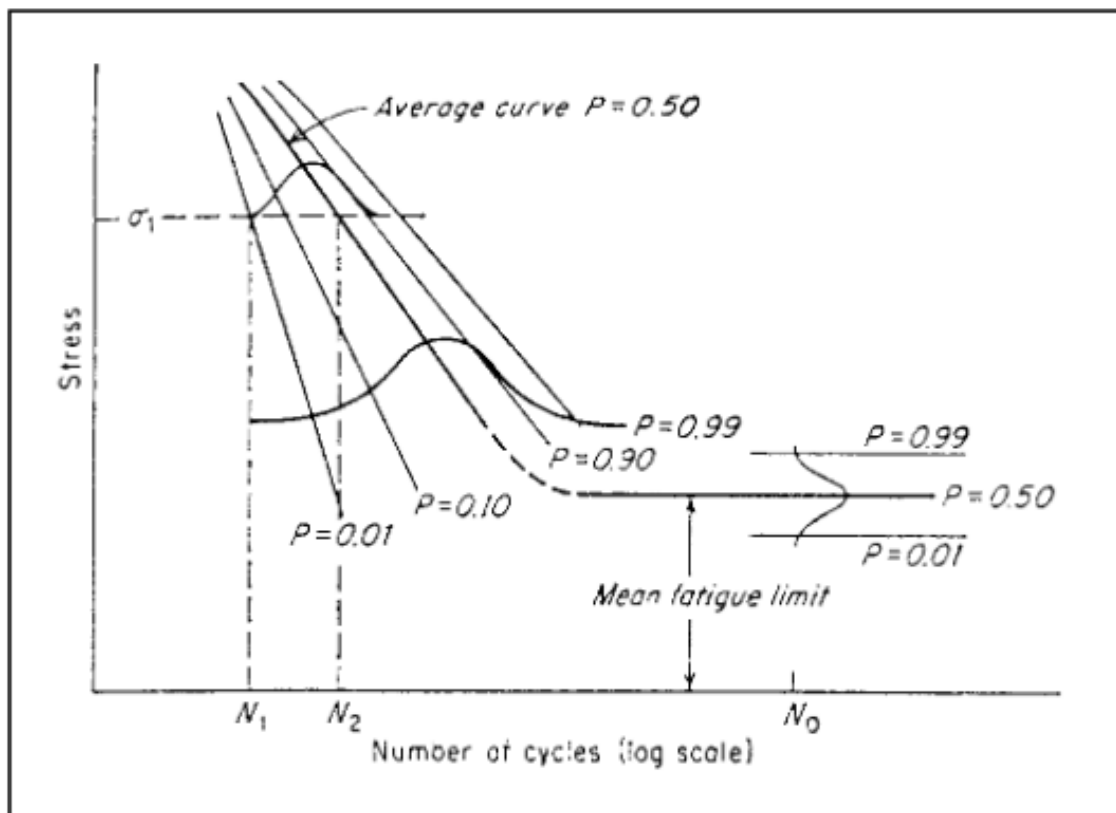
Τα αποτελέσματα των δοκιμών κόπωσης σε ένα συγκεκριμένο υλικό παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά, τόσο όσον αφορά τη διάρκεια ζωής, όσο και το όριο διαρκούς αντοχής του υλικού. Κατά συνέπεια και τα δύο αυτά μεγέθη, N_f και σ_e , είναι στατιστικές ποσότητες και ως τέτοιες πρέπει να αντιμετωπίζονται. Αυτό βέβαια σημαίνει ότι η καμπύλη $S - N$ ενός υλικού, που προκύπτει με την διαδικασία που είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, δηλαδή με την διενέργεια δοκιμών κόπωσης σε ένα πλήθος 8 – 12 δοκιμών, περιγράφει μία «μέση» συμπεριφορά του υλικού σε κόπωση, από την οποία θα πρέπει να αναμένουμε αρκετά μεγάλες αποκλίσεις. Για να γίνει πιο κατανοητή η μεγάλη στατιστική διασπορά που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα δοκιμών κόπωσης, που πραγματοποιούνται με ακριβώς τις ίδιες συνθήκες σε δοκίμια από το ίδιο υλικό, έχει ενδιαφέρον να εξετάσουμε το πείραμα του Ransom, που πραγματοποιήθηκε το 1952. Ο Ransom χρησιμοποίησε μία ράβδο από έναν χάλυβα, από την οποία έκοψε και κατασκεύασε 100 πανομοιότυπα δοκίμια κόπωσης, τα οποία στη συνέχεια χώρισε σε 10 ομάδες (10 δοκίμια ανά ομάδα). Κάθε ομάδα δοκιμών υπεβλήθη σε δοκιμές κόπωσης με ακριβώς τις ίδιες συνθήκες. Επομένως, για κάθε ομάδα δοκιμών προέκυψε η αντίστοιχη καμπύλη $S - N$. Οι δέκα συνολικά καμπύλες $S - N$ που προέκυψαν με τον τρόπο αυτό φαίνονται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 21: Αποτελέσματα του πειράματος του Ransom (mie.uth.gr, 2019).

Η εικόνα του διαγράμματος δικαίωσε τις υποψίες του Ransom. Πραγματικά, οι δέκα καμπύλες $S - N$ όχι μόνο δεν συμπίπτουν μεταξύ τους, αλλά αντίθετα εμφανίζουν μεγάλες διαφορές, τόσο ως προς την διάρκεια ζωής για κάποια δεδομένη τιμή τάσης, όσο και ως προς το όριο διαρκούς αντοχής. Για παράδειγμα, ας εξετάσουμε τις καμπύλες Νο. 2 και Νο. 5, που προήλθαν από τις δοκιμές κόπωσης των ομάδων δοκιμών 2 και 5 αντίστοιχα. Το διάγραμμα μας δείχνει ότι σε τάση 70.000 psi ($\cong 482$ MPa) η διάρκεια ζωής που προβλέπει η καμπύλη Νο. 2 είναι $N_f \cong 3 \times 10^4$ κύκλοι φόρτισης, ενώ η διάρκεια ζωής που προβλέπει η καμπύλη Νο. 5 είναι $N_f \cong 7 \times 10^4$ κύκλοι φόρτισης. Σημαντική είναι η διαφορά και στο όριο διαρκούς αντοχής όπου η καμπύλη Νο. 2 δείχνει ότι σε $\cong 47.000$ psi (324 MPa), ενώ η Νο. 5 δείχνει ότι σε $\cong 39.000$ psi (269 MPa). Οι αποκλίσεις είναι σημαντικές, δεδομένου μάλιστα ότι όλα τα δοκίμια προέρχονται όχι μόνο από το ίδιο υλικό, αλλά και από την ίδια ράβδο, που σημαίνει ότι είχαν υποστεί ακριβώς τις ίδιες θερμικές, μηχανικές ή άλλες κατεργασίες κατά την παραγωγή της ράβδου. Το πείραμα του Ransom καταδεικνύει ακόμα τις πολύ σοβαρές, έως και

καταστροφικές, συνέπειες που μπορεί να έχει η αγνόηση αυτής της “στατιστικής” πλευράς της κόπωσης. Για παράδειγμα, εάν για ένα υλικό υπήρχε διαθέσιμη μόνο η καμπύλη S – N No. 2 της προηγούμενης εικόνας, τότε ένας μηχανικός που θα έκανε τη σχεδιομελέτη για μία κατασκευή από το συγκεκριμένο υλικό θα έπαιρνε ως δεδομένο ότι $\sigma_e = 324$ MPa. Θα θεωρούσε λοιπόν, δικαιολογημένα, ότι εάν η τάση που θα καταπονήσει την κατασκευή κατά τη λειτουργία της δεν πρόκειται να υπερβεί τα 324 MPa, η κατασκευή του θα είχε «άπειρη» διάρκεια ζωής σε κόπωση. Στην πράξη όμως το υλικό μπορεί να ακολουθούσε την καμπύλη No. 5 και να είχε πραγματικό όριο διαρκούς αντοχής μόλις 269 MPa, με αποτέλεσμα κάποια στιγμή να αστοχούσε λόγω κόπωσης. Με βάση όλα τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι τα δεδομένα για την συμπεριφορά ενός υλικού σε κόπωση πρέπει να εμπεριέχουν και πληροφορία σχετικά με την πιθανότητα (probability) τους, έτσι ώστε να είναι ακριβή και αξιόπιστα. Για να εξηγήσουμε καλύτερα το θέμα αυτό θα χρησιμοποιήσουμε το κάτωθι διάγραμμα.



Εικόνα 22: Διάγραμμα τάσης – κύκλων φόρτισης, με τις πιθανότητες που αντιστοιχούν σε ορισμένες καμπύλες Wohler (mie.uth.gr, 2019).

Το διάγραμμα αυτό περιέχει διάφορες καμπύλες $S - N$ ενός συγκεκριμένου υλικού, όπου κάθε καμπύλη αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο πιθανότητας P . Για να παραχθεί ένα διάγραμμα αυτού του είδους απαιτείται ένα τεράστιο πλήθος δοκιμών του υλικού, που συνήθως φτάνει ή και ξεπερνά τα 1000 συνολικά δοκίμια, καθώς επίσης και η πραγματοποίηση αντίστοιχου αριθμού δοκιμών κόπωσης. Επομένως, το κόστος για την δημιουργία ενός τέτοιου διαγράμματος είναι αρκετά υψηλό. Αυτός είναι και ο λόγος που υπάρχουν ελάχιστα πλήρη διαγράμματα του είδους και αφορούν υλικά που χρησιμοποιούνται σε πολύ κρίσιμες εφαρμογές. Όταν μία κατασκευή είναι πολύ κρίσιμη και πρέπει οπωσδήποτε να αποφύγουμε την αστοχία λόγω κόπωσης, τότε λαμβάνουμε υπόψιν τα δεδομένα της καμπύλης $P = 0,01$. Οι προβλέψεις της καμπύλης $P = 0,01$ ισχύουν με πιθανότητα μόλις 1%. Ωστόσο, επειδή οι προβλέψεις αυτές αφορούν τη χειρότερη δυνατή συμπεριφορά του υλικού σε κόπωση (μικρότερη διάρκεια ζωής και χαμηλότερο όριο διαρκούς αντοχής), όταν η κατασκευή είναι πολύ κρίσιμη είμαστε υποχρεωμένοι να τις λάβουμε υπόψιν, έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι η πιθανότητα αστοχίας λόγω κόπωσης είναι μικρότερη ακόμη και από 1% (mie.uth.gr, 2019).

4.2. Συμπεριφορά των τμημάτων μεταλλικών κατασκευών υπό την επίδραση καμπτικών ροπών

4.2.1. Κάμψη σε δοκό, εσωτερικές τάσεις και βέλη κάμψης

Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα προβλέπει ότι για να υπάρχει ισορροπία σε ένα σώμα πρέπει οι δυνάμεις που του ασκούνται να εξουδετερώνουν η μία την άλλη. Πρέπει συνεπώς, σε κάθε σημείο του καμπτόμενου σώματος, οι εξωτερικές δυνάμεις να εξουδετερώνονται από άλλες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του. Σε ένα σώμα σε κάμψη λοιπόν εμφανίζονται εσωτερικές τάσεις. Οι τάσεις που είναι κάθετες στη διατομή του στοιχείου ονομάζονται ορθές. Οι εφελκυστικές θεωρούνται θετικές ενώ οι θλιπτικές αρνητικές. Η γραμμή όπου μηδενίζονται οι ορθές τάσεις ονομάζεται ουδέτερη γραμμή και χωρίζει τη διατομή στην εφελκυστική

και τη θλιβόμενη περιοχή. Ο υπολογισμός των τάσεων είναι πολύ σημαντικός για τον έλεγχο της αντοχής του σώματος (Βουθούνης, 2011).

4.2.2. Θεωρία κάμψης Euler-Bernoulli

Για τον υπολογισμό των ορθών τάσεων στη διατομή ενός στοιχείου πρέπει να ισχύουν οι εξής συνθήκες και παραδοχές:

- Οι διατομές που πριν την κάμψη ήταν επίπεδες και κάθετες στον άξονα του στοιχείου παραμένουν επίπεδες και κάθετες ως προς τον παραμορφωμένο λόγω κάμψης άξονά του (παραδοχή Bernoulli).
- Το υλικό είναι γραμμικά ελαστικό, ομογενές και ισότροπο. Γραμμικά ελαστικό ονομάζεται το υλικό που υπακούει στο νόμο του Hooke, ενώ ισότροπο το υλικό που έχει την ίδια συμπεριφορά προς κάθε διεύθυνση.
- Το στοιχείο είναι αρχικά ευθύγραμμο και σταθερής διατομής. Ισχύει και στην περίπτωση που οι μεταβολές της διατομής είναι μικρές και ομαλές κατά το μήκος.

Οι ορθές τάσεις δίνονται από τη σχέση: $\sigma = \frac{M(x)z}{Iz}$

Όπου:

M(x): Η ροπή κάμψης στο σημείο x.

Iz: Η ροπή αδράνειας ως προς τον κεντροβαρικό άξονα που είναι παράλληλος στον άξονα της κάμψης.

Z: απόσταση του σημείου με τάση σ από τον παραπάνω άξονα.

(απουσία αξονικών δυνάμεων ο άξονας της ροπής αδράνειας ταυτίζεται με τον ουδέτερο άξονα της διατομής).

Η μέγιστη ορθή τάση δίνεται από τον τύπο: $\sigma_{max} = \frac{M_{max}Z_{max}}{I_z}$

Η σ_{max} δεν μπορεί να ξεπερνά μια τιμή που είναι χαρακτηριστική για το υλικό. Στα ψαθυρά υλικά μιλάμε για τη θλιπτική ή εφελκυστική αντοχή του ενώ στα όλκιμα υλικά για το όριο διαρροής. Από αυτόν τον περιορισμό προκύπτει η μέγιστη ελαστική ροπή στο στοιχείο. Κατά το σχεδιασμό στοιχείων με επιτρεπόμενες τάσεις η χαρακτηριστική τάση του υλικού μειώνεται σε κάποιο ποσοστό που δίνεται από τον συντελεστή ασφαλείας. Στόχος είναι να καλυφθεί η αβεβαιότητα της πραγματικής αντοχής και να μειωθεί η πιθανότητα αστοχίας (Βουθούνης, 2011).

4.2.3. Ελαστοπλαστική ανάλυση

Ροπή μεγαλύτερη από την μέγιστη ελαστική προκαλεί θραύση στα ψαθυρά υλικά. Στα όλκιμα υλικά όμως το όριο διαρροής δεν ταυτίζεται με το όριο θραύσης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3 σε μεγαλύτερη φόρτιση τα πιο απομακρυσμένα τμήματα της διατομής εμφανίζουν πλαστικές παραμορφώσεις, ενώ το κέντρο της διατομής παραμένει στην ελαστική περιοχή. Το εύρος του ελαστικού πυρήνα μειώνεται συνεχώς με την αύξηση της φόρτισης έως την πλήρη πλαστικοποίηση όλης της διατομής. Στην ελαστοπλαστική ανάλυση κατά προσέγγιση θεωρείται ότι το υλικό υπακούει στο νόμο του Hooke μέχρι το όριο διαρροής του αλλά για επιπλέον παραμόρφωση η τάση παραμένει σταθερή. Μετά την πλήρη πλαστικοποίηση οι παραμορφώσεις γίνονται πολύ μεγάλες και σχηματίζεται πλαστική άρθρωση (Βουθούνης, 2011).

4.2.4. Ελαστική γραμμή



Εικόνα 23: Παραμόρφωση λόγω κάμψης. Η μέγιστη υποχώρηση ή αλλιώς το μέγιστο βέλος κάμψης εμφανίζεται στο ελεύθερο (δεξιό) άκρο (Βουθούνης, 2011).

Κατά την κάμψη το σχήμα του σώματος είναι διαφορετικό από το αρχικό λόγω της παραμόρφωσης. Σε κάθε σημείο του σώματος αντιστοιχεί και μια μετατόπιση από την αρχική του θέση που ονομάζεται βέλος κάμψης. Το σχήμα του παραμορφωμένου άξονα του σώματος ονομάζεται ελαστική γραμμή και η συνάρτηση που δίνει τα βέλη κάμψης, δηλαδή την κατακόρυφη μετατόπιση ενός σημείου του άξονα σε σχέση με την αρχική του θέση, ονομάζεται εξίσωση της ελαστικής γραμμής. Ο υπολογισμός της ελαστικής γραμμής έχει μεγάλη σημασία στις τεχνικές κατασκευές. Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι τα βέλη κάμψης δε δημιουργούν πρόβλημα ασφάλειας, λειτουργικότητας ή αισθητικής (Βουθούνης, 2011).

Η συνάρτηση της κλίσης φ του παραμορφωμένου στοιχείου σε κάθε θέση x είναι:

$$\varphi(x) = \frac{1}{E} \cdot I_z \cdot \int -M(x) \cdot dx + c_1$$

Η εξίσωση της ελαστικής γραμμής είναι:

$$w(x) = \frac{1}{E} \cdot I_z \cdot \iint -M(x) \cdot dx + c_1 \cdot x + c_2$$

ή

$$w(x) = \int \varphi(x) \cdot dx + c_2$$

Όπου:

E : Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού.

I_z: Η ροπή αδράνειας.

M(x): Η ροπή κάμψης σε συνάρτηση με την απόσταση x.

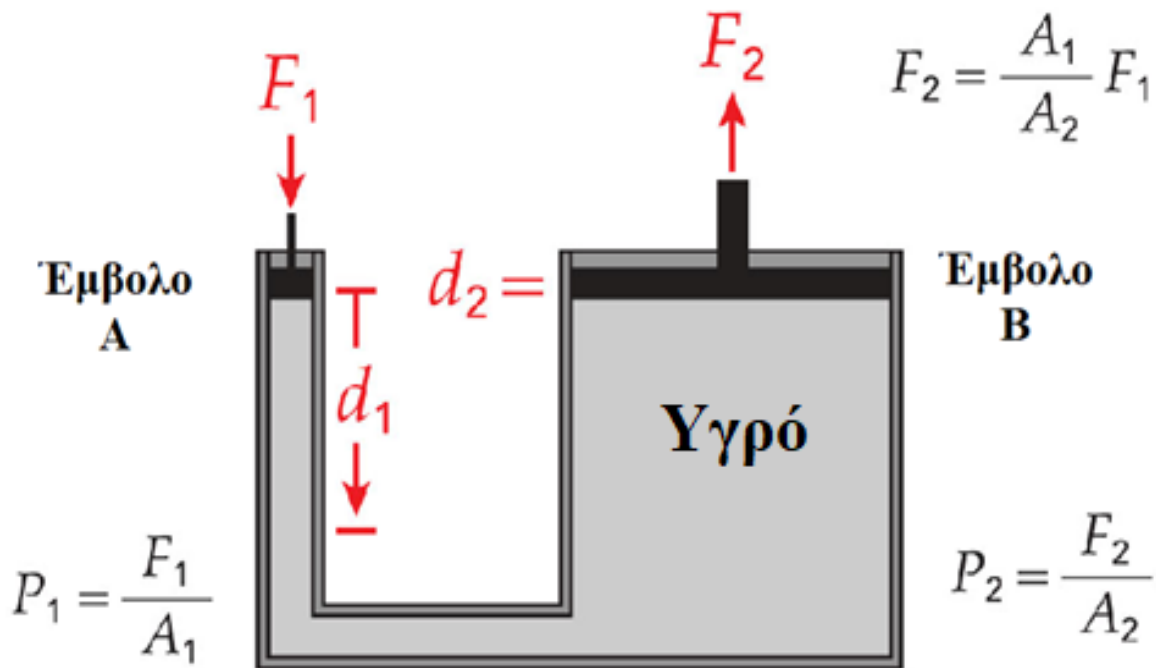
c₁, c₂: Σταθερές ολοκλήρωσης που προκύπτουν από τις συνθήκες στήριξης.

Θα πρέπει οι w(x) και φ(x) να μηδενίζονται στις θέσεις που υπάρχει εμπόδιο κατακόρυφης μετατόπισης και στροφής αντίστοιχα (Βουθούνης , 2011).

4.3. Ρευστομηχανική των υδραυλικών συστημάτων σε ανυψωτικές διατάξεις

4.3.1. Η αρχή διατήρησης της πίεσης και το μηχανικό πλεονέκτημα στο υδραυλικό έμβολο

Το σύγχρονο υδραυλικό έμβολο ή πιεστήριο, όπως αλλιώς ονομάζεται, εφευρέθηκε από τον βρετανό μηχανικό **Joseph Bramah** (13 Απριλίου 1748 – 9 Δεκεμβρίου 1814) το 1795 και περιγράφεται με τον όρο **πιεστήριο του Bramah** ακόμα και σήμερα. Ένα υδραυλικό έμβολο είναι μια διάταξη που χρησιμοποιώντας την παραλαμβανόμενη (μέσω του υγρού που κυκλοφορεί στο σύστημα) πίεση μπορεί να πολλαπλασιάσει τη δύναμη που εφαρμόζεται πάνω της με ένα ορισμένο συντελεστή, μειώνοντας την απαιτούμενη ισχύ για την παραγωγή ενός συγκεκριμένου έργου, δημιουργώντας **μηχανικό πλεονέκτημα** (Wikipedia.org, 2019). Για την απλούστερη απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτό, θα χρησιμοποιηθεί το παρακάτω σχήμα, που εξηγεί την αρχή του Pascal, αν και δεν υπάρχει έμβολο A στο πραγματικό σύστημα που θα κατασκευαστεί. **Συνήθως, σε συστήματα αυτού του τύπου, μια αντλία η οποία κινείται από έναν ηλεκτροκινητήρα ή ντηζελοκινητήρα τροφοδοτεί με λάδι υπό πίεση τα υδραυλικά έμβολα. Αυτή η πίεση μεταφέρεται μέσω της παροχής του εμβόλου, δίνοντας ώθηση στο πιστόνι (έμβολο B) και εξασφαλίζοντας την ελεγχόμενη και σταθερή κίνηση του βραχίονα και άλλων μερών του γερανού.**



Εικόνα 24: Σχήμα επεξήγησης του νόμου του Pascal (Gsu.edu, 2019).

Εντός του κλειστού συστήματος του υδραυλικού εμβόλου, **σύμφωνα με το νόμο του Pascal, η εφαρμοζόμενη πίεση (P) σε ένα οποιοδήποτε σημείο του υγρού μεταδίδεται εξίσου προς κάθε κατεύθυνση.** Επιπλέον ισχύει ο τύπος:

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

(όπου F =δύναμη, A =εμβαδόν επιφάνειας)

Το έμβολο A (οι παροχές του εμβόλου) έχει σημαντικά μικρότερο εμβαδόν από το B (πιστόνι του εμβόλου). Όταν με την βοήθεια μιας αντλίας συγκεντρώνουμε μια πίεση P_1 στο έμβολο A, τότε ασκείται μια δύναμη F_1 σε αυτό η οποία, μέσω του υγρού, ασκείται στο έμβολο B. Καθώς η πίεση P_2 που ασκείται στο **έμβολο B** είναι ίση με την πίεση P_1 , **η μεταφερόμενη δύναμη F_2 θα είναι ίση με τη δύναμη F_1 πολλαπλασιασμένη με το λόγο του εμβαδού των δύο εμβόλων $A(A) / A(B)$** (Gsu.edu, 2019; Nasa.gov, 2019)

$$F_1 = P_1 \cdot A(a) \quad \text{Αρχή του Pascal: } P_1 = P_2 = P$$

$$F_2 = P_2 \cdot A(b) \quad \text{Οπότε: } F_1/F_2 = A(a)/A(b)$$

Εφαρμόζοντας μια δεδομένη δύναμη στο μικρότερου εμβαδού έμβολο, πετυχαίνουμε τον πολλαπλασιασμό της στο μεγαλύτερου εμβαδού έμβολο, χάρη στην αρχή της μετάδοσης της πίεσης. Το μειονέκτημα αυτής της μετατροπής είναι η αρκετά μεγαλύτερη διαδρομή (d_1) που πρέπει να διανύσει το έμβολο A σε σχέση με την παραγόμενη μετατόπιση του εμβόλου B (d_2) (Gsu.edu, 2019; Nasa.gov, 2019). Όπως συμβαίνει και με την περίπτωση της τροχαλίας **αυτή η διάταξη πετυχαίνει τη δημιουργία μηχανικού πλεονεκτήματος.** Φυσικά το παραγόμενο έργο και στην είσοδο και στην έξοδο της διάταξης παραμένει ίδιο όπως ορίζει η αρχή διατήρησης της ενέργειας:

$$W_{\text{εισ}} = W_{\text{εξοδ}}$$

$$\Rightarrow F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

$$\Rightarrow d_1 = F_2/F_1 \cdot d_2$$

$$\Rightarrow d_1 = A(b)/A(a) \cdot d_2$$

Επομένως η απόσταση που διανύει το έμβολο A είναι ίση με αυτή του B πολλαπλασιασμένη με τον λόγο του εμβαδού των δύο εμβόλων $A(B) / A(A)$ (Gsu.edu, 2019; Nasa.gov, 2019).

4.4. Εισαγωγή στους οδοντωτούς τροχούς των διατάξεων μετάδοσης της κίνησης

4.4.1. Μετάδοση της κίνησης με οδοντωτούς τροχούς

Η σύνδεση δύο ατράκτων με τη βοήθεια δύο οδοντωτών τροχών επιτυγχάνεται με την εμπλοκή των δοντιών του ενός στις εσοχές του άλλου. Η μετάδοση της κίνησης με οδοντωτούς τροχούς παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου μετάδοσης της κίνησης είναι αρκετά. Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για όλες τις σχετικές θέσεις των ατράκτων στο χώρο και η δυνατότητα μετατροπής της σχέσης μετάδοσης με την αλλαγή των οδοντωτών τροχών με άλλους με διαφορετικό αριθμό δοντιών. Επιπλέον η μετάδοση της κίνησης είναι σταθερή και ομαλή, καθώς λόγω της εμπλοκής των δοντιών δεν παρουσιάζονται απώλειες στρωφών. Περαιτέρω θετικά στοιχεία αποτελούν η μεγάλη διάρκεια ζωής της διάταξης, η μικρές απαιτήσεις σε συντήρηση, και ο πολύ καλός βαθμός απόδοσης ο οποίος βέβαια εξαρτάται από το είδος των τροχών, την ποιότητα της κατασκευής και την κατάλληλη και τακτική λίπανση. Στα αρνητικά χαρακτηριστικά τους συγκαταλέγονται η θορυβώδης, σε κάποιες περιπτώσεις, λειτουργία το σχετικά υψηλό κόστος κατασκευής και η μετάδοση της κίνησης κατά μη ελαστικό τρόπο (Teipir.gr, 2019).

4.4.2. Τύποι οδοντωτών τροχών

Οι διάφοροι τύποι των οδοντωτών τροχών καλύπτουν ένα φάσμα πολλών διαφορετικών περιπτώσεων μετάδοσης κίνησης και συσχετίζονται άμεσα με τις πιθανές σχετικές θέσεις των συνδεδεμένων ατράκτων. Οι δύο βασικές κατηγορίες οδοντωτών τροχών είναι οι μετωπικοί και οι κωνικοί, υπάρχουν όμως ορισμένες περιπτώσεις μετάδοσης κίνησης στις οποίες χρησιμοποιούνται κυλινδρικές, ελικοειδείς ή κοχλιωτές οδοντώσεις. Οι οδοντωτοί τροχοί κατασκευάζονται με κοπή και διαμόρφωση μεταλλικών τεμαχίων, μηχανουργικές κατεργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται στις κατάλληλες εργαλειομηχανές. Τα αρχικά τεμάχια

που κατεργάζονται για να διαμορφωθούν οι τελικές μορφές των διαφόρων τύπων γραναζιών είναι συνήθως κυλινδρικά ή κωνικά. Όταν οι συνδεόμενοι άξονες είναι παράλληλοι, οι οδοντωτοί τροχοί που χρησιμοποιούνται είναι μετωπικοί, οπότε στην περίπτωση αυτή, η μορφή του αρχικού τεμαχίου είναι κυλινδρική. Όταν οι συνδεόμενοι άξονες τέμνονται, οι οδοντωτοί τροχοί που χρησιμοποιούνται είναι κωνικοί όπως και η μορφή του αρχικού τεμαχίου. Όταν οι συνδεόμενοι άξονες είναι ασύμβατοι, οι οδοντωτοί τροχοί που χρησιμοποιούνται είναι ελικοειδείς ή κοχλιωτοί. Στην περίπτωση αυτή, η μορφή του αρχικού τεμαχίου μπορεί να είναι κυλινδρική ή υπερβολοειδής (metadosi-ischios.gr, 2019).

4.4.3. Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί

Η κατηγορία των μετωπικών οδοντωτών τροχών καλύπτει μια τεράστια γκάμα εφαρμογών και περιλαμβάνει πολλούς διαφορετικούς τύπους μετωπικών γραναζιών. Εφόσον το αρχικό τεμάχιο είναι κυλινδρικό, τότε και ο οδοντωτός τροχός συνιστά μια κυλινδρική στεφάνη. Μια πρώτη βασική διάκριση μεταξύ των μετωπικών γραναζιών συνίσταται στο αν και οι δύο συμπλεκόμενες οδοντώσεις είναι εξωτερικές ή μια από αυτές είναι εσωτερική. Στην περίπτωση της εσωτερικής οδόντωσης, τα δόντια διαμορφώνονται στην εσωτερική πλευρά της κυλινδρικής στεφάνης. Μια δεύτερη βασική διάκριση αναφέρεται στον προσανατολισμό των δοντιών. Αν η ακμή της οδόντωσης είναι παράλληλη προς τους συνδεόμενους άξονες, τότε έχουμε την ευθεία οδόντωση. Αν όμως η ακμή των δοντιών σχηματίζει γωνία με τους συνδεόμενους άξονες τότε η οδόντωση είναι κεκλιμένη. Ένας τύπος κεκλιμένης οδόντωσης είναι η διπλή κεκλιμένη οδόντωση. Στην περίπτωση αυτή η κυλινδρική στεφάνη που συνιστά τον κορμό του γραναζιού είναι χωρισμένη σε δύο συμμετρικά μέρη με διαχωριστικό επίπεδο το κάθετο στον άξονα της οδόντωσης επίπεδο. Έκαστο των δύο μερών έχει σχηματισμένη κεκλιμένη οδόντωση με την διαφορά ότι οι γωνίες των δύο κεκλιμένων οδοντώσεων έχουν αντίθετο πρόσημο (ως προς το διάνυσμα του άξονα της οδόντωσης). Στην περίπτωση που οι δύο κεκλιμένες οδοντώσεις δεν διαχωρίζονται από μια ελάχιστου πλάτους κυλινδρική λωρίδα, τότε σχηματίζουν γωνία και η οδόντωση λέγεται γωνιώδης. Οι μετωπι-

κοί οδοντωτοί τροχοί έχουν μεγάλες δυνατότητες μετάδοσης ισχύος. Μπορούν να μεταδώσουν ισχύ μέχρι 25.000 ίππους με πολύ υψηλό μηχανικό συντελεστή ισχύος που κυμαίνεται από 96% ως 99%. Μπορούν επίσης να μεταδώσουν κίνηση με ταχύτητα περιστροφής μέχρι 100.000 στροφές το λεπτό. Σε μεγάλου μεγέθους και στιβαρής κατασκευής μετωπικές οδοντώσεις η γραμμική ταχύτητα περιστροφής μπορεί να φτάσει τα 200 μέτρα το δευτερόλεπτο. Η σχέση μετάδοσης για ένα ζευγάρι οδοντωτών τροχών μπορεί να φτάσει σε μια μέγιστη τιμή 1:20, ενώ για δύο ζευγάρια η μέγιστη σχέση μετάδοσης μπορεί να είναι 1:60 (metadosi-ischios.gr, 2019).

4.4.4. Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί

Οι κωνικοί οδοντωτοί τροχοί χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση κίνησης μεταξύ τεμνόμενων αξόνων. Οι συμπλεκόμενες οδοντώσεις είναι πάντοτε εξωτερικές και μπορούν να είναι είτε ευθείες, είτε κεκλιμένες είτε καμπύλες. Οι τεμνόμενοι άξονες που συνδέονται με κωνικά γρανάζια είναι συνήθως κάθετοι μεταξύ τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι καμπύλες οδοντώσεις είναι ελικοειδείς. Τα ελικοειδή γρανάζια χρησιμοποιούνται κυρίως στις μεταδόσεις κίνησης μεταξύ ασύμβατων αξόνων. Πάντως η απόσταση μεταξύ των ασύμβατων αξόνων δεν πρέπει να είναι μεγάλη γιατί τότε χαρακτηριστικά γεωμετρικά μεγέθη των οδοντώσεων, όπως το ύψος του οδόντος και του ποδός, θα πρέπει να πάρουν τιμές απαγορευτικές για τη μηχανική της περιστροφής του συστήματος μετάδοσης. Στις μεταδόσεις μεταξύ ασύμβατων αξόνων χρησιμοποιούνται επίσης και κοχλιωτοί οδοντωτοί τροχοί. Στα κοχλιωτά γρανάζια η ιδιαίτερη μορφή των συμπλεκόμενων οδόντων και των κυλιόμενων επιφανειών επιβάλλει στη μηχανική θεωρία περιστροφής του συστήματος να επιτρέπει μικρές φορτίσεις και μικρές σχέσεις μετάδοσης (μέχρι 1:5). Αμφότερα τα ελικοειδή και τα κοχλιωτά γρανάζια που συνδέουν ασύμβατους άξονες, μειονεκτούν ως προς το βαθμό απόδοσης απέναντι στα κωνικά γρανάζια που συνδέουν τεμνόμενους άξονες. Αυτό οφείλεται στο ότι η ιδιαίτερη μορφή των δοντιών τους συνεπάγεται αυξημένες τριβές κατά τη συμπλοκή των δοντιών με συνέπεια να είναι αυξημένο το ποσοστό της μηχανικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα και δεν αξιοποιείται στη μετάδοση της κίνησης (metadosi-ischios.gr, 2019).

5. Μεθοδολογία Σχεδιασμού

Η οποιοδήποτε κατασκευή, απαιτεί τη χρήση μιας μεθοδολογίας σχεδιασμού η οποία θα διασφαλίσει την επίτευξη των στόχων που τέθηκαν και την δημιουργία ενός προϊόντος όσο το δυνατόν πιο εξειδικευμένο για τον σκοπό που καλείται να εκπληρώσει. Η ανάγκη αυτή γίνεται ακόμα πιο εμφανής, όταν το τελικό προϊόν είναι μια σύνθετη και περίπλοκη κατασκευή που περιλαμβάνει, πολλά επιμέρους συστήματα τα οποία ανταγωνίζονται για χώρο ή δημιουργούν άλλα τεχνικά προβλήματα, όπως ο γερανός που θα σχεδιαστεί στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής εργασίας. Η δημιουργία μιας κατασκευής βρίθκει από μια σειρά αντικρουόμενων μεταξύ τους στόχων, τους οποίους η θεωρία του σχεδιασμού κατασκευών προσπαθεί να ιεραρχήσει και να ικανοποιήσει στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία Παρακάτω γίνεται μια ανάλυση της μεθοδολογίας του σχεδιασμού του γερανοφόρου οχήματος, με τα λογικά βήματα και τις μεθόδους που ακολουθούνται για την βελτιστοποίηση και την προσαρμογή του στις πραγματικές απαιτήσεις.

Στάδια εργασίας κατά τον Σχεδιασμό Κατασκευών

Χρονικά τα στάδια στα οποία διαρθρώνεται ο σχεδιασμός είναι τα εξής:

- Στάδιο διασαφήνισης του προβλήματος
- Στάδιο σύλληψης της ιδέας
- Στάδιο σχεδιομελέτης
- Στάδιο επεξεργασίας

5.1. Στάδιο διασαφήνισης του προβλήματος

Το *στάδιο διασαφήνισης του προβλήματος* χρησιμεύει στην συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις απαιτήσεις που τίθενται για τη λύση καθώς και για τις υπάρχουσες προϋποθέσεις και τη σημασία τους. Η εργασία αυτή οδηγεί στην επεξεργασία του πίνακα προδιαγραφών που είναι προσαρμοσμένος στις απαιτήσεις για την ανάπτυξη της κατασκευής, καθώς και στα επόμενα βήματα εργασίας. Το αποτέλεσμα είναι ο πληροφοριακός καθορισμός του πίνακα προδιαγραφών. Από τον πίνακα αυτό που συμπληρώνεται και ενημερώνεται συνέχεια ξεκινά όλη η περαιτέρω εργασία. Το στάδιο αυτό απαρτίζεται από τα παρακάτω στοιχεία:

5.1.A. Πίνακας προδιαγραφών

Με βάση τις αρχές και τους στόχους που προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και λαμβάνοντας υπόψιν τους υπάρχοντες περιορισμούς, διαμορφώθηκε ο παρακάτω πίνακας προδιαγραφών για τον αυτοκινούμενο γερανό που αποτελεί το αντικείμενο της μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Τα όποια αριθμητικά προσδιορισμένα τεχνικά μεγέθη, δεν αποτελούν τελικά τεχνικά χαρακτηριστικά του γερανοφόρου οχήματος αλλά έχουν ως σκοπό την διασαφήνιση του προβλήματος μέσα από την προσωρινή οριοθέτηση ορισμένων παραμέτρων (Στεργίου, 2004).

Πίνακας 4: Πίνακας προδιαγραφών αυτοκινούμενου γερανού

Χαρακτηρισμός σε Α: ανάγκη και Ε: επιθυμία	ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ
	<i>Αυτοκινούμενο και τηλεσκοπικό γερανοφόρο όχημα για την ανύψωση υαλοπινάκων σε εσωτερικούς χώρους.</i>
Γεωμετρία	
A	• Μέγιστο ολικό μήκος βάσης γερανού (με κλειστά ποδαρικά - μόνο για αποθήκευση και μεταφορά): 3 m.
A	• Μέγιστο ολικό πλάτος βάσης γερανού (με κλειστά ποδαρικά - μόνο για αποθήκευση και μεταφορά): 1.5 m.
A	• Μέγιστο μεταξόνιο: 2 m.
A	• Μέγιστο ολικό μήκος γερανού με τον βραχίονα οριζοντιωμένο και συμπτυγμένο: 4 m.
A	• Μέγιστο ολικό ύψος γερανού με τον βραχίονα οριζοντιωμένο και συμπτυγμένο: 1.8 m.
A	• Ελάχιστη απόσταση πλαισίου από έδαφος: 20 cm.
A	• Ελάχιστο μέγιστο ύψος ανύψωσης μετρούμενο από το έδαφος μέχρι το μέσο του ύψους του υαλοπίνακα: 4 m.
A	• Ελάχιστη απόσταση προσέγγισης γερανού για την ανύψωση του μέγιστου φορτίου από το επίπεδο του εδάφους: 1.5 m.

	Διάταξη
A	<ul style="list-style-type: none"> • Παραλαβή φορτίου από την εμπρόσθια πλευρά του οχήματος για μεγαλύτερη ορατότητα και εύκολη και ασφαλή ανύψωση και μεταφορά του.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση του χειριστή στο πίσω μέρος του οχήματος μακριά από το φορτίο για μεγαλύτερη ασφάλεια.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Συγκέντρωση μαζών όπως του κινητήρα και του χειριστή στο πίσω μέρος του οχήματος για την μεγαλύτερη προστασία του γερανού από τον κίνδυνο της ανατροπής από υπερφόρτωση, κακό χειρισμό ή ισχυρούς άνεμους.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση της βάσης του βραχίονα στο πίσω μέρος του οχήματος για την καλύτερη αξιοποίηση του μήκους του πλαισίου του γερανού ως βάση στήριξης και την αύξηση της ανυψωτικής ικανότητας και της ασφάλειας του γερανού.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση τηλεσκοπικών ή πτυσσόμενων στηριγμάτων για την προστασία από ανατροπή του γερανού (ποδαρικών).
	Κινηματική
A	<ul style="list-style-type: none"> • Σύστημα κίνησης του οχήματος.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Σύστημα αλλαγής πορείας με ηλεκτρική ή υδραυλική υποβοήθηση.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Ελάχιστη μέγιστη ταχύτητα του οχήματος 10 km/h.

A	<ul style="list-style-type: none"> • Σύστημα κίνησης του βραχίονα για την ανύψωση του φορτίου.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Οπίσθια μετάδοση κίνησης για την συγκέντρωση μαζών και την μετατόπιση του κέντρου βάρους προς τα πίσω.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Σύστημα κίνησης των πτυσσόμενων στηριγμάτων.
	Δυνάμεις
A	<ul style="list-style-type: none"> • Ελάχιστη ανυψωτική ικανότητα από οποιαδήποτε θέση και έκταση του βραχίονα: 500 kg.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Μέγιστο βάρος άνευ φορτίου: 1200 kg.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Μέγιστο μεικτό βάρος: 1800 kg.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Αντοχή πλαισίου, βραχίονα, συστήματος ανύψωσης και πέδησης αυτής σε παραμόρφωση με πλήρες φορτίο και σε κίνηση.
	Ενέργεια
A	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών των μηχανισμών κίνησης για την οικονομικότερη και φιλικότερη προς το περιβάλλον λειτουργία του οχήματος.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση ηλεκτρικών συστοιχιών (μπαταριών) για την αυτόνομη κίνηση του οχήματος.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Δυνατότητα φόρτισης των μπαταριών από το δίκτυο.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Δυνατότητα αναπλήρωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του φρεναρίσματος.

	Υλικά
A	<ul style="list-style-type: none"> • Επιλογή υλικών με τις κατάλληλες μηχανικές ιδιότητες.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Επιλογή υλικών με εύκολη κατεργασιμότητα με συμβατικές κατασκευαστικές μεθόδους.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Επιλογή υλικών με λογικό κόστος για το χαρακτήρα της κατασκευής.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Επιλογή πρώτων υλών διαμορφωμένων σε διατομές και τεμάχια που θα επιτρέψουν την κατασκευή του οχήματος με τον μικρότερο δυνατό αριθμό κατεργασιών και επομένως το ελάχιστο δυνατό κόστος.
	Ασφάλεια
E	<ul style="list-style-type: none"> • Ύπαρξη αισθητήρα ελέγχου απόστασης, στα άκρα του πλαισίου, με ηχητική προειδοποίηση, για την αποφυγή σύγκρουσης με σύστημα διακοπής της ενέργειας.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Ύπαρξη μηχανισμού αυτόματης πέδησης του συστήματος ανύψωσης του γερανού σε περίπτωση απώλειας ενέργειας για την αποφυγή ατυχήματος.
A	<ul style="list-style-type: none"> • Φώτα πορείας και φώτα στις πλευρές και το οπίσθιο μέρος του οχήματος.
	Έλεγχος
A	<ul style="list-style-type: none"> • Συμμόρφωση με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς γερανοφόρων οχημάτων και τα αντίστοιχα πρότυπα ασφαλείας κατά DIN.

A	• Διαστασιολόγηση, ποιότητα επιφανειών, κατεργασίες μηχανολογικές, θερμικές και συγκολλήσεις κατά τα πρότυπα DIN.
	Μεταφορά
A	• Δυνατότητα μεταφοράς με ημιφορτηγό κλειστής καρότσας στο εργασίας.
	Χρήση
A	• Χρήση του μηχανήματος από ένα άτομο, για την ανύψωση και τη μεταφορά, με επιθυμητή αλλά όχι υποχρεωτική τη παρουσία ενός δεύτερου ατόμου με επικουρικό χαρακτήρα.
A	• Δυνατότητα για χρήση σε δύσβατα εδάφη και σε περιορισμένους εσωτερικούς χώρους.
E	• Μέγιστη επιθυμητή ταχύτητα έως 15km/h.
	Συντήρηση
A	• Τακτική λίπανση κινούμενων μερών.
A	• Τεχνικός έλεγχος στα προβλεπόμενα βάζη προτύπων διαστήματα, από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό σε: σύστημα μετάδοσης της κίνησης, ηλεκτρικά κυκλώματα, υδραυλικό σύστημα, σύστημα πέδησης του μηχανισμού ανύψωσης και στα διάφορα κινούμενα μέρη του οχήματος.

	Ανακύκλωση
A	• Χρήση ανακυκλώσιμων υλικών, όπου αυτό είναι εφικτό.
A	• Ανακύκλωση όλων των ανακυκλώσιμων μερών της κατασκευής, μετά το πέρας της ζωής του προϊόντος.
	Κόστος
A	• Μέγιστο κόστος: 10.000 €
	Προθεσμία
A	• Τέλος μελέτης: Σεπτέμβριος 2019
E	• Χρόνος παράδοσης: Μια εβδομάδα μετά την συναρμολόγηση, για την διεξαγωγή δοκιμών και ελέγχων.

5.1.B. Στάδιο της αφαίρεσης

Η διαδικασία της αφαίρεσης εξυπηρετεί στην **αποδέσμευση των μελετητών-μηχανικών από προκαταλήψεις και παραδοσιακές ιδέες** και αποσκοπεί στην προβολή του ουσιώδους και αυτού που ισχύει γενικά. Ως τελικό στόχο έχει την **αναζήτηση της βέλτιστης δυνατής λύσης**, απελευθερώνοντας την από τον παράγοντα του ανθρώπινου συντηρητισμού, που σε πολλές περιπτώσεις αποκλείει πιθανές βέλτιστες λύσεις σε ένα πρόβλημα (Στεργίου, 2004).

α) Πρώτο βήμα - Νοερή εγκατάλειψη των επιθυμιών

Διάταξη

- Συγκέντρωση μαζών όπως του κινητήρα και του χειριστή στο πίσω μέρος του οχήματος για την μεγαλύτερη προστασία του γερανού από τον κίνδυνο της ανατροπής από υπερφόρτωση, κακό χειρισμό ή ισχυρούς άνεμους.
- Τοποθέτηση της βάσης του βραχίονα στο πίσω μέρος του οχήματος για την καλύτερη αξιοποίηση του μήκους του πλαισίου του γερανού ως βάση στήριξης και την αύξηση της ανυψωτικής ικανότητας και της ασφάλειας του γερανού.

Κινηματική

- Οπίσθια μετάδοση κίνησης για την συγκέντρωση μαζών και την μετατόπιση του κέντρου βάρους προς τα πίσω.
- Σύστημα κίνησης των πτυσσόμενων στηριγμάτων.

Δυνάμεις

- Μέγιστο μεικτό βάρος: 1800 kg.

Ενέργεια

- Δυνατότητα αναπλήρωσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του φρεναρίσματος.

Ασφάλεια

- Ύπαρξη αισθητήρα ελέγχου απόστασης, στα άκρα του πλαισίου, με ηχητική προειδοποίηση, για την αποφυγή σύγκρουσης με σύστημα διακοπής της ενέργειας.

Χρήση

- Μέγιστη επιθυμητή ταχύτητα έως 15 km/h.

Προθεσμία

- Χρόνος παράδοσης: Μια εβδομάδα μετά την συναρμολόγηση, για την διεξαγωγή δοκιμών και ελέγχων.

β) Δεύτερο βήμα - Εγκατάλειψη των απαιτήσεων εκείνων που δεν επηρεάζουν άμεσα τη λειτουργία και τους βασικούς όρους.

Γεωμετρία

- Μέγιστο μεταξόνιο: 2 m.
- Ελάχιστη απόσταση πλαισίου από έδαφος: 20 cm.

Ενέργεια

- Δυνατότητα φόρτισης των μπαταριών από το δίκτυο.

Ασφάλεια

- Φώτα πορείας και φώτα στις πλευρές και το οπίσθιο μέρος του οχήματος.

γ) Τρίτο βήμα - Μετατροπή των ποσοτικών δεδομένων σε ποιοτικά και συγχρόνως σύμπτυξη αυτών στις κυριότερες έννοιες.

- Μικρό μέγεθος κατασκευής.
- Μεγάλες ροπές για την κίνηση και την ανύψωση του φορτίου.
- Περιορισμένο καθαρό βάρος κατασκευής.
- Ασφάλεια του χειριστή κατά την διάρκεια της εργασίας.
- Μεγάλη αντοχή τις κατασκευής σε καταπονήσεις.
- Περιορισμένο κόστος.

δ) Τέταρτο βήμα - Εύλογη διερεύνηση αυτών που προέκυψαν.

- Μικρό μέγεθος κατασκευής
- Μεγάλες ροπές για την κίνηση και την ανύψωση του φορτίου - Υδραυλικά σύστημα.
- Περιορισμένο καθαρό βάρος κατασκευής.
- Ασφάλεια του χειριστή κατά την διάρκεια της εργασίας - Επαρκής απόσταση θέσης χειριστή και φορτίου.
- Μεγάλη αντοχή τις κατασκευής σε καταπονήσεις - Ενισχυμένο πλαίσιο.
- Περιορισμένο κόστος - Συμβατικά υλικά.

ε) Πέμπτο βήμα - Ουδέτερη διατύπωση του προβλήματος, ανεξάρτητα από τη λύση.

«Κατασκευή αυτοκινούμενου και τηλεσκοπικού γερανοφόρου οχήματος για την ανύψωση υαλοπινάκων σε εσωτερικούς χώρους, με μικρές διαστάσεις και βάρος, με ηλεκτρική πηγή ενέργειας.»

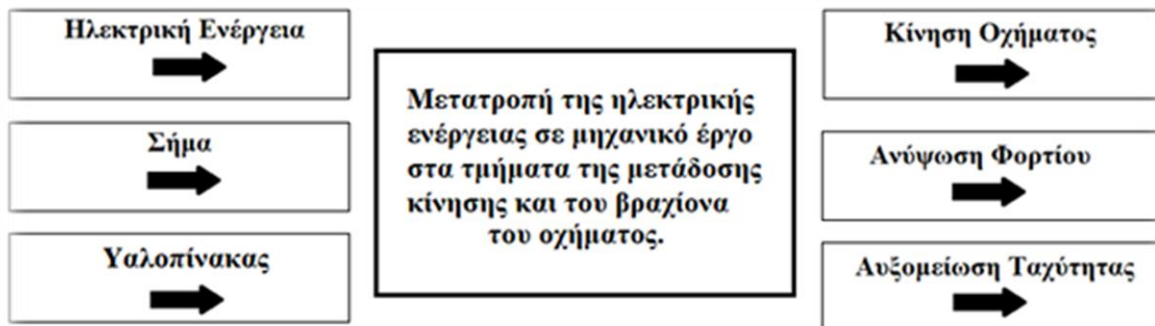
5.1.Γ. Τεχνικό σύστημα- Μετατροπή ενέργειας, ύλης και σήματος

Η λύση τεχνικών προβλημάτων, στη σύγχρονη μεθοδολογία κατασκευών, επιτυγχάνεται με την βοήθεια δομών που ονομάζονται **τεχνικά συστήματα ή κατασκευάσματα**. Τα τεχνικά συστήματα συνδέονται με το περιβάλλον τους με μεγέθη εισόδου (inputs) και μεγέθη εξόδου (outputs) και μπορούν να υποδιαιρεθούν σε επιμέρους συστήματα. Οτιδήποτε ανήκει στο υπό εξέταση σύστημα ορίζεται από τα όρια του, ενώ τα μεγέθη εισόδου και εξόδου επεκτείνονται πέρα από τα όρια αυτά. Η ύπαρξη αυτών των συστημάτων εξυπηρετεί την μετατροπή της διοχετευόμενης ενέργειας, ύλης και σήματος από μια αρχική σε μια τελική κατάσταση, διαδικασία που οδηγεί μεθοδολογικά σε έναν ακριβέστερο προσδιορισμό των παραμέτρων του τεχνικού προβλήματος. Η **οπτική απεικόνιση**, του **γενικού συστήματος** που ορίζει το προς επίλυση τεχνικό πρόβλημα, γίνεται με τη βοήθεια ενός **μαύρου κουτιού (black box)**. Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει μια σύντομη αναφορά σε μερικούς ορισμούς που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Ως **λειτουργία** ορίζεται η γενική σχέση μεταξύ εισόδου και εξόδου ενός συστήματος με σκοπό την επίλυση ενός κατασκευαστικού προβλήματος. **Η ολική λειτουργία προσδιορίζει τη σχέση που προκύπτει από την αφηρημένη και ουδέτερη αρχική διατύπωση του τεχνικού προβλήματος. Η περαιτέρω ανάλυση της ολικής λειτουργίας σε επί μέρους λειτουργίες, δημιουργεί απλουστευμένα υποπροβλήματα, των οποίων η επίλυση και μετέπειτα σύνθεση στο σύστημα της δομής λειτουργίας οδηγεί στη συνολική λύση του τεχνικού προβλήματος.** Παρακάτω παρατίθενται τα σχήματα των κυριότερων αυτών δομών που αφορούν την σχεδιαζόμενη κατασκευή (Στεργίου, 2004).

Black Box



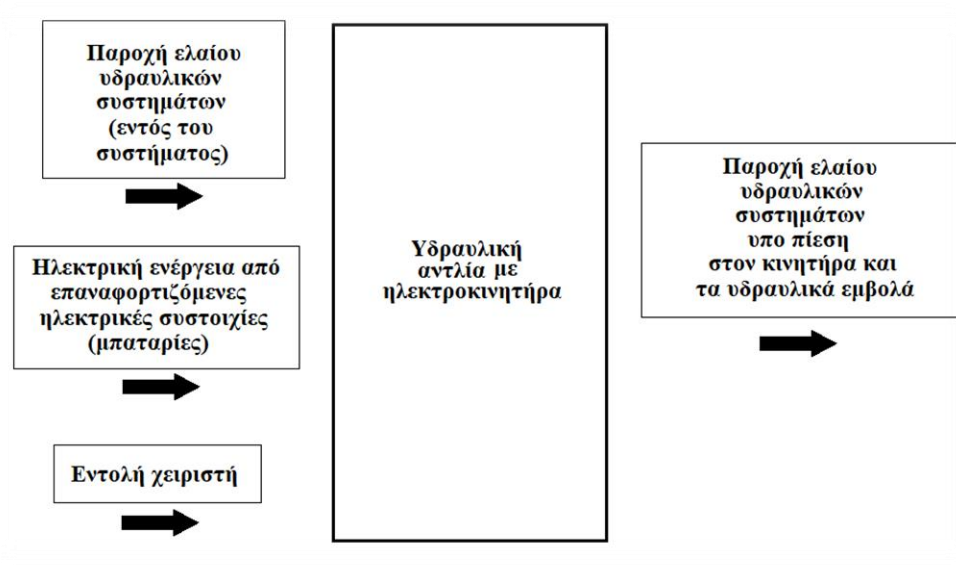
Ολική λειτουργία



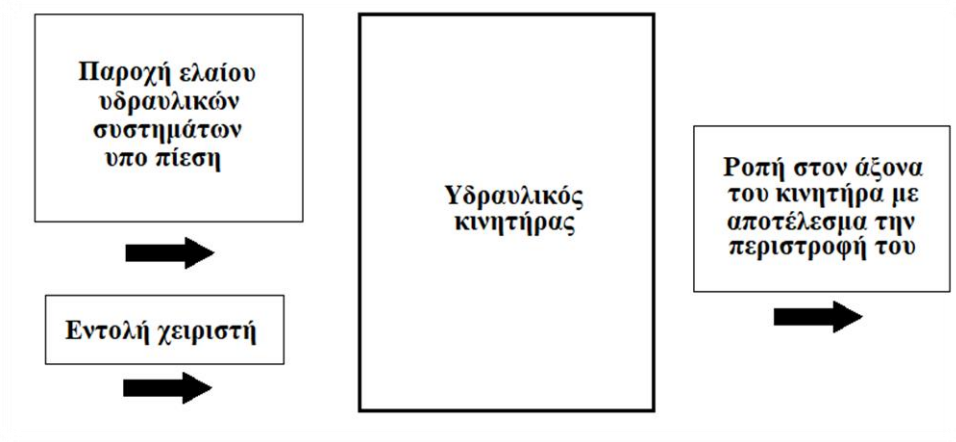
Κύριες λειτουργίες

Παρακάτω παρουσιάζονται, δομημένες εντός τεχνικών συστημάτων, οι **κυριότερες λειτουργίες** που αποτελούν την περίληψη του συνόλου των διεργασιών που θα λαμβάνουν χώρα κατά την εκτέλεση των εργασιών του μηχανήματος.

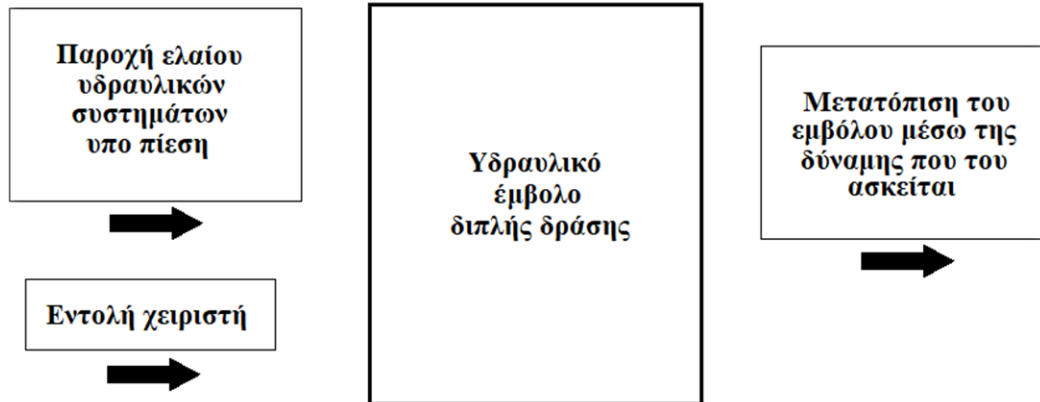
α) Δημιουργία πίεσης στο υδραυλικό σύστημα για την αξιοποίηση του από άλλες διατάξεις του γερανού για την παραγωγή έργου.



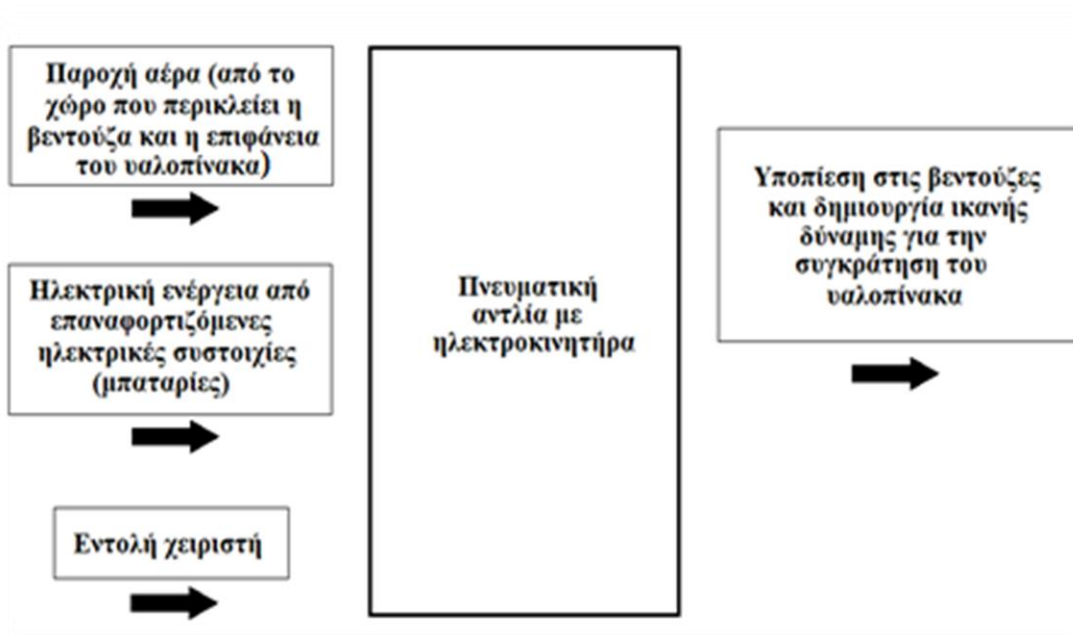
β) Παραγωγή ισχύος για την κίνηση του οχήματος και τη μεταφορά του υαλοπίνακα.



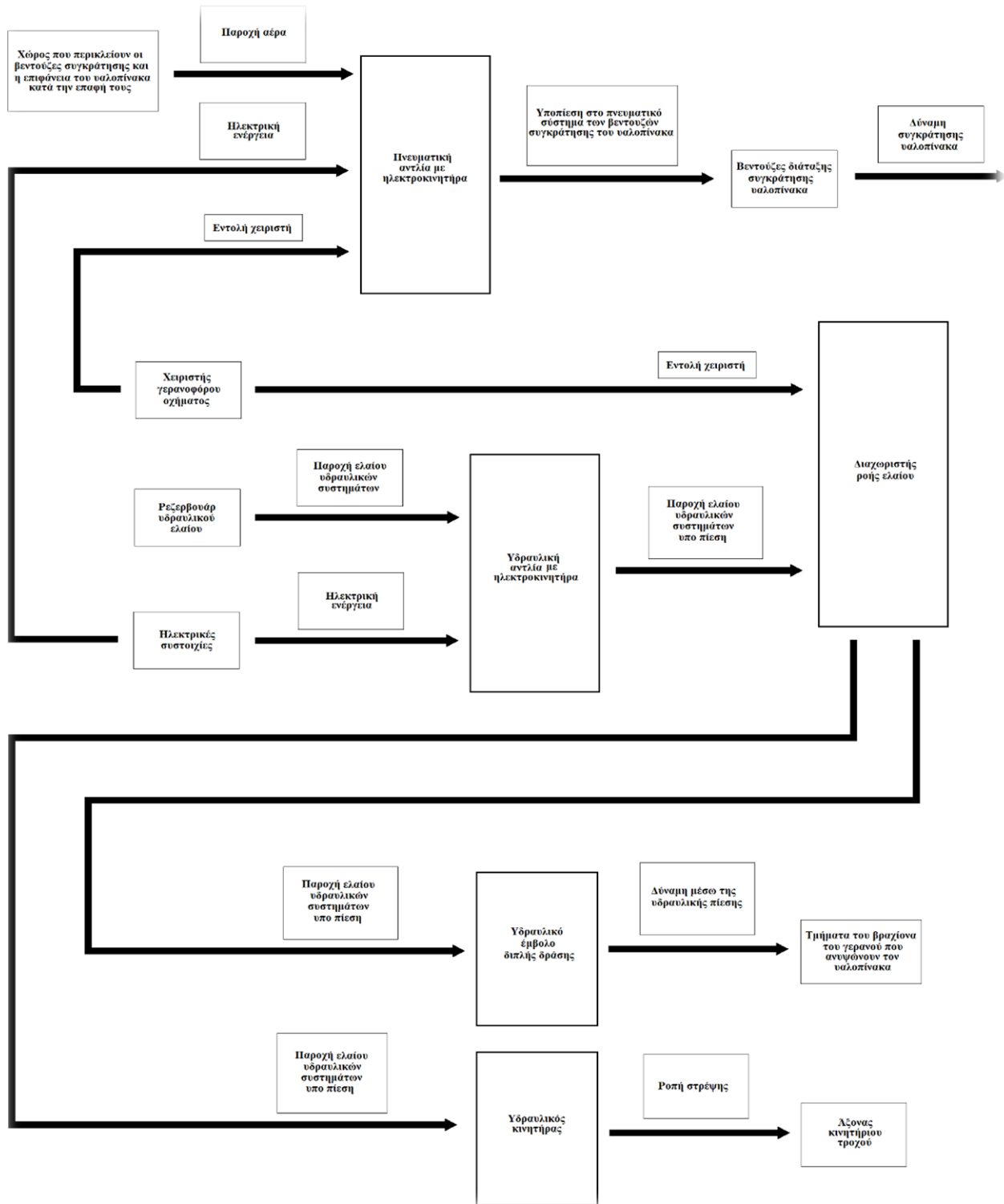
γ) Κίνηση των διαφόρων τμημάτων του βραχίονα του γερανού και ανύψωση του υαλοπίνακα σε διάφορες θέσεις.



δ) Συγκράτηση του υαλοπίνακα από την προσαρτημένη στο βραχίονα του γερανού διάταξη.

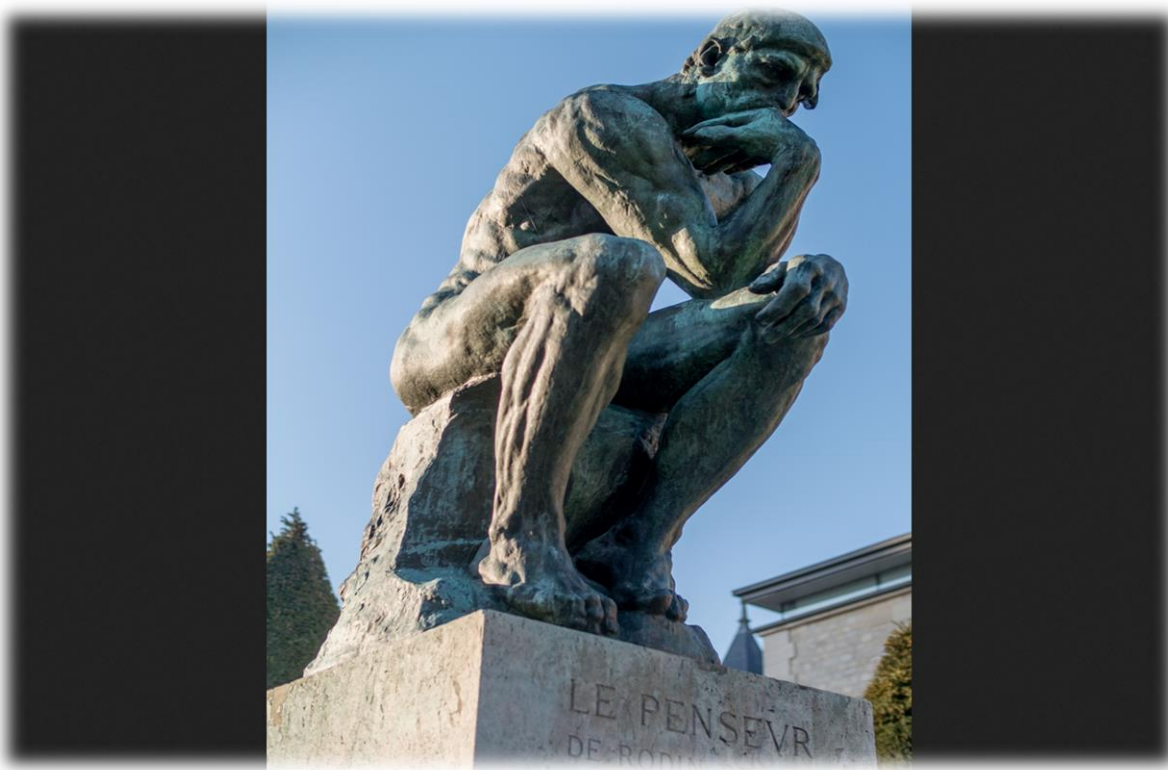


ε) Δομή λειτουργίας των κυριότερων συστημάτων του γερανοφόρου οχήματος.



5.2. Στάδιο σύλληψης της ιδέας

Το επόμενο λογικό βήμα στη μεθοδολογία του σχεδιασμού, είναι η αναζήτηση του τρόπου με τον οποίο θα δοθεί λύση στο τεχνικό πρόβλημα. Το **στάδιο σύλληψης της ιδέας** είναι εκείνο το τμήμα του σχεδιασμού που καθορίζει το βασικό δρόμο της λύσης, με την **επεξεργασία μιας αρχής για την ολική λύση**. Έχει προηγηθεί η διασαφήνιση του προβλήματος με αφαίρεση, η συγκρότηση δομών λειτουργίας, η αναζήτηση κατάλληλων αρχών λύσεων και ο συνδυασμός τους. **Η σύλληψη της ιδέας είναι ο κατ' αρχήν καθορισμός της λύσης**. Η γενική αρχή του τρόπου εύρεσης λύσεων, για την αποπεράτωση της συγκεκριμένης κατασκευής, βασίστηκε σε έναν συνδυασμό της διαισθητικής μεθόδου «**Brainstorming**», της αναζήτησης βιβλιογραφικών πηγών, κυρίως τεχνικών άρθρων και των τεχνικών γνώσεων και εμπειριών του μελετητή (Στεργίου, 2004).



Εικόνα 25: «Ο σκεπτόμενος» (*Le Penseur*), August Rodin (Wikimedia.org, 2019)

5.3. Σχεδιομελέτη και επεξεργασία

Η σύλληψη των ιδεών για τις αρχές που διέπουν τις βασικές λειτουργίες της οποιασδήποτε κατασκευής, ακολουθείται από την μηχανολογική μελέτη που αποσκοπεί στην πρακτική τους εφαρμογή. Το **στάδιο της σχεδιομελέτης** είναι το τμήμα του σχεδιασμού που ξεκινά από την αρχή λειτουργίας και προχωρεί στη διαμόρφωση ενός τεχνικού κατασκευάσματος σύμφωνα με τα τεχνικά και οικονομικά κριτήρια τόσο ώστε να είναι δυνατή και σαφής η περαιτέρω επεξεργασία των λεπτομερειών. Στο επόμενο κεφάλαιο, αξιοποιώντας τον τρόπο σκέψης που πηγάζει από την μεθοδολογία του σχεδιασμού κατασκευών που εφαρμόστηκε προηγουμένως, επεξηγούνται οι διαδικασίες και οι ενέργειες μέσω των οποίων ο σχεδιαστής κατέληξε στην χρήση συγκεκριμένων λύσεων για όλα τα επιμέρους συστήματα που απαρτίζουν την κατασκευή του γερανού. Για την υλοποίηση των κατασκευαστικών σχεδίων και την διεξαγωγή των προσομοιώσεων (simulations) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «**Solidworks 2016**» της εταιρείας «**Dassault Systemes**» (Στεργίου, 2004).



Εικόνα 26: Μηχανολογικά σχέδια, όργανα μέτρησης και εξαρτήματα (Gdandtbasics.com, 2019)

Τέλος το **στάδιο της επεξεργασίας** είναι εκείνο το τμήμα του σχεδιασμού που συμπληρώνει τη σχεδιομελέτη ενός τεχνικού κατασκευάσματος με τις τελικές οδηγίες για τη διάταξη, μορφή, διαστάσεις, κατεργασία επιφανειών, υλικά, έλεγχο κόστους και τη δυνατότητα κατασκευής. Επίσης, δημιουργεί το λεπτομερειακό σχεδιαστικό υπόβαθρο για την υλική πραγματοποίηση του. Η επεξεργασία είναι ο κατασκευαστικός καθορισμός της λύσης. Στη συνέχεια αυτής της πτυχιακής εργασίας θα αναλυθεί πως, με την βοήθεια του προγράμματος Solidworks της εταιρείας Dassault Systemes, δημιουργήθηκαν τα **κατασκευαστικά σχέδια των τεμαχίων** που απαρτίζουν το γερανοφόρο όχημα, αλλά **και της συνολικής συναρμολογημένης κατασκευής**, ενώ έγινε τόσο **στατική μελέτη (simulation)** στο υπο-πρόγραμμα προσομοίωσης, όσο και **υπολογισμός του κόστους κατασκευής**.



Εικόνα 27: Οικονομικοί όροι σε κολάζ (Pic-control.com, 2019)

5.4. Καταμερισμός χρόνου σχεδιασμού και μελέτης

Η δημιουργία μιας κατασκευής με την βοήθεια ενός τρισδιάστατου μοντελοποιητή CAD, όπως είναι το λογισμικό «Solidworks» της εταιρείας «Dassault Systemes», διαχωρίζεται στα παρακάτω στάδια. Η εκτίμηση του απαιτούμενου χρόνου για κάθε βήμα είναι καθαρά εμπειρική, καθώς αυτός μπορεί να διαφέρει ανά περίπτωση και εξαρτάται από τις γνώσεις και την εξοικείωση του σχεδιαστή με ανάλογες κατασκευές.

1^ο Στάδιο: Αναζήτηση πηγών και γενική επισκόπηση

- Αναζήτηση τεχνικών άρθρων και άλλων πηγών από το διαδίκτυο που πραγματεύονται παρόμοιες κατασκευές ή μέρη αυτών που σχετίζονται με την προς σχεδίαση κατασκευή. Αυτά θα χρησιμοποιηθούν ως σημεία αναφοράς για τον έλεγχο του μηχανήματος και θα προσφέρουν μια πρώτη εικόνα για την βασική αρχιτεκτονική του και τις αναμενόμενες δυνατότητες του.
- Διαχωρισμός της κατασκευής σε υποτμήματα που αποτελούνται από συνεργαζόμενα τεμάχια ή τεμάχια των οποίων ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψιν του άλλα τεμάχια για ορισμένους λόγους.

2^ο Στάδιο: Σχεδιασμός και συναρμολόγηση τεμαχίων

Μετά από αυτές τις αρχικές ενέργειες, ακολουθούν τα εξής βήματα για κάθε τεμάχιο ή ομάδα τεμαχίων που αποτελούν ένα υποτμήμα:

- Ανάλυση του τεμαχίου που πρέπει να κατασκευαστεί με επίλυση προβλημάτων γεωμετρίας, αντοχής και άλλων με τη διαδικασία του «*brainstorming*».
- Σχεδιασμός του τεμαχίου στο πρόγραμμα Solidworks.

- Ένταξη του στο συναρμολογημένο αρχείο που περιλαμβάνει όλα τα τεμάχια της κατασκευής (*assembly*) και έλεγχος αν αυτό συνεργάζεται αρμονικά με τα υπόλοιπα εξαρτήματα της κατασκευής. Σε διαφορετική περίπτωση, η διαδικασία ξεκινάει από την αρχή.

Η διάρκεια του πρώτου σταδίου εξαρτάται από την περιπλοκότητα της κατασκευής και τις τεχνικές γνώσεις του σχεδιαστή. Όσον αφορά το δεύτερο στάδιο, ο καταμερισμός του χρόνου για κάθε βήμα είναι ο ακόλουθος:

- Τουλάχιστον **το 50 έως 60% του συνολικού χρόνου** δαπανάται στη **επίλυση των προβλημάτων** και στην **εύρεση της ορθής γεωμετρίας** για το κάθε σχεδιαζόμενο τεμάχιο.
- Περίπου **το 25 έως 35% του συνολικού χρόνου** αποτελεί την **διαδικασία του σχεδιασμού στο πρόγραμμα Solidworks**, αν και αυτό μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την πολυπλοκότητα των τεμαχίων και των αριθμό των διορθώσεων που ενδεχομένως να χρειαστούν.
- **Το 15% περίπου του χρόνου** που απαιτείται για την δημιουργία ενός τεμαχίου, αξιοποιείται στην **συναρμολόγηση** και τον **έλεγχο σωστής λειτουργίας** και συνεργασίας με τα υπόλοιπα τεμάχια της κατασκευής.

Ο συνολικός χρόνος σχεδιασμού του αυτοκινούμενου γερανού που αποτελεί το αντικείμενο αυτής της εργασίας ήταν περίπου δύο μήνες. Η εκπόνηση αυτής της εργασίας, με τις μελέτες στο πρόγραμμα Solidworks (simulations), την αναζήτηση τεχνικών άρθρων και άλλων πηγών, καθώς και τη σύνταξη του τελικού κειμένου διήρκησε δύο επιπλέον μήνες.

6. Περίπτωση μελέτης αυτοκινούμενου γερανού εσωτερικών χώρων

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η μελέτη, για λογαριασμό μιας εταιρείας που δραστηριοποιείται στο τομέα της μεταποίησης υαλοπινάκων, ενός αυτοκινούμενου γερανού για την **μεταφορά και ανύψωση υαλοπινάκων μεγάλων διαστάσεων και βάρους**, με την προοπτική της κατασκευής και χρήσης **του σε περιορισμένους εσωτερικούς χώρους**, όπως τις εγκαταστάσεις μιας μονάδας παραγωγής και εντός κτηρίων που τελούν υπό κατασκευή, αλλά και **σε δυσπρόσιτους εξωτερικούς χώρους**, όπως φωταγωγούς και υαλοπετάσματα σε ψηλές θέσεις. **Η κίνηση του εντός του χώρου εργασίας θα πρέπει να μην βασίζεται σε κάποιο άλλο όχημα, και ο γερανός πρέπει να μην εξαρτάται από μια σταθερή παροχή ρεύματος, αλλά να φέρει ο ίδιος την πηγή της ενέργειας λειτουργίας του**, είτε αυτή είναι ένα ντεπόζιτο καυσίμων, μια συστοιχία μπαταριών ή κάποια άλλη πηγή ενέργειας. Επιπλέον, θα πρέπει οι εξωτερικές του διαστάσεις και το βάρος του να επιτρέπουν την χρήση του εντός κτηρίων αλλά και την φόρτωση και μεταφορά του σε ένα ελαφρύ ημιφορτηγό (βαν), χωρίς την επικουρία ενός άλλου ανυψωτικού μέσου. Η χρήση παρόμοιων κατασκευών, που πωλούνται στο εμπόριο εδώ και μερικά χρόνια, είναι αρκετά διαδεδομένη σε περιορισμένους χώρους εργασίας, οπότε **απώτερος στόχος του εγχειρήματος είναι η κατασκευή ενός μηχανήματος που θα αποπερατώνει αυτές τις εργασίες αποτελεσματικά και με ένα κόστος κατασκευής σημαντικά μικρότερο από αυτό της αγοράς μιας έτοιμης λύσης** από κάποια εξειδικευμένη κατασκευάστρια εταιρεία. Ο γερανός θα πρέπει να πληροί τις **προδιαγραφές ασφαλείας** που έχουν περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια, γεγονός το οποίο θα ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό και τη μελέτη του. Έχοντας προσδιορίσει τις αρχικές παραμέτρους που θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην κατασκευή αυτή, ας εξετάσουμε μερικά από τα χαρακτηριστικά της που αναμένεται να παρουσιάσουν τεχνικές και άλλες δυσκολίες.

6.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτοκινούμενων γερανών

Ο προς κατασκευή γερανός, ανήκει στην κατηγορία των αυτοκινούμενων γερανών. Το γεγονός αυτό του προσδίδει μεγάλη ευελιξία, καθώς μπορεί να μεταφερθεί από τον ένα χώρο εργασίας στον άλλο και παράλληλα έχει την δυνατότητα να μετακινείται αυτόνομα και εντός του χώρου αυτού, μεταφέροντας φορτία από ένα μηχάνημα σε ένα άλλο ή ακόμα και σε ένα κοντινό κτήριο. Αυτή του η δυνατότητα να μετακινείται όμως, δημιουργεί την ανάγκη για ανάπτυξη ενός πλαισίου και ενός συστήματος μετάδοσης κίνησης αυξάνοντας την περιπλοκότητα άρα και τον απαιτούμενο χρόνο σχεδιασμού και το κόστος κατασκευής. Επιπλέον το γεγονός της κίνησης δημιουργεί ζητήματα όσων αφορά τους κινδύνους μεταφοράς φορτίου και επομένως πιθανής ανατροπής του γερανού, αλλά τα δυναμικά φορτία που θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν κατά την μελέτη της κατασκευής. Τέλος θα πρέπει να βρεθεί μια αξιόπιστη κινητήρια μονάδα που να είναι φιλική και απλή κατά την εργασία, αλλά και οικονομική τόσο στην αγορά όσο και στη συντήρηση και την χρήση. Αυτοί οι προβληματισμοί, καθώς και οι τρόποι με τους οποίους προσεγγίστηκαν και λύθηκαν θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

6.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μη σταθερών γερανών με μικρό αποτύπωμα και βάρος

Μια σημαντική ιδιαιτερότητα της κατασκευής αυτής είναι ότι είναι μια μη πακτωμένη στο έδαφος κατασκευή, η οποία επιπλέον, για λόγους εύκολης διέλευσης από στενά περάσματα και κίνησης σε περιορισμένους χώρους, θα διαθέτει αρκετά μικρό αποτύπωμα και βάρος, ειδικά αν ληφθεί υπόψιν η μάζα του φορτίου που θα κληθεί να διαχειριστεί. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του γερανού, σε συνδυασμό με τις ακραίες θέσεις στις οποίες πιθανώς να πρέπει να ανυψωθεί το φορτίο, δημιουργούν κίνδυνο ανατροπής αν δεν έχει γίνει σωστή

μελέτη της κατασκευής. Καθώς ένας από τους κύριους στόχους κατά τον σχεδιασμό θα είναι ο περιορισμός του βάρους για διάφορους λόγους, το πρόβλημα αυτό οξύνεται επιπλέον και γίνεται εμφανές ότι πρέπει να δοθεί αρκετή σημασία γύρω από τον τομέα της κατανομής των μαζών και την γενική γεωμετρία του γερανού. Αυτό θα μειώσει την ανάγκη για περιττά αντίβαρα και θα βοηθήσει στη δημιουργία μιας ελαφρύτερης κατασκευής.

6.3. Αναμενόμενες τεχνικές δυσκολίες

Οι κυριότερες τεχνικές δυσκολίες που πρόκειται να υπάρξουν περιστρέφονται γύρω από τα εξής ζητήματα:

Περιορισμός βάρους

Για λόγους που προαναφέρθηκαν υπάρχει ανάγκη για την κατασκευή ενός όσο το δυνατό **ελαφρύτερου μηχανήματος**. Η προσπάθεια αυτή όμως αντιτίθεται σε μια άλλη απαίτηση της κατασκευής, την **αξιοπιστία**. Θέλουμε να επιτύχουμε έναν **υψηλό συντελεστή ασφαλείας** γεγονός που σε μεγάλο βαθμό επιτυγχάνεται με την χρήση μεγαλύτερων διαστάσεων και πάχους τοιχωμάτων διατομών, οι οποίες είναι πιο στιβαρές αλλά και πιο βαριές. Η **σωστή γεωμετρία** τμημάτων της κατασκευής, όπως ο βραχίονας θα μας βοηθήσουν να υπερβούμε αυτή τη δυσκολία.

Διαχείριση φορτίου

Το φορτίο που αναμένεται να διαχειρίζεται ο γερανός αποτελεί μεγάλο μέρος του συνολικού βάρους του. Είναι επιπλέον πολύ πιθανό το φορτίο να ανυψώνεται σε **ακραίες θέσεις** ως προς το κέντρο μάζας του. Αυτό σε συνδυασμό με το **μικρό αποτύπωμα** δημιουργούν **κίνδυνο ανατροπής**. Επιπλέον η **αδράνεια ενός βαριού φορτίου** σε ένα περιορισμένο χώρο κρύβει κινδύνους για την ασφάλεια του χειριστή, των όσων εργάζονται στο

χώρο και στις εγκαταστάσεις, για αυτό το λόγο πρέπει να υιοθετηθεί ένα **σύστημα παραλαβής του φορτίου** που να περιορίζει σημαντικά τις όποιες μετατοπίσεις κατά την μεταφορά και ανύψωση και να επιτρέπει στο γερανό να διατηρεί την ευελιξία του.

Μείωση κόστους

Η κατασκευή όταν ολοκληρωθεί θα περιλαμβάνει **συγκολλητά τμήματα** που χρειάζονται ειδικό συγκολλητή για να συναρμολογηθούν, ειδικό εξοπλισμό συγκόλλησης που εκτός των μηχανημάτων περιλαμβάνει και τα απαραίτητα μέτρα ατομικής προστασίας αλλά και αρκετές εργατοώρες για την αποπεράτωση της. Επιπροσθέτως, **αρκετά τεμάχια θα αγοραστούν από το εμπόριο**, τα οποία δεν είναι δυνατό να κατασκευαστούν από την ίδια την εταιρεία. **Τέλος θα υπάρξουν τεμάχια που αναγκαστικά θα πρέπει να κατασκευαστούν κατά παραγγελία** για το συγκεκριμένο μηχάνημα και δεν υπάρχουν έτοιμα στο εμπόριο. Μέσα από σωστό σχεδιασμό, θα πρέπει ο αριθμός και η περιπλοκότητα αυτών των τεμαχίων να κρατηθούν σε χαμηλά επίπεδα έτσι ώστε να μειωθεί σημαντικά το κόστος κατασκευής.

Έλλειψη εμπειρίας

Τόσο από μεριάς της ενδιαφερόμενης εταιρείας, όσο και του σχεδιαστή-μηχανολόγου που εκπονεί αυτή την εργασία σχεδιασμού και μελέτης, όσο αφορά κατασκευές αυτού του τύπου δεν υπάρχει πρότερη εμπειρία. Έχοντας γνώση των περιορισμών που το γεγονός αυτό επιβάλλει, η σχεδίαση οφείλει να συμβαδίζει με δοκιμασμένες λύσεις που έχουν αξιοποιηθεί από επαγγελματίες κατασκευαστές παρόμοιων μηχανημάτων και να μην στοχεύουν στην δημιουργία μιας ρηξικέλευθης πρότασης για λόγους εντυπωσιασμού. Ακόμα και αν ο σχεδιασμός της κατασκευής γίνει με προσοχή, είναι μεγάλη η πιθανότητα υπερκατασκευής του γερανού, για λόγους ασφαλείας με αποτέλεσμα, μεγαλύτερο από το ιδανικό

βάρος, αυξημένο κόστος και δυσχρηστία κατά την μεταφορά και εργασία. **Μια σωστή ιεράρχηση των στόχων που πρέπει να επιτευχθούν, είναι ο καλύτερος σύμβουλος για τον σχεδιασμό ενός αποδοτικότερου μηχανήματος.**

6.4. Ιεράρχηση στόχων της κατασκευής

Η αξιολόγηση της σημαντικότητας των προς επίτευξη στόχων είναι υψίστης σημασίας για την δημιουργία μιας αποδοτικής κατασκευής. Με απόλυτη σειρά προτεραιότητας οι σημαντικότεροι στόχοι του σχεδιασμού αυτού του γερανού είναι:

Αξιοπιστία και ασφάλεια

Υπάρχουν τρία σημαντικά ζητήματα στο σχεδιασμό των γερανών. Πρώτον, ο γερανός πρέπει να είναι σε θέση να σηκώσει το βάρος του φορτίου, δεύτερον, ο γερανός δεν πρέπει να παρουσιάσει αστοχία και τρίτον, δεν πρέπει να ανατραπεί. Βασικό κομμάτι της παρούσας εργασίας είναι ο έλεγχος και η προσομοίωση της συμπεριφοράς του ανυψωτικού γερανού, ώστε να γίνει η αποφυγή για ανεπιθύμητες και δυσμενείς συνέπειες. Η ασφάλεια του χειριστή και των εργαζόμενων στο χώρο είναι το πρώτο μέλημα ενός μηχανικού, και αυτό πρέπει να αντικατοπτρίζεται και στον σχεδιασμό.

Χαμηλό κόστος

Η κυριότερη αφορμή, για την μελέτη και την κατασκευή αυτού του μηχανήματος, είναι η εξοικονόμηση χρημάτων από πλευράς εταιρείας, σε σχέση με την αγορά μιας έτοιμης λύσης. Επομένως, δεν έχει νόημα η κατασκευή ενός γερανού πρακτικά από το μηδέν, αν το τελικό κόστος κατασκευής είναι συγκρίσιμο με το κόστος αγοράς ενός έτοιμου μηχανήματος.

Χαμηλό βάρος και συμπαγείς διαστάσεις

Προηγουμένως, έγινε λόγος όσων αφορά τους στόχους της κατασκευής, για την ευκολία της χρήσης του μηχανήματος. Αυτό περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, και την μεταφορά του από ένα άλλο φορτηγό όχημα, από το χώρο αποθήκευσης στο χώρο εργασίας και αντιστρόφως. Οι διαστάσεις του γερανού πρέπει να του επιτρέπουν να κινείται στους εσωτερικούς χώρους ενός κτηρίου που μπορεί να μην έχει μελετηθεί για αυτό το σκοπό, αλλά και να φορτωθεί σε ένα ελαφρύ φορτηγό. Το χαμηλότερο βάρος, θα βοηθήσει δραματικά σε αυτόν τον τομέα, και ο τρόπος με τον οποίο θα επιτευχθεί αυτό, παρά τις όποιες δυσκολίες αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι με τον σωστό σχεδιασμό της γεωμετρίας του μηχανήματος και την επιδίωξη της απλότητας στην κατασκευή.

6.5. Αντιμετώπιση των προκλήσεων και επίτευξη των στόχων

6.5.1. Πλεονεκτήματα σχεδιαστικής προσέγγισης και ανάλυσης της κατασκευής, με τη βοήθεια των πεπερασμένων στοιχείων.

Ο όρος ανάλυση κατασκευών αναφέρεται στην εύρεση (πρόλεξη) της συμπεριφοράς μιας κατασκευής υπό την επενέργεια φυσικών φαινομένων, με την χρήση μαθηματικών μοντέλων. Η ανάλυση αυτή προϋποθέτει φυσικά την γνώση δεδομένων όπως η γεωμετρία της κατασκευής, ο τρόπος στήριξης της και τα επιβαλλόμενα σε αυτή φορτία. Όταν πολλά φυσικά φαινόμενα επιδρούν ταυτόχρονα πάνω σε μια κατασκευή, τότε γίνεται λόγος για **φυσική πολλαπλών φαινομένων**. Οι αυξημένες απαιτήσεις και η περιπλοκότητα των σύγχρονων κατασκευών, καθιστούν σχεδόν αδύνατη την επίλυση αυτών των συστημάτων πολλαπλών φαινομένων με το χέρι χρησιμοποιώντας τις κλασικές μεθόδους ανάλυσης. Έτσι ο σύγχρονος μελετητής μηχανικός χρησιμοποιεί σχεδόν αποκλειστικά για την ανάλυση, ακόμη και των πιο απλών κατασκευών, **προγράμματα Η/Υ που βασίζονται στην εξέλιξη**

των μητρικών μεθόδων αριθμητικής επίλυσης διαφορικών εξισώσεων που αναπτύχθηκαν από διάφορους σπουδαίους επιστήμονες όπως ο Ιωάννης Αργύρης, ο Ρέι Κλάφ, ο Βάλτερ Ριτς, ο Μπόρις Γκαλέρκιν και άλλοι. Αυτή η μεθοδολογία ανάλυσης είναι ευρέως γνωστή με την ονομασία «μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων» (*Finite Element Method*) και αντιμετωπίζει με ενιαίο τρόπο τα σύνθετα προβλήματα ανάλυσης οποιασδήποτε μορφής. Αποτελεί μια αριθμητική μέθοδο για τον υπολογισμό προσεγγιστικών λύσεων μερικών διαφορικών εξισώσεων. Αυτή η μέθοδος είναι μεν προσεγγιστική (Simulation), αλλά μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα και έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα προβλήματα. Το μειονέκτημά της είναι οι αυξημένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, ιδίως όταν εφαρμόζεται σε σύνθετα μοντέλα. Αυτό όμως το μειονέκτημα ξεπεράστηκε τα τελευταία χρόνια χάρη στη ραγδαία ανάπτυξη των υπολογιστών. Για να εφαρμοστεί η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων απαιτούνται τα εξής στάδια:

- Εισάγεται η γεωμετρία της κατασκευής σε ένα πρόγραμμα *CAD-CAE (Computer Aided Design/ Computer Aided Engineering)* και δημιουργείται το **τριδιάστατο μοντέλο**.
- **Χωρίζεται το μοντέλο σε πεπερασμένα στοιχεία** και αφού ετοιμαστεί το πλέγμα επιλέγεται το είδος της επίλυσης και **εισάγονται τα επιπλέον δεδομένα που απαιτούνται**. Παραδείγματος χάριν, αν επιλεγεί να λυθεί το μοντέλο σε στατική καταπόνηση θα πρέπει να δοθούν τα δεδομένα για τις δυνάμεις και τις στηρίξεις. Αυτή η διαδικασία γίνεται με προγράμματα που αποκαλούνται **Pre-processor**.
- Όταν ετοιμαστούν τα δεδομένα για επίλυση, εισάγονται σε ένα πρόγραμμα το οποίο θα κάνει την **επίλυση του προβλήματος**. Τέτοιου είδους προγράμματα λέγονται **Solver** και χρησιμοποιούν για τις επιλύσεις αριθμητικές μεθόδους.
- Όταν τελειώσει η επίλυση τα αποτελέσματα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα πρόγραμμα, που αποκαλείται **Post-processor**, για να μπορέσει ο μελετητής να δει τα **αποτελέσματα**.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου ανάλυσης μια κατασκευής είναι πολύ σημαντικά. **Μπορούμε να αποφύγουμε την διενέργεια πειραμάτων με πολλά αληθινά μοντέλα εξοικονομώντας χρήμα και χρόνο κατά τον σχεδιασμό (Design)** και οι όποιες δοκιμές και βελτιώσεις πρέπει να γίνουν, πραγματοποιούνται σε **ελεγχόμενο εικονικό περιβάλλον**. Έτσι είναι δυνατό να κατασκευαστεί ένα τελικό φυσικό μοντέλο κατά την αποπεράτωση της μελέτης, για την **επαλήθευση της ορθότητας του σχεδιασμού**. Τα **προγράμματα CAD-CAE**, αξιοποιώντας αυτή τη μέθοδο ανάλυσης, έχουν συνεισφέρει στον σχεδιασμό, στη μελέτη και στη βελτιστοποίηση αμέτρητων κατασκευών και είναι ένα ανεκτίμητο εργαλείο στα χέρια των μηχανικών όλων των ειδικοτήτων. Σε τομείς όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η αεροναυπηγική και η κατασκευή δομικών έργων, προγράμματα αυτού του τύπου έχουν βοηθήσει στην δημιουργία τεχνολογικών επιτευγμάτων που δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν δίχως αυτά. Πλέον, όλες οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον κατασκευαστικό κλάδο επενδύουν στην αγορά αυτών των προγραμμάτων, καθώς τα οφέλη σε οικονομία και παραγωγικότητα καθιστούν την χρήση τους πρακτικά υποχρεωτική, προκειμένου αυτές να παραμένουν ανταγωνιστικές (Κατασκευών, 2005; Προβατίδης, 2017). **Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας (κατασκευαστικά σχέδια και προσομοιώσεις), έγινε χρήση του λογισμικού CAD-CAE «Solidworks 2016» της εταιρείας «Dassault Systemes».**

6.5.2. Χρήση επιστημονικής βιβλιογραφίας και αξιοποίηση πρακτικής εμπειρίας τρίτων με πείρα σε ανυψωτικές κατασκευές

Η αποπεράτωση αυτής της μελέτης, δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί δίχως τη **συνεισφορά ορισμένων προσώπων και πηγών γνώσης**, που προσέφεραν πολύτιμες γνώσεις και πρακτική εμπειρία, σε τομείς όπου αυτό ήταν αναγκαίο. Η **πανεπιστημιακή βιβλιογραφία** που θα αναφερθεί αναλυτικά στο τέλος αυτής της εργασίας, σε τομείς όπως του CAD-CAE, των στοιχείων μηχανών, της αντοχής υλικών, της μηχανικής, της οικονομικής μελέτης των κατασκευών και άλλους, προσέφερε το θεωρητικό υπόβαθρο για την διεξαγωγή μιας ορθής μελέτης, δίνοντας της επιστημονικό προσανατολισμό και κύρος. Παράλληλα, ένα

μεγάλο μέρος του φωτογραφικού υλικού περισυλλέχθηκε από τις **ιστοσελίδες εταιριών κατασκευής μηχανημάτων ανύψωσης** που δραστηριοποιούνται στο χώρο για δεκαετίες και έχουν τεράστια πείρα στον τομέα των γερανών.

Ένας ακόμα παράγοντας που βοήθησε στον σχεδιασμό και τη μελέτη αυτής της κατασκευής, υπήρξε η **διεξαγωγή της πρακτικής άσκησης** του συγγραφέα. Κατά την εξάμηνη διάρκεια της, αυτός είχε την δυνατότητα να εργαστεί στους κόλπους μιας μεγάλης εταιρείας που ασχολείται με την χονδρική μεταποίηση υαλοπινάκων διαθέτοντας μια σύγχρονη μονάδα επεξεργασίας και αναλαμβάνοντας την διεκπεραίωση μεγάλων κατασκευαστικών έργων, όντας υπεύθυνη και για την τοποθέτηση των υαλοπινάκων σε αυτά. Μια εταιρεία αυτού του βεληνεκούς, καλείται να διαχειριστεί, σε ετήσια βάση, τόνους υαλοπινάκων που εισέρχονται και εξέρχονται από τη μονάδα παραγωγής, και επομένως χρησιμοποιεί μηχανήματα και φορτηγά για την μεταφορά τους σε καθημερινή βάση. **Ο εκπονητής της πτυχιακής εργασίας είχε την δυνατότητα να έρθει σε επαφή με τεχνικούς και εργατοτεχνίτες της εταιρείας** και να δει τα δυσκολίες και απαιτήσεις που έχει η διεξαγωγή των εργασιών της εταιρείας. Επιπλέον είχε την δυνατότητα **να εργαστεί**, για μεγάλο χρονικό διάστημα της πρακτικής του, **δίπλα στον υπεύθυνο παραγωγής της κύριας μονάδας της εταιρείας**, ο οποίος θεωρείται από τους κορυφαίους στο χώρο στην Ελλάδα. Κατά την παραμονή του στην εταιρεία, γεννήθηκε η ιδέα της ανάπτυξης ενός μέσου το οποίο θα μπορούσε να προσφέρει μια οικονομική λύση στο ζήτημα της μεταφοράς και ανύψωσης υαλοπινάκων, σε εργοτάξια όπου οι εργασίες εκτελούνται σε εσωτερικούς και δυσπρόσιτους χώρους, όπου δεν είναι δυνατή η χρήση ανθρώπινης μυϊκής δύναμης, και που απαιτείται η συνεισφορά ενός εξειδικευμένου για τις συγκεκριμένες εργασίες μηχανήματος. **Τέλος, ο υπεύθυνος για την επίβλεψη της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας καθηγητής, έδωσε τον απαραίτητο προσανατολισμό** στο εγχείρημα αυτό μαζί με τεχνικές γνώσεις και εμπειρία που ενδεχομένως να έλειπαν από πλευράς του συγγραφέα, και βοήθησε στην ορθή διεξαγωγή της μελέτης της κατασκευής.

6.5.3. Παραδοχές στα πλαίσια της κατασκευής του γερανού και παράγοντες που τις καθιστούν αναγκαίες.

Η κατασκευή ενός γερανοφόρου οχήματος εκ του μηδενός είναι ένα πολύπλοκο και χρονοβόρο έργο. Οι διαδικασίες του σχεδιασμού, της μελέτης, των δοκιμών των πρωτοτύπων και των ελέγχων των προδιαγραφών από τις αρμόδιες υπηρεσίες συνήθως διαρκούν μήνες, ακόμα και χρόνια μέχρι το τελικό προϊόν να είναι πλήρως πιστοποιημένο και έτοιμο να διατεθεί στην αγορά. Η πτυχιακή αυτή εργασία είναι η πρώτη απόπειρα του σχεδιαστή να πραγματοποιήσει ένα τόσο τεχνικά απαιτητικό έργο, κυρίως λόγω των ιδιαιτεροτήτων και του βαθμού επικινδυνότητας της σε περίπτωση αστοχίας. Σκοπός του εγχειρήματος αυτού είναι η δημιουργία μιας ασφαλούς κατασκευής με χαρακτηριστικά όσο το δυνατόν πλησιέστερα σε ένα πραγματικό όχημα. Θα γίνει προσπάθεια να ακολουθηθούν, όσο αυτό είναι εφικτό, οι μεθοδολογίες του σχεδιασμού αυτών των κατασκευών, οι νομικές-τεχνικές οδηγίες και οι απαιτούμενες στατικές και άλλες δοκιμές. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής θα πραγματοποιηθεί μελέτη των σημαντικότερων κατασκευαστικά τμημάτων, καθώς και μια λίστα με όλα τα τεμάχια που θα χρησιμοποιηθούν, ενώ τέλος αναλύεται το κόστος των πρώτων υλών κατασκευής, και γίνεται μια προσπάθεια να υπολογιστεί το κόστος της εργασίας, των εργαλείων, καθώς και διάφορα άλλα έξοδα. Ο σχεδιαστής δεν διαθέτει την απαραίτητη εμπειρία, τους πόρους και τις αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές και πρότυπα για την δημιουργία ενός γερανοφόρου οχήματος αυτού του μεγέθους και ανυψωτικής ικανότητας, που κατέχει μια μεγάλη κατασκευάστρια εταιρεία. Επομένως το παραγόμενο αποτέλεσμα σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένα έτοιμο προς κατασκευή και εμπορική χρήση προϊόν, αλλά μια περίπτωση σχεδιασμού και μελέτης που προσπαθεί να προσεγγίσει μεθοδικά και πρακτικά στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό μια πραγματική κατασκευή. Ο συγγραφέας, δεν μπορεί να εγγυηθεί την απόλυτη ορθότητα και ασφάλεια της κατασκευής και δεν φέρει καμία ευθύνη για δυσάρεστες συνέπειες που μπορεί να προκύψουν από την αυθαίρετη υλοποίηση της από τρίτους.

7. Σχεδιασμός και μελέτη αυτοκινούμενου γερανού

7.1. Ανάλυση της κατασκευής

Για τον ευκολότερο προγραμματισμό του σχεδιασμού του αυτοκινούμενου γερανοφόρου οχήματος που πραγματεύεται αυτή η εργασία, αυτός **διαχωρίστηκε στα εξής κυριότερα επιμέρους συστήματα:**

- Το **πλαίσιο** πάνω στο οποίο θα ενσωματωθούν ο γερανός και όλα τα βοηθητικά του συστήματα του.
- Ο **βραχίονας ανύψωσης** και η διάταξη που θα δράττει και θα ανυψώνει τον υαλοπίνακα.
- Το **υδραυλικό σύστημα** που θα ευθύνεται για την λειτουργία του βραχίονα και την κίνηση του οχήματος.
- Η **διάταξη μετάδοσης της κίνησης**, που θα παραλαμβάνει την παραγόμενη ισχύ από το υπεύθυνο τμήμα του υδραυλικού συστήματος, και θα την μεταφέρει στο έδαφος.

Η παρούσα εργασία, στα πλαίσια του αντικειμένου της, δεν θα εμβαθύνει στον τομέα των ηλεκτρικών συστημάτων του οχήματος. Οι όποιες αναφορές σε ηλεκτρικά κυκλώματα έχουν τον ρόλο της ολοκλήρωσης της ανάλυσης του σχεδιασμού των κύριων συστημάτων και ως εκ τούτου θα είναι συνοπτικές. Τα κατασκευαστικά σχέδια του πρώτου μέρους αφορούν τα τεμάχια που πρέπει να δημιουργηθούν από την εταιρεία που προτίθεται να κατασκευάσει το γερανοφόρο όχημα ή από κάποιον τρίτο κατά παραγγελία και όχι τα έτοιμα τεμάχια που μπορούν να βρεθούν στο εμπόριο, όπως έδρανα κύλισης, βιομηχανικοί τροχοί, τυποποιημένοι κοχλίες και περικόχλια, εκτός αν σε αυτά τα τεμάχια έχουν γίνει μετατροπές μετά την αγορά τους.

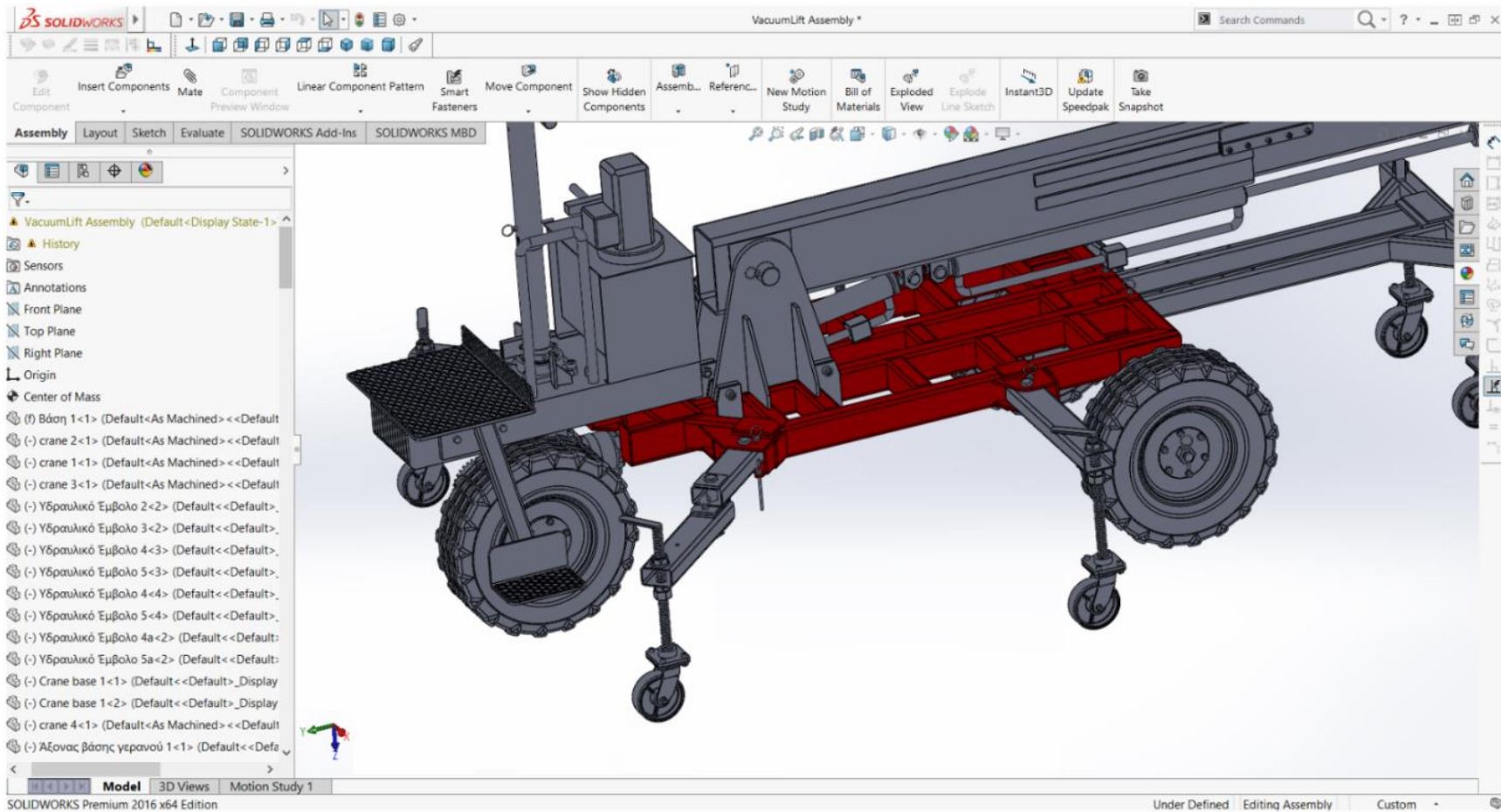
7.1.A. Πλαίσιο οχήματος

Διαδικασία σχεδιασμού και τεχνικά προβλήματα

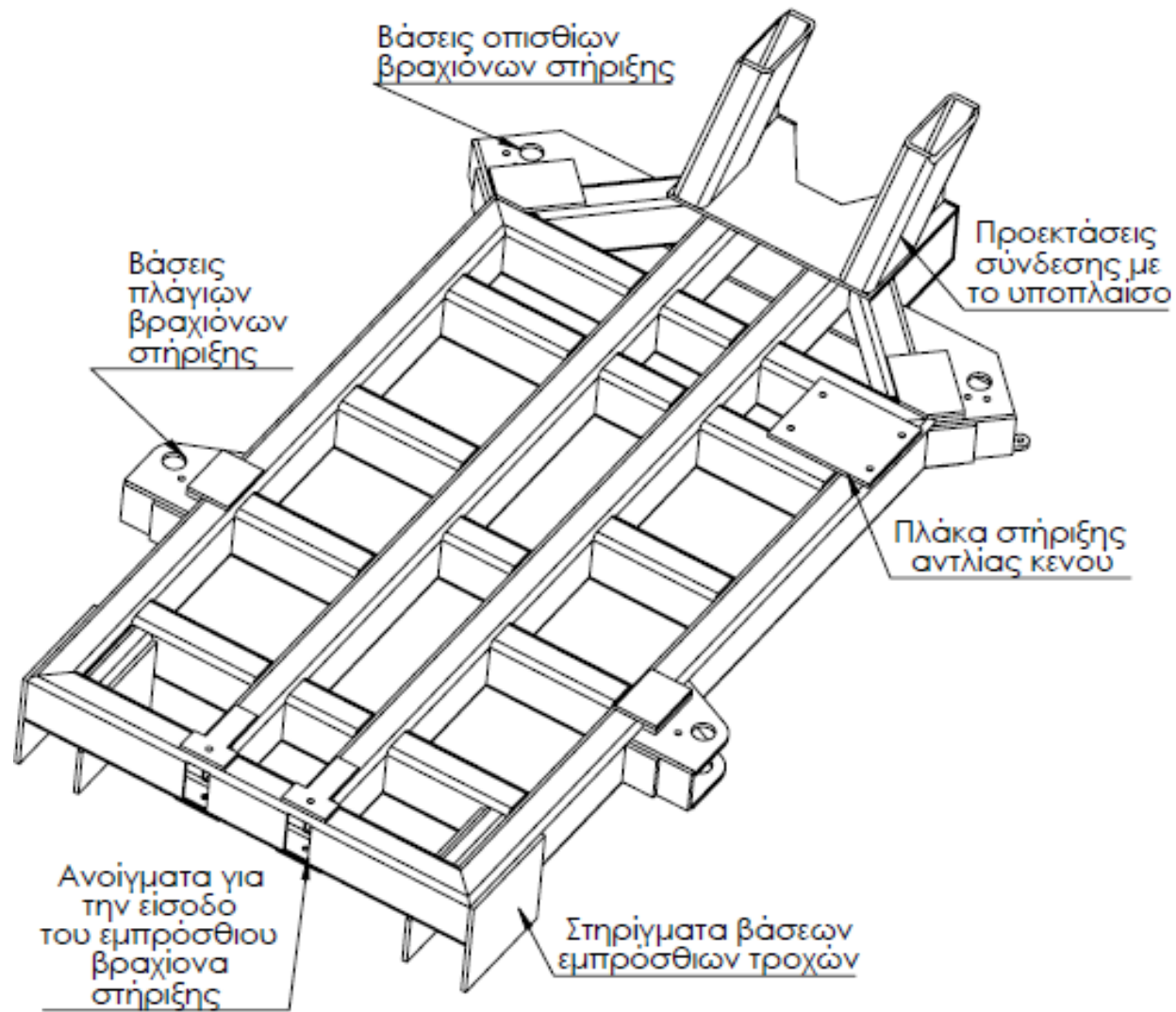
Το πλαίσιο αποτελεί την ραχοκοκαλιά όλου του οχήματος και ένα από τα πιο περίπλοκα και σημαντικά τμήματα όλης της κατασκευής. Συνεργάζεται και αλληλοεπιδρά με την πλειοψηφία των τεμαχίων του γερανού, και η μορφή του επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από αυτά. Η επιλογή του υλικού κατασκευής έγινε με γνώμονα την μηχανική αντοχή του και την αναμενόμενη συμπεριφορά του σε δυναμικές καταπονήσεις σε βάθος χρόνου. Συνυπολογίζοντας τον παράγοντα του βάρους, την κατεργασιμότητα αλλά και το οικονομικό κόστος, ο χάλυβας ήταν η πλέον ελκυστική επιλογή. Το πλαίσιο του γερανού φιλοξενεί τον βραχίονα ανύψωσης, αποτελεί τη βάση στήριξης των τροχών και των διατάξεων της μετάδοσης κίνησης σε αυτούς αλλά και στο βραχίονα και θα υφίσταται δυναμικές καταπονήσεις κατά τη λειτουργία του μηχανήματος με πολλούς κύκλους φόρτισης κατά την διάρκεια της ζωής του. Αποφασίστηκε η αρχιτεκτονική του να είναι «τύπου σκάλας» με δύο κύρια ζεύγη ενιαίων κοιλοδοκών να διατρέχουν το μεγαλύτερο μέρος του μήκους γεγονός που θα του προσέδιδε την απαραίτητη στιβαρότητα. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν χαλύβδινοι κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής, διαστάσεων 100x60x4mm (ύψος x πλάτος x πάχος τοιχώματος). Μεγάλη προσπάθεια έγινε να ενισχυθεί το πλαίσιο στα σημεία που αναμενόταν να υποστεί τις μεγαλύτερες καταπονήσεις κατά την εκτέλεση των εργασιών του γερανού. Σε αυτό συνέβαλλαν οι ενισχυτικές συγκολλητές πλάκες από χάλυβα 8 και 10mm που προστέθηκαν στην κατασκευή σε διάφορα στάδια του σχεδιασμού της. Μεγάλη σημασία είχε ο σχεδιασμός του πλαισίου να συμβάλει στην ενίσχυση της ανυψωτικής ικανότητας του γερανοφόρου οχήματος, είτε με την χρήση κατάλληλης γεωμετρίας, είτε με την στοχευμένη συγκέντρωση μαζών στο οπίσθιο μέρος του οχήματος, με σκοπό την αξιοποίηση τους ως φυσικό αντίβαρο. Κατά αυτόν τον τρόπο, το συνολικό βάρος του οχήματος θα μειωνόταν, καθώς η βέλτιστη εκμετάλλευση των ωφέλιμων μαζών, θα ελαχιστοποιούσε την ανάγκη για χρήση έρματος. Με αυτή τη λογική, αποφασίστηκε η βάση του βραχίονα να τοποθετηθεί όσο το

δυνατόν πλησιέστερα στο πίσω άκρο του οχήματος. Παράλληλα η διάταξη του κινητήρα και της μετάδοσης κίνησης, και η υδραυλική μονάδα που φέρει την αντλία του συστήματος και τον ηλεκτροκινητήρα της, τοποθετήθηκαν, στο ίδιο πλαίσιο σκέψης, όσο πιο κοντά στο οπίσθιο μέρος του γερανού. Η θέση του χειριστή, για λόγους ασφαλείας είχε αποφασιστεί να έχει την μεγαλύτερη δυνατή απόσταση από το φορτίο, οπότε η δημιουργία μιας πλατφόρμας στο πίσω μέρος του οχήματος, όπου ο χειριστής θα στεκόταν όρθιος, συνέβαλε στην ακόμα ευνοϊκότερη, για τις ανυψωτικές δυνατότητες του γερανού, κατανομή των μαζών. Στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού, υπήρχε πρόβλημα με τον περιορισμό του συνολικού βάρους, το οποίο έπειτα από την επαναξιολόγηση του πάχους των τοιχωμάτων των κοιλοδοκών του πλαισίου, και την χρήση ενισχυτικών πλακών από χάλυβα σε στοχευμένα σημεία, εξαλείφθηκε. Παρακάτω ακολουθούν τα υποσυναρμολογήματα του πλαισίου με λεπτομερή ανάλυση των σημαντικότερων σημείων τους.

A1. Κυρίως πλαίσιο



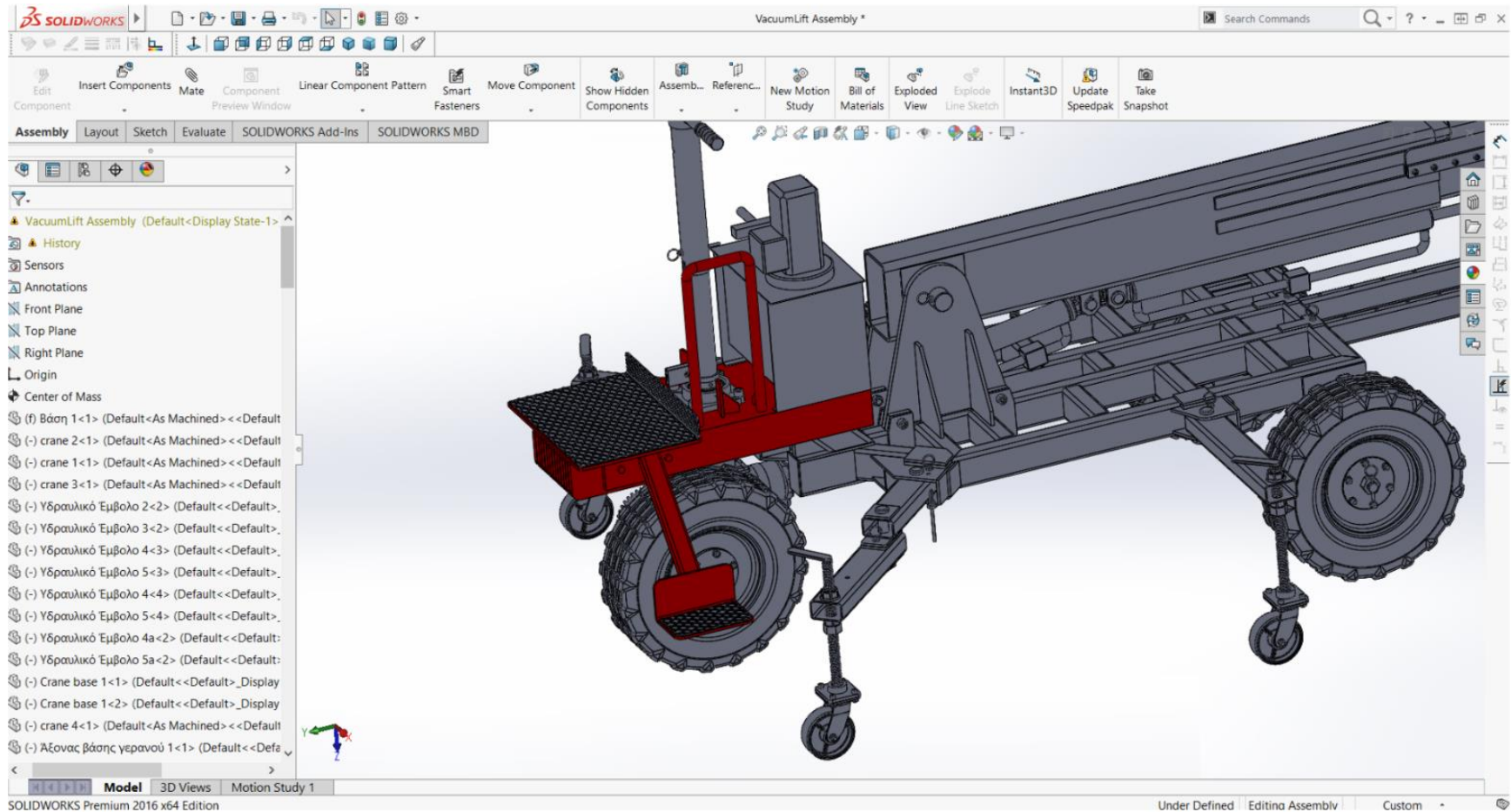
Το κυρίως πλαίσιο αποτελεί την καρδιά της κατασκευής και τη βάση για τη διαμόρφωση της κατασκευής. Αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος του από συγκολλημένες χαλύβδινες κοιλοδοκούς ορθογωνικής διατομής 100x60x4mm (ύψος x πλάτος x πάχος τοιχώματος) οι οποίες έχουν τοποθετηθεί έτσι, ώστε το μεγαλύτερο μέγεθος της διατομής τους (100mm) να εκτείνεται κατά τον άξονα Z, χαρίζοντας την μεγαλύτερη δυνατή αντοχή και στιβαρότητα στη κατασκευή στον άξονα όπου οι φορτίσεις αναμένονται να είναι εντονότερες. Για την ενίσχυση του έχει γίνει χρήση πλακών από χάλυβα πάχους 8mm, σε επιλεγμένα σημεία για να διατηρηθεί το βάρος σε αποδεκτά επίπεδα. Φέρει δύο ορθογώνια ανοίγματα στο εμπρός μέρος του, τα οποία δίνουν την δυνατότητα σύμπτυξης του εμπρός βραχίονα στήριξης του οχήματος εντός του πλαισίου του. Στις πλευρές του πλαισίου έχουν δημιουργηθεί βάσεις στήριξης των αρθρώσεων των πλάγιων και των οπίσθιων βραχιόνων στήριξης, από χαλύβδινες πλάκες πάχους 8mm. Τέλος στο πίσω μέρος του έχει γίνει εκτεταμένη ενίσχυση με την βοήθεια πλακών χάλυβα 8mm, κοιλοδοκών ορθογωνικής διατομής 100x60x4mm και δύο χαλύβδινων πλακών πάχους 20mm, οι οποίες στηρίζουν τις κοιλοδοκούς που ενώνουν το κυρίως πλαίσιο με το υποπλαίσιο.



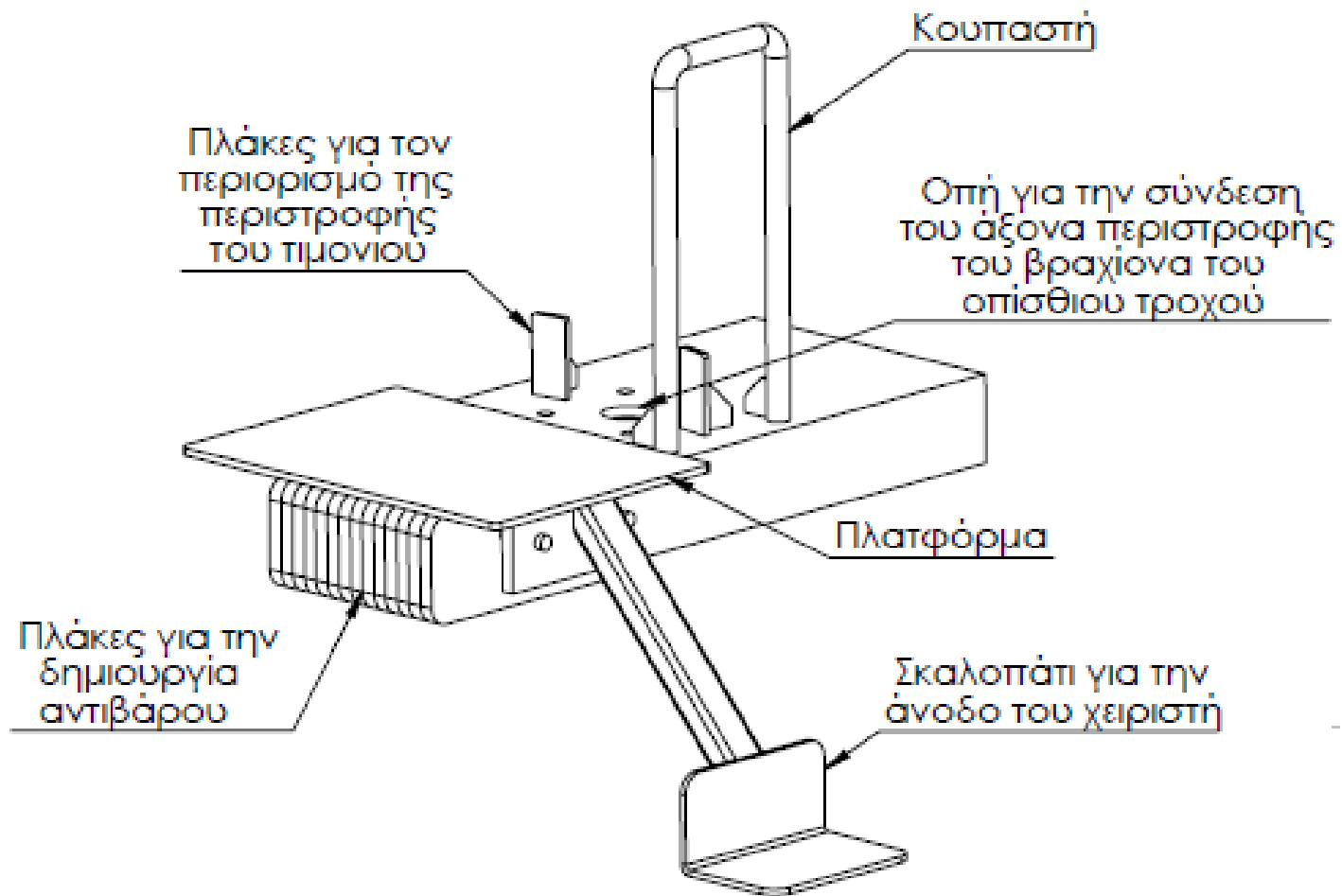
Μαυρίδης Ευστράτιος - Σχολή Μηχανικών - Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



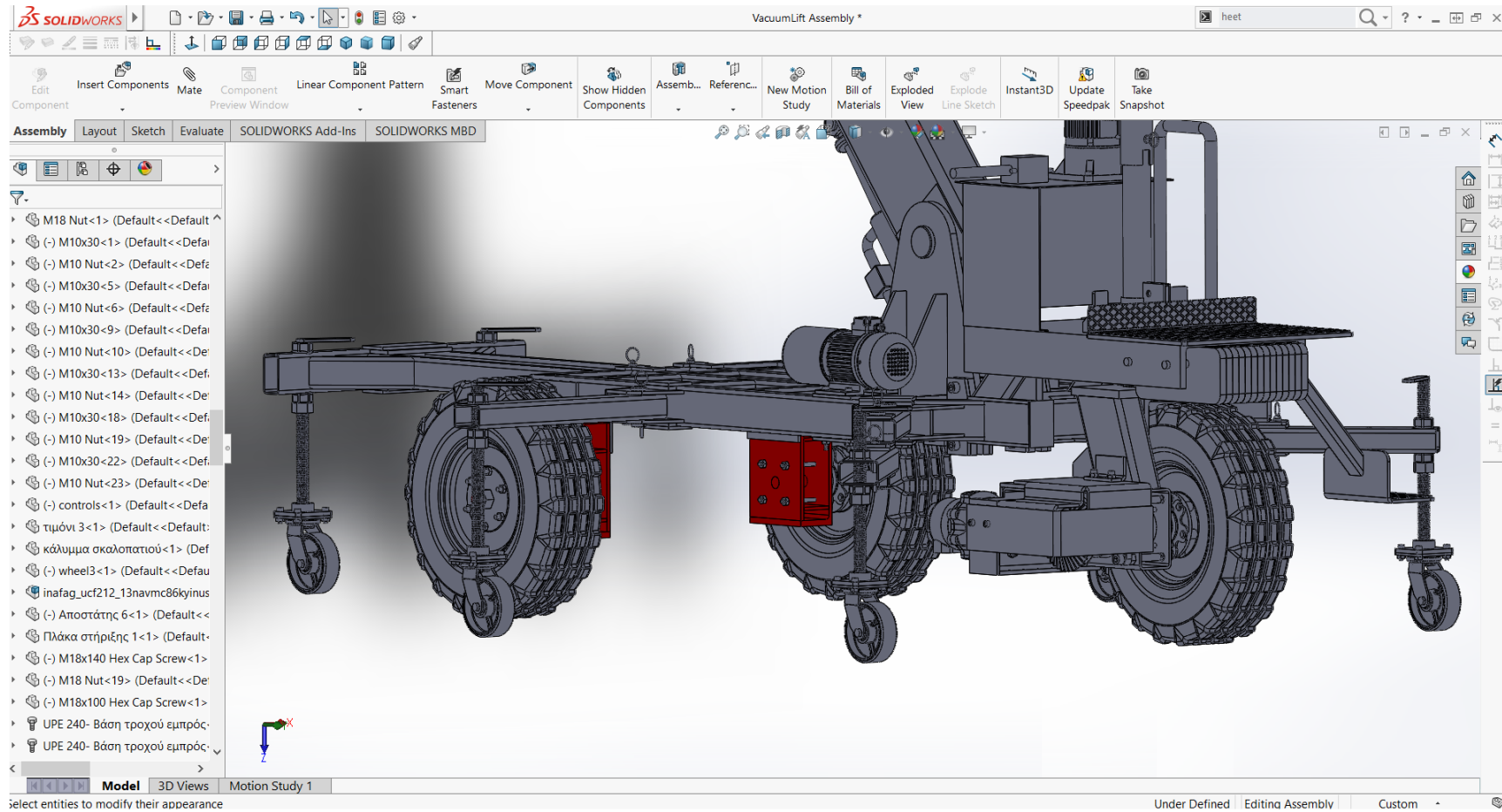
A2. Υποπλαίσιο οχήματος



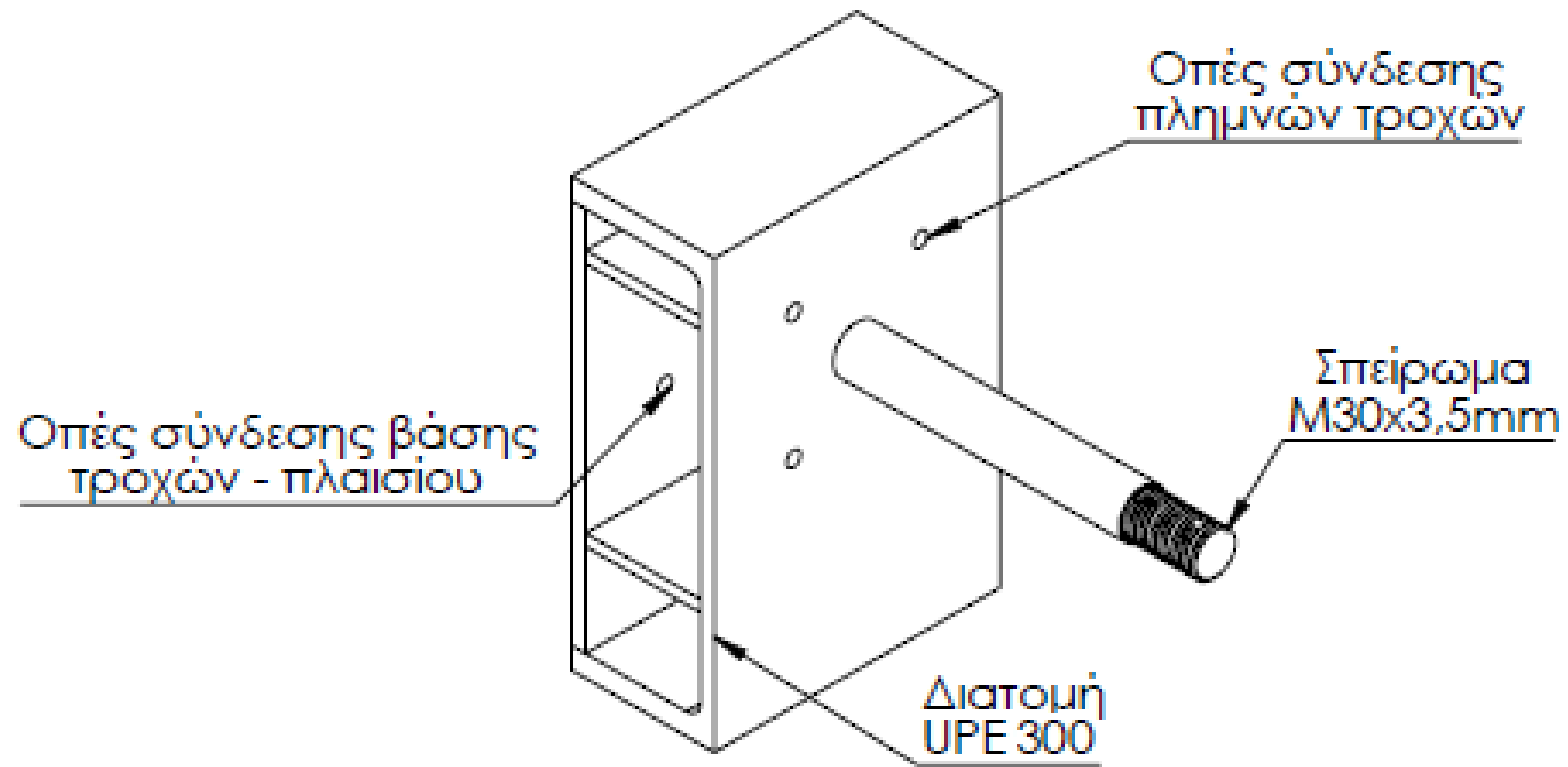
Το υποπλαίσιο αποτελεί τη φυσική προέκταση του κυρίως πλαισίου, και φιλοξενεί τη βάση του οπίσθιου τροχού του οχήματος. Το κύριο τμήμα του αποτελεί μια διατομή UPE 400 επί της οποίας έχουν συγκολληθεί όλα τα υπόλοιπα τεμάχια. Στο μέσο περίπου της διατομής υπάρχουν οι κατάλληλες οπές για την συναρμολόγηση του άξονα περιστροφής του βραχίονα του οπίσθιου τροχού, και του εδράνου UCF212. Επιπλέον, δύο κατακόρυφες συγκολλητές πλάκες, πάχους 8mm, αναλαμβάνουν τον περιορισμό της περιστροφής του τιμονιού του οχήματος. Στο πίσω μέρος του υποπλαισίου, υπάρχει μια συγκολλημένη πλάκα πάχους 10mm, και διαστάσεων 545x390mm, η οποία αποτελεί την πλατφόρμα επί της οποίας στέκεται ο χειριστής του οχήματος. Για την ευκολότερη άνοδο του χειριστή επί της πλατφόρμας, έχει δημιουργηθεί μια μικρότερη και χαμηλότερου ύψους πλατφόρμα στην δεξιά πλευρά του υποπλαισίου που συνδέεται με αυτό μέσω μιας κοιλοδοκού διατομής 60x40x4mm (πλάτος x ύψος x πάχος τοιχώματος). Για την επιπλέον διευκόλυνση του χειριστή, έχει κατασκευαστεί μια κουπαστή από κοιλοδοκό κυκλικής διατομής με διάμετρο 30mm, δίπλα από την χαμηλότερη πλατφόρμα, ώστε να μπορεί αυτός να κρατηθεί από ένα σταθερό σημείο κατά την άνοδο του στο όχημα. Τέλος στο πίσω μέρος έχει γίνει η προσθήκη αντίβαρου, με τη μορφή δεκατεσσάρων χαλύβδινων πλακών πάχους 20mm, οι οποίες είναι συγκολλημένες σε δύο συμπαγείς δοκούς κυκλικής διατομής, διαμέτρου 30mm, που με τη σειρά τους συγκολλούνται στο υποπλαίσιο.



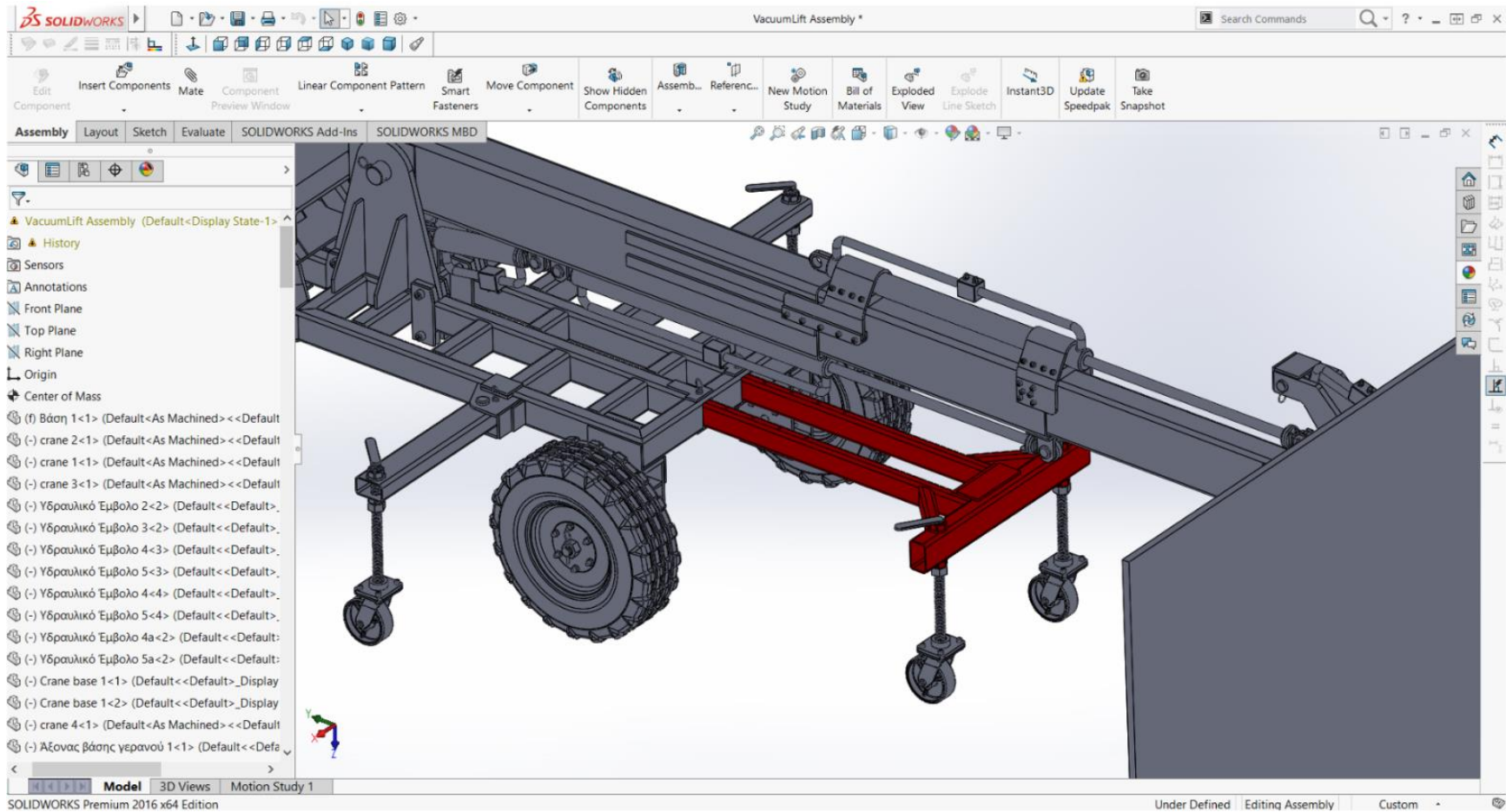
A3. Βάσεις εμπρόσθιων τροχών



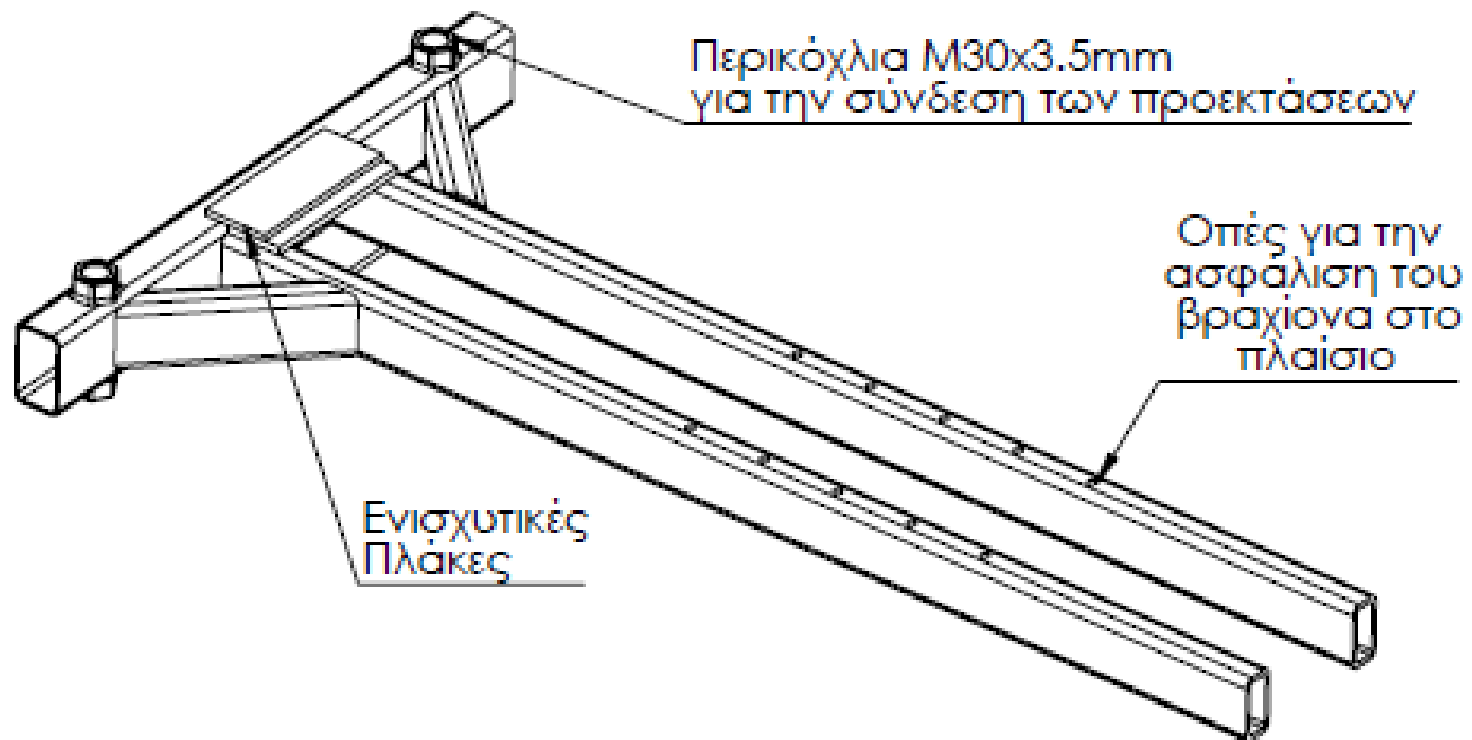
Οι βάσεις των εμπρός τροχών αποτελούν μια συνέχεια του κυρίως πλαισίου. Κατασκευάστηκαν με τη χρήση μιας διατομής UPE 300 και πλακών πάχους 8 και 10mm. Φέρουν οπές για την σύνδεση των πλημνών των τροχών και των αξόνων τους. Οι βάσεις συνδέονται με το κυρίως πλαίσιο συγκολλούμενες στις πλάκες που αυτό φέρει στο εμπρόσθιο του μέρος. Αυτή η «κιβωτιοειδής» κατασκευή προσφέρει την απαραίτητη αντοχή στις βάσεις των εμπρός τροχών, δημιουργώντας την επιθυμητή γεωμετρία με σχετικά μικρό βάρος. Οι βάσεις αυτές αναλαμβάνουν να συνδέσουν τους εμπρόσθιους τροχούς με το κυρίως πλαίσιο του οχήματος.



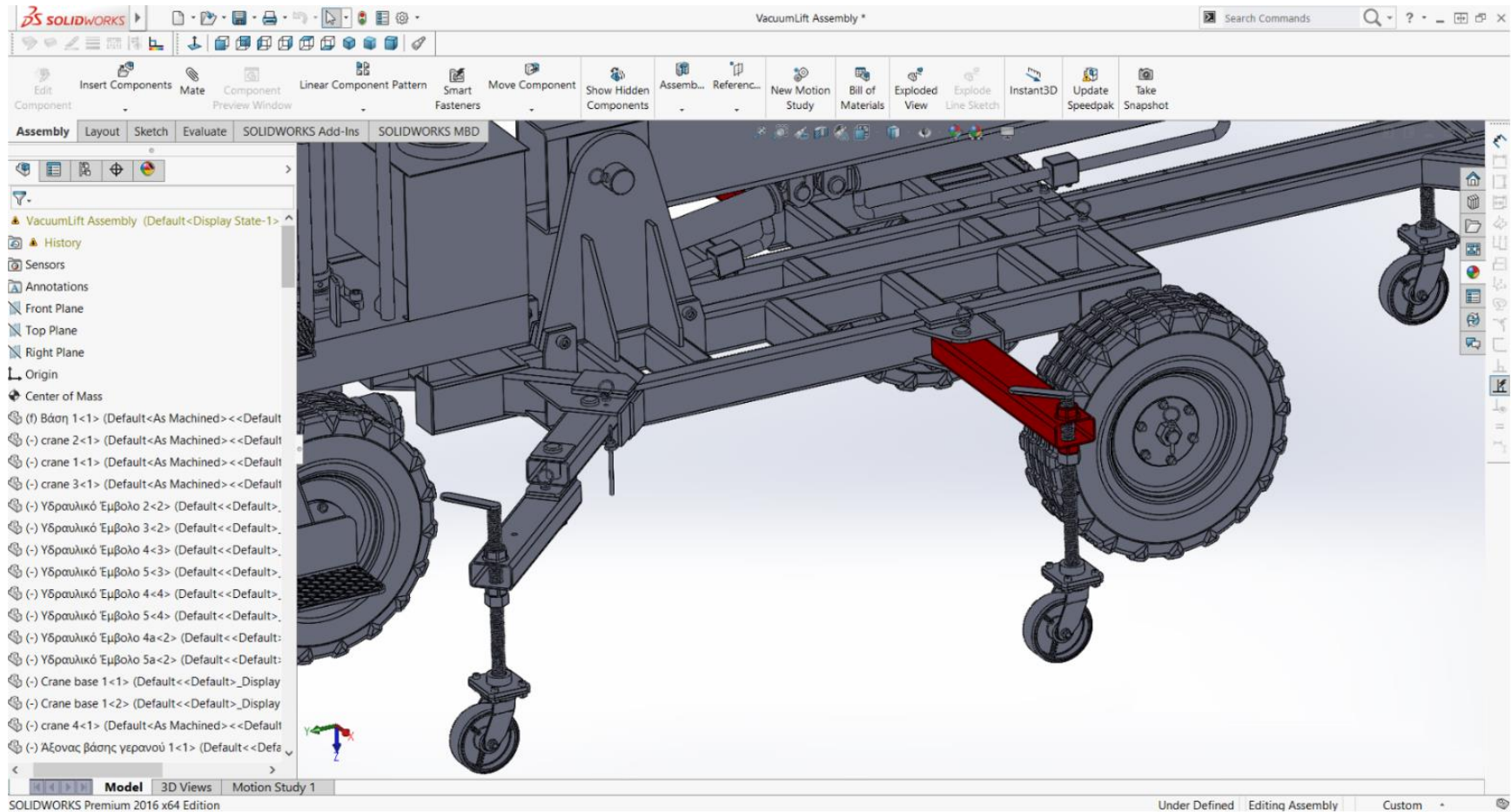
A4. Εμπρός βραχίονας στήριξης



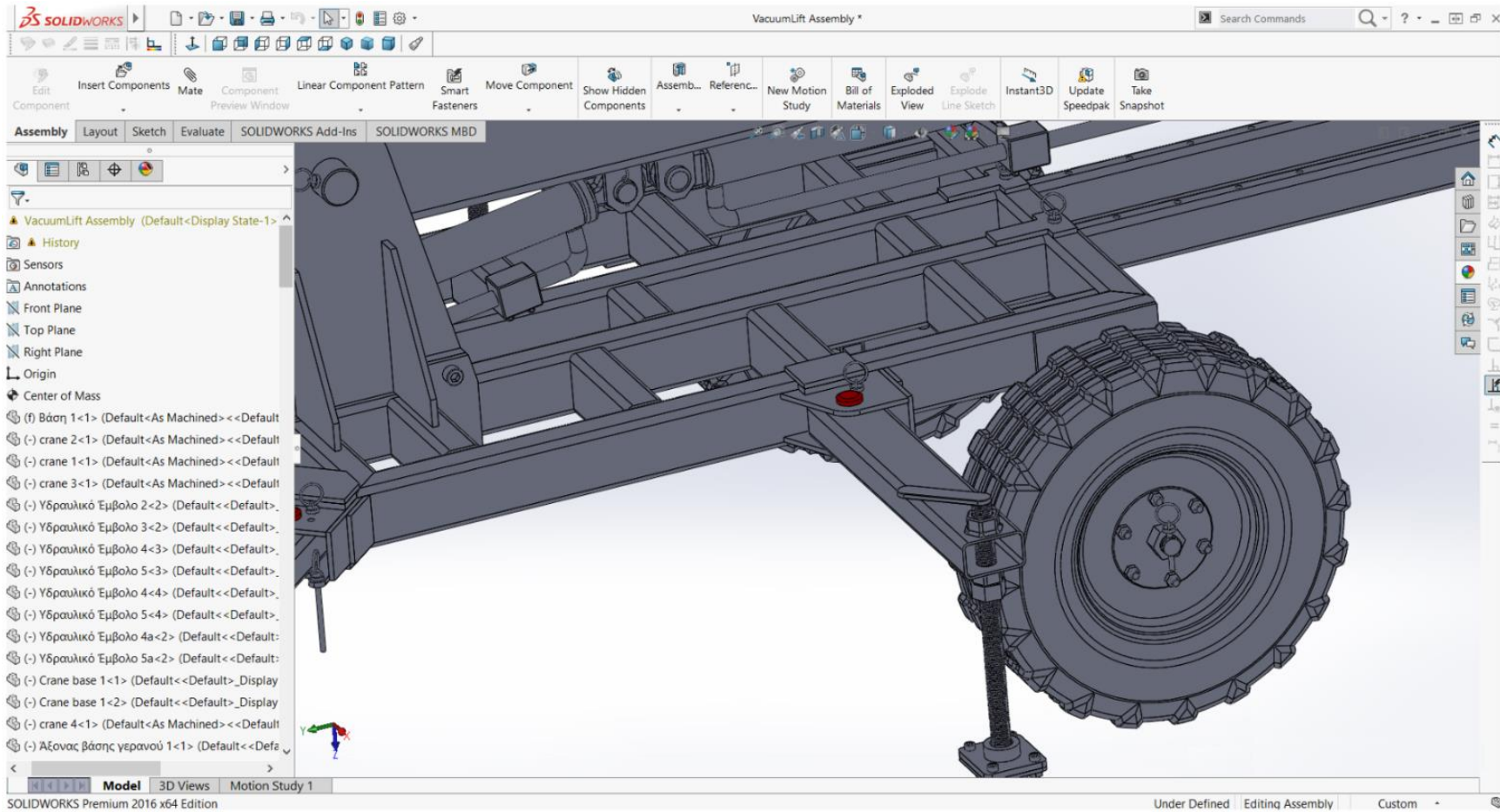
Ο εμπρόσθιος βραχίονας στήριξης αποτελείται από χαλύβδινες κοιλοδοκούς ορθογωνικής διατομής, 80x40x6mm (ύψος x πλάτος x πάχος τοιχώματος) και μια κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής, 100x60x4mm (ύψος x πλάτος x πάχος τοιχώματος). Είναι μια συγκολλητή κατασκευή σχήματος T, με δύο οριζόντιες προεκτάσεις οι οποίες συμπτύσσονται εντός του κυρίως πλαισίου. Οι προεκτάσεις αυτές φέρουν οπές ανά τακτές αποστάσεις για την ασφάλιση του βραχίονα στήριξης στο πλαίσιο με την βοήθεια πύρων ασφάλισης. Κατά αυτό τον τρόπο, ο βραχίονας μπορεί να επεκταθεί σε πέντε διαφορετικές θέσεις. Δυο διαγώνια συγκολλημένες κοιλοδοκοί και τέσσερις πλάκες ενισχύουν την κατασκευή. Στο εμπρόσθιο μέρος του βραχίονα υπάρχουν δύο διαμπερείς οπές επί της κοιλοδοκού 100x60, και έχουν συγκολληθεί τέσσερα περικόχλια M30x3,5mm στο άνω και κάτω μέρος της κοιλοδοκού, ομόκεντρα με τις οπές. Αυτή η διάταξη επιτρέπει την σύνδεση των προεκτάσεων του βραχίονα στήριξης των οποίων ο κορμός αποτελείται από ατέρμονα άξονα με σπείρωμα M30x3,5mm. Ο εμπρόσθιος βραχίονας στήριξης του οχήματος, είναι ένα πολύ σημαντικό τμήμα της κατασκευής, καθώς αναλαμβάνει να στηρίξει το όχημα και να μην επιτρέψει την ανατροπή του κατά την ανύψωση βαρέων φορτίων με το βραχίονα ανύψωσης σε πλήρη έκταση. Θα πρέπει να μπορεί να αντέξει τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν και να έχει την κατάλληλη γεωμετρία. Χάρη στο εμπρόσθιο βραχίονα ανύψωσης, το γερανοφόρο όχημα, μετατοπίζει «εικονικά» τον εμπρός άξονα του και έτσι αυξάνονται οι ανυψωτικές του ικανότητες και μειώνεται ο κίνδυνος ανατροπής. Το άνοιγμα και το κλείσιμο, όπως και η ασφάλιση του με το πλαίσιο σε όλες τις θέσεις, γίνεται χειροκίνητα.



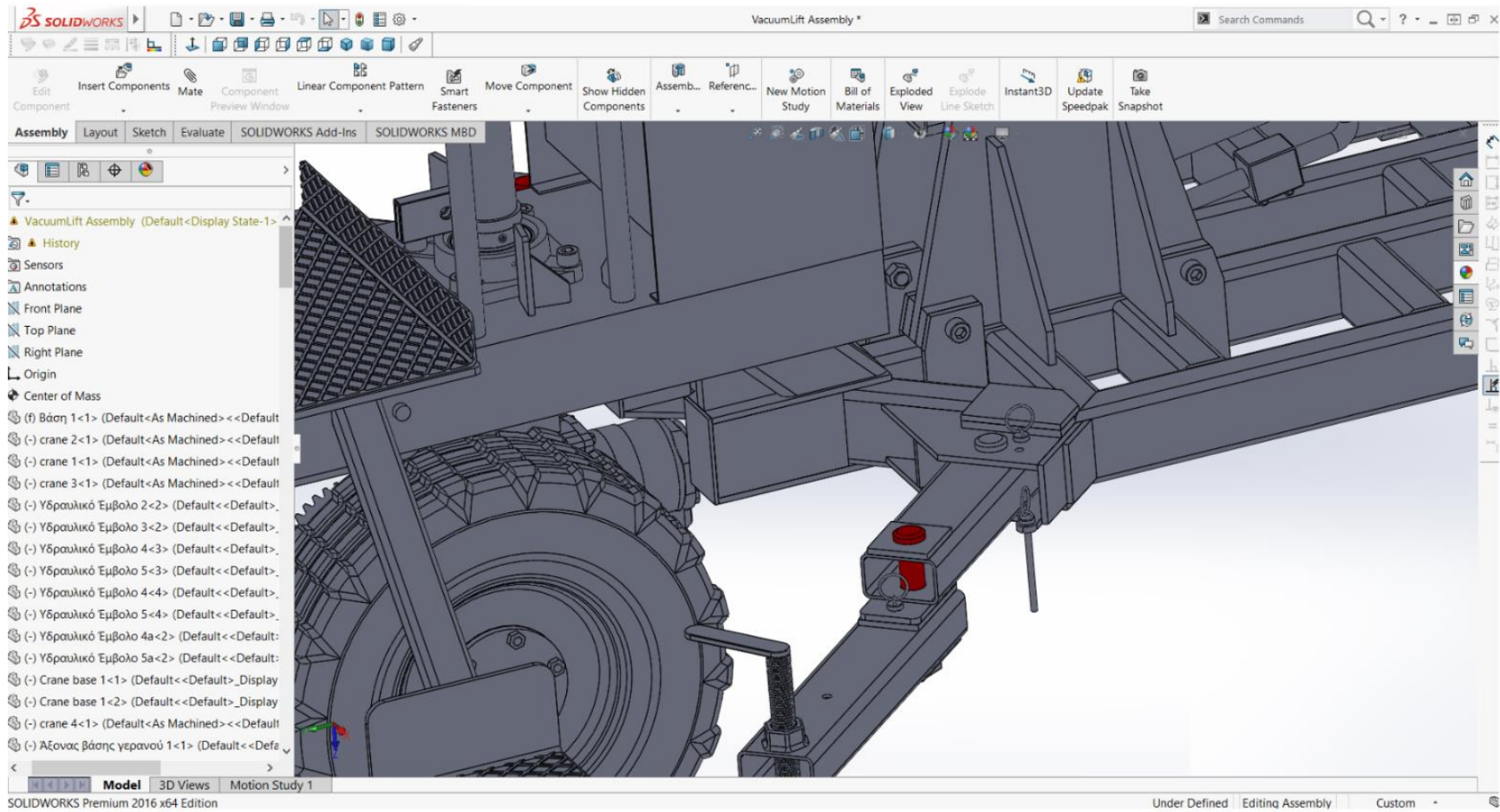
A5. Πλάγιος βραχίονας στήριξης



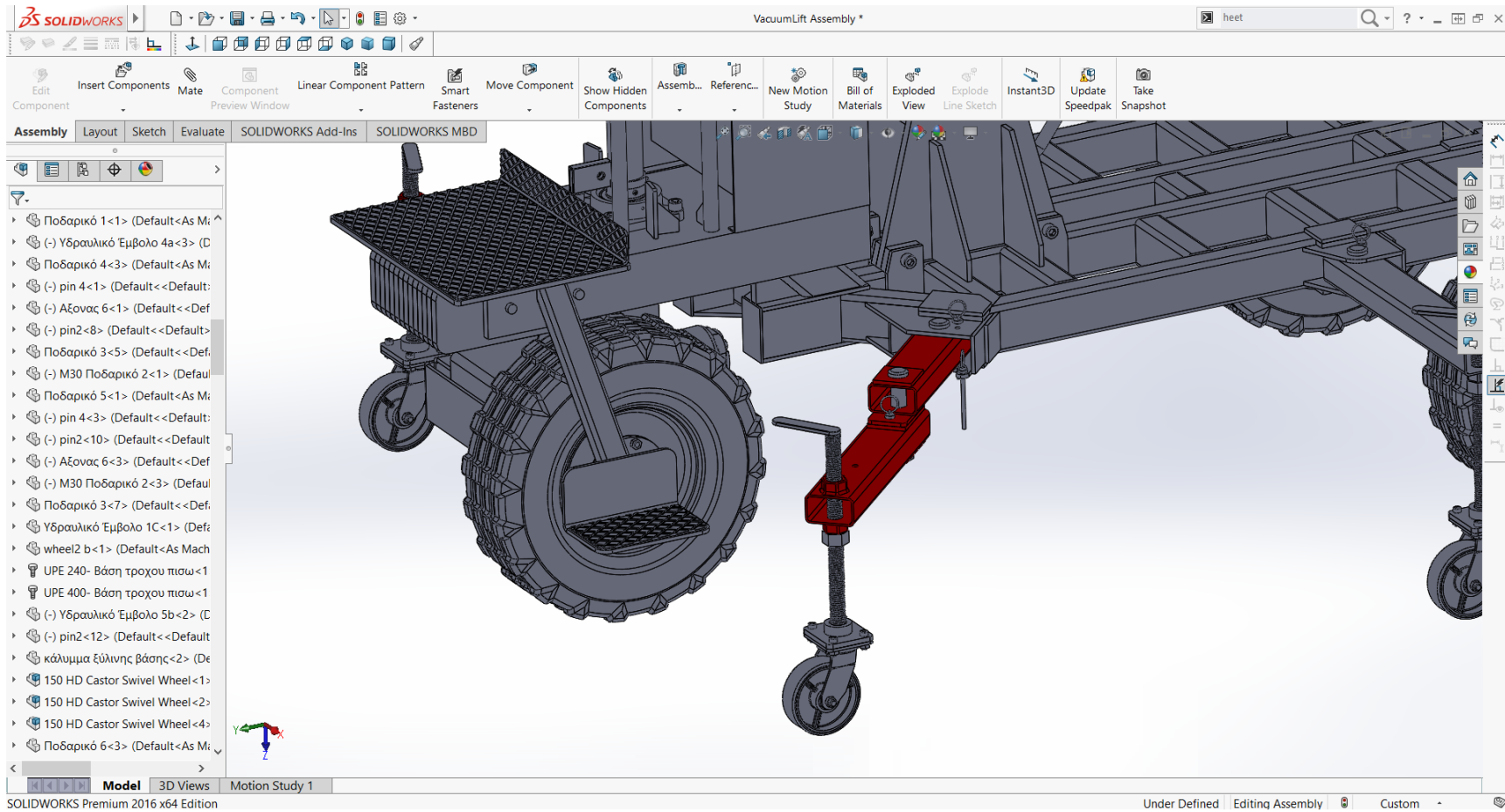
A6. Άξονας άρθρωσης βραχιόνων στήριξης - πλαισίου



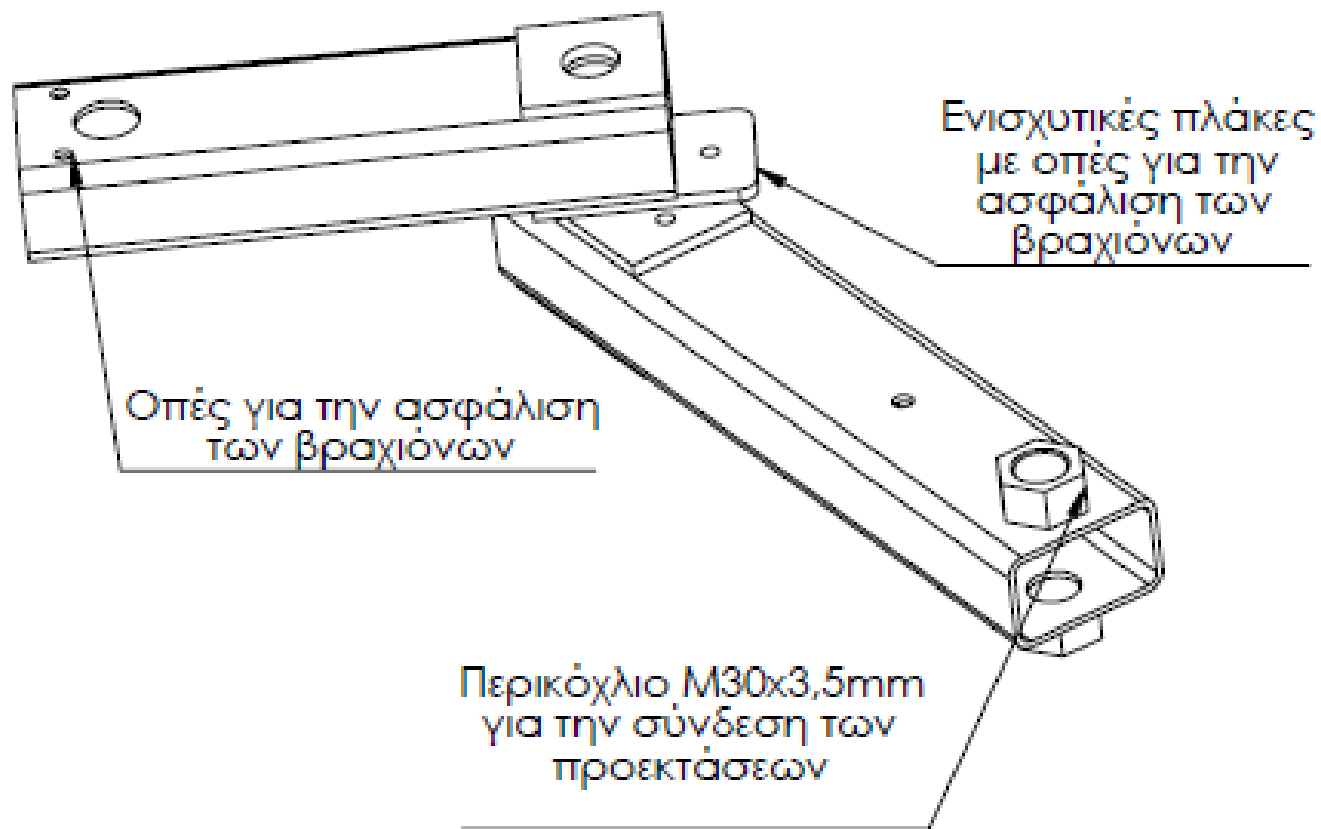
A7. Άξονας πλάγιου βραχίονα στήριξης



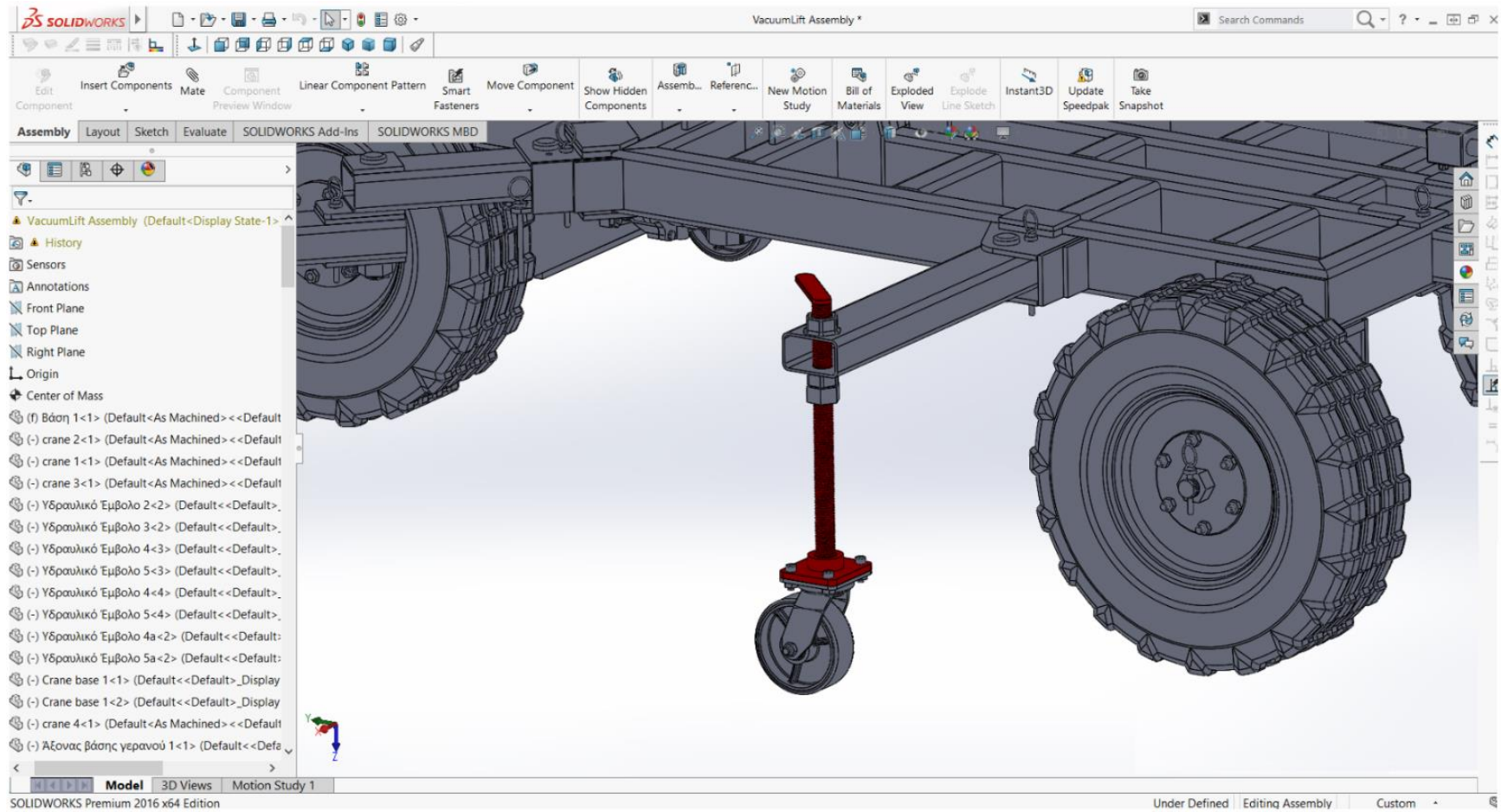
A8. Οπίσθιος βραχίονας στήριξης



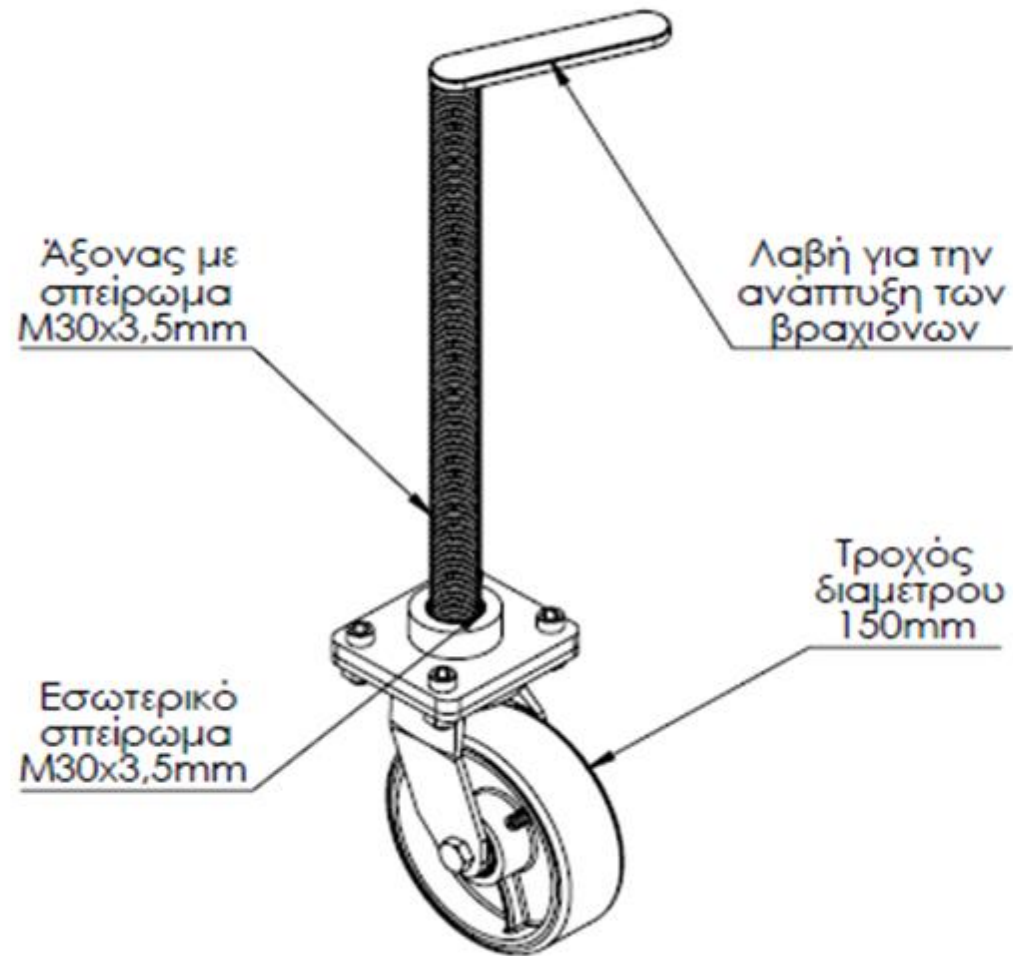
Ο οπίσθιος βραχίονας στήριξης αποτελείται κατά κύριο λόγο, από δύο κοιλοδοκούς ορθογωνικής διατομής, 100x60x4mm (ύψος x πλάτος x πάχος τοιχώματος) από χάλυβα οι οποίες ενώνονται με την βοήθεια του άξονα του βραχίονα. Είναι αρθρωτός, γεγονός που του επιτρέπει να «διπλώνει» και να μην παρεμποδίζει άλλα κινητά μέρη του οχήματος όταν αυτός είναι στην κλειστή του θέση. Τα δύο τεμάχια που τον αποτελούν φέρουν τις ανάλογες οπές για την μεταξύ τους σύνδεση στην άρθρωση, αλλά και για την σύνδεση του βραχίονα με την κάθετη επέκταση του (που αποτελείται από έναν ατέρμονα άξονα με σπείρωμα M30x3,5mm). Υπάρχουν επιπλέον οπές για την σταθεροποίηση του βραχίονα στο πλαίσιο, τόσο στην κλειστή όσο και στην ανοικτή θέση, αλλά και μια οπή στο τεμάχιο του βραχίονα που μέσω άρθρωσης συνδέεται με το κυρίως πλαίσιο. Στο τεμάχιο που συνδέεται με την επέκταση του βραχίονα, έχουν συγκολληθεί δύο περικόχλια M30x3,5mm στο άνω και κάτω μέρος του, για την σύνδεση με αυτή. Τέλος, στο σημείο της άρθρωσης, έχουν συγκολληθεί ενισχυτικές πλάκες πάχους 8mm, οι οποίες δίνουν και την απαραίτητη απόσταση στα δύο τεμάχια, έτσι ώστε να μην έρχονται σε επαφή κατά την αναδίπλωση και επέκταση του βραχίονα. Το άνοιγμα και το κλείσιμο, όπως και η ασφάλιση τους με το πλαίσιο σε όλες τις θέσεις, γίνεται χειροκίνητα.



A9. Προεκτάσεις βραχιόνων στήριξης



Οι προεκτάσεις των βραχιόνων στήριξης αποτελούνται από έναν ατέρμονα άξονα με σπείρωμα M30x3,5mm, μια πλάκα πάχους 8mm από χάλυβα, τη βάση σύνδεσης και τον βιομηχανικού τύπου τροχό. Συνδέονται με τους βραχίονες στήριξης μέσω των περικοχλίων που αυτοί φέρουν και τους φέρνουν σε επαφή με το έδαφος. Έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζουν το ύψος του τροχού, με την περιστροφή του άξονα, και έτσι μπορούν να «μαζεύονται» όποτε αυτό απαιτείται. Με αυτόν τον τρόπο τυχόν ανωμαλίες του εδάφους εξουδετερώνονται, και το όχημα μπορεί να έχει ένα σταθερό πάτημα. Η επέκταση και το «μάζεμα» των προεκτάσεων, όπως και των βραχιόνων, γίνεται χειροκίνητα.



7.1.B. Βραχίονας ανύψωσης

Διαδικασία σχεδιασμού και τεχνικά προβλήματα

Κατά τον σχεδιασμό του βραχίονα ανύψωσης του γερανού οι μεγαλύτεροι προβληματισμοί αφορούσαν την αντοχή του και το βάρος του. Επί της ουσίας ο βραχίονας μπορεί, μακροσκοπικά, να αντιμετωπιστεί ως ένας δοκός ο οποίος υφίσταται κάμψη 3 σημείων. Ο βραχίονας έπρεπε να μπορεί να αντέξει στις φορτίσεις που δέχεται από το βάρος του φορτίου και τη δύναμη αντίδρασης που δέχεται από τη βάση του εμβόλου που τον ανυψώνει, και την άρθρωση της βάσης του. Παράλληλα, το βάρος του έπρεπε να διατηρηθεί χαμηλά για πολλούς λόγους. Καθώς το βάρος του βραχίονα αποτελεί ένα μεγάλο μέρος του συνολικού βάρους του γερανού, ένας ελαφρύτερος βραχίονας διευκολύνει τη μεταφορά του γερανού και δημιουργεί μικρότερες απαιτήσεις από τον κινητήρα για την κίνηση του οχήματος. Επιπλέον ένα σημαντικό τμήμα του βραχίονα εκτείνεται εκτός του πλαισίου, οπότε όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος του, τόσο μεγαλύτερο είναι και το **άθροισμα των ροπών ανατροπής** του γερανού. Ο **συντελεστής ασφάλειας έναντι ανατροπής** δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

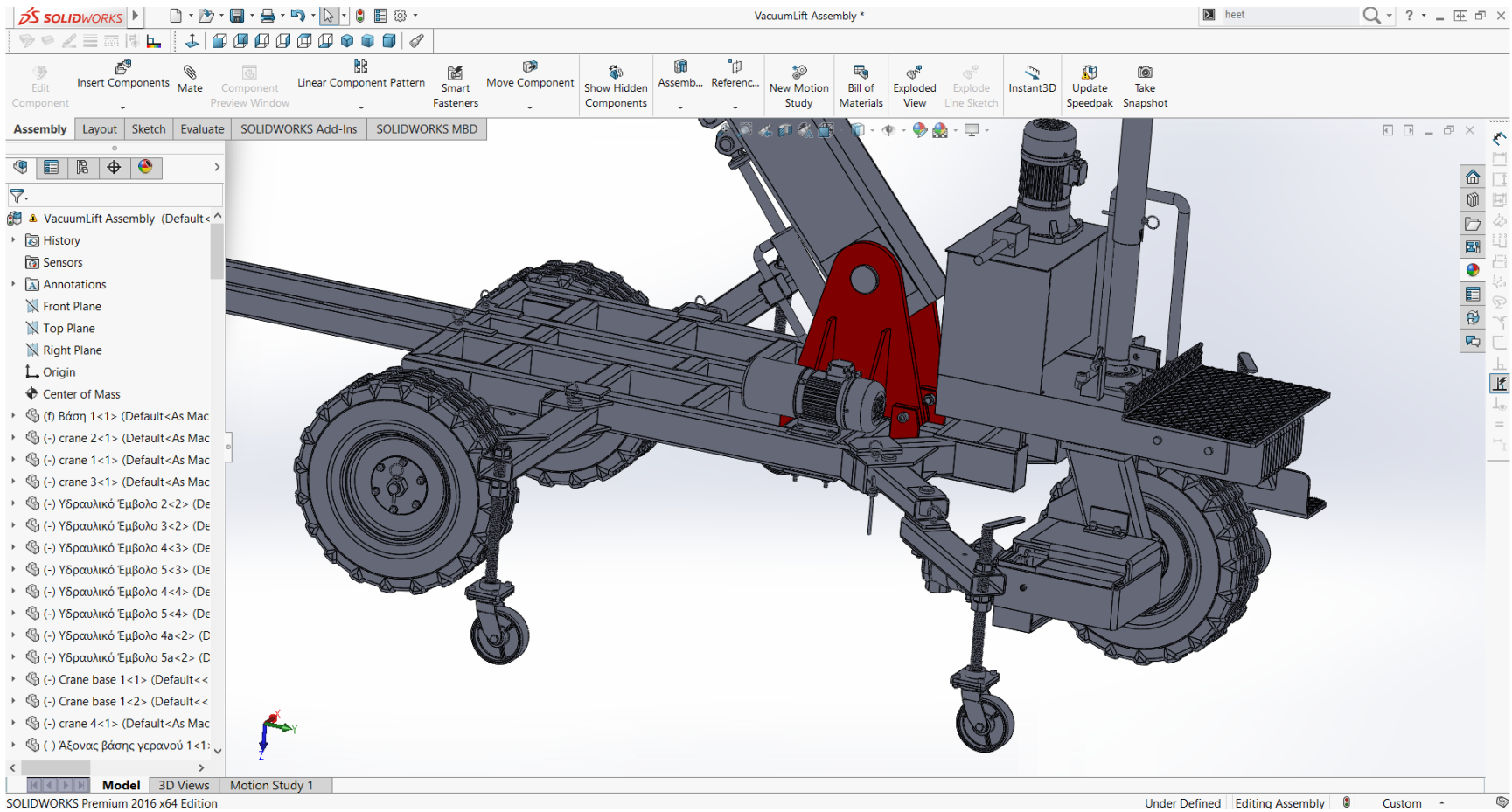
$$S = \frac{\Sigma M \epsilon}{\Sigma M \alpha}$$

Το $\Sigma M \epsilon$ είναι το άθροισμα των ροπών που αντιστέκονται στην ανατροπή και το $\Sigma M \alpha$ είναι το άθροισμα των ροπών ανατροπής. Σημειώνεται ότι οι ροπές αυτές υπολογίζονται ως προς το σημείο που το μηχάνημα στηρίζεται στο έδαφος το οποίο βρίσκεται πιο κοντά στο φορτίο (στην συγκεκριμένη περίπτωση ο εμπρόσθιος άξονας του γερανοφόρου οχήματος ή ο άξονας της ρόδας του εμπρόσθιου βραχίονα στήριξης, όταν αυτός είναι αναπτυγμένος και έρχεται σε επαφή με το έδαφος). Μια ακόμα απαίτηση ήταν ο βραχίονας να μπορεί να συμπίπτει με τέτοιο τρόπο που να περιορίζονται, όσο αυτό είναι δυνατό, οι εξωτερικές

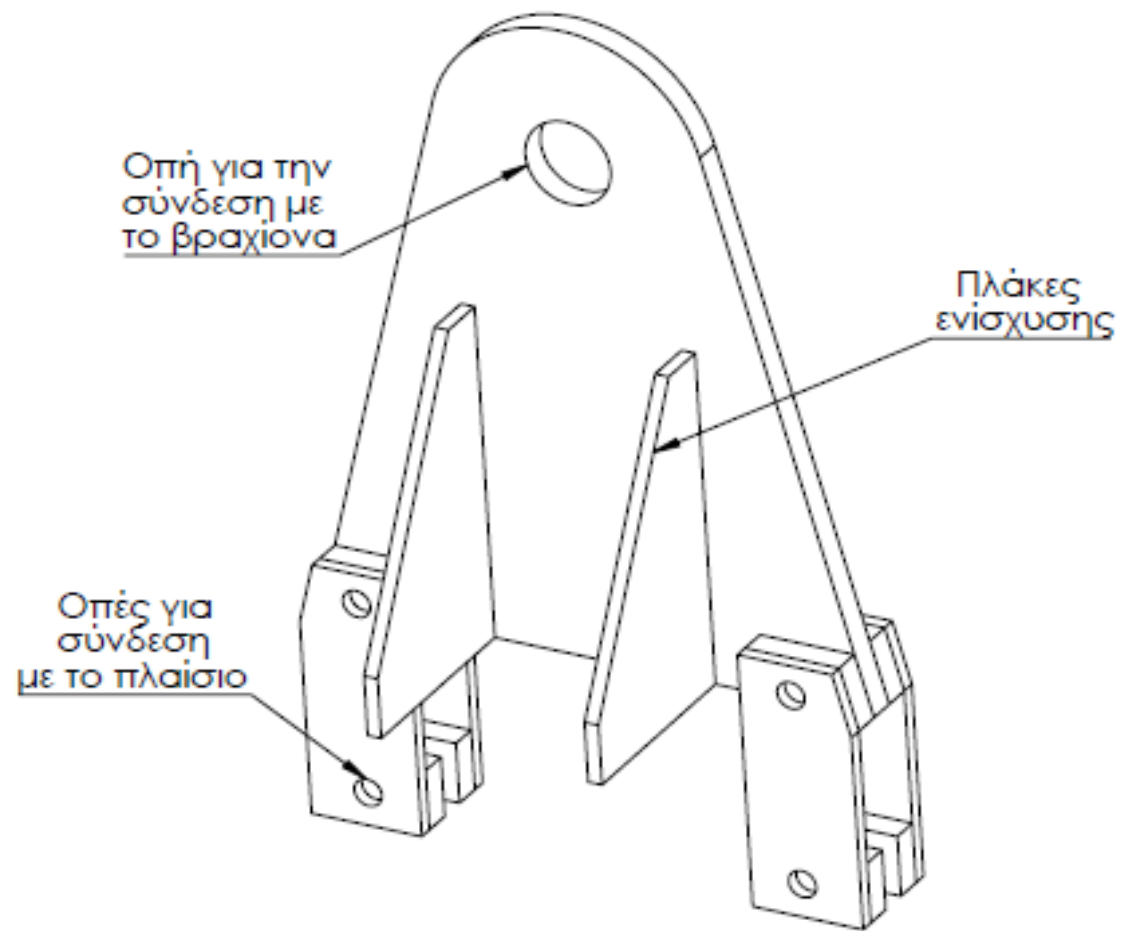
διαστάσεις του οχήματος. Τέλος η έκταση και η σύμπτυξη του βραχίονα θα έπρεπε να γίνονται μέσω μιας διάταξης που δεν θα απαιτούσε ανθρώπινη μυϊκή δύναμη για την εκτέλεση αυτών των ενεργειών. Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψιν, τη λύση έδωσε ο σχεδιασμός του βραχίονα, ως μια ομάδα κοιλοδοκών ορθογωνικών διατομών, οι οποίες ολισθαίνουν (υπό την παρουσία λίπανσης) η κάθε μία εντός της αμέσως μεγαλύτερης σε διατομή, δημιουργώντας έναν τηλεσκοπικό βραχίονα. Κατά αυτόν τον τρόπο, το βάρος του βραχίονα διατηρείται σε αποδεκτά επίπεδα ενώ παράλληλα αυτός έχει την μηχανική αντοχή για την εκτέλεση των εργασιών ανύψωσης του οχήματος. Στη πορεία, έγιναν επεμβάσεις σε αυτή την απλή αρχική διάταξη, όπως η προσθήκη ενισχυτικών συγκολλητών χαλύβδινων πλακών στα πλάγια τοιχώματα των δοκών, στα σημεία όπου αυτές φέρουν οπές για διερχόμενους άξονες, αλλά και σε σημεία όπου έπρεπε να εξισωθεί η διαφορά ύψους μεταξύ των διατομών των κοιλοδοκών για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος που συμπτύσσει και επεκτείνει το βραχίονα. Έγιναν, επιπροσθέτως, προσθήκες παρόμοιων πλακών σε σημεία όπου έπρεπε να δημιουργηθεί το απαραίτητο πάχος στο τεμάχιο για την συναρμογή του με άλλα τεμάχια μέσω κοχλιών. Για τις ανάγκες της μεταφοράς των υαλοπινάκων από στενές εισόδους και περάσματα, σχεδιάστηκε στο άκρο του βραχίονα μια άρθρωση με φορά κάθετη ως προς αυτή της ανύψωσης του. Η άρθρωση αυτή επιτρέπει στο πλαίσιο που φέρει τις βεντούζες συγκράτησης να περιστραφεί κατά 90° προς τα αριστερά ή τα δεξιά, με ένα συνολικό εύρος κίνησης 180 μοιρών κατά τον άξονα Z (αν θεωρήσουμε ότι οι άξονες X και Y διατρέχουν το μήκος και το πλάτος του οχήματος αντίστοιχα). Ένα ζεύγος περιστρεφόμενων ασφαλιστικών βραχιόνων και ένας κοχλίας M18 μήκους 160mm αναλαμβάνουν να ασφαλισουν την άρθρωση, «κλειδώνοντας» την στη θέση όπου όλα τα τεμάχια του βραχίονα είναι παράλληλα μεταξύ τους, όταν ο βραχίονας ανυψώνεται. Η ασφάλιση του πλαισίου κατά την ανύψωση του βραχίονα είναι απαραίτητη και υποχρεωτική, καθώς σε διαφορετική περίπτωση θα υπήρχε ο κίνδυνος μετατόπισης του φορτίου υπό την επίδραση του βάρους του, με καταστροφικές συνέπειες. Λόγω της γεωμετρίας των τεμαχίων που την αποτελούν, η άρθρωση μπορεί να περιστραφεί μόνο κατά 90° προς τα αριστερά ή τα δεξιά, γεγονός που δεν

επιτρέπει στον υαλοπίνακα να προσκρούσει απευθείας σε κάποιο τμήμα του γερανού. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει κάποια διάταξη να αποσβέσει την κρούση που θα υποστεί ο υαλοπίνακας σε περίπτωση απότομης μετατόπισης του πλαισίου, όταν η άρθρωση φτάσει στο όριο της περιστροφής της. Οι ίδιοι ασφαλιστικοί βραχίονες έχουν γεωμετρία που, με την προσθήκη ενός κοχλία M10 μήκους 120mm, τους επιτρέπει να ασφαλίζουν το πλαίσιο συγκράτησης των υαλοπινάκων σε γωνία 90° ως προς την αρχική του θέση, περιστραμένο κατά τον άξονα Z. Αυτή η δυνατότητα ασφάλισης, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά την διέλευση του μηχανήματος από εισόδους κτιρίων και άλλα στενά ανοίγματα, όπου υπάρχει ο κίνδυνος κατά την επιβράδυνση της κίνησης του οχήματος, λόγω αδράνειας της μάζας του φορτίου, να περιστραφεί το πλαίσιο και κατά συνέπεια ο υαλοπίνακας να προσκρούσει σε μια σταθερή επιφάνεια και να θραυτεί. Τέλος, στη μεγαλύτερης διατομής κοιλοδοκό του βραχίονα, συγκολλήθηκαν, στις πλάγιες πλευρές του, δύο ζεύγη συμπαγών δοκών διατομής 38 x 12,5mm και μήκους περίπου 700mm από χάλυβα ψυχρής έλασης με σκοπό την δημιουργία ενός ζεύγους καναλιών εντός των οποίων θα ολισθαίνουν αντίστοιχες προεκτάσεις της βάσης ενός εκ των υδραυλικών εμβόλων του βραχίονα. Παρακάτω ακολουθούν τα υποσυναρμολογήματα του βραχίονα συνοδευόμενα από λεπτομερή ανάλυση των πιο σημαντικών σημείων τους.

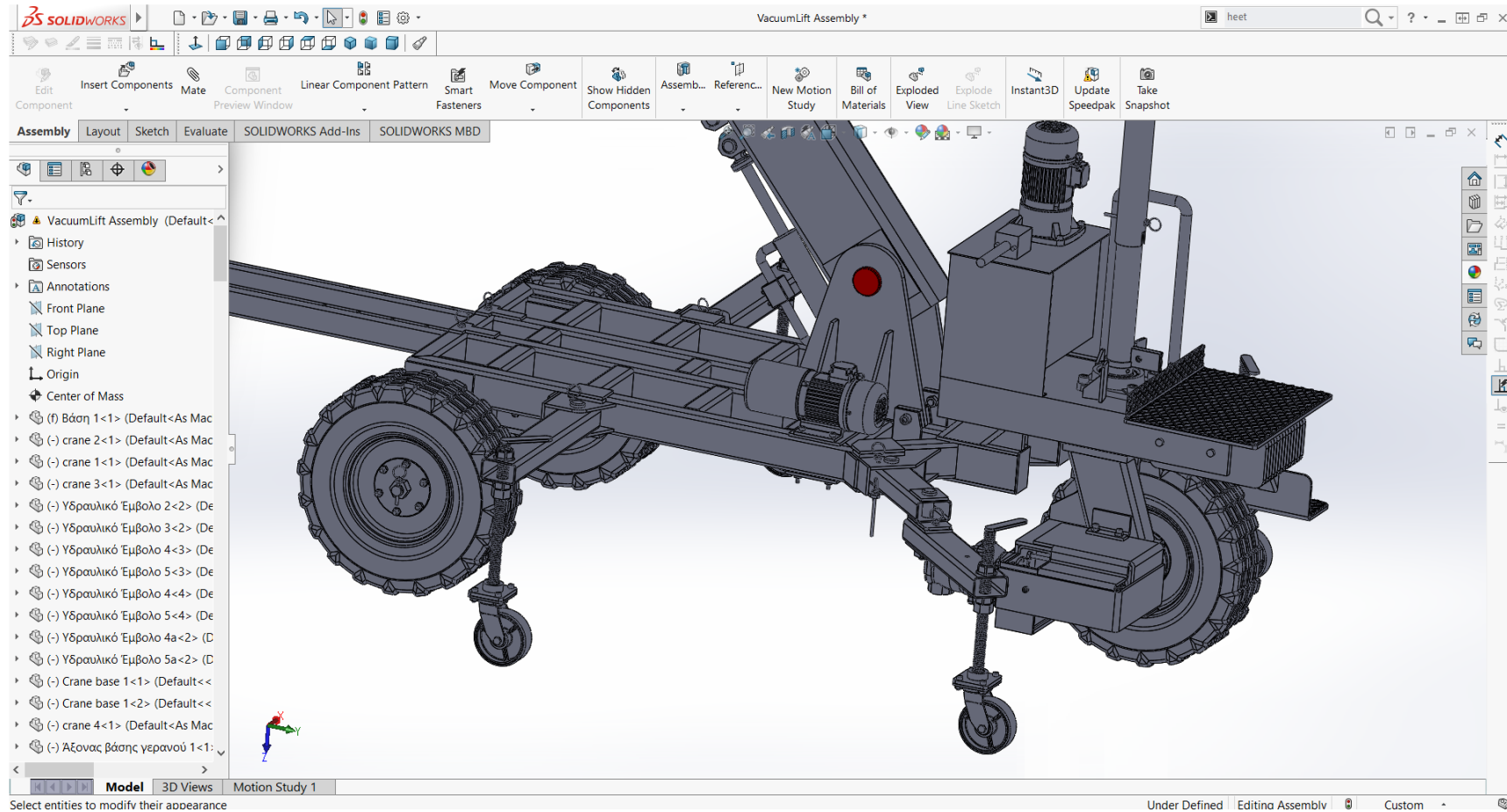
B1. Βάση βραχίονα ανύψωσης



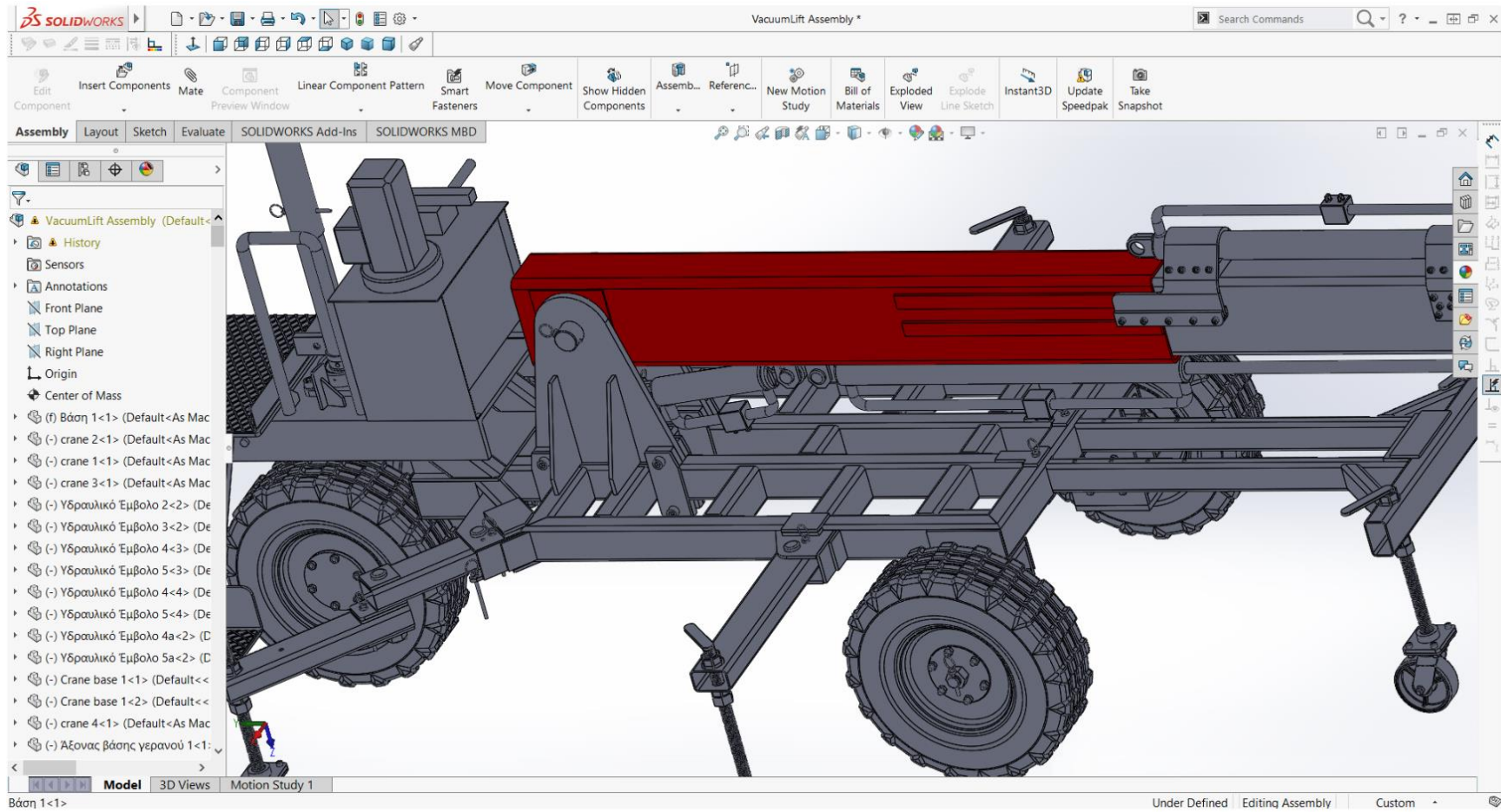
Η βάση του βραχίονα ανύψωσης αποτελείται από ένα σύνολο χαλύβδινων πλακών, με πάχη 10 και 20mm, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και στη συνέχεια με το κυρίως πλαίσιο. Αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα τμήματα του οχήματος, καθώς δέχεται μεγάλες δυνάμεις και καταπονήσεις κατά την διάρκεια των εργασιών του γερανού. Οι τρόποι σύνδεσης των τεμαχίων μεταξύ τους είναι μέσω συγκόλλησης και μέσω κοχλιοσύνδεσης. Όλα τα τεμάχια φέρουν τις απαραίτητες οπές για την σύνδεση τους με τους κοχλίες. Η συναρμολογημένη βάση αποτελείται από δύο ξεχωριστά σκέλη, πάχους 20mm, τα οποία συγκρατούν εκατέρωθεν τον τηλεσκοπικό βραχίονα ανύψωσης στο χαμηλότερο του τμήμα. Η σύνδεση τους με το βραχίονα ανύψωσης γίνεται μέσω ενός συμπαγούς άξονα πάχους 60mm, ο οποίος ασφαλί- ζεται στη θέση του μέσω ενός ασφαλιστικού πύρου. Τα σκέλη της βάσης του βραχίονα συν- δέονται με το κυρίως πλαίσιο μέσω σύσφιξης με κοχλίες M18. Κάθε ένα από τα δύο σκέλη φέρει, κάθετα συγκολλημένες στην επιφάνεια του, δύο ενισχυτικές πλάκες με πάχος 10mm, οι οποίες προσφέρουν επιπλέον δυσκαμψία στο σύνολο της βάσης του βραχίονα ανύψωσης.



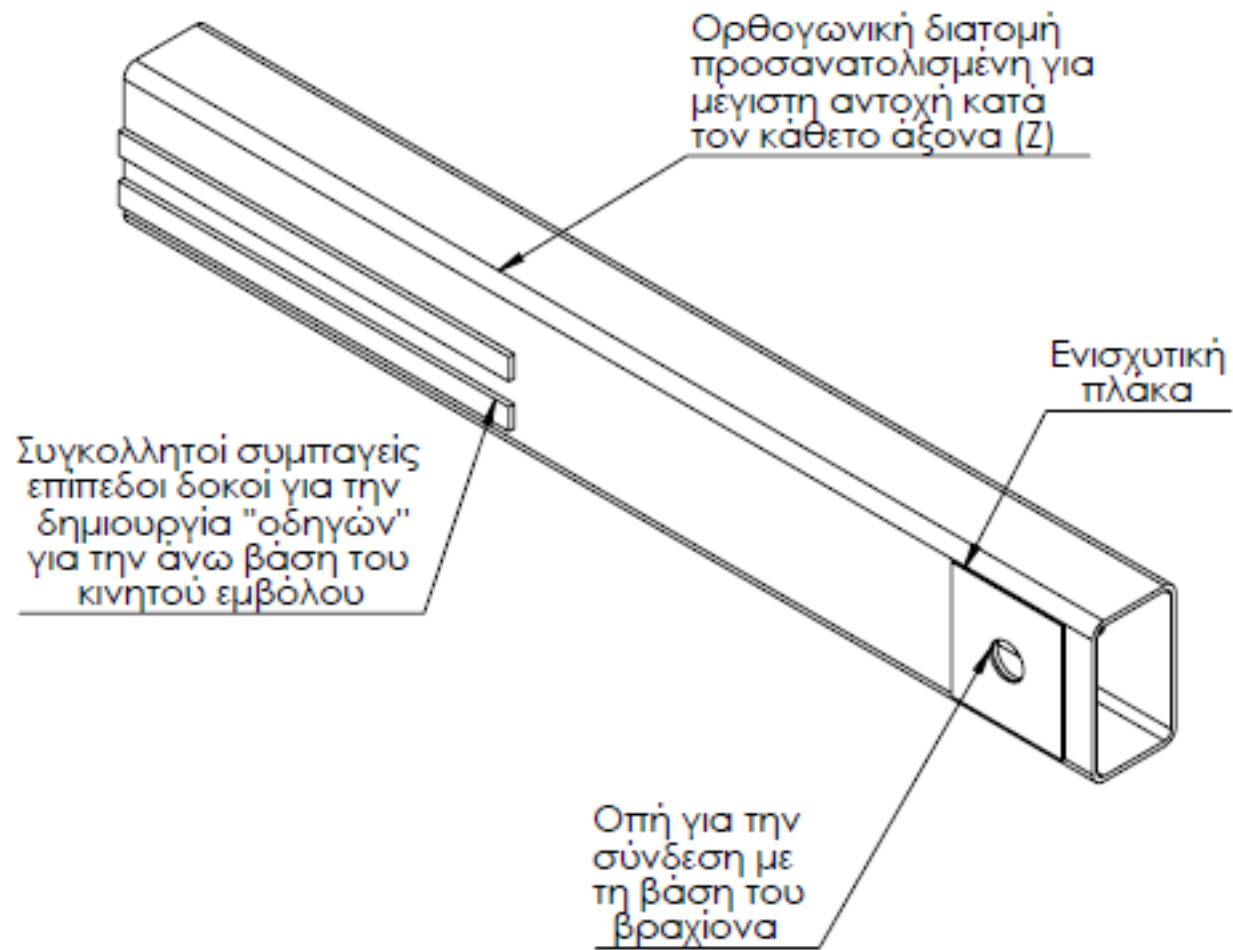
B2. Άξονας βάσης βραχίονα ανύψωσης



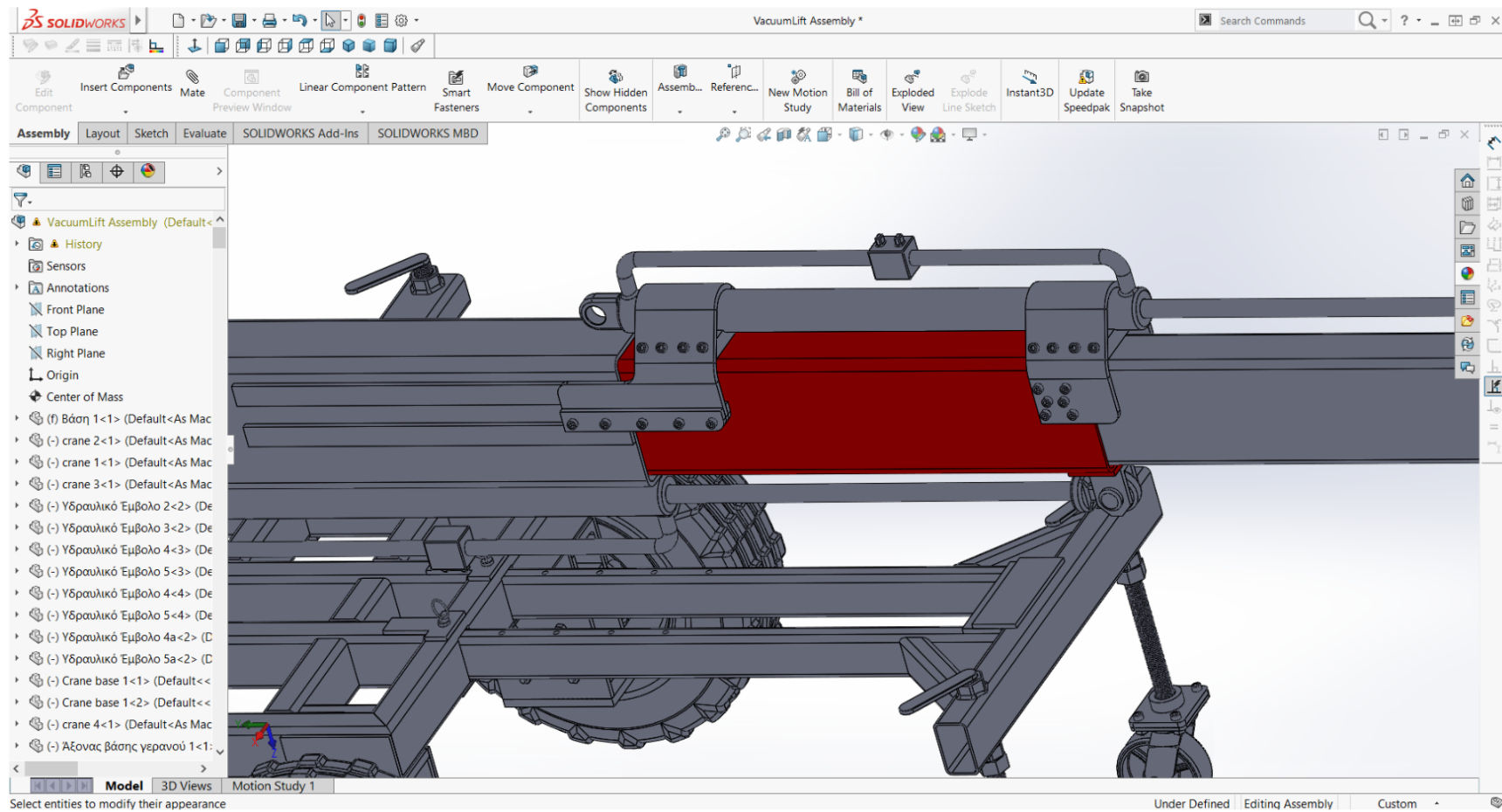
B3. Πρώτο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



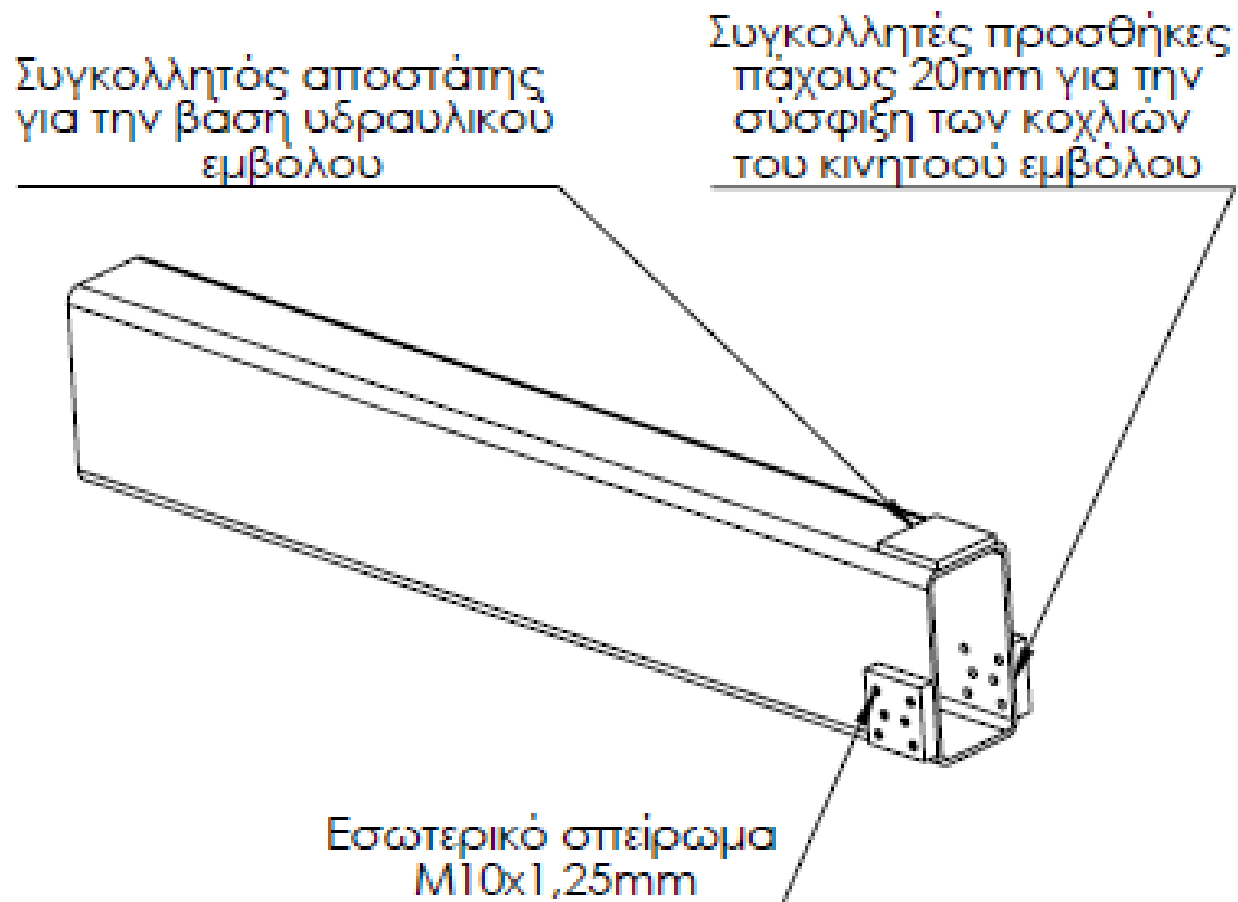
Το πρώτο τμήμα του βραχίονα ανύψωσης αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του, από μια κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 250x150x8mm από χάλυβα. Φέρει οπή στο τμήμα όπου συνδέεται με τη βάση του βραχίονα, ενώ έχουν προστεθεί συγκολλητά ενισχυτικά ελάσματα από χάλυβα, πάχους 5mm, εκατέρωθεν των πλευρών αυτών. Στο άλλο άκρο του φέρει δύο ζεύγη συγκολλητών επίπεδων δοκών από χάλυβα ψυχρής έλασης, οι οποίες διαδραματίζουν το ρόλο «οδηγών» για την συρόμενη βάση του κινητού υδραυλικού εμβόλου του βραχίονα. Το τεμάχιο αυτό του βραχίονα συνδέεται με το αμέσως επόμενο τμήμα του βραχίονα, τη βάση του βραχίονα και το υδραυλικό έμβολο βραχίονα-κυρίως πλαισίου του γερανού. Καθώς είναι κοίλο και μεγαλύτερης εσωτερικής διατομής, από την εξωτερική διατομή του αμέσως επόμενου τμήματος του βραχίονα, κατά την σύμπτυξη του βραχίονα του γερανού το αμέσως επόμενο τεμάχιο εισέρχεται μέσα σε αυτό. Έτσι ο βραχίονας λειτουργεί «τηλεσκοπικά» γεγονός που του προσφέρει ιδιαίτερη ευελιξία και δυνατότητα κίνησης εντός του χώρου εργασίας, ενώ τον κάνει περαιτέρω εύκολο στη μεταφορά.



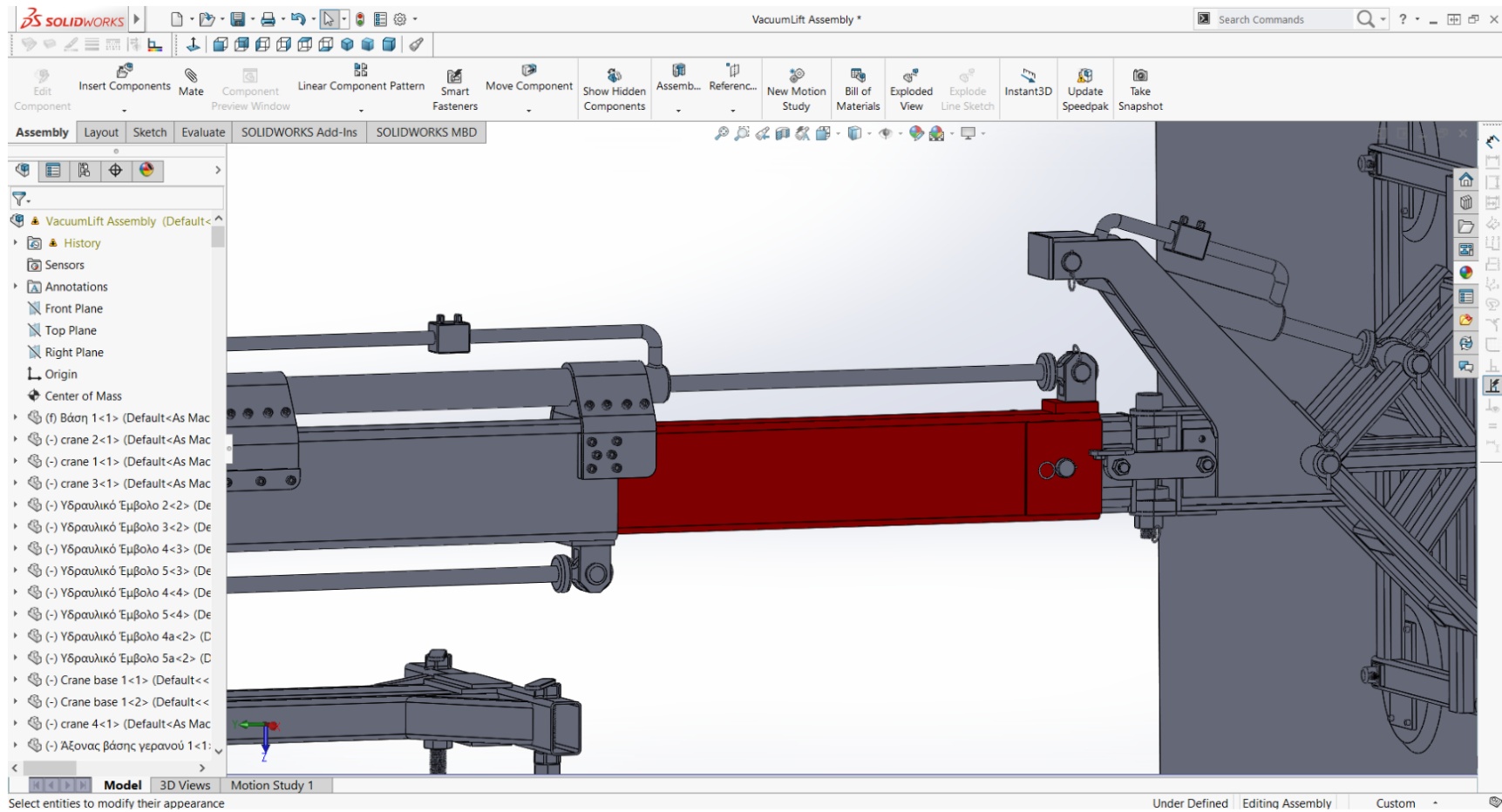
B4. Δεύτερο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



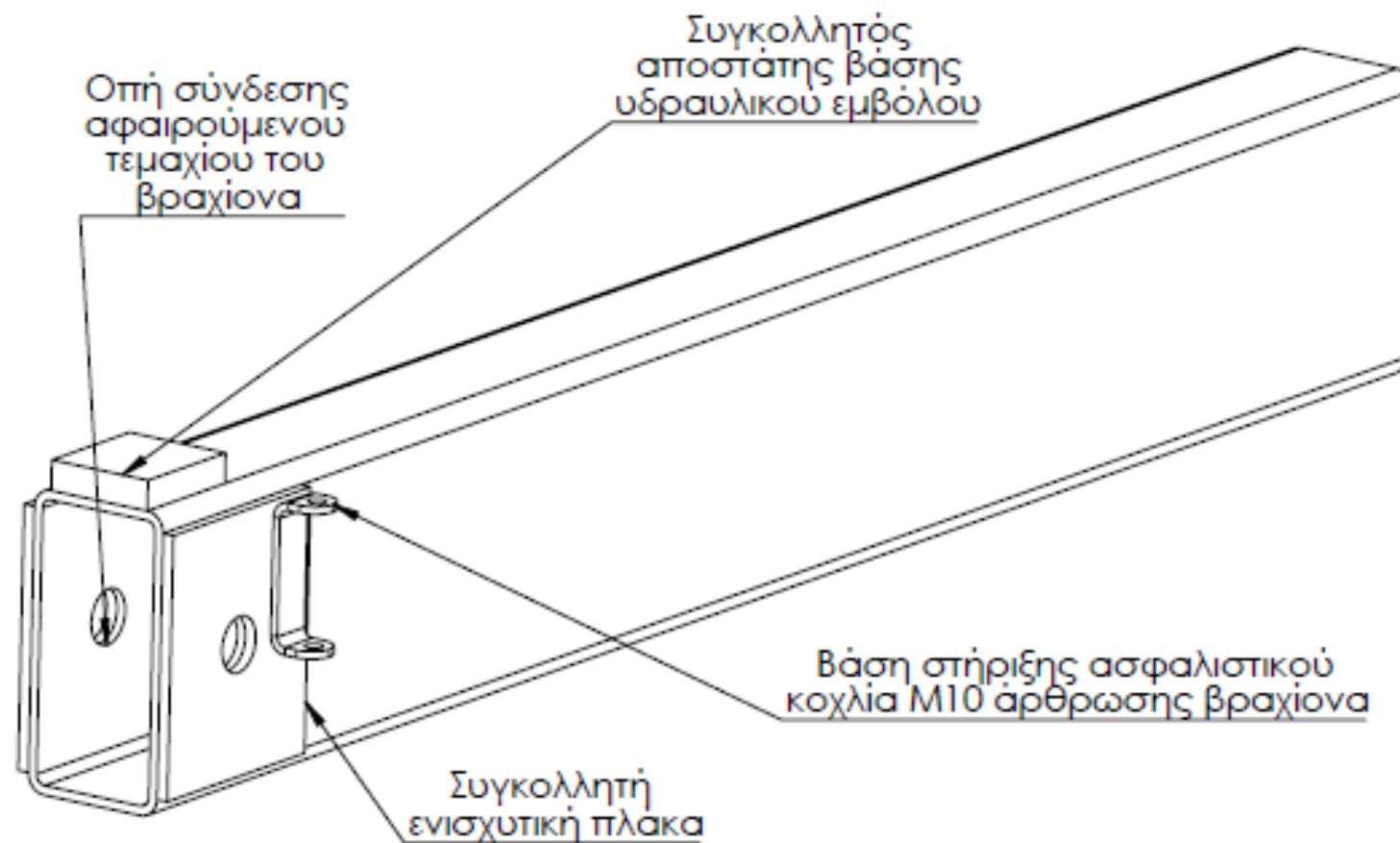
Το δεύτερο τμήμα του βραχίονα ανύψωσης αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του, από μια κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 220x120x6mm από χάλυβα. Φέρει συγκολλητές προσθήκες από χαλύβδινη πλάκα πάχους 20mm, για την δημιουργία ικανού πάχους σε συγκεκριμένα σημεία, για την σύσφιξη των κοχλιών του κινητού υδραυλικού εμβόλου βραχίονα, ενώ έχει προστεθεί συγκολλητή πλάκα από χάλυβα, πάχους 10mm, ως αποστάτης για την βάση του κάτω υδραυλικού εμβόλου του βραχίονα. Οι συγκολλητές προσθήκες των 20mm φέρουν διαμπερείς οπές, με σπείρωμα M10x1,25mm, για την σύνδεση της σταθερής βάσης του κινητού υδραυλικού εμβόλου του βραχίονα. Το τεμάχιο αυτό του βραχίονα συνδέεται με το αμέσως επόμενο τμήμα του βραχίονα, το αμέσως μεγαλύτερο τμήμα του βραχίονα και δύο υδραυλικά έμβολα, το κάτω σταθερής βάσης έμβολο του βραχίονα και το συρόμενης βάσης κινητό έμβολο του βραχίονα. Καθώς είναι κοίλο και μεγαλύτερης εσωτερικής διατομής, από την εξωτερική διατομή του αμέσως επόμενου τμήματος του βραχίονα, κατά την σύμπτυξη του βραχίονα του γερανού το αμέσως επόμενο τεμάχιο εισέρχεται μέσα σε αυτό. Επιπλέον το ίδιο εισέρχεται εντός του προηγούμενου, μεγαλύτερων διατομών τμήμα του βραχίονα. Έτσι ο βραχίονας λειτουργεί «τηλεσκοπικά» γεγονός που του προσφέρει ιδιαίτερη ευελιξία και δυνατότητα κίνησης εντός του χώρου εργασίας, ενώ τον κάνει περαιτέρω εύκολο στη μεταφορά.



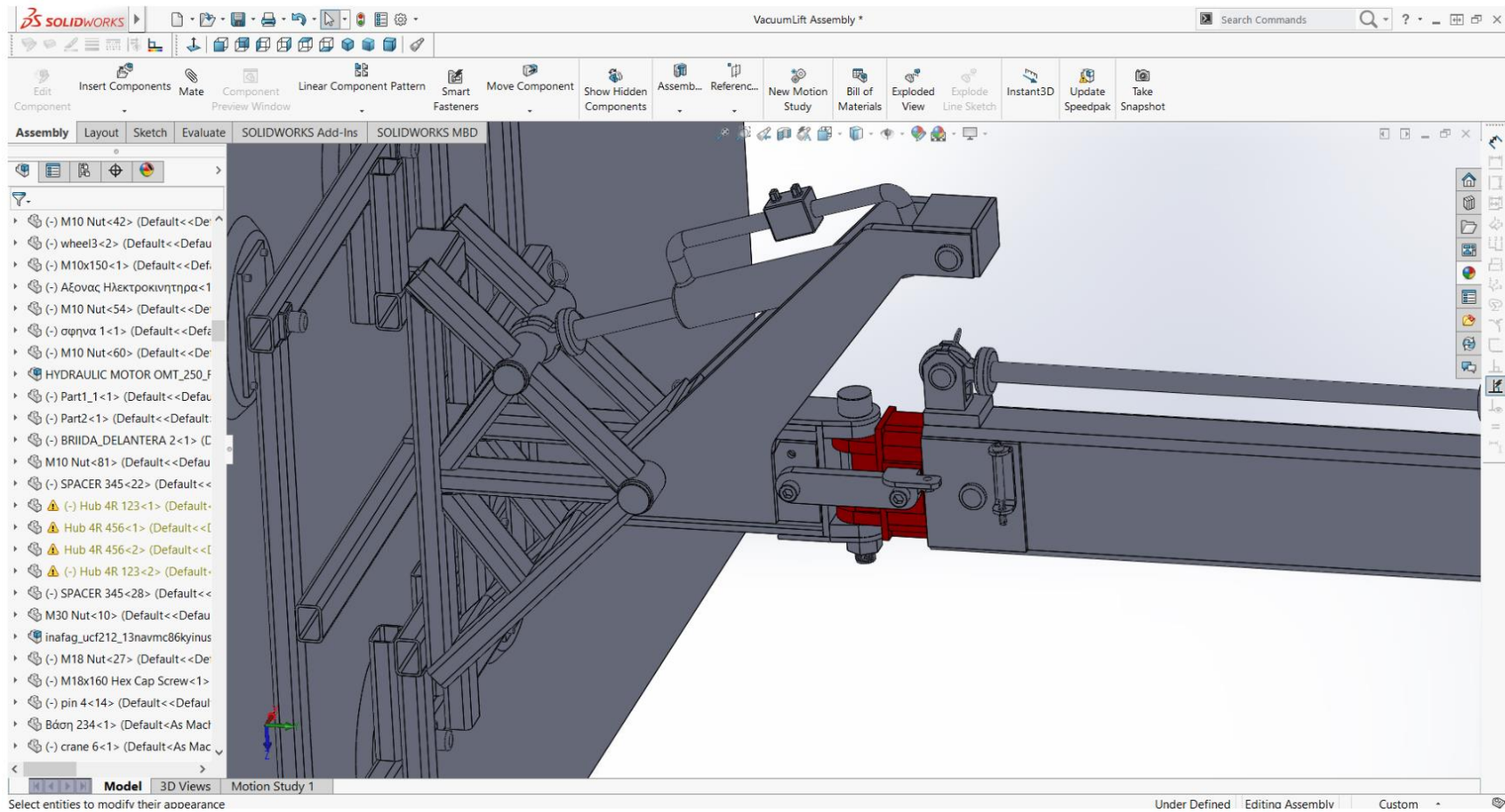
B5. Τρίτο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



Το τρίτο τμήμα του βραχίονα του γερανού αποτελείται από μια κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 200x100x6mm από χάλυβα. Φέρει στο εμπρός άκρο του οπή για την σύνδεση του με το αμέσως επόμενο αφαιρούμενο τμήμα του βραχίονα μέσω ενός πύρου διαμέτρου 35mm. Στις κάθετες πλευρές, στην περιοχή της οπής, έχουν συγκολληθεί ενισχυτικές πλάκες από χάλυβα, πάχους 8mm. Μια πλάκα πάχους 20mm έχει συγκολληθεί στην επάνω πλευρά της κοιλοδοκού, η οποία λειτουργεί ως αποστάτης για την βάση του βάρου του κινητού εμβόλου του βραχίονα. Στην αριστερή κάθετη πλευρά, έχει προστεθεί ένα έλασμα πάχους 5mm, το οποίο αναλαμβάνει να συγκρατεί τον κοχλία τύπου M10x1,25mm με μήκος 120mm που ασφαλίζει την άρθρωση του βραχίονα όταν το πλαίσιο σχηματίζει γωνία 90° με τον βραχίονα ανύψωσης.



B6. Τέταρτο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



Το τέταρτο τμήμα του βραχίονα ανύψωσης αποτελείται από μια κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 160x80x6mm, επί της οποίας έχουν συγκολληθεί ενισχυτικές πλάκες πάχους 8, 10 και 20mm. Το τεμάχιο φέρει οπή για την σύνδεση του με το βραχίονα μέσω πύρου, οπή για τον άξονα της ασφάλειας της άρθρωσης του βραχίονα και τέλος δυο οπές επί των ενισχυτικών πλακών με πάχος 20mm, για τον άξονα της άρθρωσης. Μεταξύ των πλακών αυτών έχουν συγκολληθεί δύο κάθετα τοποθετημένες ενισχυτικές πλάκες με πάχος 10mm. Αυτό το τμήμα, έχει την δυνατότητα να αποσπάται γρήγορα από τον υπόλοιπο βραχίονα, με την αφαίρεση του πύρου συγκράτησης και έτσι δίνει την δυνατότητα στο γερανό να εκτελεί διάφορες εργασίες ανύψωσης, αλλάζοντας την διάταξη παραλαβής του φορτίου, χωρίς περαιτέρω τροποποιήσεις στο βραχίονα.

Οπή για τον άξονα της άρθρωσης του βραχίονα

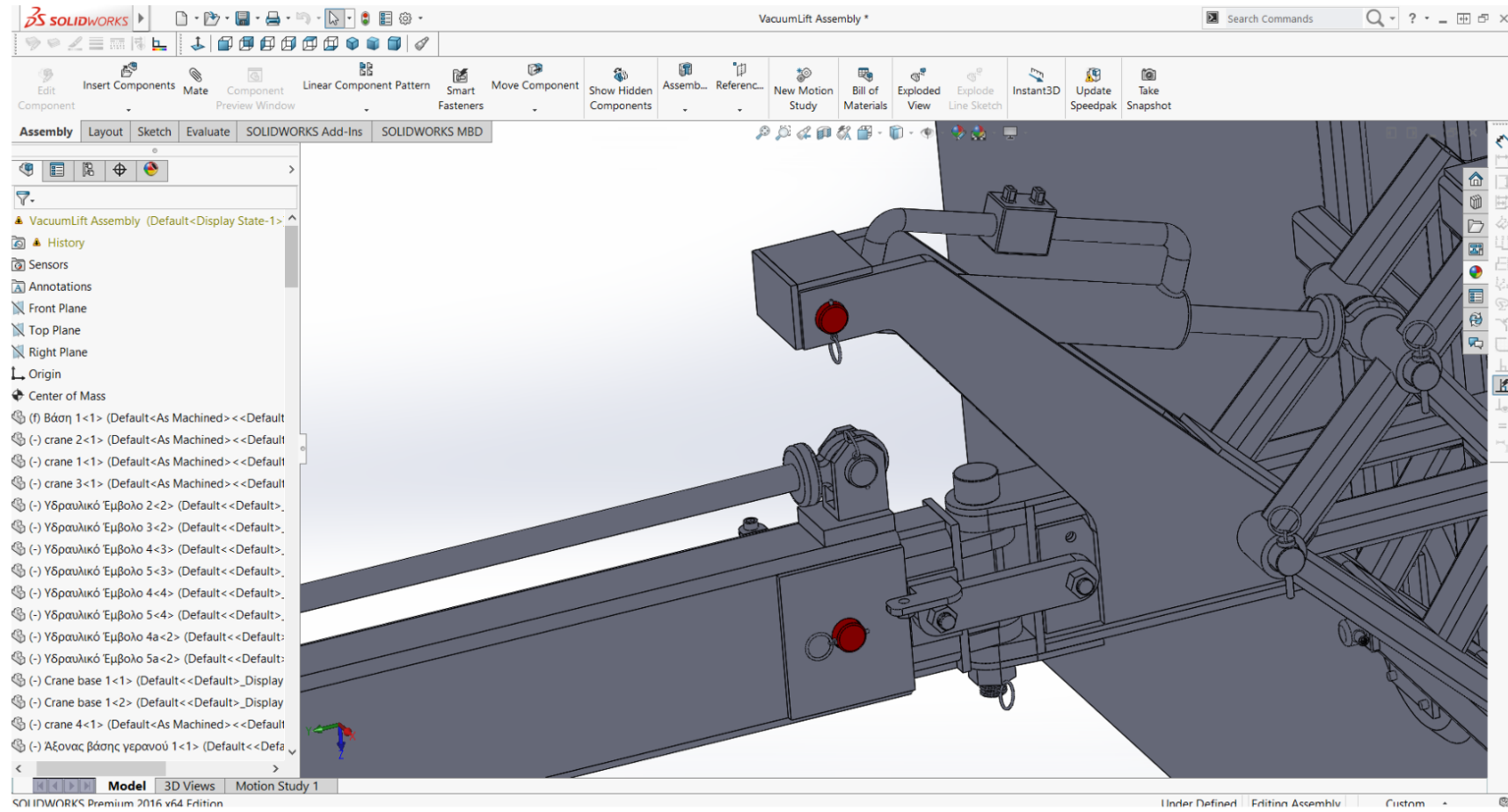
Συγκολλητή πλάκα για τον περιορισμό του κενού μεταξύ των διατομών του βραχίονα, για πιο ομαλή και σταθερή κίνηση

Οπή για την σύνδεση με τον βραχίονα του γερανού

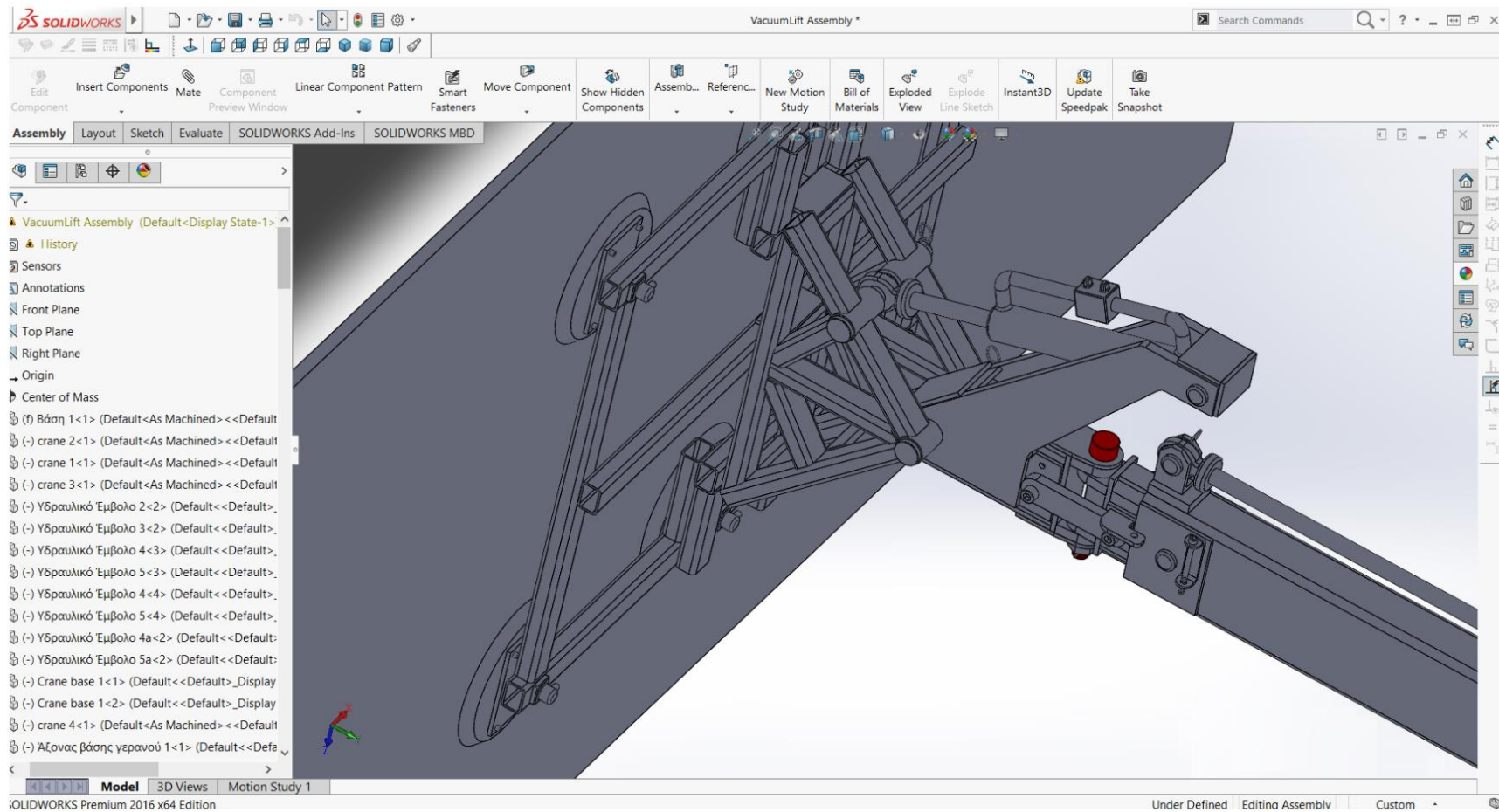
Ενισχυτικές πλάκες

Οπή για τον άξονα της ασφάλειας της άρθρωσης

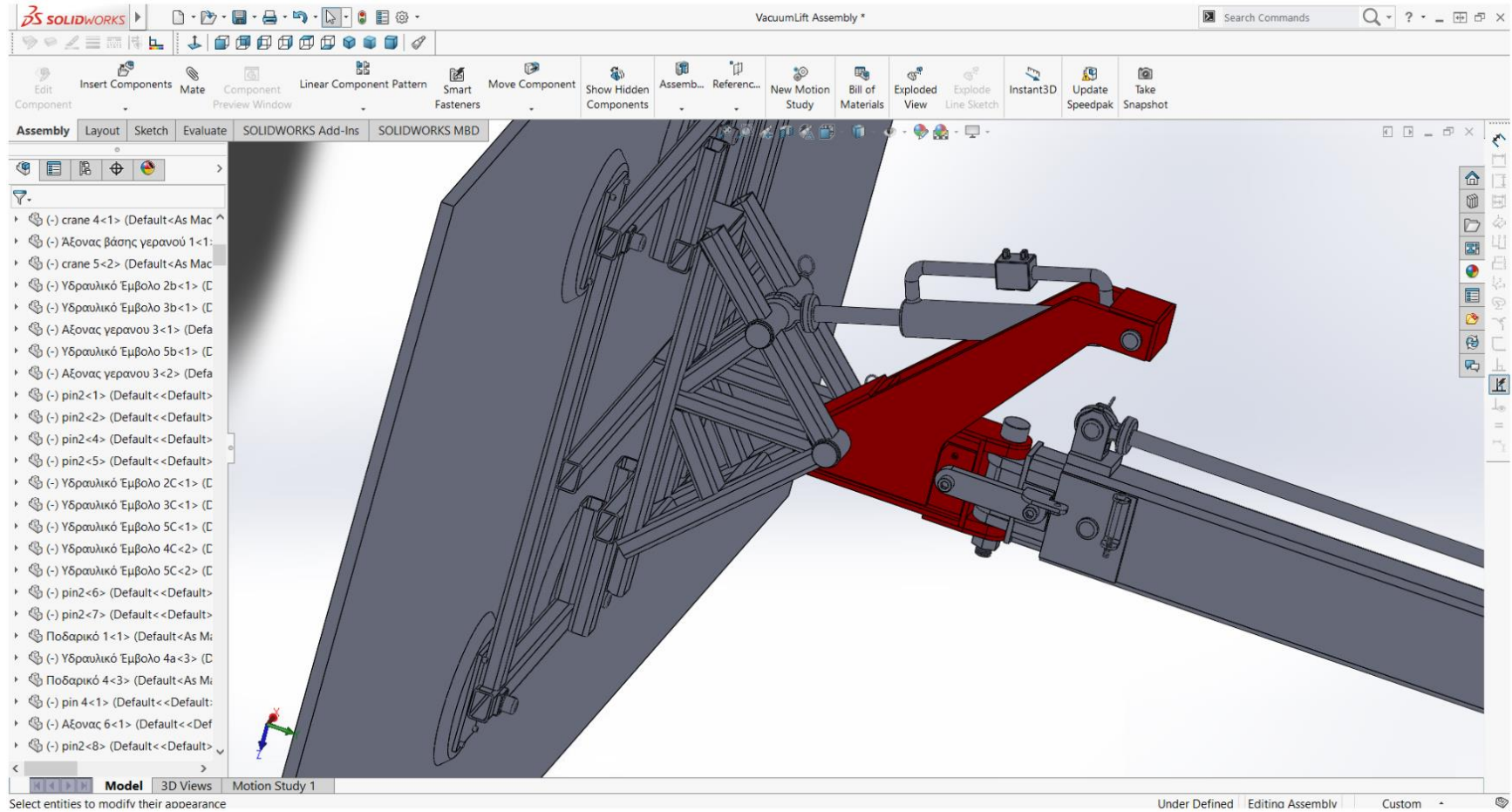
B7. Άξονας ασφάλισης αφαιρούμενου τμήματος βραχίονα ανύψωσης και εμβόλου πλαισίου



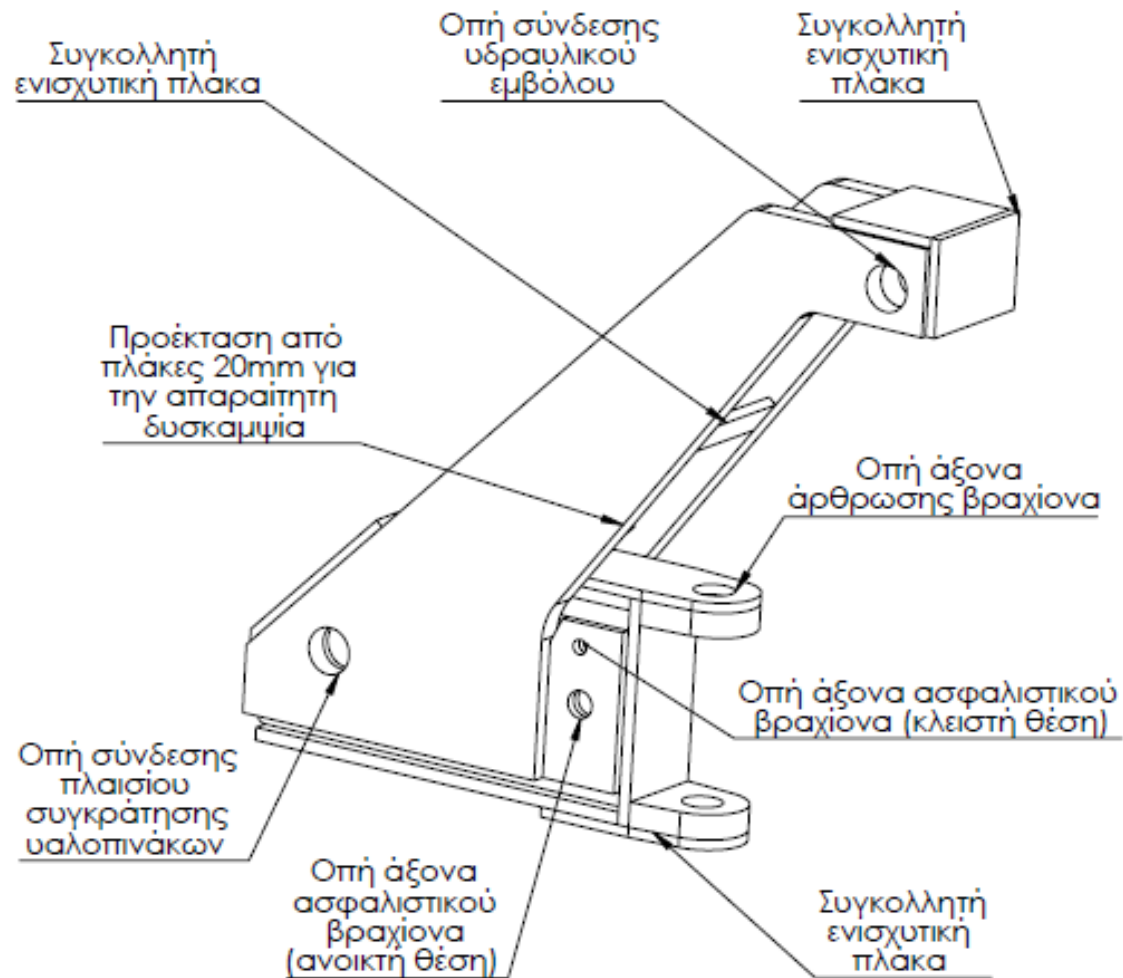
B8. Άξονας άρθρωσης βραχίονα



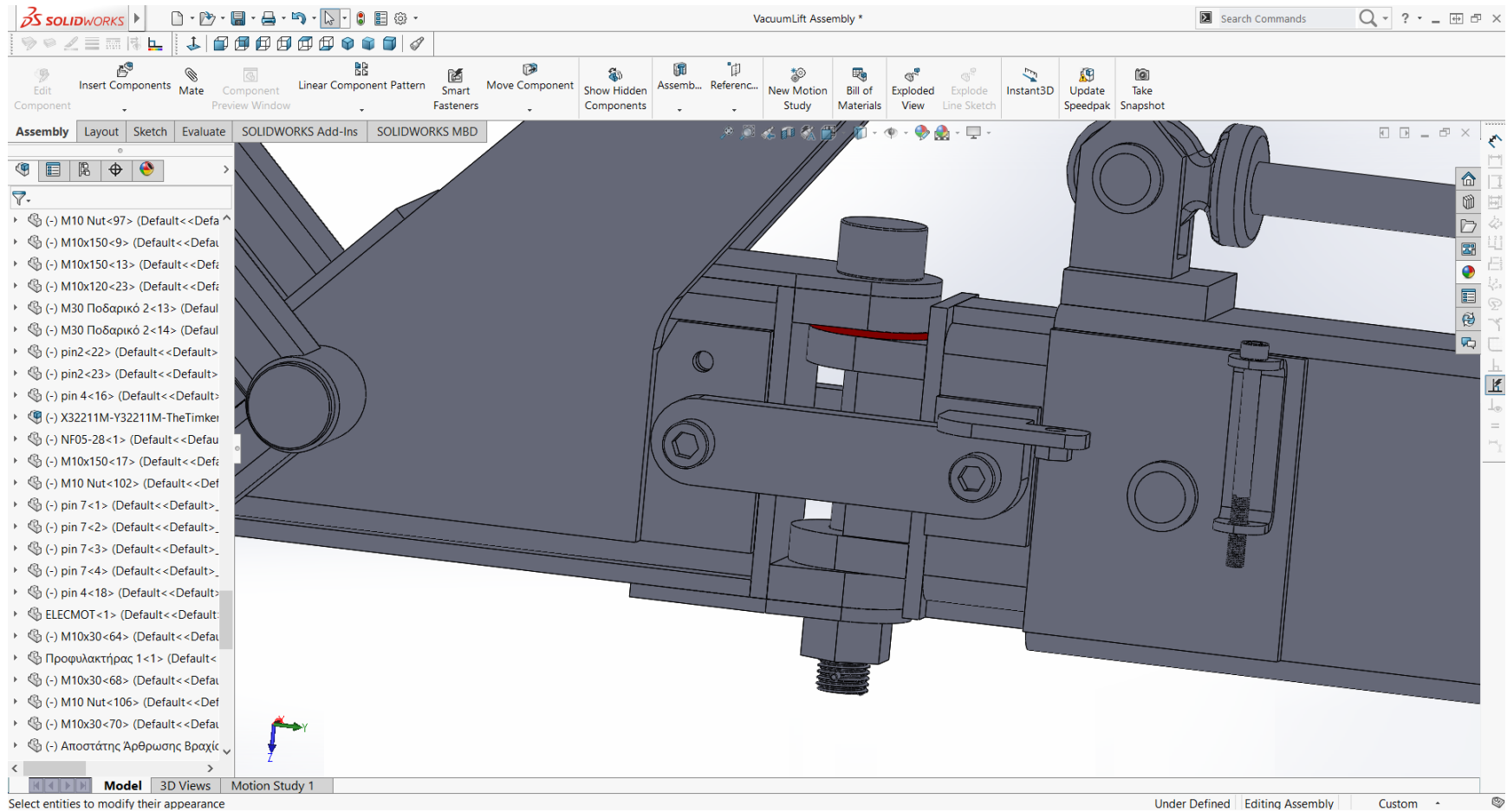
B9. Βάση εμβόλου πλαισίου συγκράτησης υαλοπινάκων



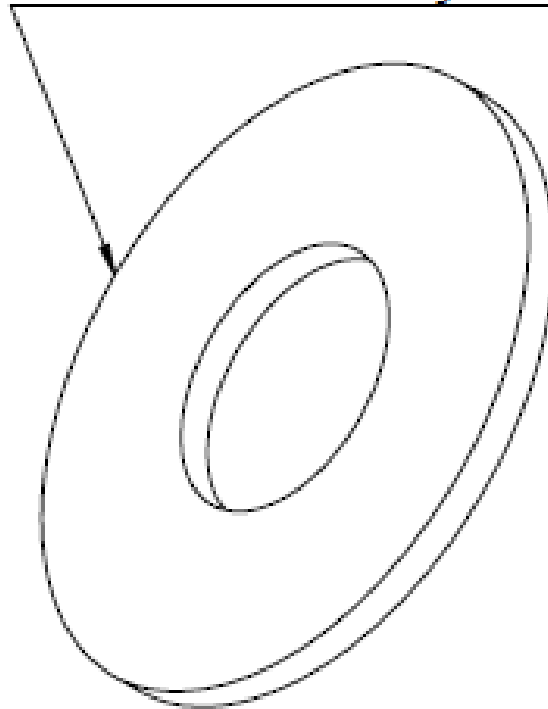
Η βάση του εμβόλου του πλαισίου συγκράτησης των υαλοπινάκων, αποτελείται από μια χαλύβδινη κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 160x80x6mm, επί της οποίας έχουν συγκολληθεί ενισχυτικές πλάκες από χάλυβα πάχους 8 και 20 mm. Φέρει οπές για την σύνδεση της με το υδραυλικό έμβολο του πλαισίου υαλοπινάκων και με το ίδιο το πλαίσιο, μέσω της μεταξύ τους άρθρωσης. Επιπλέον, υπάρχουν οπές για την ασφάλιση της άρθρωσης τόσο στην ανοικτή όσο και στην κλειστή της θέση. Η κύρια προέκταση της βάσης, αποτελείται από ένα ζεύγος χαλύβδινων πλακών πάχους 20mm, που με την προσθήκη, κάθετων σε αυτές, συγκολλητών πλακών πάχους 8mm, προσφέρουν την απαραίτητη δυσκαμψία στη συγκολλητή κατασκευή. Τέλος, ενισχυτικές πλάκες πάχους 20mm από χάλυβα, πλαισιώνουν το σημείο όπου η βάση του εμβόλου του πλαισίου υαλοπινάκων συνδέεται μέσω άρθρωσης με τον υπόλοιπο βραχίονα ανύψωσης. Κατά το σχεδιασμό του τεμαχίου αυτού ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στη γεωμετρία του, προκειμένου να έχει το πλαίσιο συγκράτησης υαλοπινάκων την απαραίτητη ευελιξία για την εκτέλεση των προβλεπόμενων εργασιών.



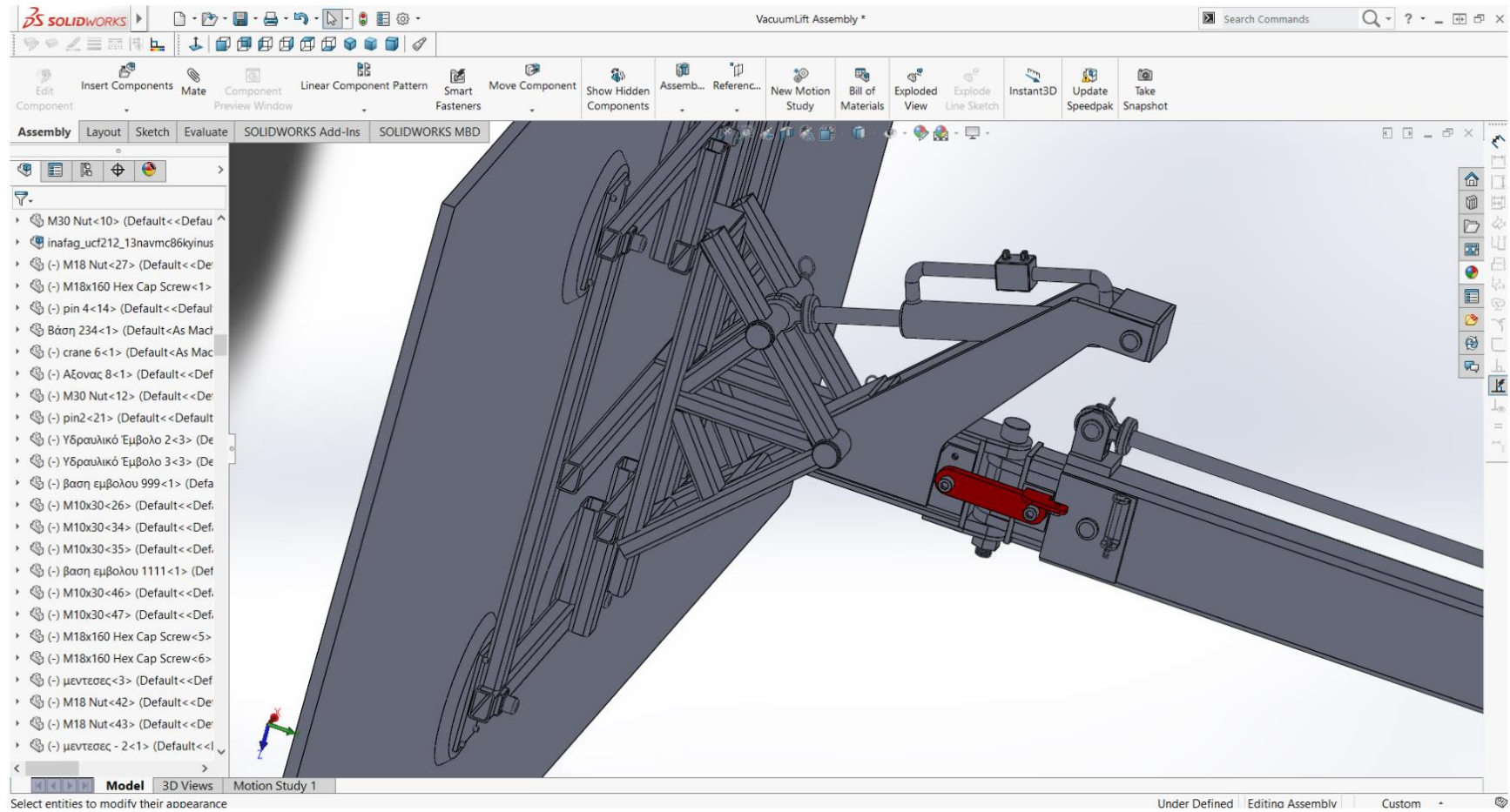
B10. Αποστάτης άρθρωσης ανυψωτικού βραχίονα



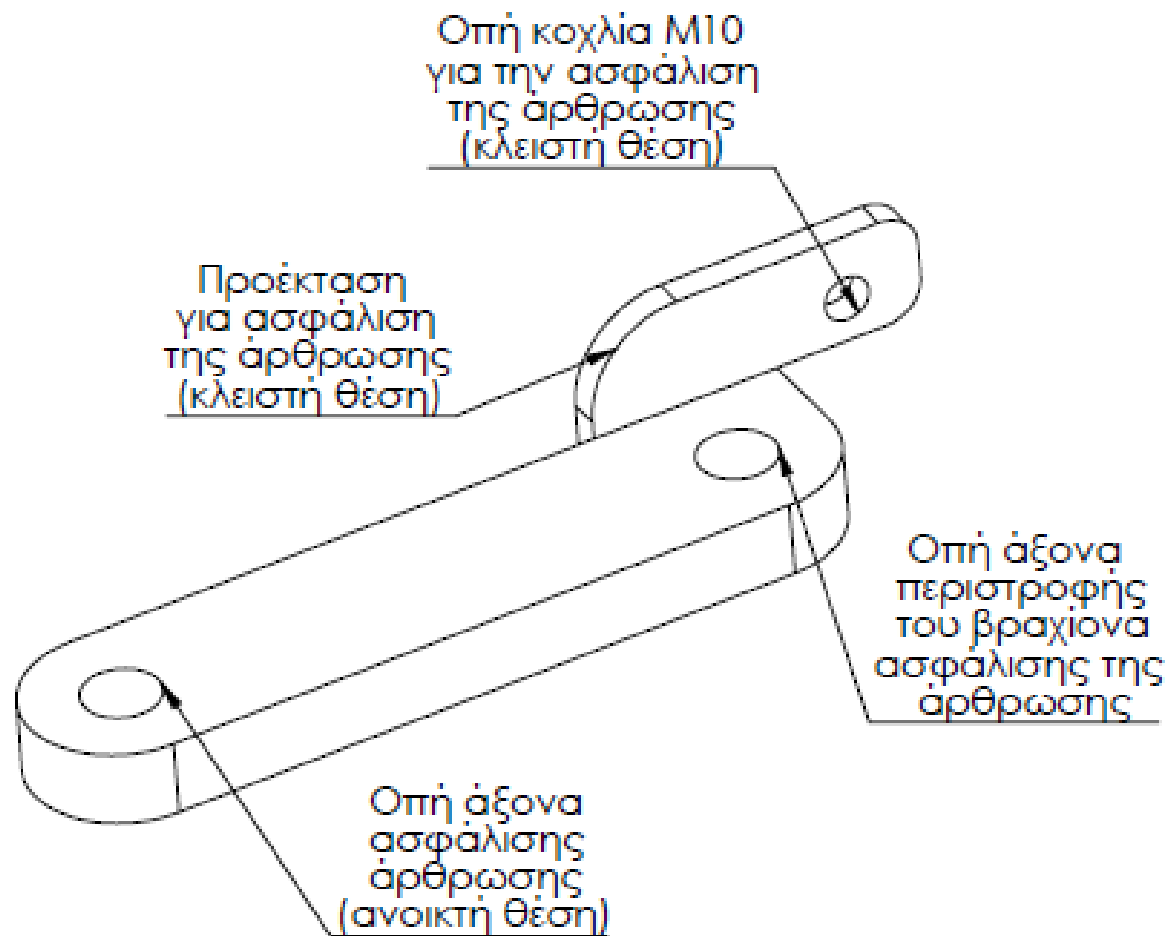
Αποστάτης από teflon για
μειωμένες τριβές κατά την
χειροκίνητη περιστροφή του
πλαισίου κατά τον άξονα Z



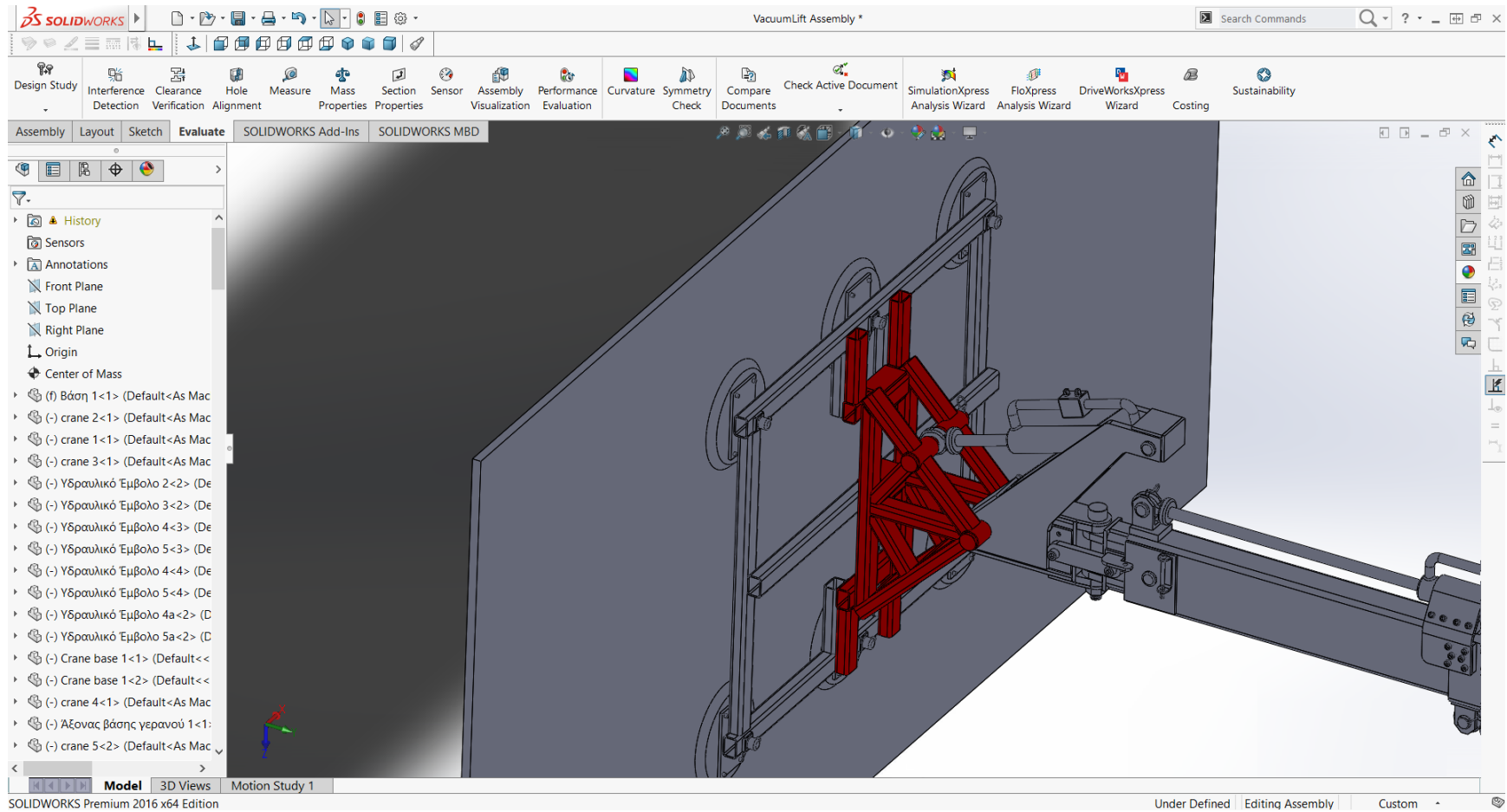
B11. Βραχίονας ασφάλειας άρθρωσης ανυψωτικού βραχίονα



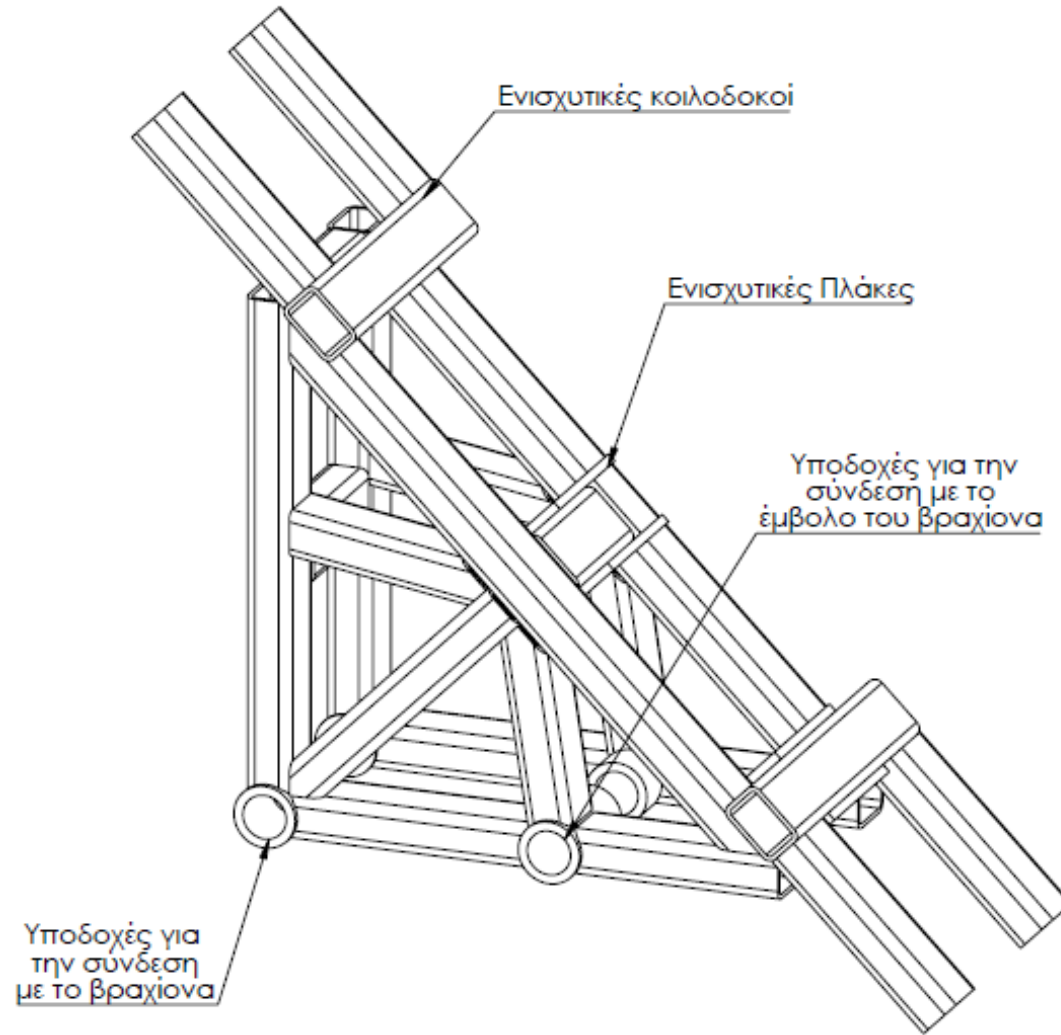
Ο βραχίονας που αναλαμβάνει να ασφαλίσει την άρθρωση του βραχίονα ανύψωσης, αποτελείται από ένα ζευγάρι σκελών που κατασκευάστηκαν από πλάκες 8 και 20mm. Οι πλάκες αυτές έχουν συγκολληθεί κάθετα μεταξύ τους, γεγονός που επιτρέπει στο ίδιο τεμάχιο να ασφαλίσει την άρθρωση, τόσο στην κλειστή όσο και στην ανοικτή θέση, εκτελώντας διπλό έργο. Η ασφάλιση και απασφάλιση της άρθρωσης γίνεται μέσω της περιστροφής του βραχίονα, περί τον κοχλία M18 που τον συνδέει με τον βραχίονα ανύψωσης. Ένας δεύτερος κοχλίας M18 αναλαμβάνει να συνδέσει τη βάση του εμβόλου του πλαισίου υαλοπινάκων με τον βραχίονα ασφάλισης της άρθρωσης και μέσω αυτού με τον υπόλοιπο βραχίονα ανύψωσης, κλειδώνοντας την άρθρωση. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, ο βραχίονας ασφάλισης της άρθρωσης φέρει δύο οπές για τους κοχλίες M18 και μια οπή διαμέτρου 10mm. Μέσω αυτής της οπής εισέρχεται ένας κοχλίας M10x1,25mm με μήκος 120mm, ο οποίος ασφαλίσει την άρθρωση του βραχίονα ανύψωσης όταν αυτή βρίσκεται στην κλειστή θέση.



B12. Πλαίσιο συγκράτησης υαλοπινάκων



Το πλαίσιο αυτό αποτελεί τμήμα του γενικότερου πλαισίου που, μέσω βεντουζών υποπίεσης, αναλαμβάνει να ανυψώσει και να μεταφέρει του υαλοπίνακες. Κατά την κατασκευή του, σκοπός ήταν να δημιουργηθεί μια βάση που να μπορεί να συνδεθεί εύκολα, μέσω συγκόλλησης, με υπάρχοντα πλαίσια που έφεραν βεντούζες υποπίεσης και να αποτελέσει την πλατφόρμα για την προσθήκη διαφορετικών διατάξεων ανύψωσης, έτσι ώστε να αποκτήσει ο γερανός έναν πολύπλευρο και ευέλικτο χαρακτήρα όσων αφορά τις εργασίες που θα μπορούσε να εκτελέσει. Το τελικό συναρμολόγημα είναι ένα χωροδικτύωμα που στο μεγαλύτερο μέρος του αποτελείται από κοιλοδοκούς ορθογωνικής διατομής 60x40x4mm. Στα σημεία όπου δημιουργούνται οι αρθρώσεις όπου συνδέονται το έμβολο με το πλαίσιο και ο βραχίονας με το πλαίσιο, αυτό αποτελείται από κοιλοδοκούς κυκλικής διατομής με εξωτερική διάμετρο 55mm και πάχος τοιχώματος 8mm. Σε στοχευμένα σημεία της κατασκευής έχουν προστεθεί συγκολλητές πλάκες από χάλυβα πάχους 8mm, για λόγους ενίσχυσης.



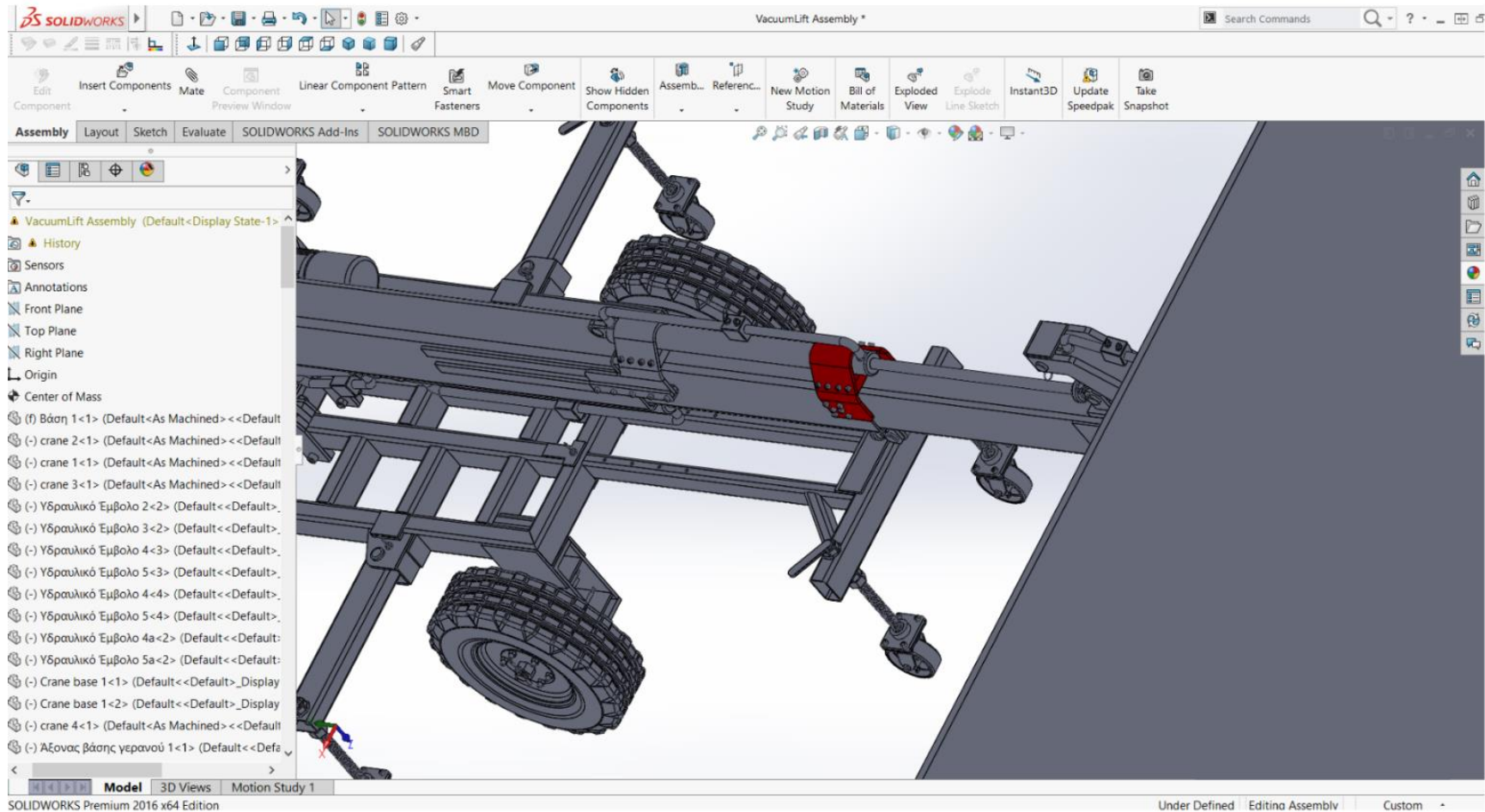
7.1.Γ. Υδραυλικό σύστημα

Διαδικασία σχεδιασμού και τεχνικά προβλήματα

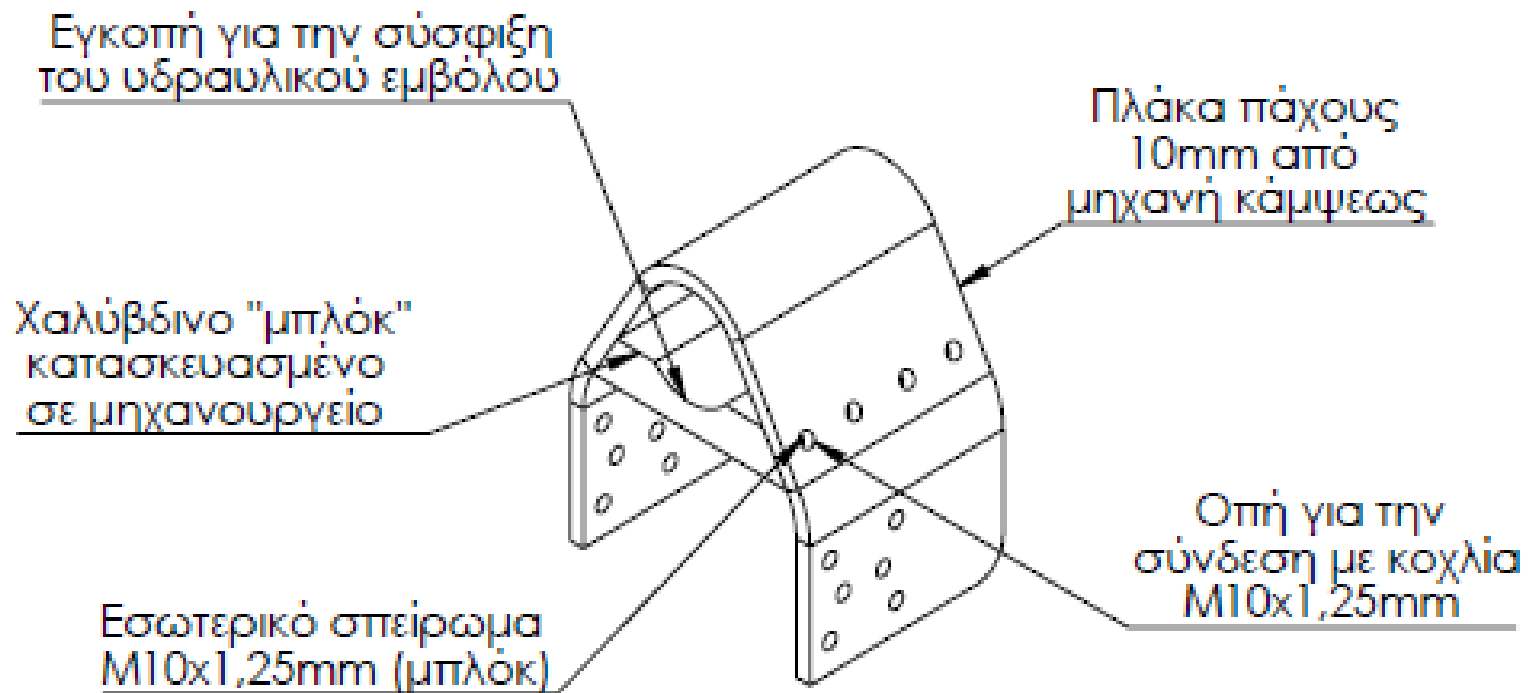
Η επιλογή ενός υδραυλικού συστήματος για την κίνηση των διαφόρων τμημάτων του γερανοφόρου οχήματος δεν ήταν τυχαία. Τα υδραυλικά συστήματα έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν σε **πολύ υψηλές πιέσεις** και συνεπώς ενδείκνυνται για εφαρμογές όπου απαιτείται να εξασκηθούν **μεγάλες δυνάμεις**. Η πίεση λειτουργίας μπορεί να φτάσει μέχρι και **500 bar**. Επειδή **το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι πρακτικά ασυμπίεστο**, τα υδραυλικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις όπου απαιτείται **ακρίβεια ελέγχου κίνησης**. Το βασικό πλεονέκτημα των υδραυλικών συστημάτων είναι η **πολύ καλή αναλογία ισχύος/βάρους** που τα καθιστά ανυπέβλητα σε εφαρμογές κίνησης μεγάλων φορτίων ή εφαρμογές που απαιτούν υψηλές επιταχύνσεις. Το σημαντικότερο μειονέκτημά τους είναι το **υψηλό κόστος** (Teicm.gr, 2019). Το γερανοφόρο όχημα που σχεδιάστηκε και μελετήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας φέρει τέσσερα συνολικά υδραυλικά έμβολα, με πιστόνια διαμέτρου 2 ίντσών (50,8mm) και διαδρομές από 8 έως 30 ίντσες. Όλα τα έμβολα έχουν την δυνατότητα να ασκήσουν μια ενδεδειγμένη μέγιστη δύναμη από 7.500-9.500 λίβρες (3.375-4.274 κιλά) κατά την έκτασή τους, με την ελκτική τους δύναμη να είναι ελαφρώς μειωμένη (λόγω μικρότερου εμβαδού από αυτή την πλευρά του πιστονιού), ωστόσο παραπάνω από επαρκής για τις ανάγκες της κατασκευής. Επιπλέον των εμβόλων, το σύστημα τροφοδοτεί και έναν υδραυλικό κινητήρα οδοντωτών τροχών με ονομαστική μέγιστη ισχύ σε συνθήκες σταθερής λειτουργίας 14,5kw, μέγιστη ροπή 720Nm και μέγιστο ρυθμό περιστροφής 300rpm. Με την κατάλληλη διάταξη μετάδοσης κίνησης, ο ρυθμός περιστροφής ελαττώνεται και η ροπή αυξάνεται, ενώ το όχημα γίνεται πιο εύκολο και ασφαλές στο χειρισμό κατά την κίνηση του σε περιορισμένους χώρους, αλλά και λιγότερο ενεργοβόρο. Στόχος του σχεδιαστή για το συγκεκριμένο σύστημα ήταν η δυνατότητα ανύψωσης του φορτίου και κίνησης του οχήματος με άνεση και ασφάλεια. Παράλληλα, υπήρχαν εξαρχής

συγκεκριμένοι στόχοι όσον αφορά το μέγιστο ύψος ανύψωσης του φορτίου και το ελάχιστο μέγιστο βάρος που το μηχάνημα θα έπρεπε να είναι σε θέση να διαχειριστεί. Οι πρώτοι γεωμετρικοί περιορισμοί που εμφανίστηκαν ήταν το σχετικά μεγάλο μήκος ορισμένων εμβόλων που με κάποιο τρόπο θα έπρεπε να μπορούν να συμπτύσσονται παράλληλα με τα τηλεσκοπικά τεμάχια του βραχίονα του γερανού, χωρίς να καταλήξει ο σχεδιασμός του μηχανήματος σε υπερβολικά επιμήκη τμήματα του βραχίονα, τα οποία θα ήταν υπερβολικά βαριά και θα είχαν αρνητικές επιπτώσεις στις εξωτερικές διαστάσεις και στη γενική χρηστικότητα του γερανού. Στα αρχικά στάδια της κατασκευής, ένα εκ των εμβόλων θα έπρεπε, με βάση το σχέδιο, να έχει διαδρομή 1500mm, για να επιτευχθεί η επιθυμητή μετατόπιση του αντίστοιχου τμήματος του βραχίονα. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα ήταν η δημιουργία κινητής βάσης για το συγκεκριμένο έμβολο, η οποία σύρεται επάνω σε ένα ζεύγος αυτοσχέδιων «ραγών» που βρίσκονται στις πλάγιες πλευρές του μεγαλύτερων διαστάσεων τηλεσκοπικού τμήματος του βραχίονα. Κατά αυτόν τον τρόπο το απαιτούμενο μήκος του εμβόλου αυτού μειώθηκε στα 750mm και εξισώθηκε με ένα άλλο από τα τέσσερα υδραυλικά έμβολα του συστήματος, γεγονός που περιόρισε το κόστος κατασκευής αλλά και το βάρος του μηχανήματος. Ένα ακόμα πρόβλημα που αφορούσε το υδραυλικό σύστημα, ήταν η θέση της μονάδας που θα έφερε την ηλεκτρική αντλία. Εντέλει το συγκρότημα δεξαμενής-αντλίας τοποθετήθηκε μπροστά από την πλατφόρμα όπου στέκεται ο χειριστής του μηχανήματος και πίσω από τη βάση του βραχίονα του γερανού. Αυτή η θέση πέραν την εγγύτητας της στον χειριστή, συνεισφέρει στην ευνοϊκότερη κατανομή του βάρους, καθώς δημιουργεί φυσικό αντίβαρο προς όφελος την ανυψωτικής ικανότητας του μηχανήματος. Παρακάτω παραθέτονται τα υποσυναρμολογήματα των τμημάτων του υδραυλικού συστήματος που θα κατασκευαστούν κατά παραγγελία, με ανάλυση των σημαντικότερων σημείων τους.

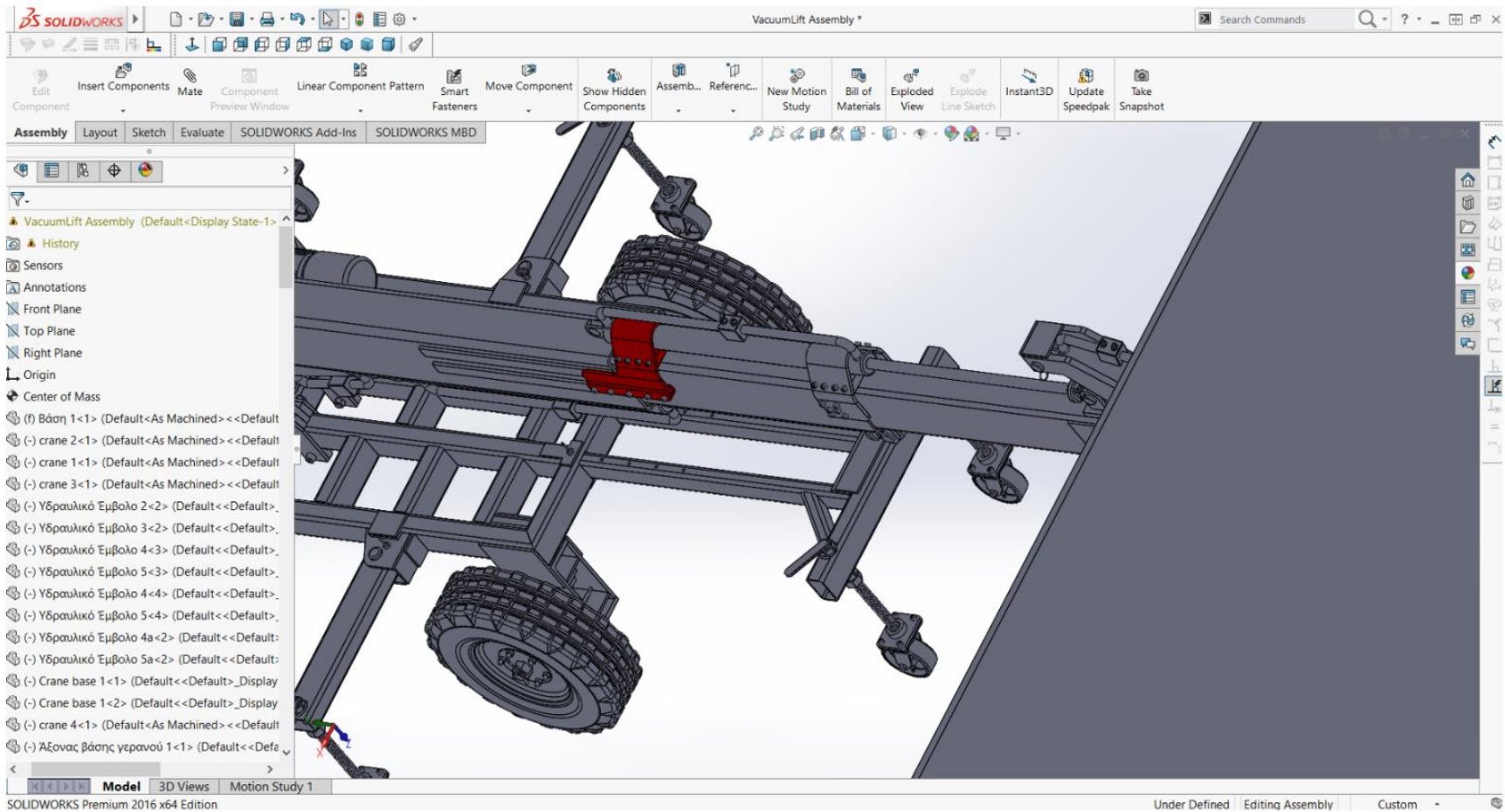
Γ1. Άνω βάση κινητού υδραυλικού εμβόλου



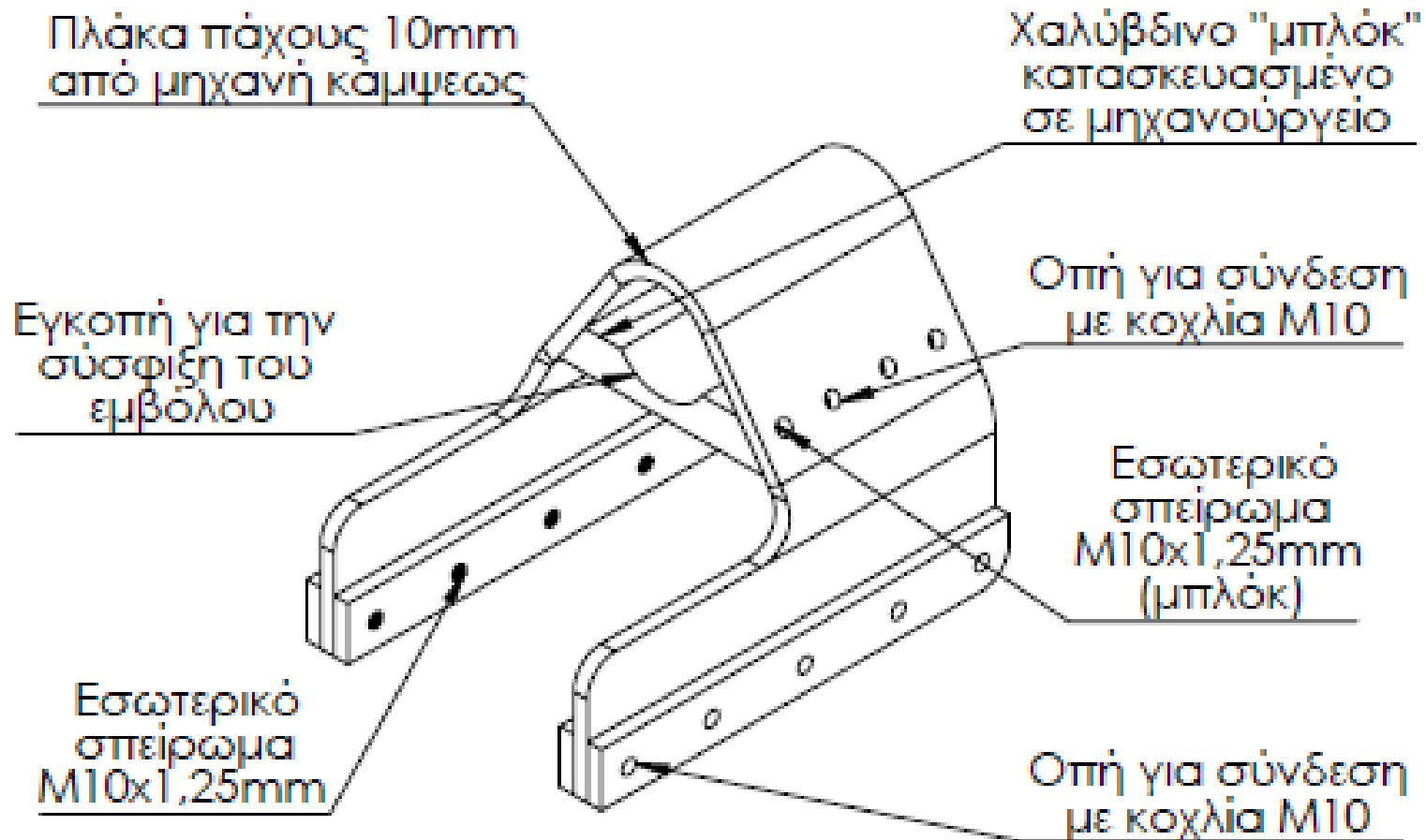
Η άνω (σταθερή) βάση του κινητού εμβόλου του βραχίονα ανύψωσης, είναι ένα τμήμα του βραχίονα που αφορά το υδραυλικό σύστημα και για του οποίου την κατασκευή απαιτείται η συμβολή μηχανουργείου. Αποτελείται από δύο ξεχωριστά τεμάχια, ένα συμπαγές μπλοκ από χάλυβα και μια πλάκα από χάλυβα πάχους 10mm, από μηχανή κάμψεως (στράντζα). Η πλάκα φέρει οπές για την σύνδεση της με το μπλοκ και το δεύτερο τμήμα του βραχίονα του γερανού, μέσω κοχλιών. Το συμπαγές χαλύβδινο μπλοκ, έχει προφίλ σχήματος τραπέζιου και εκτείνεται στο ίδιο μήκος με αυτό της πλάκας. Επιπλέον έχει μια εγκοπή τοξοτού σχήματος για την σύσφιξη του σώματος του υδραυλικού εμβόλου, ενώ φέρει οπές βάθους 20mm, με εσωτερικό σπείρωμα M10x1,25mm για την σύνδεση με κοχλίες με την χαλύβδινη πλάκα.



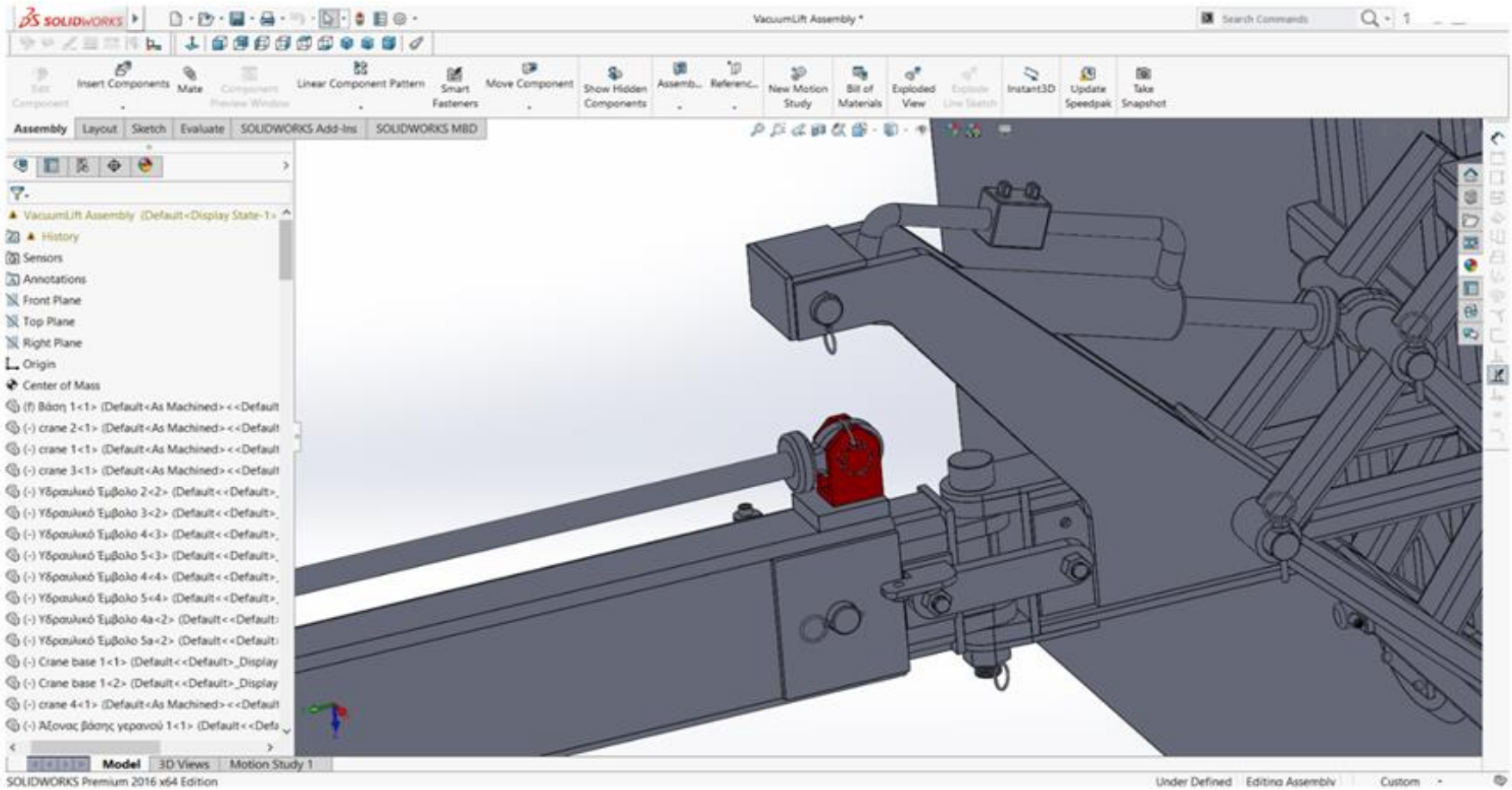
Γ2. Κάτω βάση κινητού υδραυλικού εμβόλου



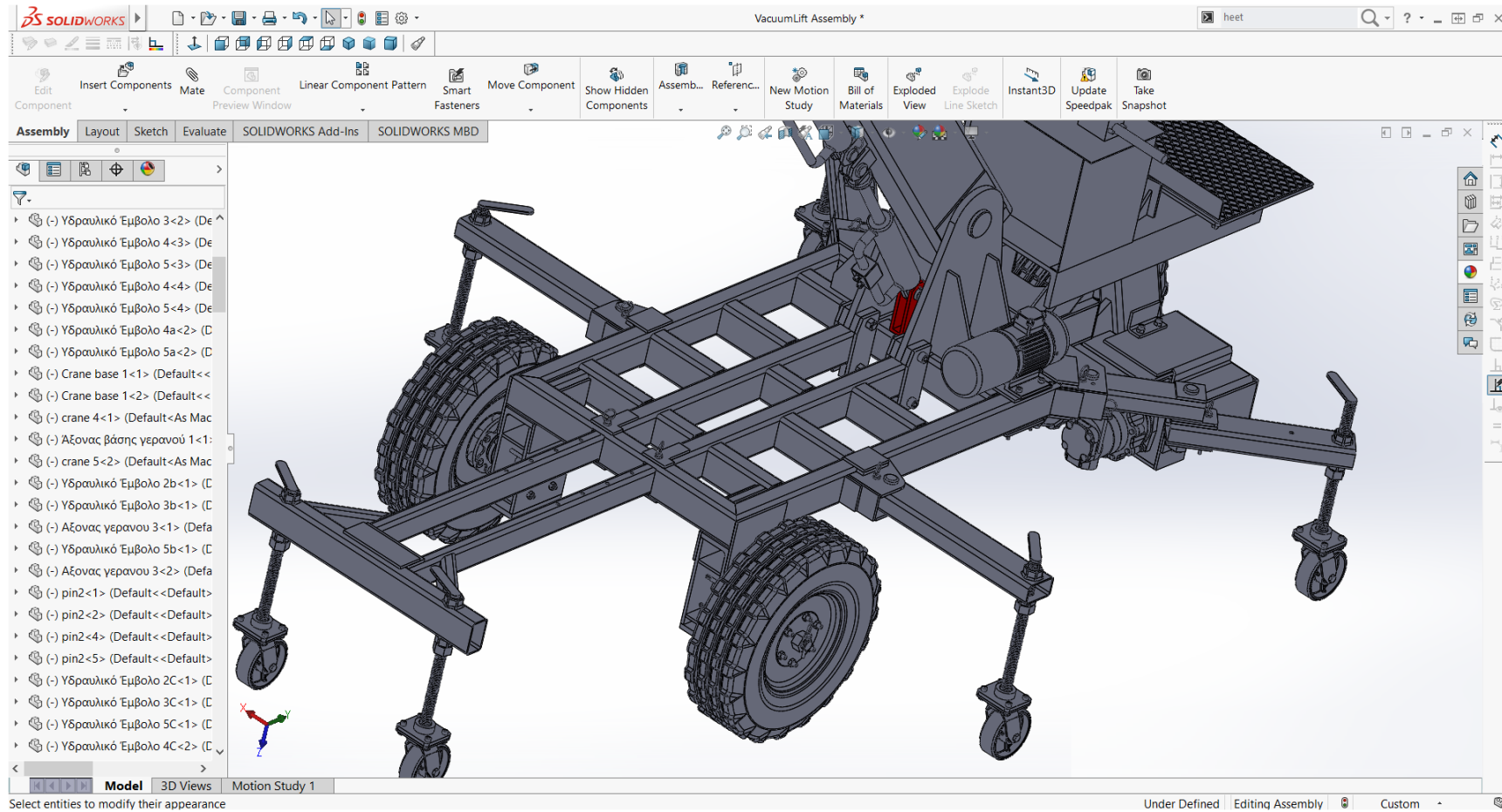
Η κάτω (κινητή) βάση του κινητού εμβόλου του βραχίονα ανύψωσης, είναι ένα από τα τμήμα του βραχίονα που αφορά το υδραυλικό σύστημα και για του οποίου την κατασκευή απαιτείται η εργασία μηχανουργείου. Αποτελείται από τέσσερα ξεχωριστά τεμάχια, ένα συμπαγές μπλοκ από χάλυβα, μια πλάκα από χάλυβα πάχους 10mm, από μηχανή κάμψεως (στράντζα) και από τέσσερις επιμήκεις πλάκες από χάλυβα πάχους 10mm. Η πλάκα φέρει οπές για την σύνδεση της με το μπλοκ και τις επιμήκεις πλάκες, μέσω κοχλιών. Το συμπαγές χαλύβδινο μπλοκ, έχει προφίλ σχήματος τραπεζίου και εκτείνεται στο ίδιο μήκος με αυτό του πάνω μέρους της πλάκας. Επιπλέον έχει μια εγκοπή τοξοτού σχήματος για την σύσφιξη του σώματος του υδραυλικού εμβόλου, ενώ φέρει οπές βάθους 20mm, με εσωτερικό σπείρωμα M10x1,25mm για την σύνδεση με κοχλίες με την χαλύβδινη πλάκα. Οι τέσσερις επιμήκεις πλάκες φέρουν διαμπερείς οπές, ενώ σε δύο από αυτά τα τεμάχια αυτές έχουν εσωτερικό σπείρωμα. Τα τεμάχια με τα σπειρώματα τοποθετούνται από τις εσωτερικές πλευρές της «στραντζαριστής» πλάκας, ενώ αυτά με τις οπές άνευ σπειρωμάτων από τις εξωτερικές πλευρές. Με την βοήθεια κοχλιών M10, τα πέντε αυτά τεμάχια συσφίγγονται και δημιουργούν ένα συμπαγές μπλοκ το οποίο θα σύρεται εντός των «οδηγών» του πρώτου τμήματος του βραχίονα ανύψωσης, σταθεροποιώντας το υδραυλικό έμβολο κατά της διάρκειας της λειτουργίας του.



Γ3. Βάσεις υδραυλικών εμβόλων



Γ4. Κάτω βάση υδραυλικού εμβόλου πλαισίου-βραχίονα



7.1.Δ. Διάταξη μετάδοσης κίνησης

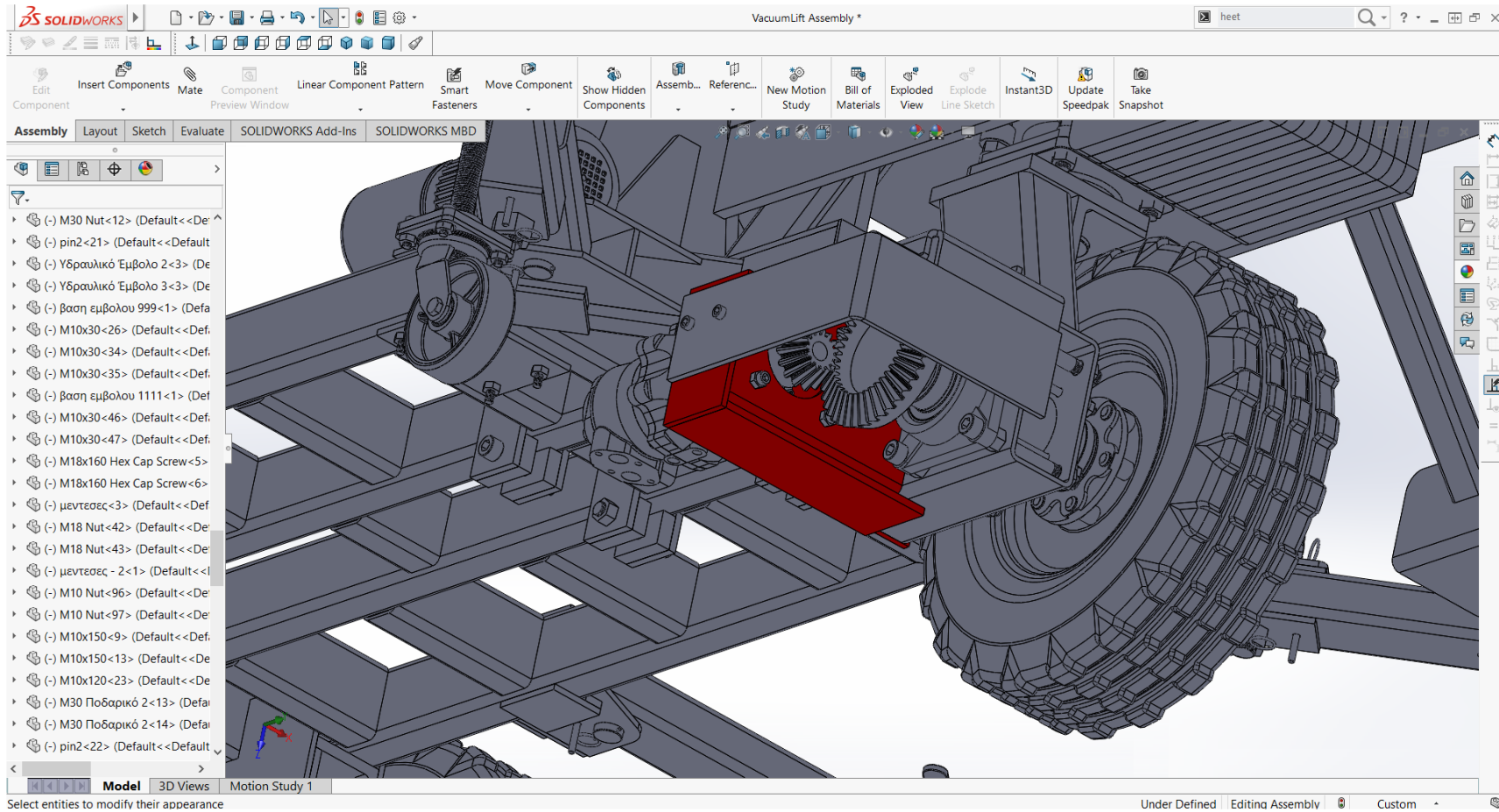
Διαδικασία σχεδιασμού και τεχνικά προβλήματα

Η επιλογή του κινητήρα και των τεμαχίων για την μετάδοση της κίνησης υπήρξε μια αρκετά περίπλοκη διαδικασία. Για αρχή έπρεπε να διασαφηνιστεί ο τύπος του κινητήρα και ο τρόπος με τον οποίο αυτός θα προσαρμοζόταν πάνω στο γερανοφόρο όχημα και θα μετάδιδε την ισχύ του. Μετά την επιλογή του κινητήρα, και την απόφαση να μεταδίδεται η ισχύς σε έναν τροχό στο πίσω μέρος του γερανού, έπρεπε να δημιουργηθεί ένας βραχίονας που θα συνέδεε τον τροχό με το πλαίσιο αλλά και με το σύστημα διεύθυνσης του οχήματος. Για την δημιουργία του βραχίονα υιοθετήθηκε, μεταξύ άλλων τεμαχίων, ένας συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής, ο οποίος θα φιλοξενεί ένα κωνικό έδρανο εσωτερικής διαμέτρου 60mm, με την δυνατότητα διαχείρισης τόσο ακτινικών όσο και αξονικών δυνάμεων. Ο δοκός αυτός συγκολλάται σε μια πλάκα πάχους 15mm και αυτή με τη σειρά της σε μια συγκολλητή διάταξη που αποτελείται από κοιλοδοκούς ορθογωνικών διατομών. Αυτή η διάταξη αποτελείται κατά κύριο λόγο από τρία τεμάχια κοιλοδοκών και ενισχυτικές πλάκες από χάλυβα πάχους 10mm, και αποτελεί την βάση του υδραυλικού κινητήρα και των εδράνων που στηρίζουν τον άξονα του τροχού. Μια από τις μεγαλύτερες δυσκολίες κατά των σχεδιασμό ήταν η μετάδοση της κίνησης από τον κινητήρα στον τροχό. Μια πρώτη λύση ήταν η χρήση ενός ενιαίου συστήματος κινητήρα - μειωτήρα στροφών - πλήμνης, το οποίο θα αγοράζονταν έτοιμο από το εμπόριο. Ωστόσο αυτή η λύση αποδείχθηκε εξαιρετικά ακριβή, σε σχέση με την αγορά ενός υδραυλικού κινητήρα χωρίς αυτές τις διατάξεις προ-εγκατεστημένες. Έπειτα από αρκετή σκέψη, επιλέχθηκε η λύση της κάθετης μετάδοσης ισχύος μεταξύ της ατράκτου του κινητήρα και του άξονα του τροχού, μέσω κωνικών οδοντωτών τροχών. Μετά από την εκλογή της σχέσης μετάδοσης, ακολούθησε αναζήτηση του κατάλληλου ζεύγους οδοντωτών τροχών στην οποία δεν ήταν δυνατό να βρεθεί κωνικός οδοντωτός τροχός που να μπορεί να συνεργαστεί με την άτρακτο του κινητήρα η οποία έχει διάμετρο 32mm και συνδέεται

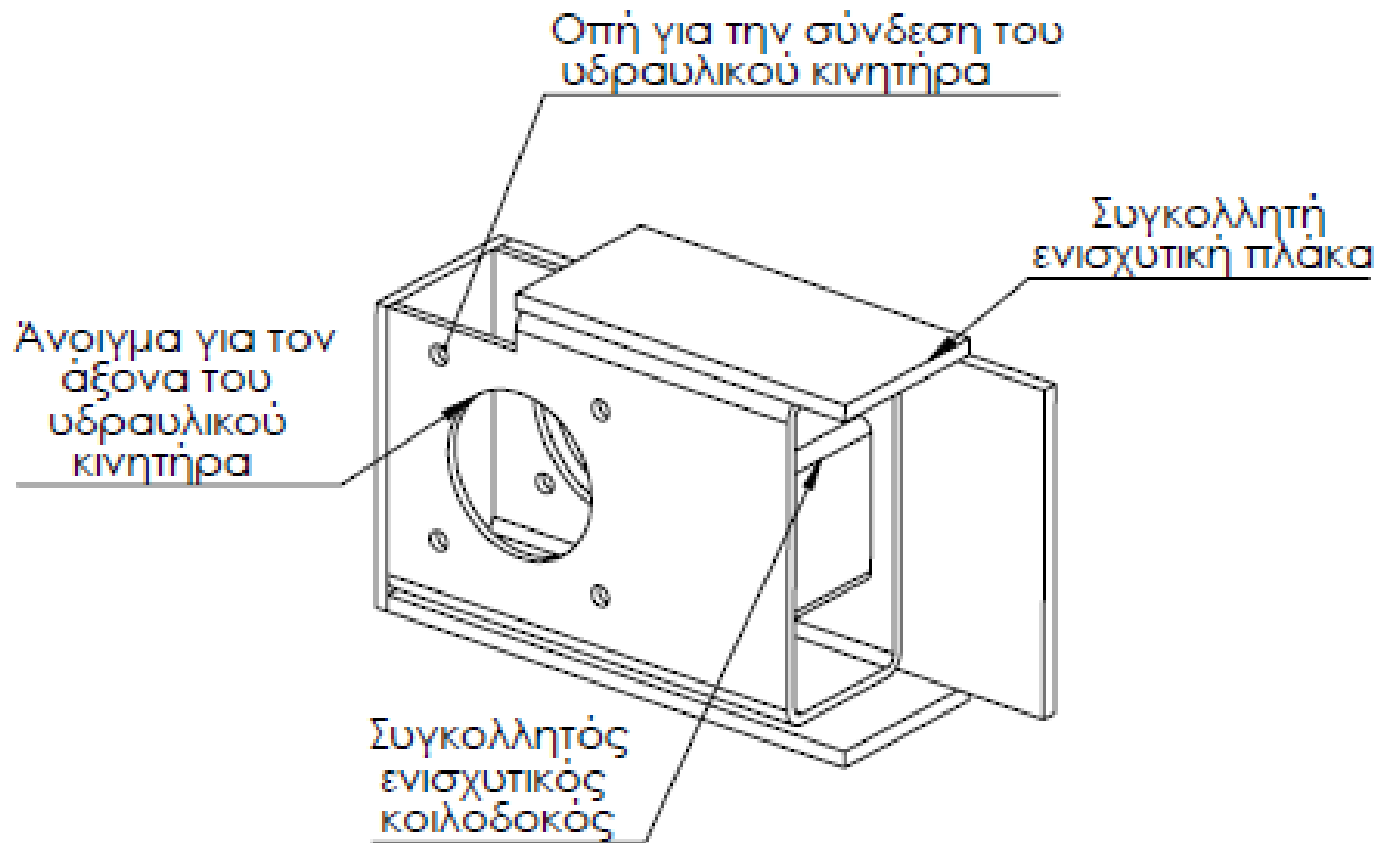
μέσω σφήνας. Αυτό συνέβη διότι ο οδοντωτός τροχός με την πλησιέστερη σε διάμετρο υποδοχή που έχει τα απαραίτητα επιθυμητά χαρακτηριστικά (αριθμός οδόντων, module κ.α.), συνεργάζεται με άτρακτο διαμέτρου 25mm. Στο τέλος, επιλέχθηκε το συγκεκριμένο ζεύγος οδοντωτών τροχών, με την προοπτική να γίνει μηχανουργική κατεργασία του κωνικού οδοντωτού τροχού της ατράκτου του κινητήρα σε εργαλειομηχανή. Σκοπός είναι να διευρυνθεί η διάμετρος της υποδοχής του άξονα και της σφήνας που θα τον συνδέει, ώστε να μπορέσει ο οδοντωτός τροχός να συνεργαστεί με την άτρακτο του υδραυλικού κινητήρα. Το στέλεχος του προς κατεργασία κωνικού οδοντωτού τροχού, που φέρει την υποδοχή για την άτρακτο, έχει εξωτερική διάμετρο 60mm, γεγονός που παρέχει αρκετό περιθώριο ώστε η μετατροπή αυτή να μην μειώσει την μηχανική αντοχή του οδοντωτού τροχού. Ο άξονας του τροχού που παραλαμβάνει την ισχύ του κινητήρα μέσω των οδοντωτών τροχών, είναι φτιαγμένος σε τόννο και φέρει ένα χαλύβδινο χιτώνιο εξωτερικής διαμέτρου 60mm. Το χιτώνιο αυτό φέρει από την εσωτερική πλευρά σφηνόδρομο και συνδέεται με τον άξονα του τροχού μέσω της σφήνας που τον συνδέει με τον μεγαλύτερης διαμέτρου κωνικό οδοντωτό τροχό. Τέλος επί του βραχίονα στήριξης του πίσω τροχού, συνδέεται ένα έδρανο τύπου UCF212 με εσωτερική διάμετρο 60mm, που αναλαμβάνει να παραλάβει τις ακτινικές δυνάμεις από τον άξονα του τροχού από την αριστερή πλευρά του βραχίονα. Ο λόγος για την επιλογή της χρήσης αυτού του χιτωνίου είναι καθαρά γεωμετρικός, καθώς στην άλλη άκρη του άξονα από αυτή που αυτός συνδέεται με τον οδοντωτό τροχό, θα συγκολληθεί ένας χαλύβδινος δίσκος πάχους 10mm, ο οποίος θα φέρει οπές στην περίμετρο του και θα συνδέεται με τον τροχό μέσω των κοχλιών που χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν τον τροχό και την πλήμνη του. Για την συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση αυτής της διάταξης, θα πρέπει να αφαιρεθούν τα περικόχλια των κοχλιών που συνδέουν την πλήμνη με τον τροχό, να αποσυνδεθεί ο οδοντωτός τροχός του άξονα του τροχού και να ξεσφιχθούν οι κοχλίες του εδράνου UCF212 που συγκρατούν τον άξονα του τροχού. Μετά από αυτά τα βήματα, ο άξονας και έπειτα ο τροχός μπορούν να αφαιρεθούν αμφότεροι από την πλευρά όπου εδράζεται ο τροχός. Κατά αυτόν τον τρόπο, τα περικόχλια των κοχλιών που συνδέουν την πλήμνη του πίσω τροχού με τον βραχίονα του, γίνονται προσβάσιμα με εργαλεία χειρός, για την αντικατάσταση της πλήμνης

όταν αυτό απαιτείται. Με την αποσύνδεση του οδοντωτού τροχού του άξονα του πίσω τροχού, δημιουργείται πρόσβαση στους κοχλίες που συνδέουν το έδρανο UCF212, σε περίπτωση που αυτό χρειαστεί να αντικατασταθεί.

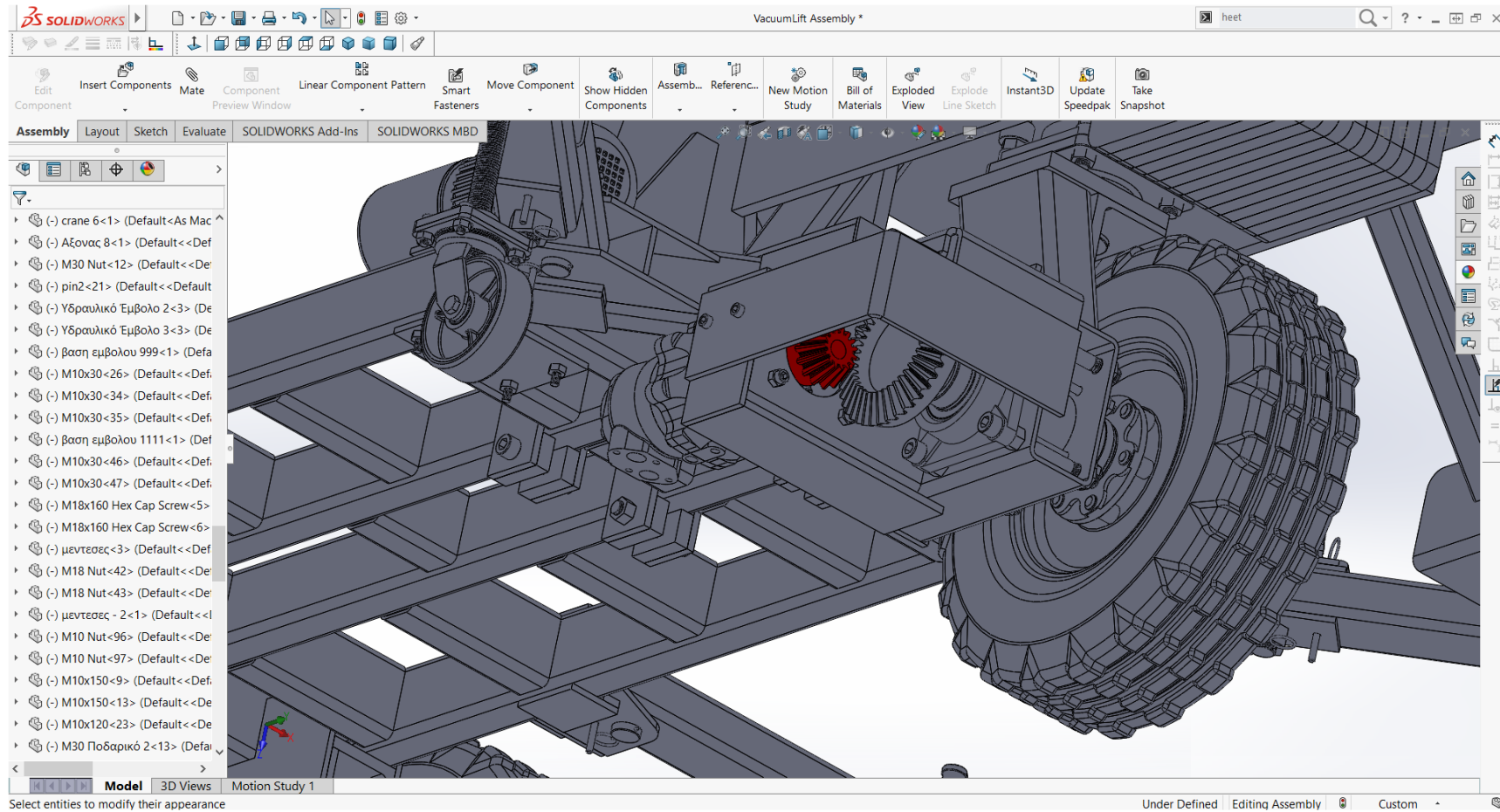
Δ1. Βάση υδραυλικού κινητήρα



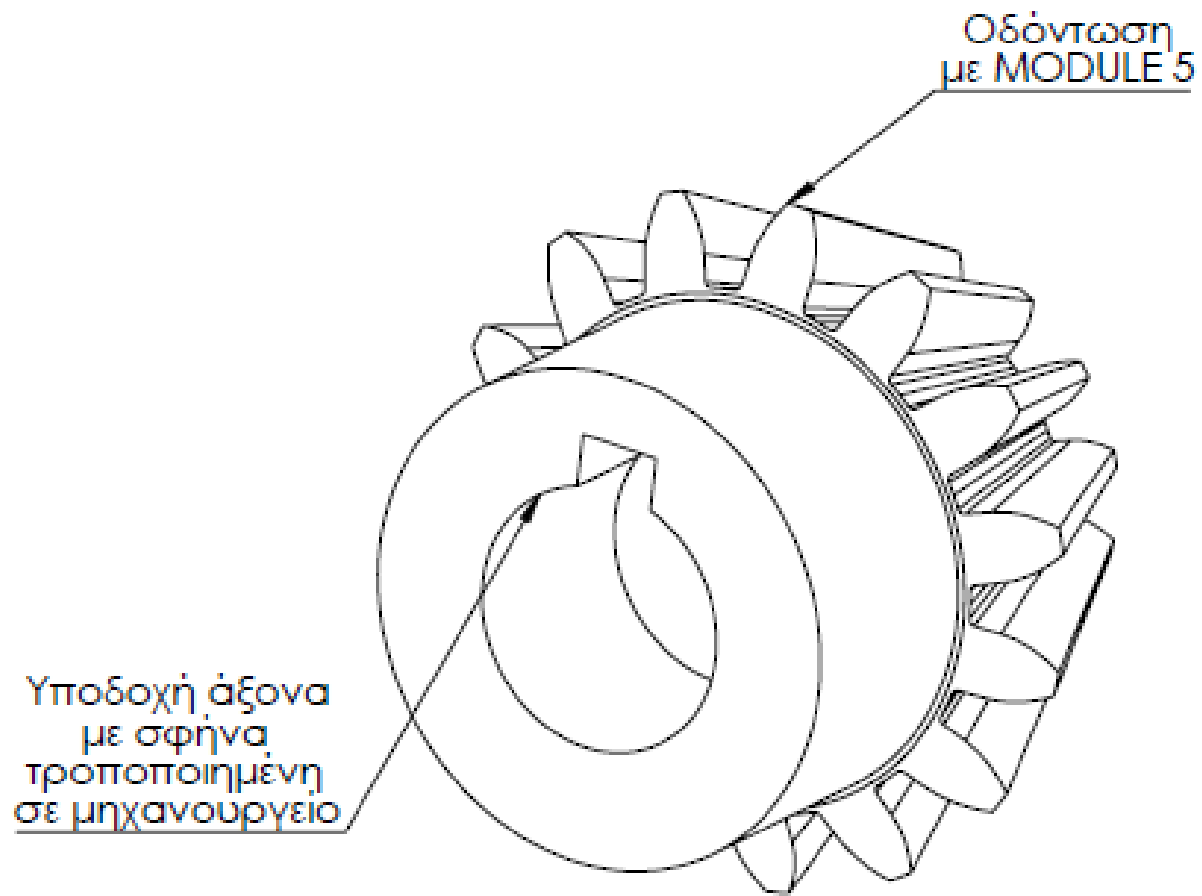
Η βάση του υδραυλικού κινητήρα αποτελείται από μια χαλύβδινη κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 200x100x6mm, με την προσθήκη ενισχυτικών πλακών πάχους 8mm από χάλυβα. Φέρει οπές για την συναρμογή του υδραυλικού κινητήρα μέσω κοχλιών M10, αλλά και ένα κυκλικό άνοιγμα για τον άξονα του κινητήρα. Τέλος υπάρχει μια εσωτερική ενίσχυση που αποτελείται από κοιλοδοκό ορθογωνικής διατομής 100x60x4mm, που προσφέρει υποστήριξη στα τοιχώματα της κοιλοδοκού 200x100x6mm που αποτελεί την ραχοκοκαλιά της βάσης του υδραυλικού κινητήρα. Η αντοχή και δυσκαμψία αυτού του τμήματος της κατασκευής είναι πολύ σημαντική, καθώς αυτό θα πρέπει να ανταποκριθεί στις ισχυρές δυνάμεις και καταπονήσεις από τον κινητήρα.



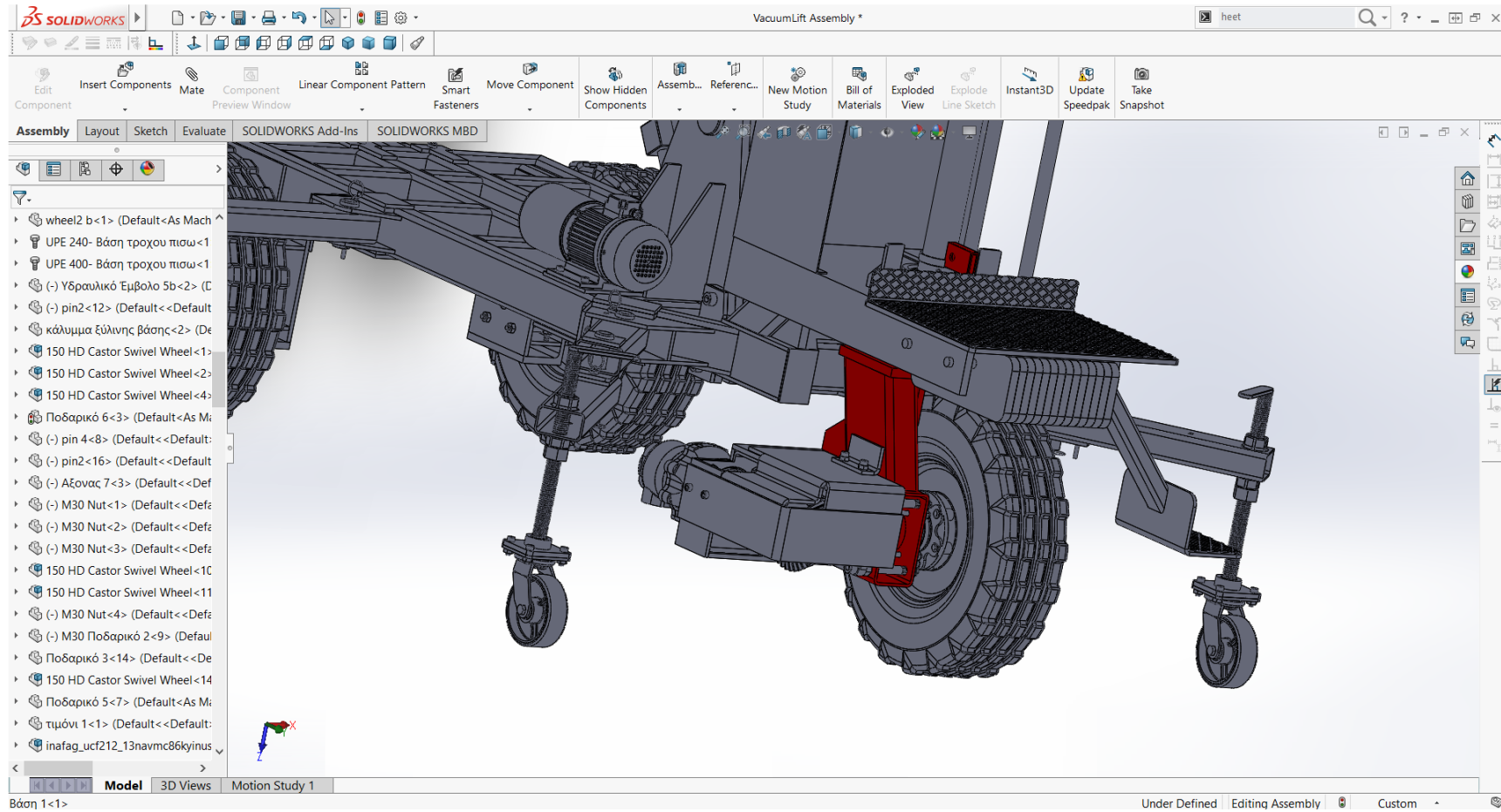
Δ2. Κωνικός οδοντωτός τροχός άξονα υδραυλικού κινητήρα



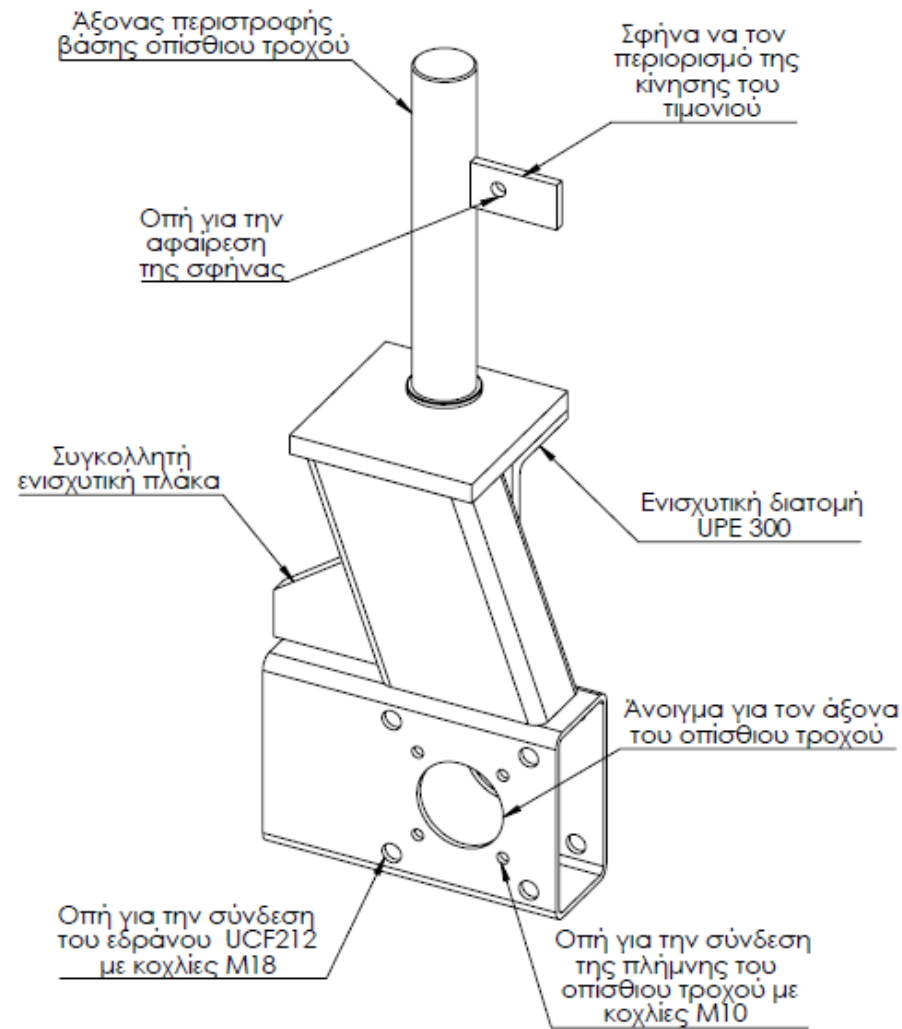
Ο κωνικός οδοντωτός τροχός του άξονα του υδραυλικού κινητήρα, είναι ένα τεμάχιο το οποίο βρέθηκε έτοιμο στο εμπόριο, ωστόσο απαιτήθηκαν ορισμένες μετατροπές για την χρήση του στη συγκεκριμένη κατασκευή. Η υποδοχή που έφερε αφορούσε άξονα διαμέτρου 25mm, ενώ ο άξονας του υδραυλικού κινητήρα που χρησιμοποιήθηκε είχε διάμετρο 32mm. Απαιτήθηκε ως εκ τούτου, η μηχανουργική κατεργασία του οδοντωτού τροχού, έτσι ώστε αυτός να μπορέσει να συνδυαστεί με τον άξονα του κινητήρα. Η προέκταση του οδοντωτού τροχού που φιλοξενεί την εν λόγω υποδοχή, είχε εξωτερική διάμετρο 60mm, γεγονός που πρόσφερε ένα αρκετά μεγάλο περιθώριο κατεργασίας, χωρίς να προκύψουν ανησυχίες για την μηχανική αντοχή του. Ο οδοντωτός τροχός αυτός αποτελείται από δεκαπέντε δόντια, με $module = 5$ και είναι κατασκευασμένος από χάλυβα.



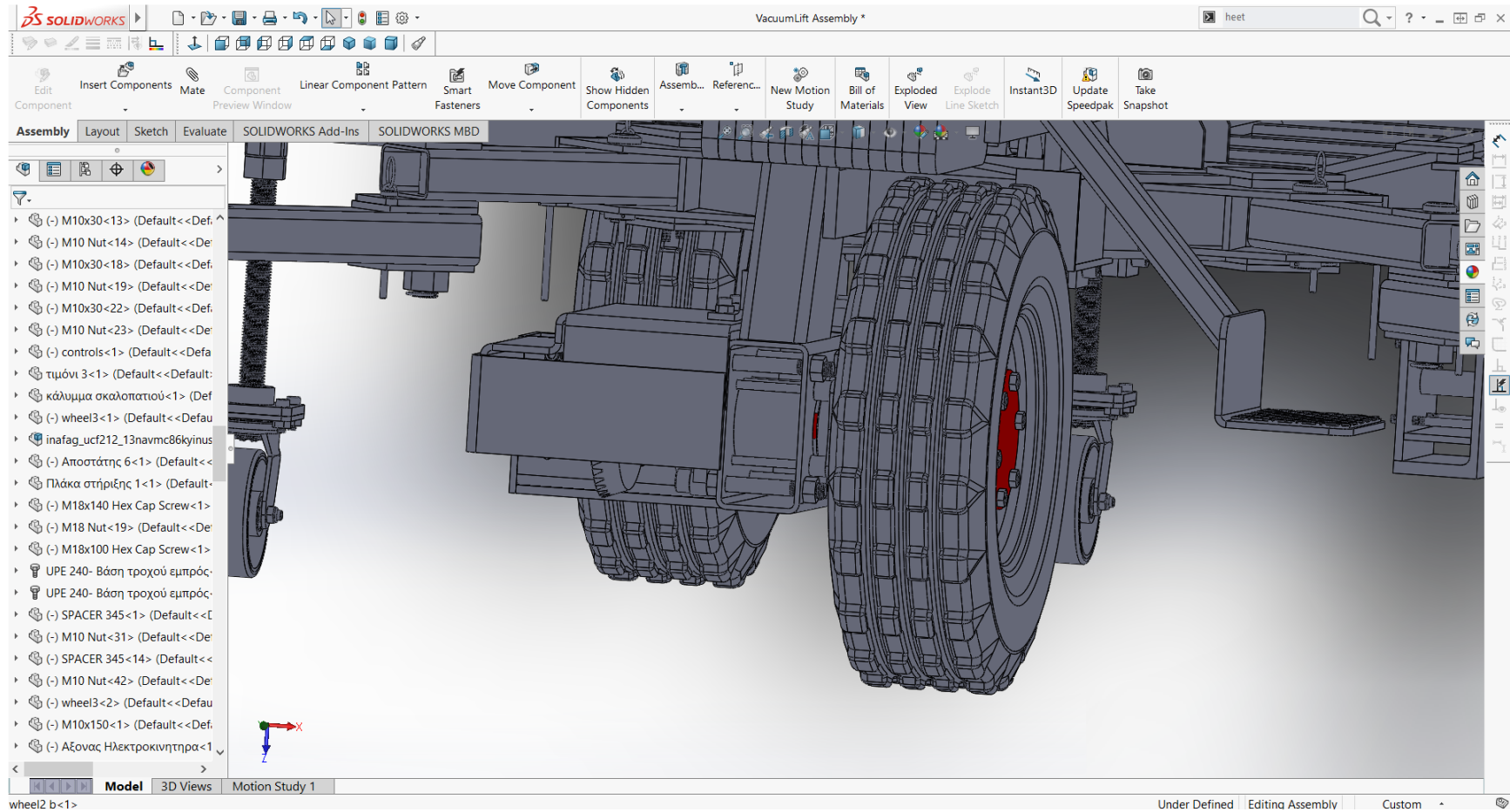
Δ3. Βάση οπίσθιου τροχού



Η βάση του οπίσθιου τροχού του οχήματος, είναι ένα αρκετά σύνθετο τμήμα της κατασκευής. Αποτελείται από ένα σύνολο συμπαγών αξόνων, κοιλοδοκών, πλάκων και άλλων διατομών. Ξεκινώντας από το πάνω μέρος, υπάρχει ένας συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής, με διάμετρο 60mm, η οποία λίγο πριν το τέλος του μήκους του γίνεται 70mm. Αυτός ο δοκός είναι ο άξονας περιστροφής του βραχίονα του οπίσθιου τροχού και είναι προϊόν καταργασίας σε τόρνο. Επί του άξονα αυτού, υπάρχει μια υποδοχή στην οποία εφαρμόζει μια σφήνα με μια οπή. Η σφήνα αυτή αποσκοπεί στον περιορισμό της περιστροφής του τιμονιού, και η οπή χρησιμεύει στην αφαίρεση της σφήνας σε περίπτωση επισκευής. Η διάμετρος του άξονα μεγαλώνει στο κάτω του μέρος ώστε να στηρίζει το κωνικό έδρανο, χωρίς αυτό να έρχεται σε επαφή με την πλάκα από κάτω δυσχεραίνοντας την κύλιση του εδράνου και την περιστροφή του τιμονιού. Η πλάκα που βρίσκεται κάτω από τον άξονα, έχει πάχος 20mm και φέρει μια οπή διαμέτρου 70mm με τον άξονα να διέρχεται μέσα από αυτή. Ο άξονας και η πλάκα των 20mm συγκολλούνται και από τις δύο πλευρές της. Η κατασκευή αποτελείται επιπλέον από δύο χαλύβδινες κοιλοδοκούς ορθογωνικής διατομής 160x80x6mm και 200x100x6mm. Η δεύτερη φέρει οπές για την σύνδεση της πλήμνης του οπίσθιου τροχού, αλλά και οπές για την σύνδεση του εδράνου UCF212. Επιπλέον, υπάρχει κυκλικό άνοιγμα για τον άξονα του οπίσθιου τροχού. Την ενίσχυση της κατασκευής αυτής αναλαμβάνουν μια συγκολλητή χαλύβδινη κοιλοδοκός κυκλικής διατομής εντός της κοιλοδοκού ορθογωνικής διατομής 200x100x6mm, μια διατομή UPE300 η οποία έχει κοπεί κατά τον διαμήκη άξονα σε απόσταση 110mm από την άκρη της διατομής και έχει μήκος 190mm, και μια ενισχυτική χαλύβδινη πλάκα πάχους 20mm.



Δ4. Άξονας οπίσθιου τροχού



Ο άξονας του οπίσθιου τροχού, αποτελείται από 4 τεμάχια κατασκευασμένα από χάλυβα σε μηχανουργείο. Το πρώτο τεμάχιο είναι μια κυκλική πλάκα πάχους 8mm, η οποία φέρει περιμετρικά έξι οπές, για την σύνδεση της με τον οπίσθιο τροχό μέσω κοχλιών, και μια οπή διαμέτρου 30mm στο κέντρο της. Το επόμενο τεμάχιο είναι ο ίδιος ο άξονας, ο οποίος στο ένα άκρο συγκολλάται με την κυκλική πλάκα και στο άλλο φέρει σφηνόδρομο. Το τρίτο τεμάχιο είναι ένα χαλύβδινο χιτώνιο εξωτερικής διαμέτρου 60mm και εσωτερικής 30mm, που φέρει σφηνόδρομο ίδιας γεωμετρίας με αυτόν του άξονα. Τέλος την σύνδεση άξονα – χιτωνίου και άξονα – κωνικού οδοντωτού τροχού του άξονα του πίσω τροχού, αναλαμβάνει μια σφήνα.

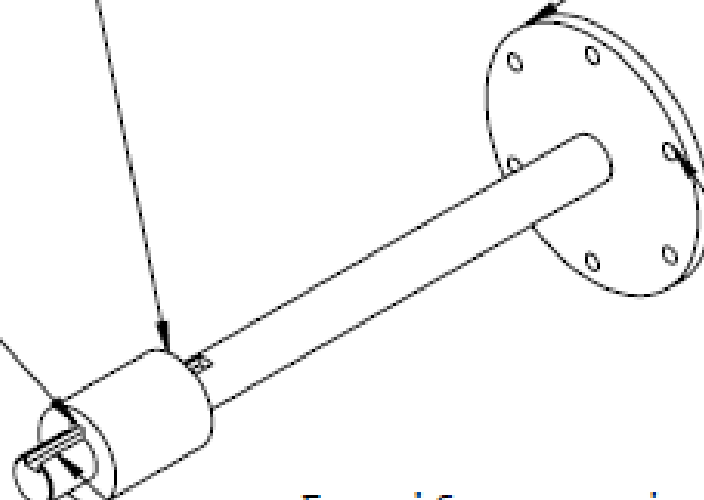
Χιτώνιο για την σύνδεση
με το έδρανο UCF212

Συγκολλητή κυκλική
πλάκα πάχους 10mm
για την σύνδεση με
τον τροχό

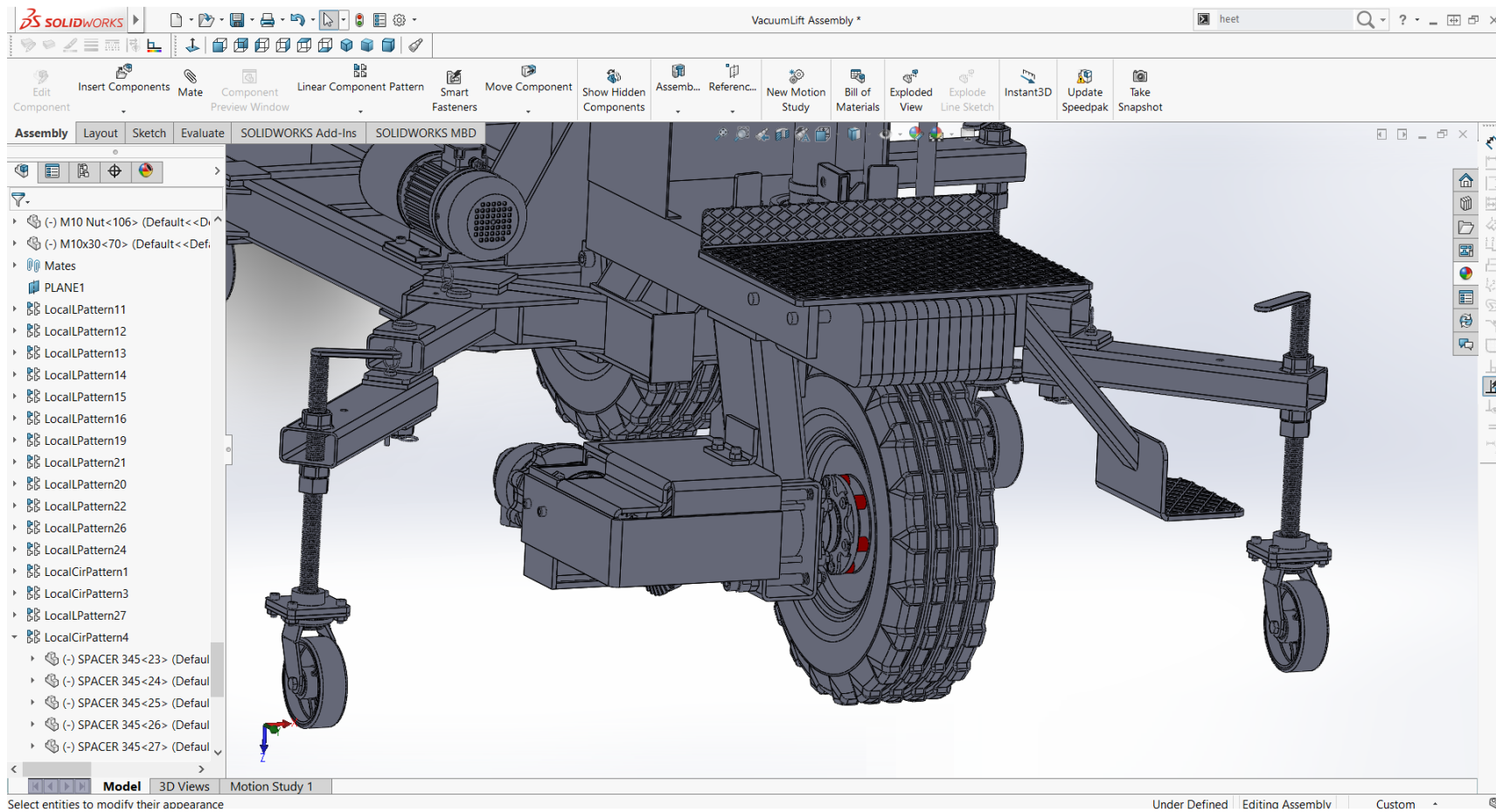
Σφηνόδρομος
επί του χιτωνίου
για την σύνδεση
με τον άξονα

Οπή για την
σύνδεση του
άξονα με τον
οπίσθιο τροχό
με κοχλίες M10

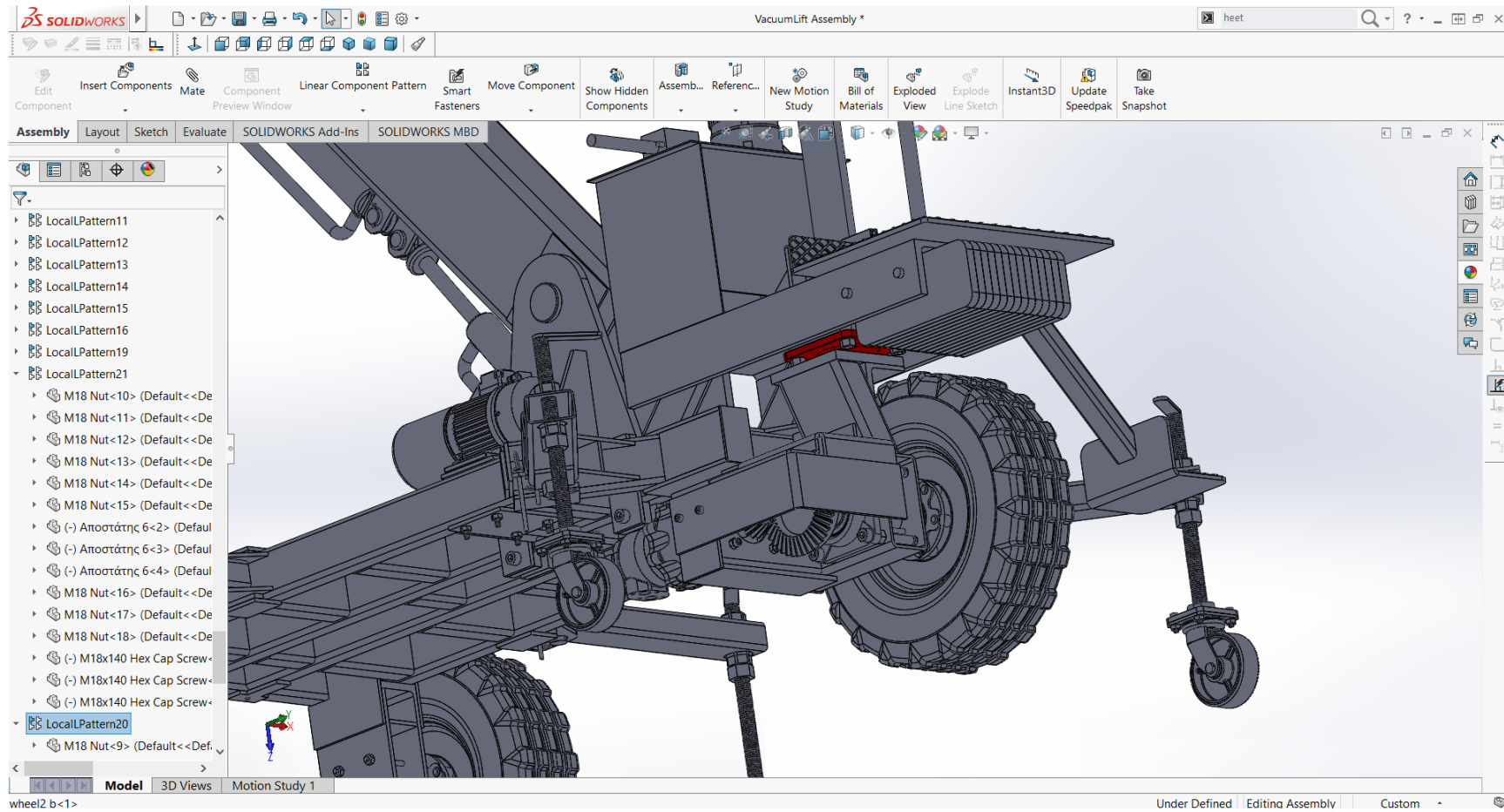
Σφηνόδρομος επί του
άξονα για την σύνδεση
με τον κωνικό οδοντωτό
τροχό



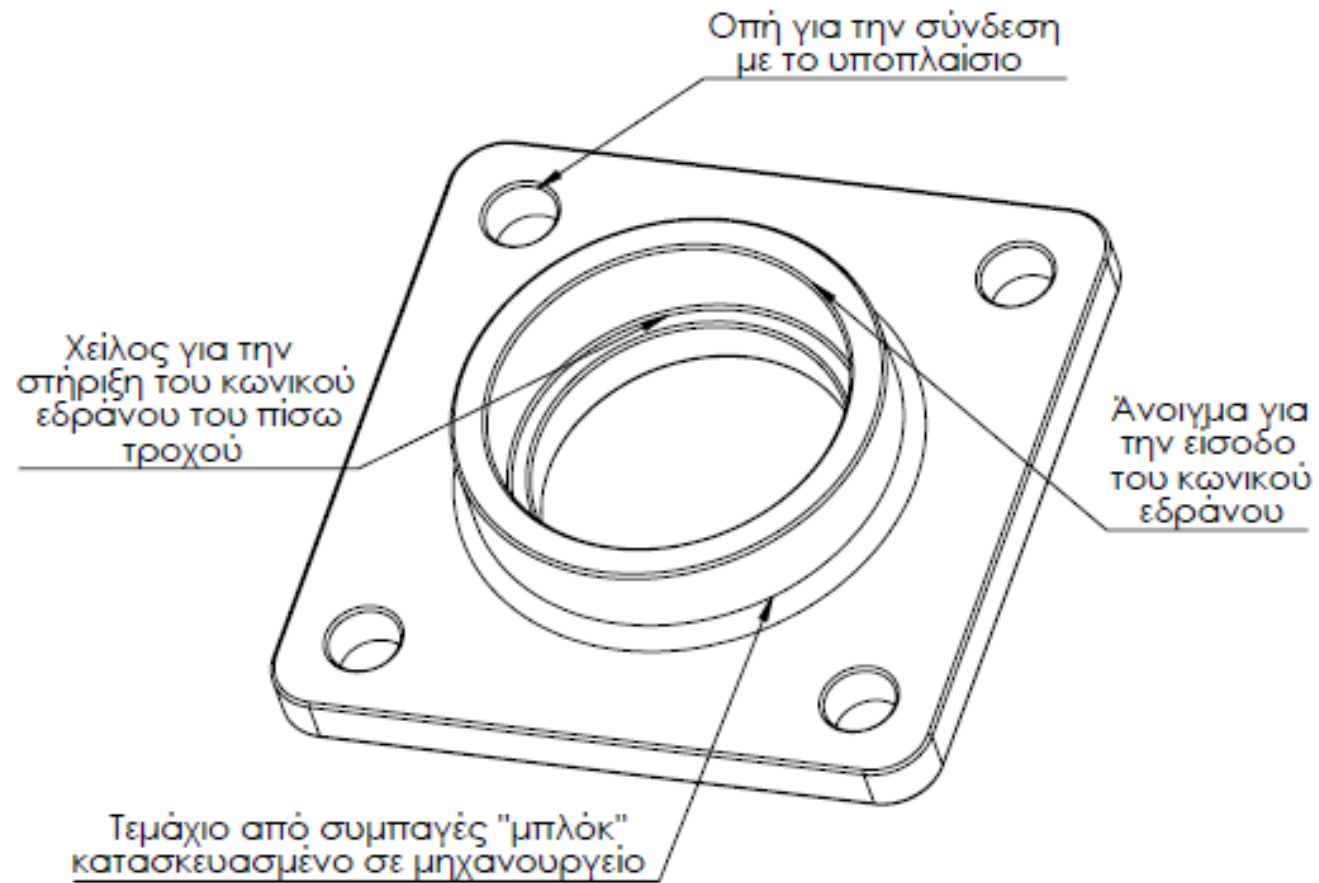
Δ5. Αποστάτες κοχλιών M10 πλημνών τροχών



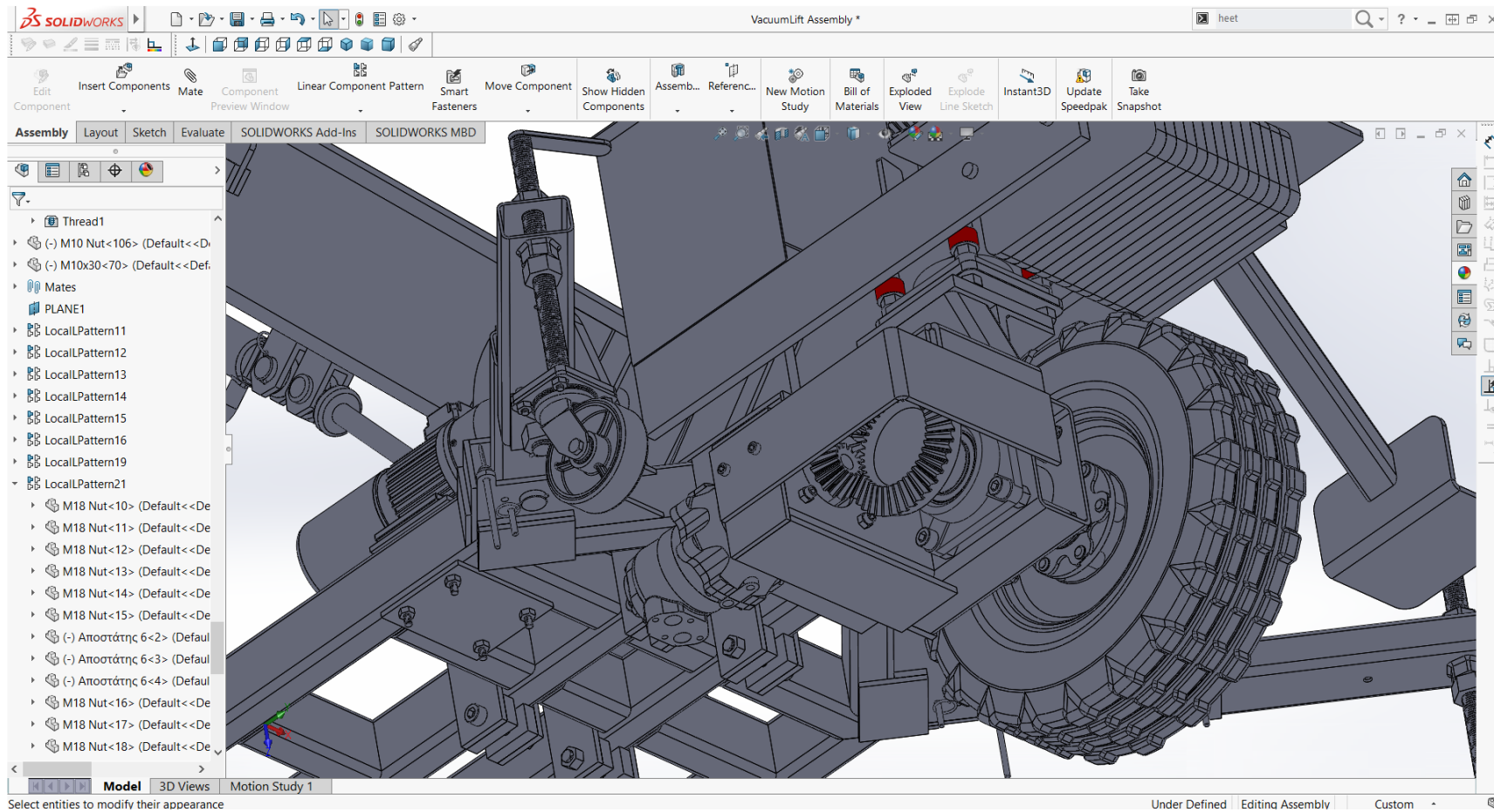
Δ6. Πλάκα στήριξης κωνικού εδράνου



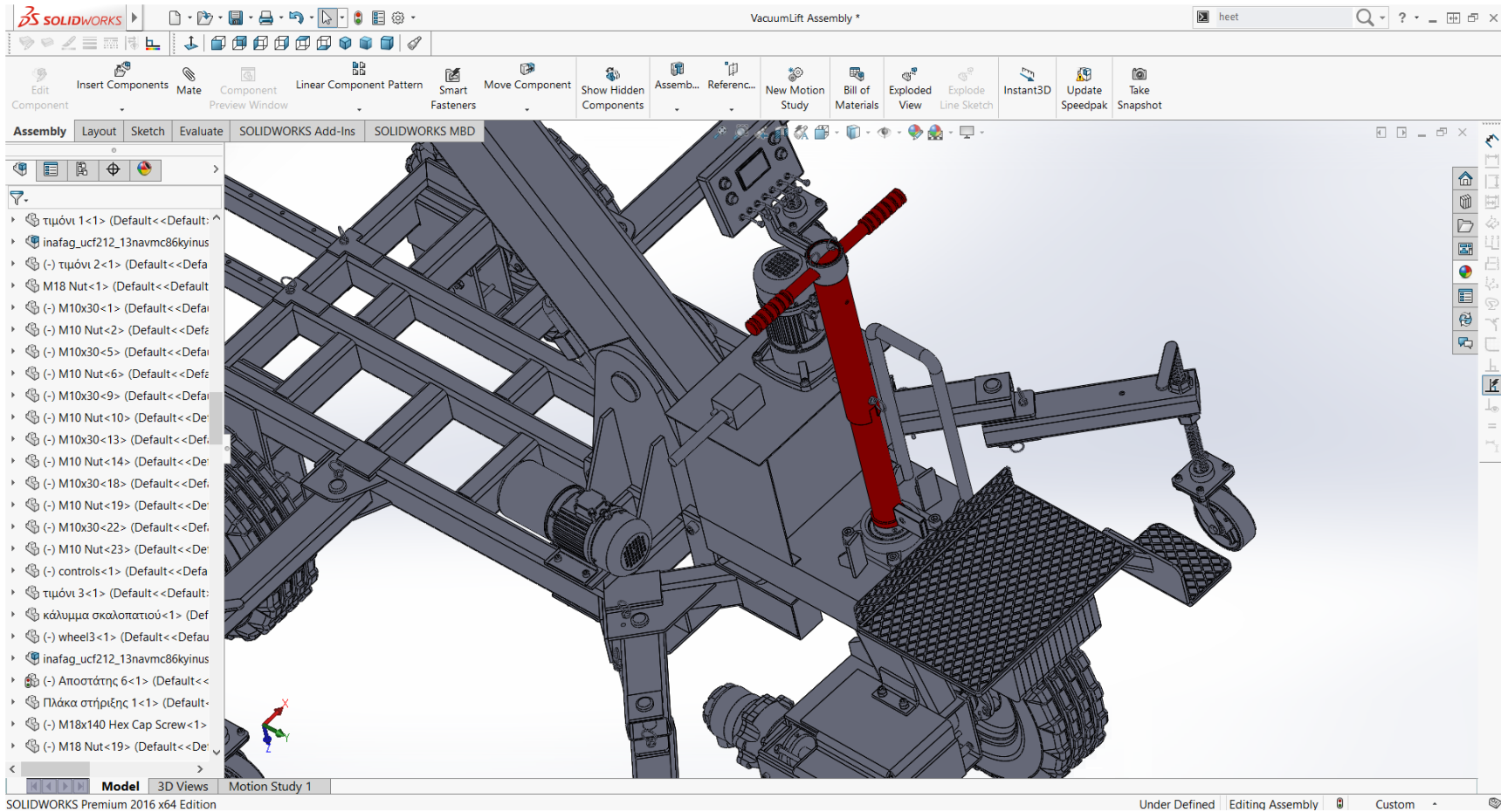
Η πλάκα στήριξης του κωνικού εδράνου του άξονα του οπίσθιου τροχού, είναι ένα τεμάχιο το οποίο απαιτεί μεγάλη διαστασιολογική ακρίβεια και θα δημιουργηθεί με την βοήθεια μηχανουργείου. Αποτελείται από χάλυβα και πρόκειται για μια πλάκα πάχους 20mm, επί της οποίας θα συγκολληθεί τμήμα κοιλοδοκού κυκλικής διατομής με εξωτερική διάμετρο 120mm και πάχος τοιχώματος 10mm. Η συγκόλληση θα γίνει και από τις δύο πλευρές της κοιλοδοκού (εσωτερική και εξωτερική) και στη συνέχεια το τεμάχιο θα πάει στο μηχανουργείο για την κατεργασία της εσωτερικής πλευράς, για την δημιουργία της απαραίτητης «πατούρας» για την υποδοχή του κωνικού ρουλεμάν. Η πλάκα τέλος θα φέρει οπές διαμέτρου 20mm για την σύνδεση της μέσω κοχλιών με το υποπλαίσιο.



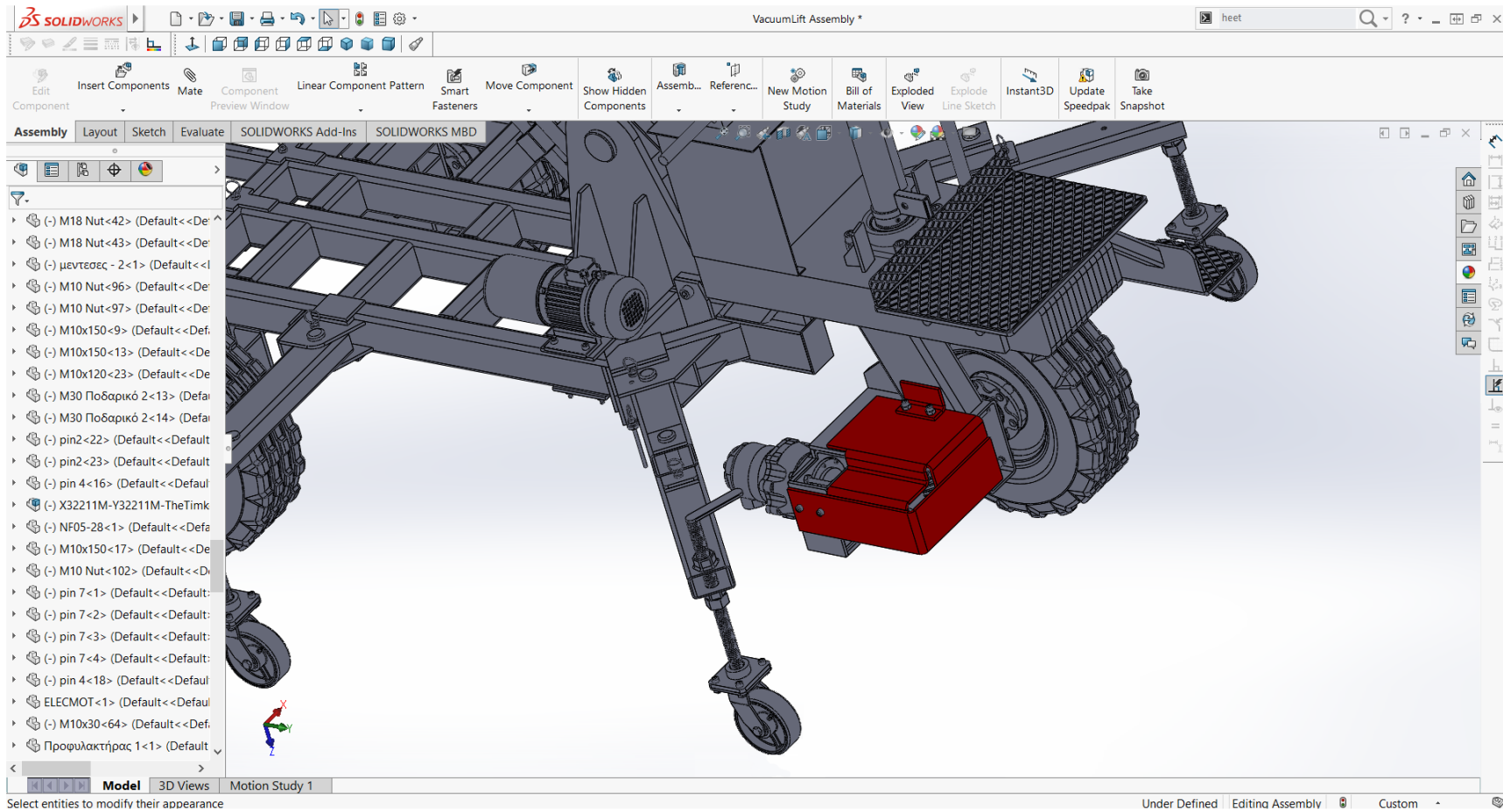
Δ7. Αποστάτες κοχλιών M18 πλάκας στήριξης κωνικού εδράνου

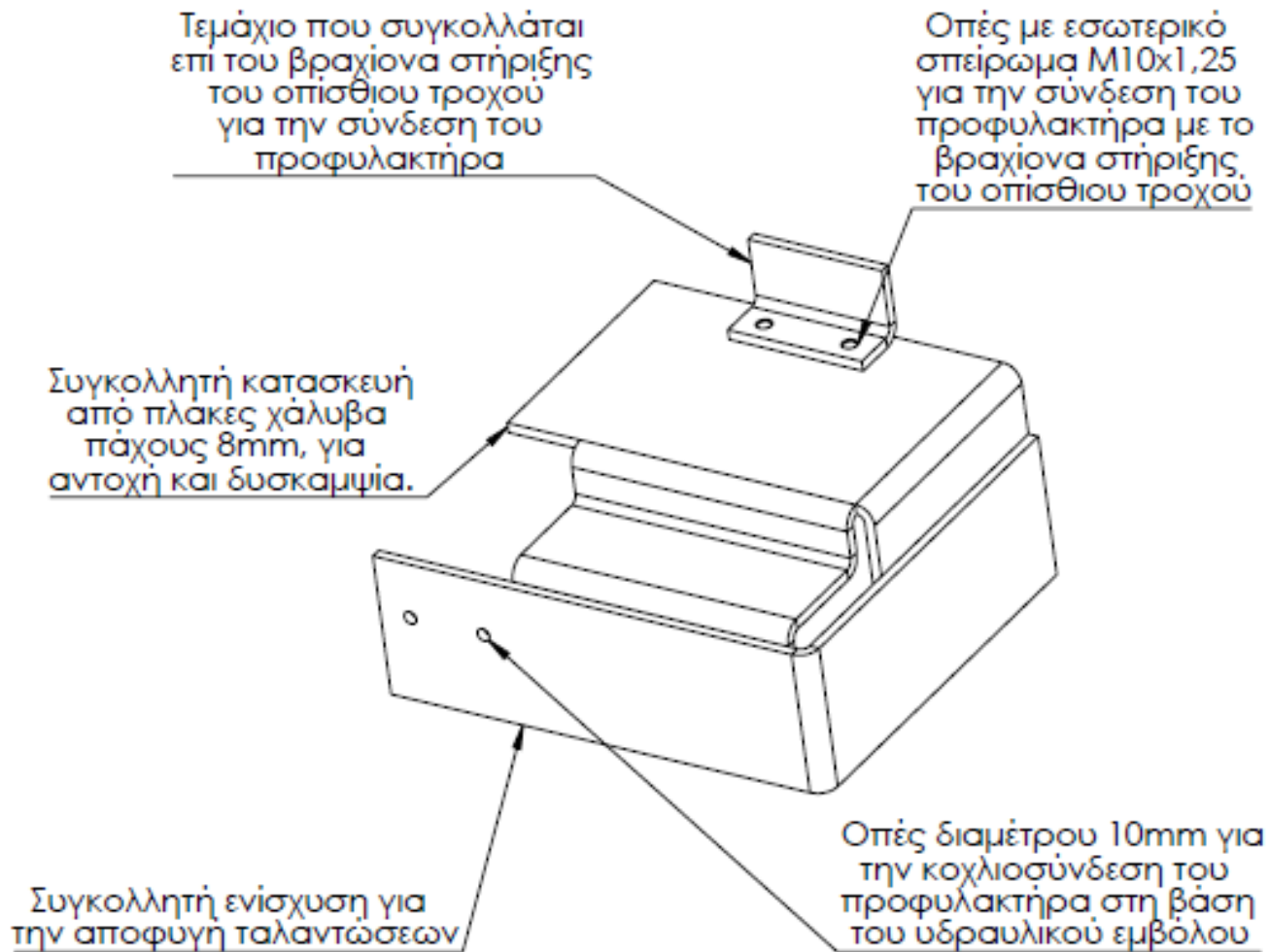


Δ8. Τιμόνι γερανοφόρου οχήματος



Δ9. Προφυλακτήρας μετάδοσης κίνησης

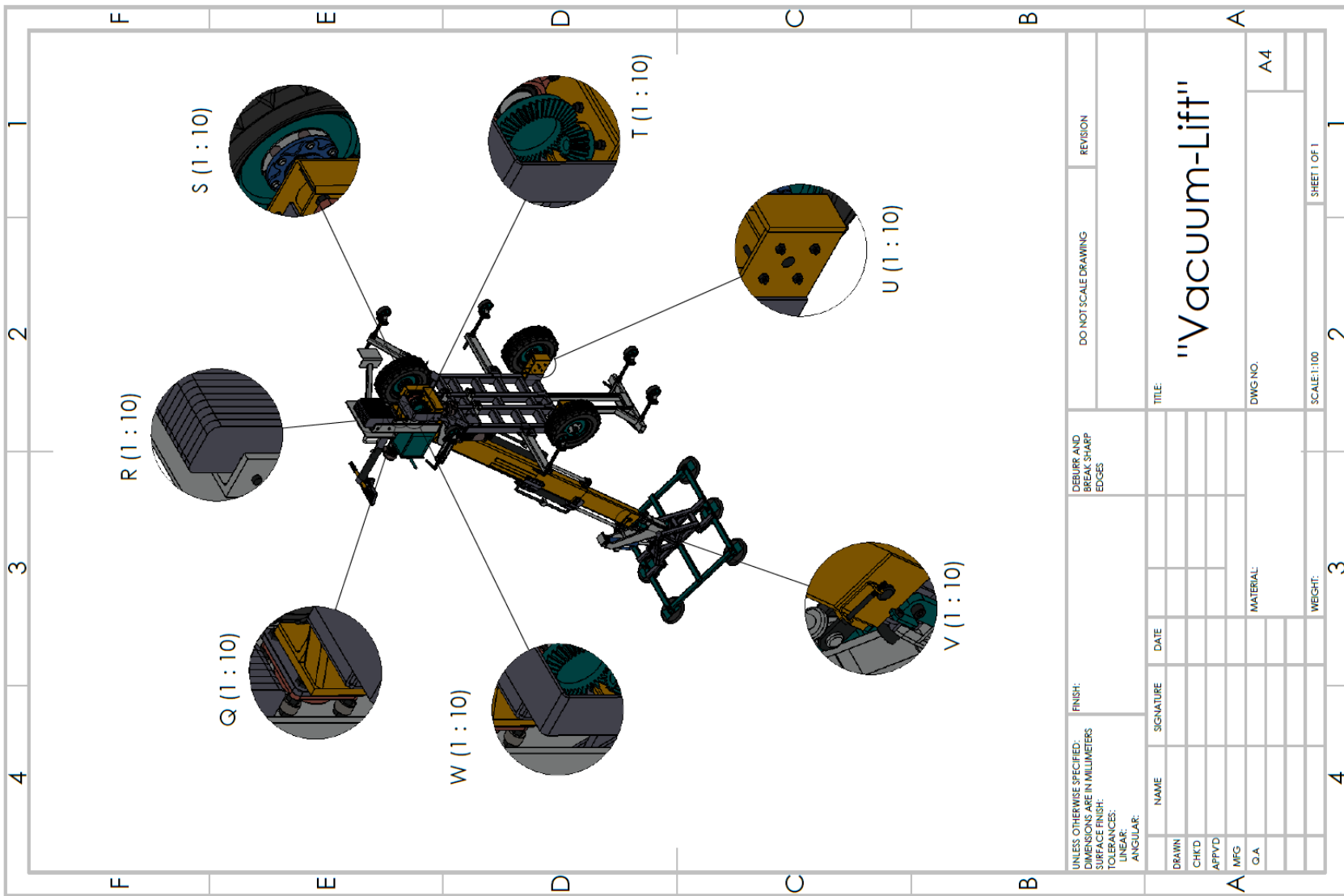




Σχέδια και εικόνες της ολοκληρωμένης κατασκευής (Assembly)

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH: DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	
DRAWN	SIGNATURE	DATE	REVISION
CHKD			DO NOT SCALE DRAWING
APPVD			
MFG			TITLE: "Vacuum-Lift"
QA			DWG NO: A4
			MATERIAL:
			SCALE: 1:100
			WEIGHT:
4	3	2	1
			SHEET 1 OF 1





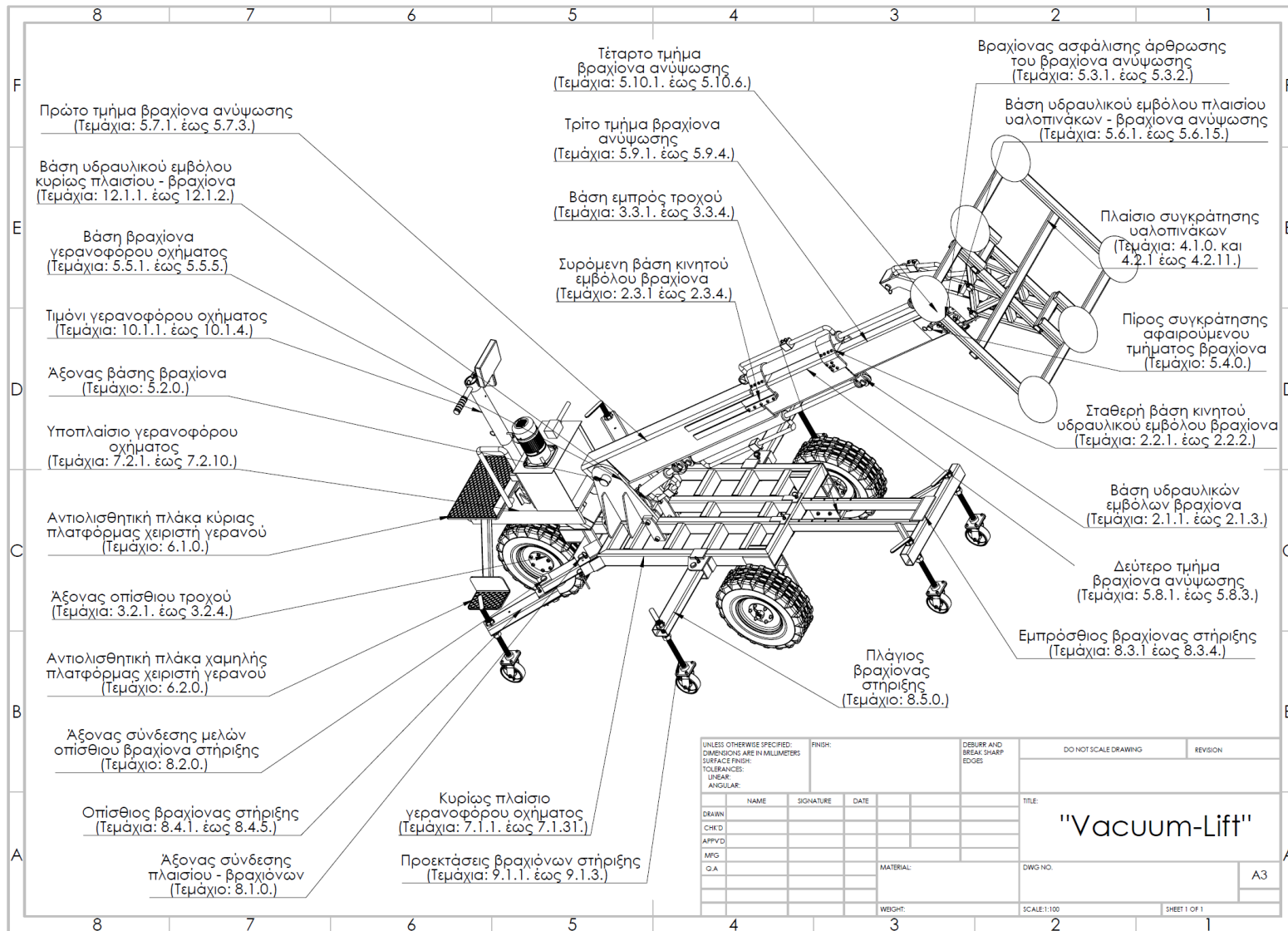
Κωδικός	Περιγραφή
A	Βραχίονες στήριξης με ρυθμιζόμενες κατακόρυφες προεκτάσεις, για την ασφαλή σταθεροποίηση του μηχανήματος.
B	Τροχοί που ασφαλίζουν με περικόχλιο και ειδικό πήρο, για την ευκολία αφαίρεσης σε περίπτωση επισκευής.
C	Πτυσσόμενοι βραχίονες στήριξης που ασφαλίζουν στην κλειστή και στην ανοικτή θέση με ειδικούς πήρους.
D	Εμπρόσθιος τηλεσκοπικός βραχίονας με οπές ανά διαστήματα, για την ρύθμιση του ωφέλιμου μήκους και την ασφάλισή του με ειδικούς πήρους.
E	Βεντούζες κενού για την ασφαλή συγκράτηση των υαλοπινάκων.
F	Βραχίονας ασφάλισης της άρθρωσης του γερανού, με την δυνατότητα κλειδώματος της στην ανοικτή και την κλειστή θέση.
G	Υδραυλικό έμβολο ρύθμισης της κλίσης του πλασίου που φέρει τις βεντούζες κενού, για την τοποθέτηση των υαλοπινάκων σε πληθώρα θέσεων σε τούλους και οροφές.
H	Υδραυλικό έμβολο επέκτασης του βραχίονα ανύψωσης με συνρόμητη βάση στήριξης για μείωση του βάρους και των εξωτερικών διαστάσεων του μηχανήματος.
I	Υδραυλικό έμβολο επέκτασης του βραχίονα ανύψωσης.
J	Υδραυλικό έμβολο άρθρωσης του βραχίονα ανύψωσης.
K	Πίνακας χειρισμού του υδραυλικού συστήματος, επί του τιμονιού, για τον εύκολο χειρισμό του μηχανήματος.
L	Τηλεσκοπικός βραχίονας τιμονιού, για τον περιορισμό του ύψους και την ευκολότερη μεταφορά και αποθήκευση του μηχανήματος.
M	Σωληνωτή κουπαστή για την ευκολότερη άνοδο του χειριστή στη κύρια πλατφόρμα χειρισμού.
N	Χαμηλή πλατφόρμα, για την ευκολότερη άνοδο του χειριστή στη κύρια πλατφόρμα χειρισμού.
O	Προεκτάσεις βραχιόνων στήριξης με ενσωματωμένους περιστρεφόμενους τροχούς βιομηχανικού τύπου, για την μετακίνηση του οχήματος δίχως την άρση τους.
P	Αναδιπλούμενοι οπίσθιοι βραχίονες στήριξης, για τον περιορισμό των εξωτερικών διαστάσεων του οχήματος.
Q	Κωνικό έδρανο στήριξης του αξόνα περιστροφής του βραχίονα του οπίσθιου τροχού, εμφολευμένο εντός ειδικά κατασκευασμένου τεμαχίου, συνδεδεμένου στο υποπλαίσιο.
R	Πλάκες πάχους 20mm, για την δημιουργία αντιβάρου και την αύξηση της σταθερότητας του οχήματος κατά την ανύψωση βαρέων φορτίων, με τον βραχίονα ανύψωσης σε πλήρη έκταση.
S	Πλήμνες για την στήριξη των τροχών επί του πλασίου του οχήματος.
T	Μετάδοση της κίνησης μεταξύ των αξόνων του υδραυλικού κινητήρα και του οπίσθιου τροχού, με κωνικούς οδοντωτούς τροχούς ευθείας οδοντώσης, με σχέση μετάδοσης 3:1 για αυξημένη ροπή.
U	Στοιβαρές βάσεις τροχών από συγκολλημένες χαλύβδινες πλάκες B και 10mm επί διατοιμής UPE 300, με οπές για την σύνδεση των πλημών με κοχλίες, για την εύκολη αντικατάστασή τους.
V	Ειδική βάση επί του βραχίονα ανύψωσης, για την τοποθέτηση του κοχλία που ασφαλίζει την άρθρωση του βραχίονα στην κλειστή θέση.
W	Προφυλακτήρας της διάταξης της μετάδοσης κίνησης, από πλάκες χάλυβα πάχους 8mm.

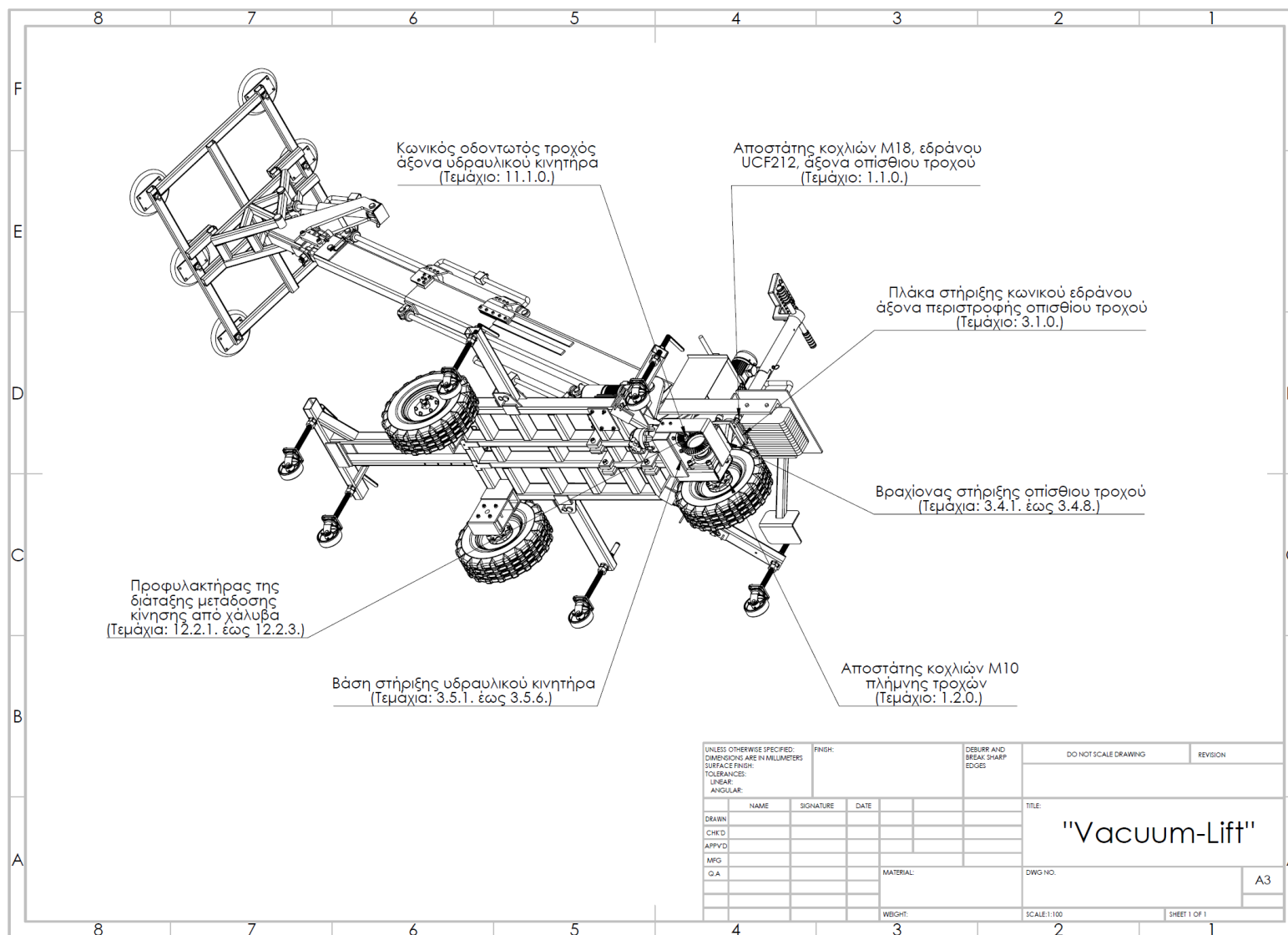
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH: BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:							
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE	
CHKD							
APPVD							
MFG							
G.A.							
				MATERIAL:		DWG. NO.	
						SCALE: 1:1	
						SHEET 1 OF 1	
4		3		2		1	

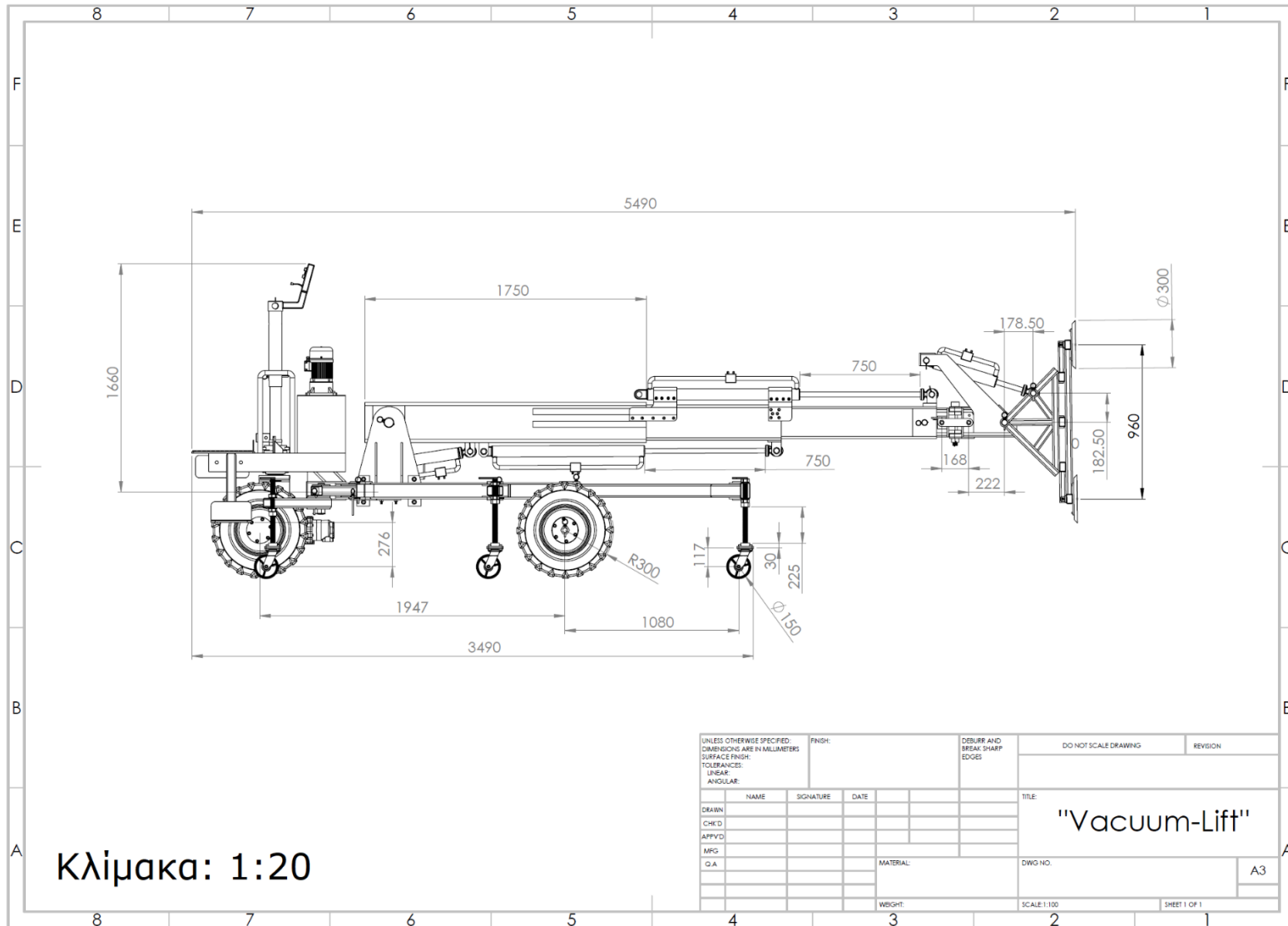
"Vacuum-Lift"

A4





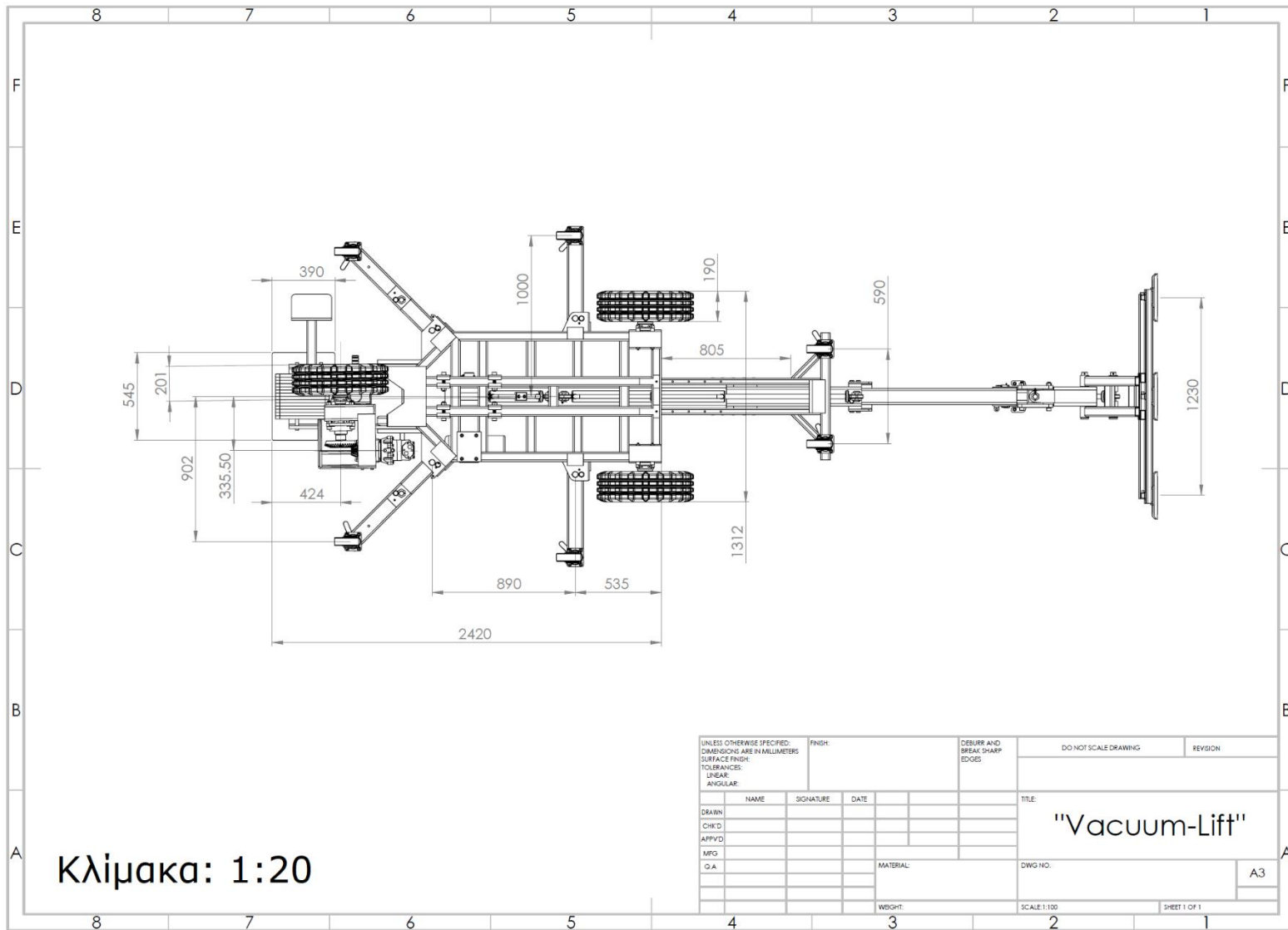




195

Μαυρίδης Ευστράτιος - Σχολή Μηχανικών - Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

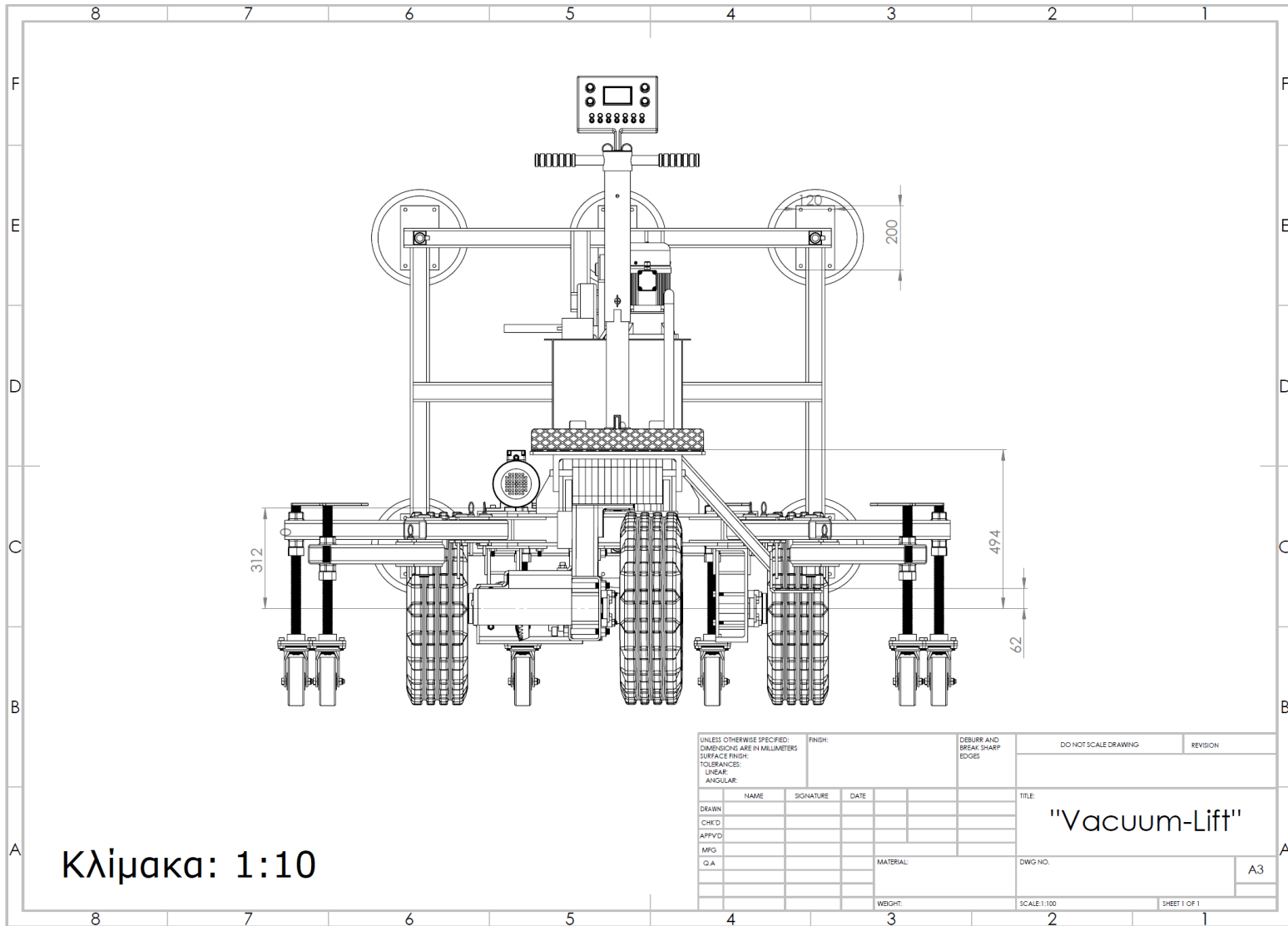




196

Μαυρίδης Ευστράτιος - Σχολή Μηχανικών - Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

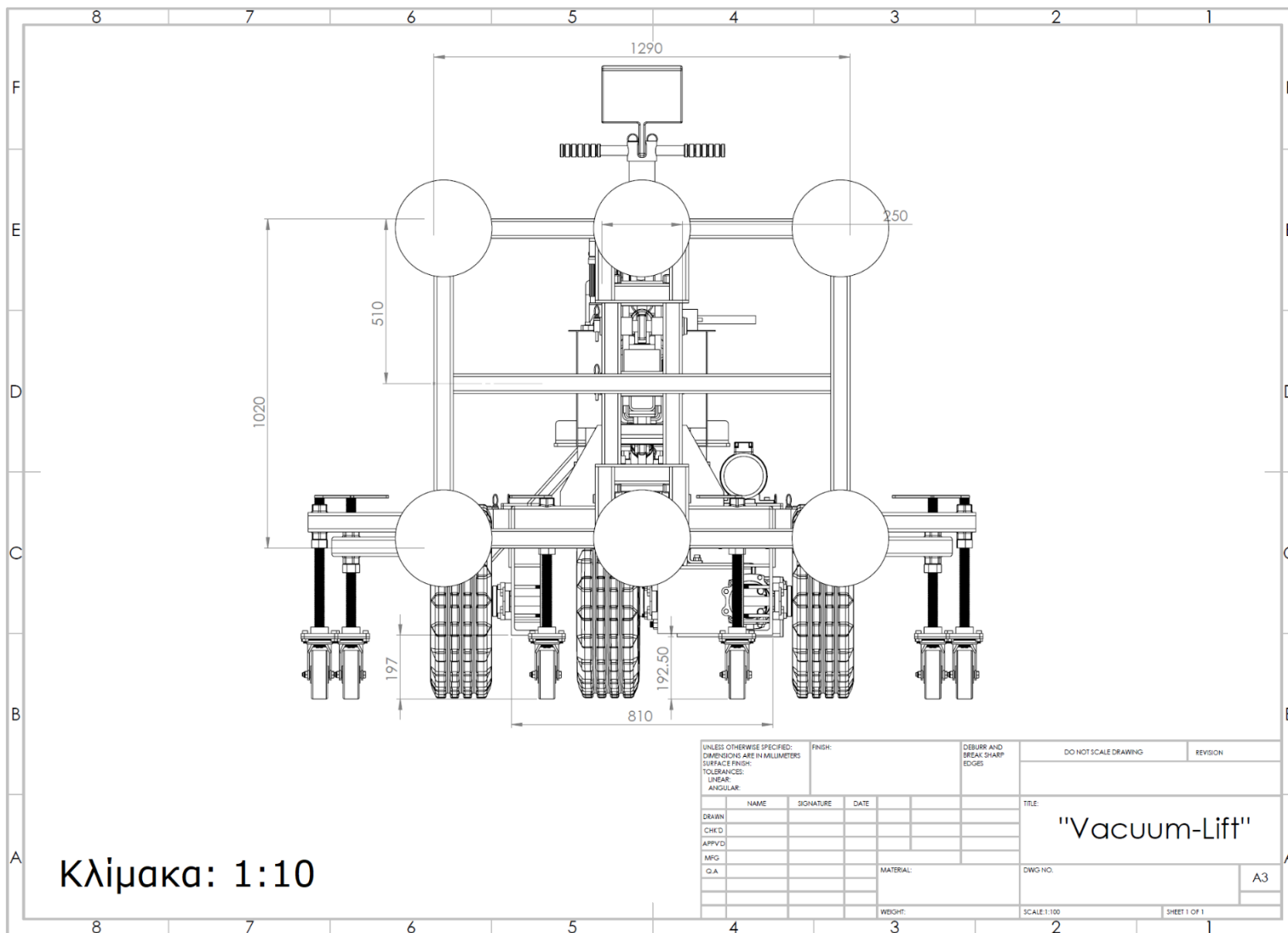




197

Μαυρίδης Ευστράτιος - Σχολή Μηχανικών - Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών





198

Μαυρίδης Ευστράτιος - Σχολή Μηχανικών - Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



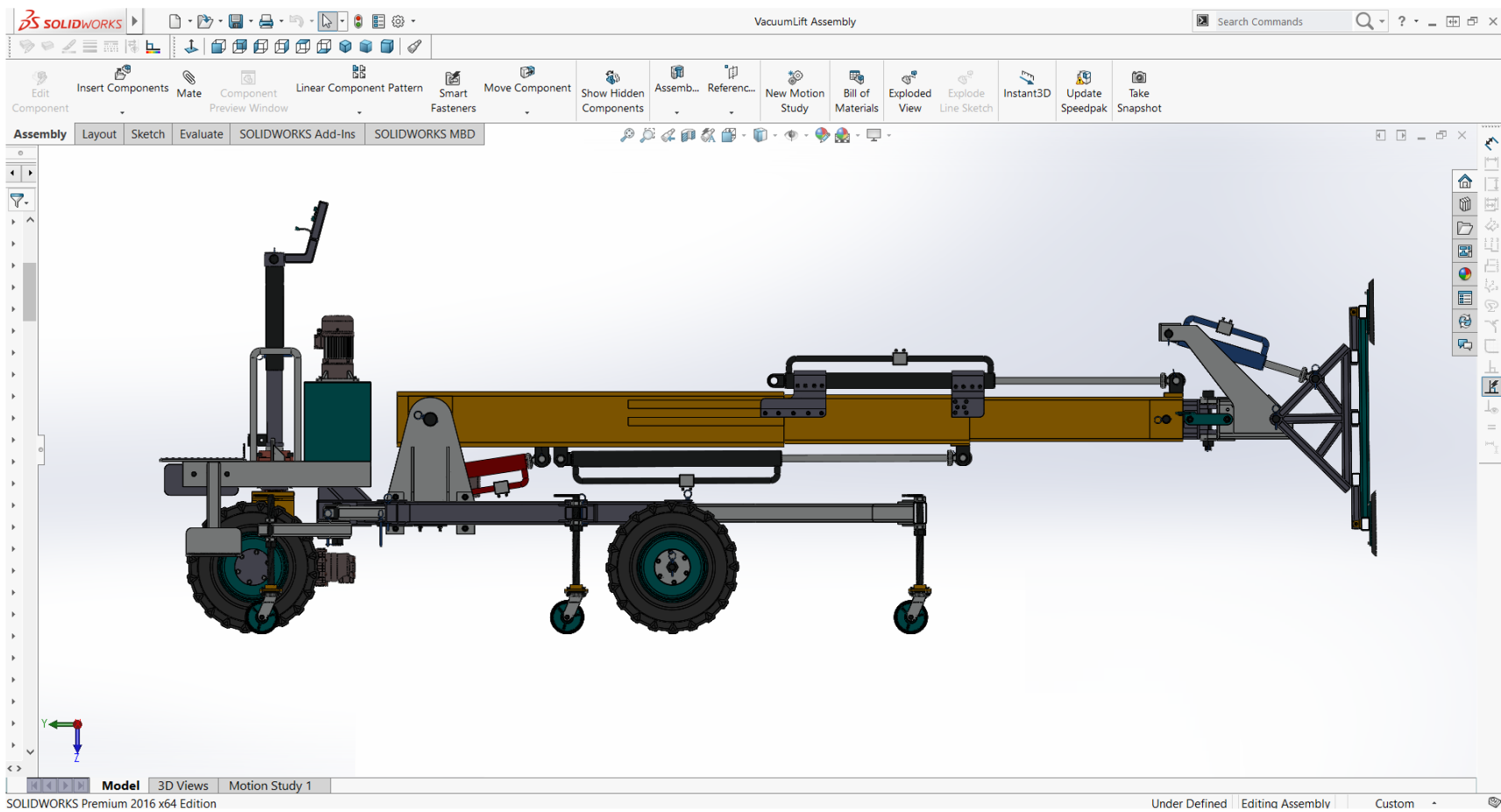
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΓΕΡΑΝΟΦΟΡΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ		ΤΙΜΗ
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
1	Μέγιστο ύψος υαλοπλάκα επί κάθετου τοίχου (μετρούμενο από το κέντρο του πλαισίου συγκράτησης έως το δάπεδο)	3.895 mm
2	Μέγιστο ύψος άρσης υαλοπλάκα επί οροφής (μετρούμενο από την επιφάνεια των βεντουζών του πλαισίου συγκράτησης υαλοπινάκων έως το δάπεδο)	4.340 mm
3	Μέγιστη έκταση του εμπρόσθιου βραχίονα στήριξης	805 mm
4	Ολικό μήκος του πλαισίου του οχήματος, με τον εμπρόσθιο βραχίονα στήριξης πλήρως κλειστό	2.685 mm
5	Ολικό μήκος του πλαισίου του οχήματος, με τον εμπρόσθιο βραχίονα στήριξης πλήρως ανοικτό	3.490 mm
6	Ολικό πλάτος του πλαισίου, με τους πάγιους βραχίονες στήριξης πλήρως κλειστούς	1.312 mm
7	Ολικό πλάτος του πλαισίου, με τους πάγιους βραχίονες στήριξης πλήρως ανοικτούς	2.114 mm
8	Απόσταση προσέγγισης οχήματος, για την ανύψωση υαλοπινάκων από το επίπεδο του δαπέδου με τον βραχίονα ανύψωσης οριζοντιωμένο και τον εμπρόσθιο βραχίονα στήριξης πλήρως ανοικτό (ελάχιστη - μέγιστη)	512 - 2.012 mm
9	Ολικό ύψος οχήματος, με τον βραχίονα ανύψωσης οριζοντιωμένο (μέγιστο ύψος επί του πλαισίου συγκράτησης υαλοπινάκων)	1605 mm
10	Ολικό μήκος οχήματος, με το βραχίονα ανύψωσης οριζοντιωμένο (ελάχιστο - μέγιστο)	4.004 - 5.504 mm
11	Ολικό ύψος οχήματος, με το βραχίονα ανύψωσης πλήρως υψωμένο και το πλαίσιο συγκράτησης υαλοπινάκων παράλληλο με το δάπεδο (ελάχιστο - μέγιστο)	2.894 - 4.340 mm
12	Μεταξόνιο οχήματος	1.947 mm
13	Μετατρόχιο οχήματος	1.122 mm
14	Ελάχιστη απόσταση οχήματος από το έδαφος	192 mm

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH: SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: "Vacuum-Lift"						
DRAWN	CHK'D		DWG NO.:						
APP'VD	MEG		SCALE: 1:1						
G.A.			SHEET 1 OF 1						

15	Απόσταση μπάρας τιμονιού και κύριας πλατφόρμας χειριστή (ελάχιστη - μέγιστη)	574 - 902 mm
16	Εύρος περιστροφής οπίσθιου τροχού οχήματος	160 deg (80+80 deg)
17	Εύρος περιστροφής βραχίονα ανύψωσης, ως προς τον άξονα Y	50 deg
18	Εύρος περιστροφής πλαίσιου συγκράτησης υαλοπινάκων, ως προς το βραχίονα ανύψωσης, κατά τον άξονα Y	90 deg (50+40 deg)
19	Εύρος περιστροφής πλαίσιου συγκράτησης υαλοπινάκων, ως προς το βραχίονα ανύψωσης, κατά τον άξονα Z	180 deg (90+90 deg)
20	Μέγιστη ιπποδύναμη υδραυλικού κινητήρα	14.5 kW
21	Μέγιστη ροπή υδραυλικού κινητήρα	720 Nm
22	Μέγιστος ρυθμός περιστροφής	300 RPM
23	Σχέση μετάδοσης της διάταξης του οχήματος	1 προς 3
24	Μέγιστη θεωρητική ταχύτητα οχήματος	11.3 km/h
25	Βάρος οχήματος άνευ φορτίου, με αντιβάρο 101,5 kg	1.271,5 kg
26	Βάρος οχήματος πλήρες μέγιστο επιτρεπτού φορτίου (500 kg), με αντιβάρο 101,5 kg	1.771,5 kg
27	Βάρος οχήματος πλήρες μέγιστο επιτρεπτού φορτίου (500 kg), με αντιβάρο 101,5 kg και χειριστή 80 kg επί της κύριας πλατφόρμας	1.851,5 kg
28	Βάρος οχήματος πλήρες μέγιστο φορτίου δοκιμών (625 kg), με αντιβάρο 101,5 kg και χειριστή 80 kg επί της κύριας πλατφόρμας	1.976,5 kg
29	Ελάχιστη ανυψωτική ικανότητα από οποιαδήποτε θέση και έκταση του βραχίονα	500kg

FINISH: DIMENSIONS UNLESS SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		DEBURR AND EDGE SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE	
DRAWN			"Vacuum-Lift"	
CHK'D				
APP'VD				
MFG				
G.A.				
MATERIAL:			DWG NO.	A4
WEIGHT:			SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

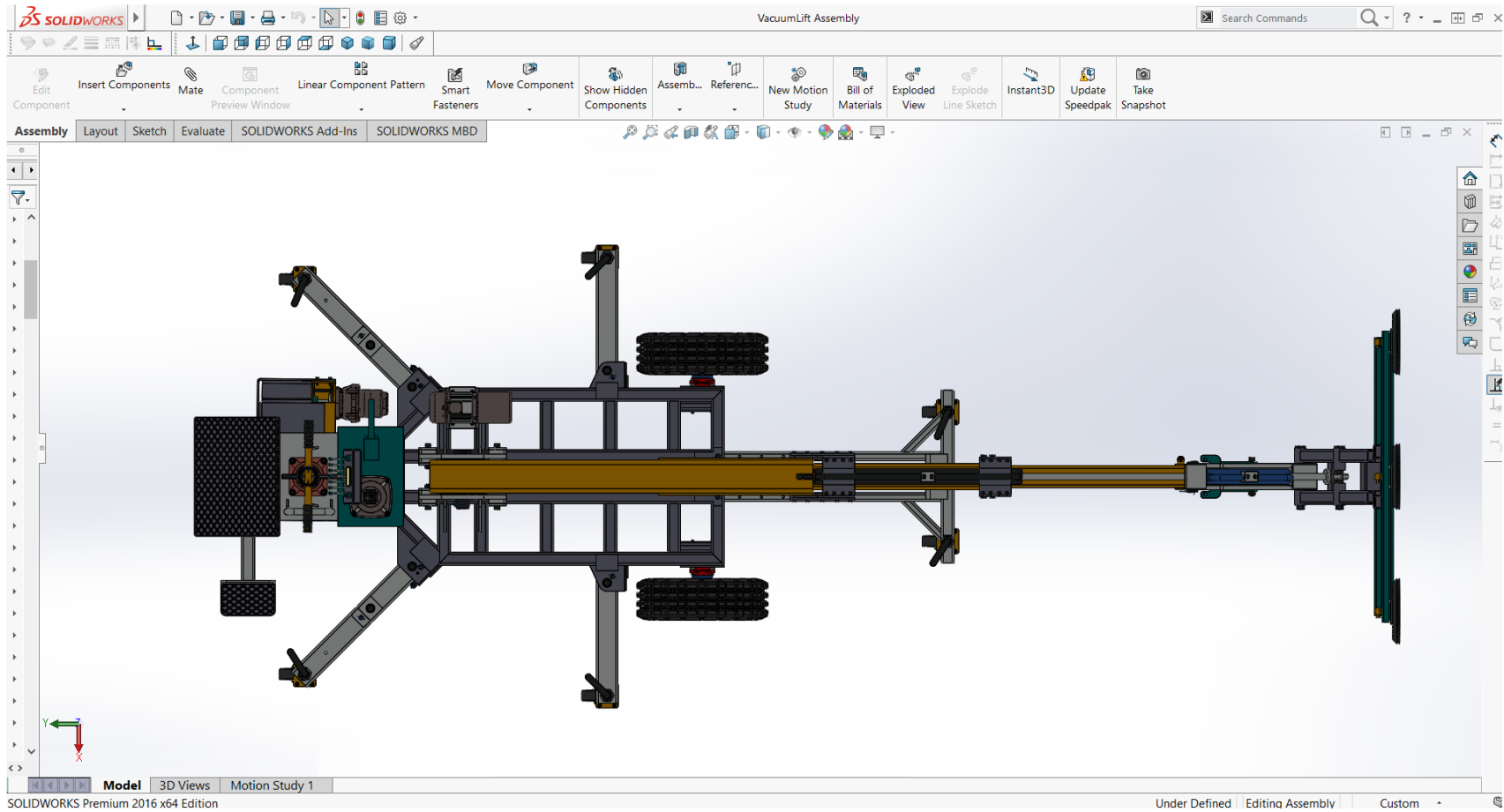


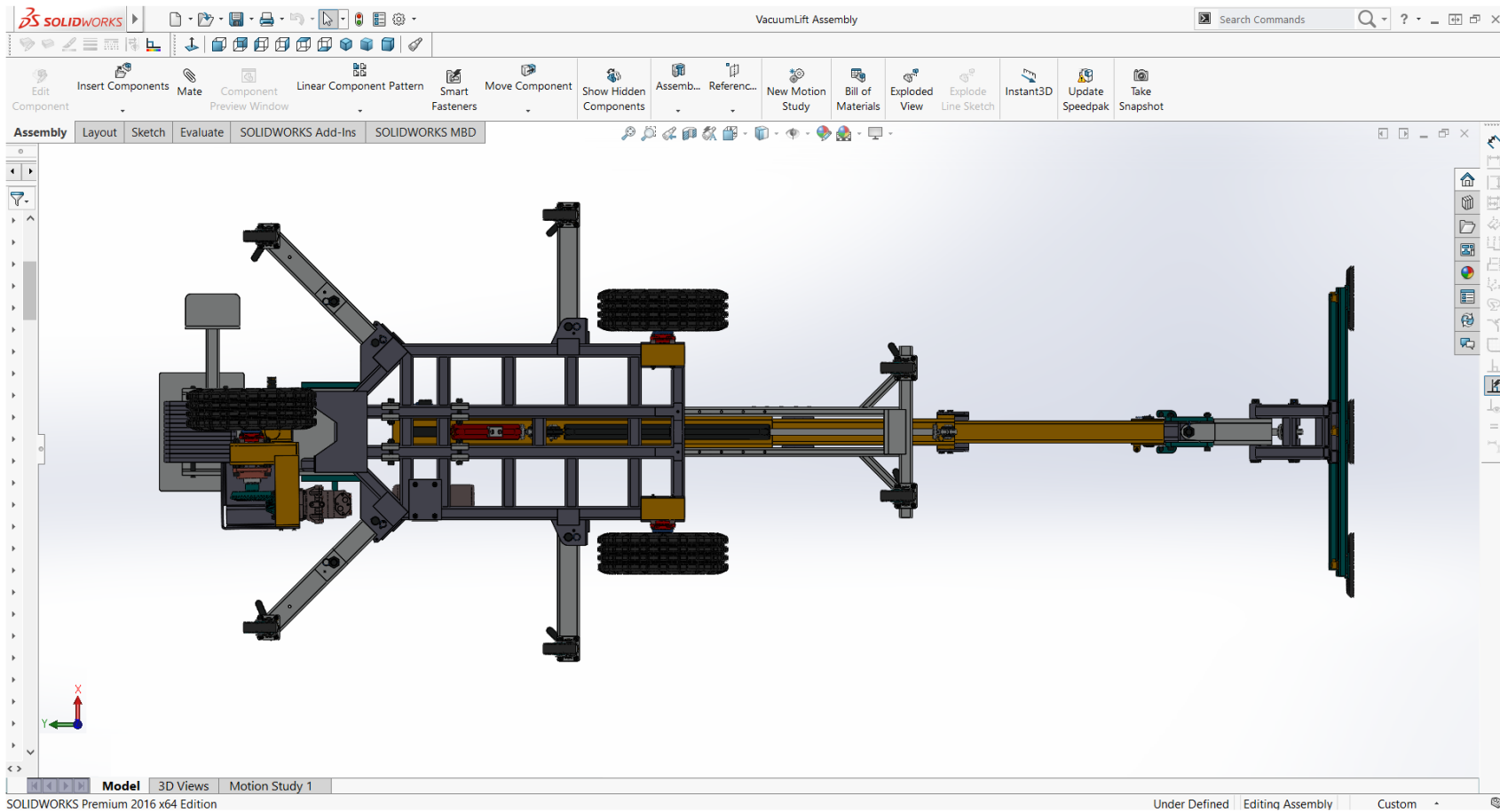


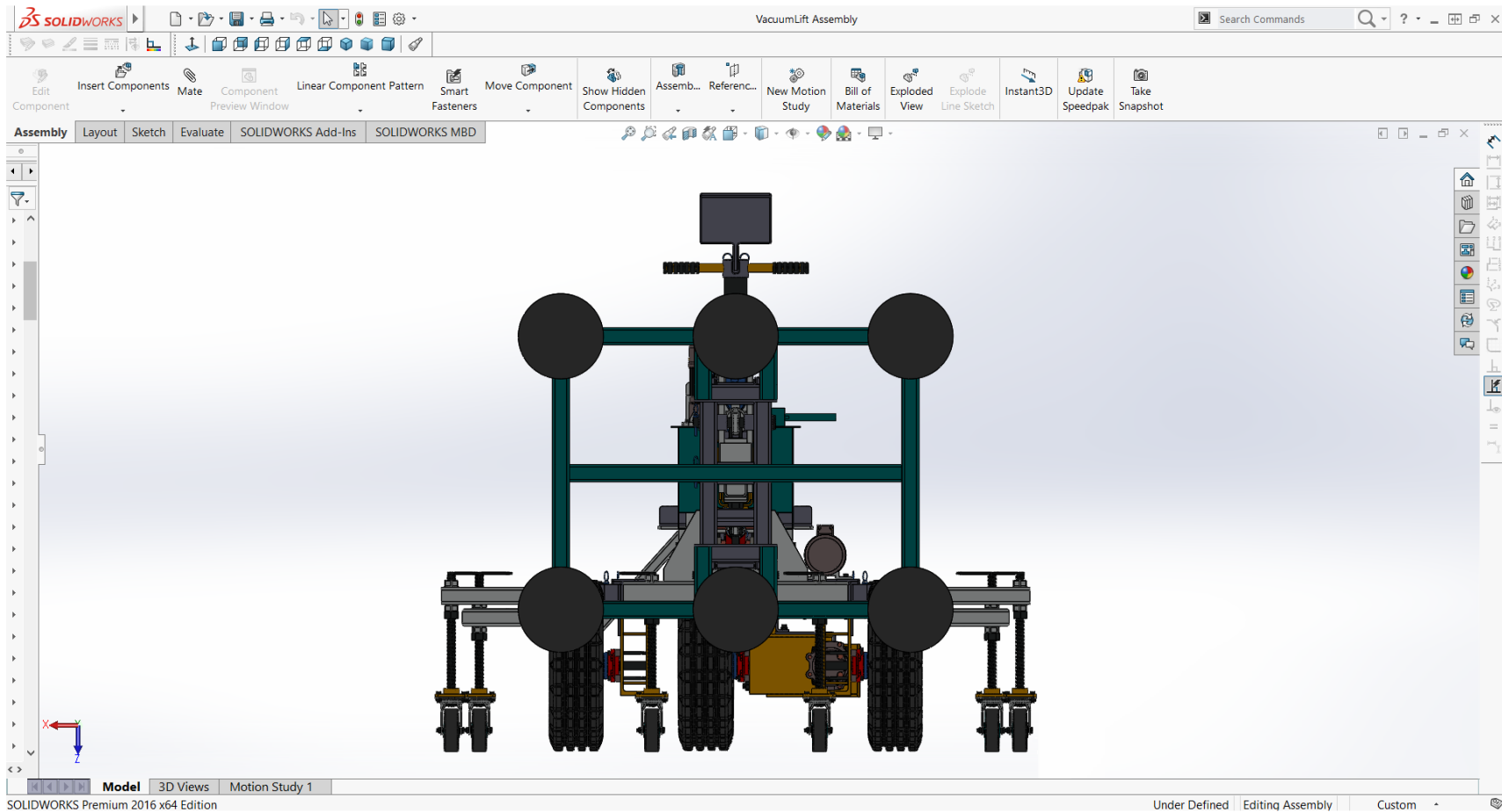
201

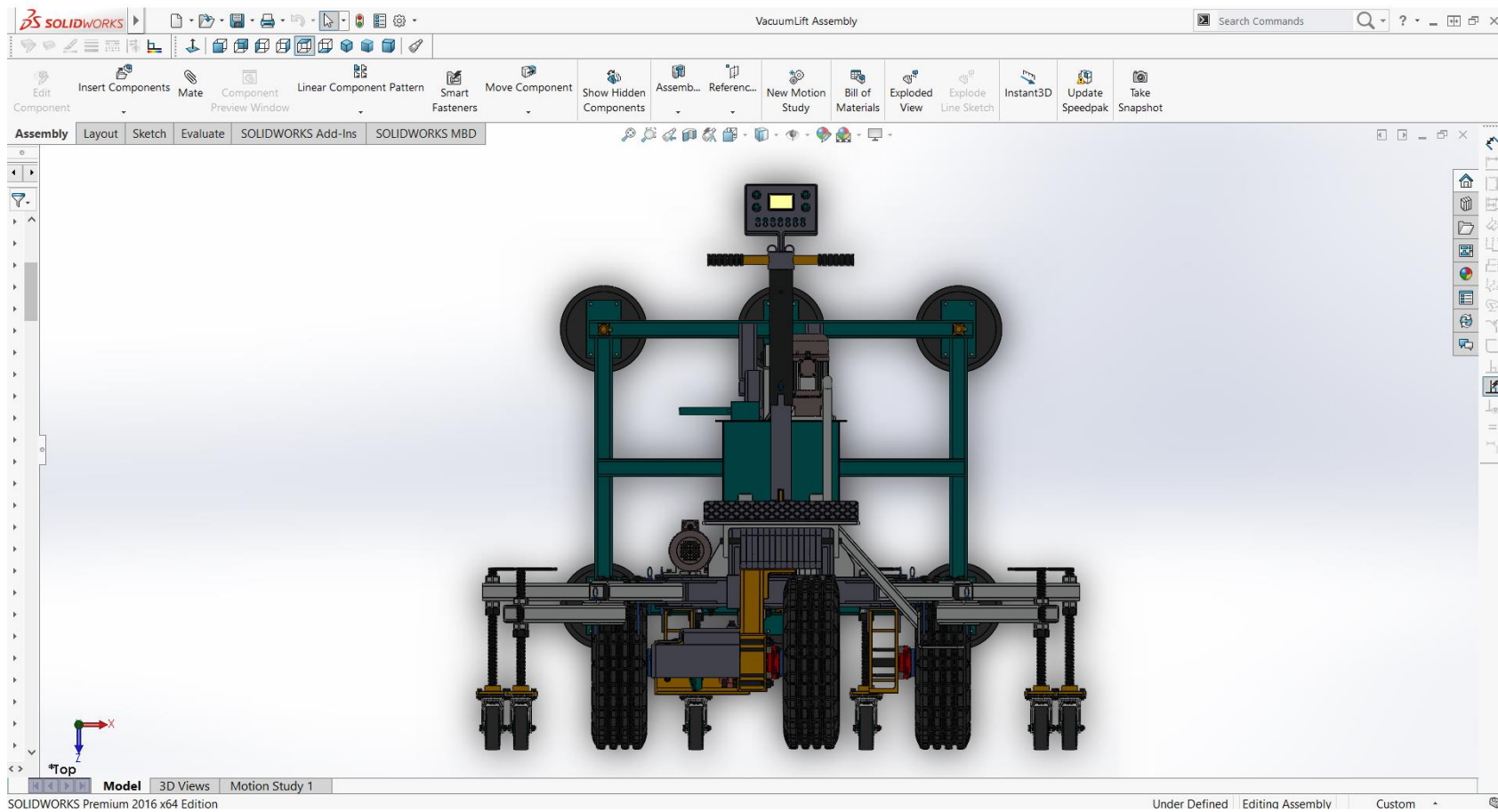
Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

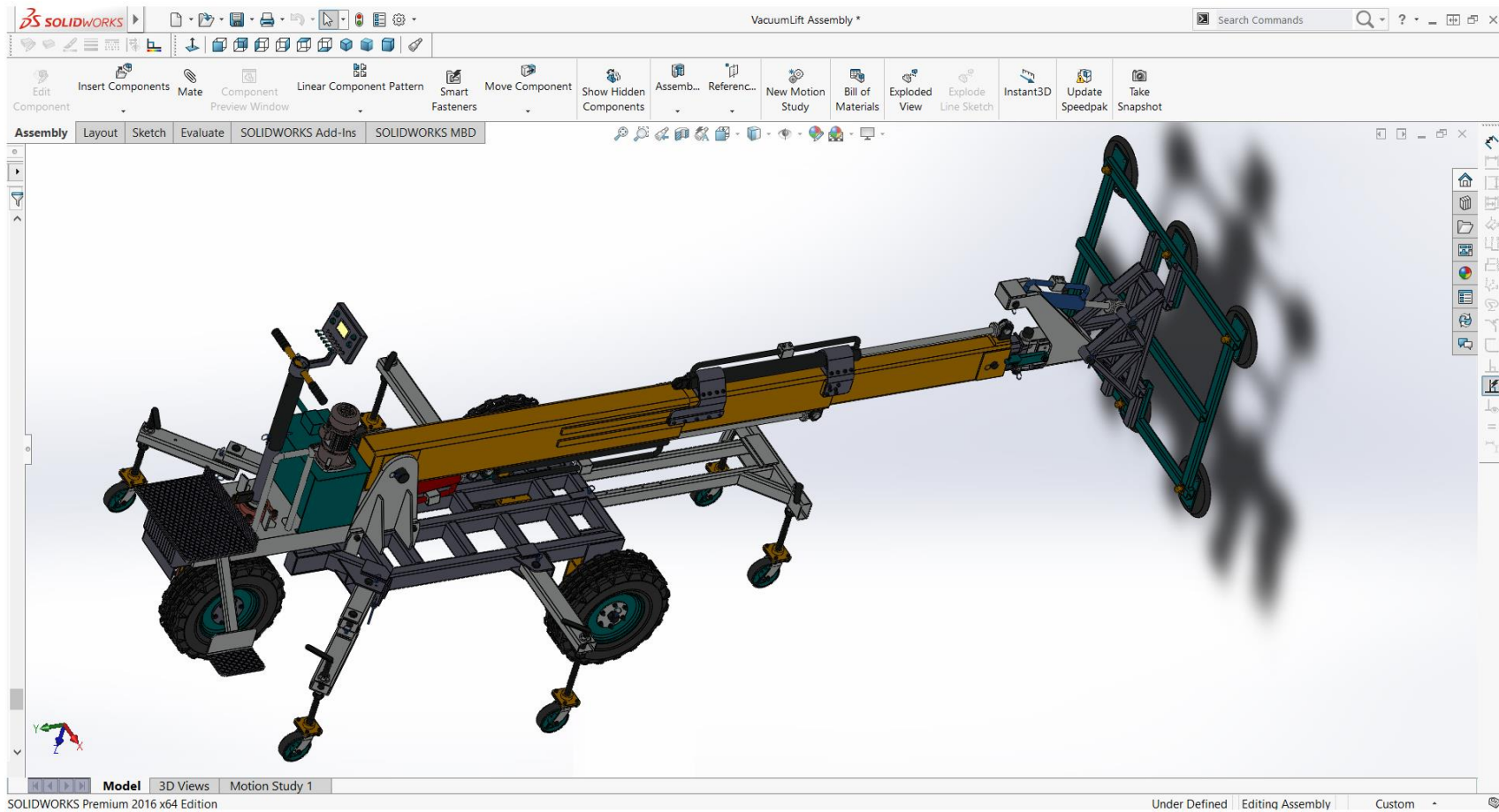


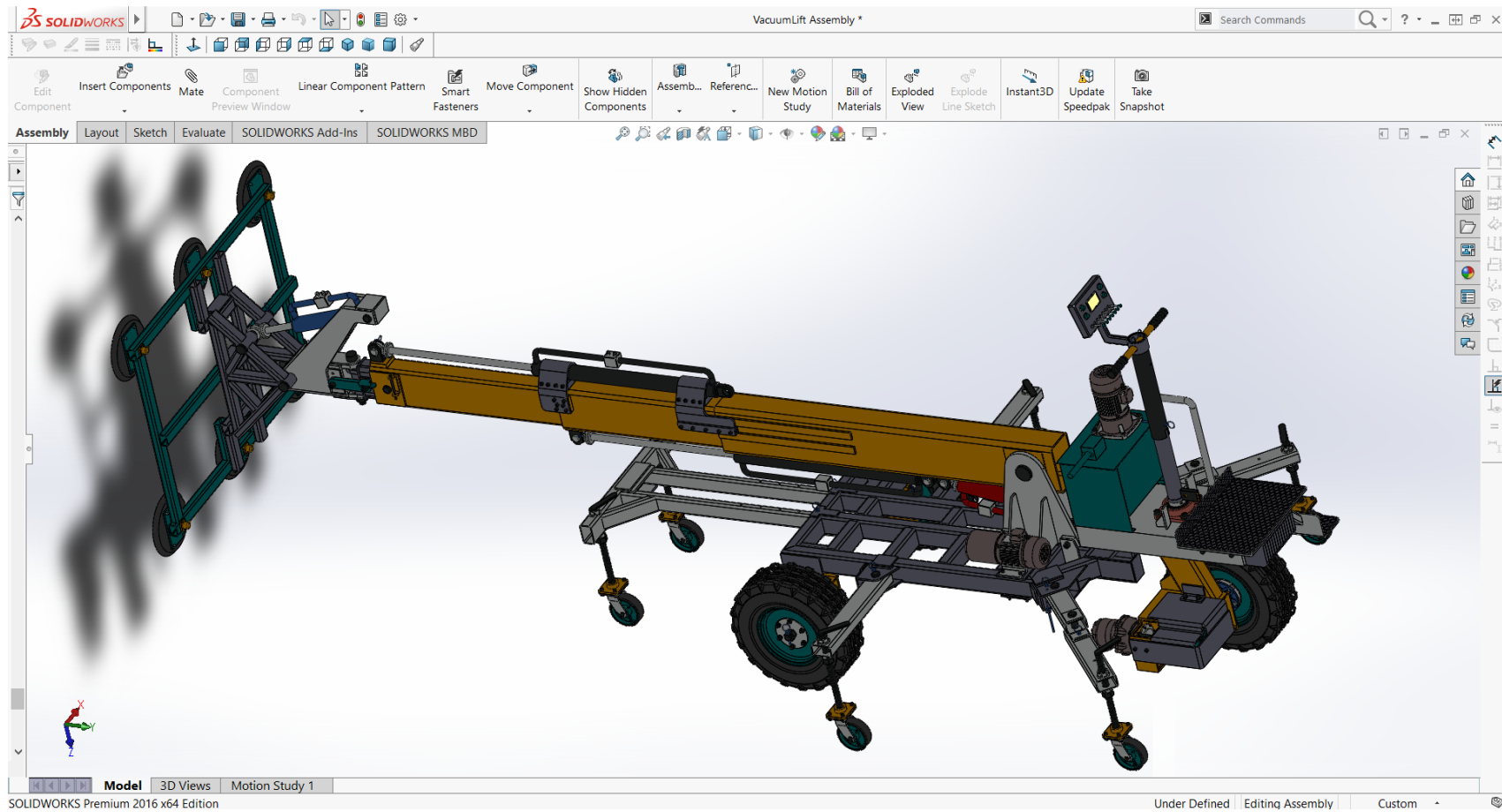


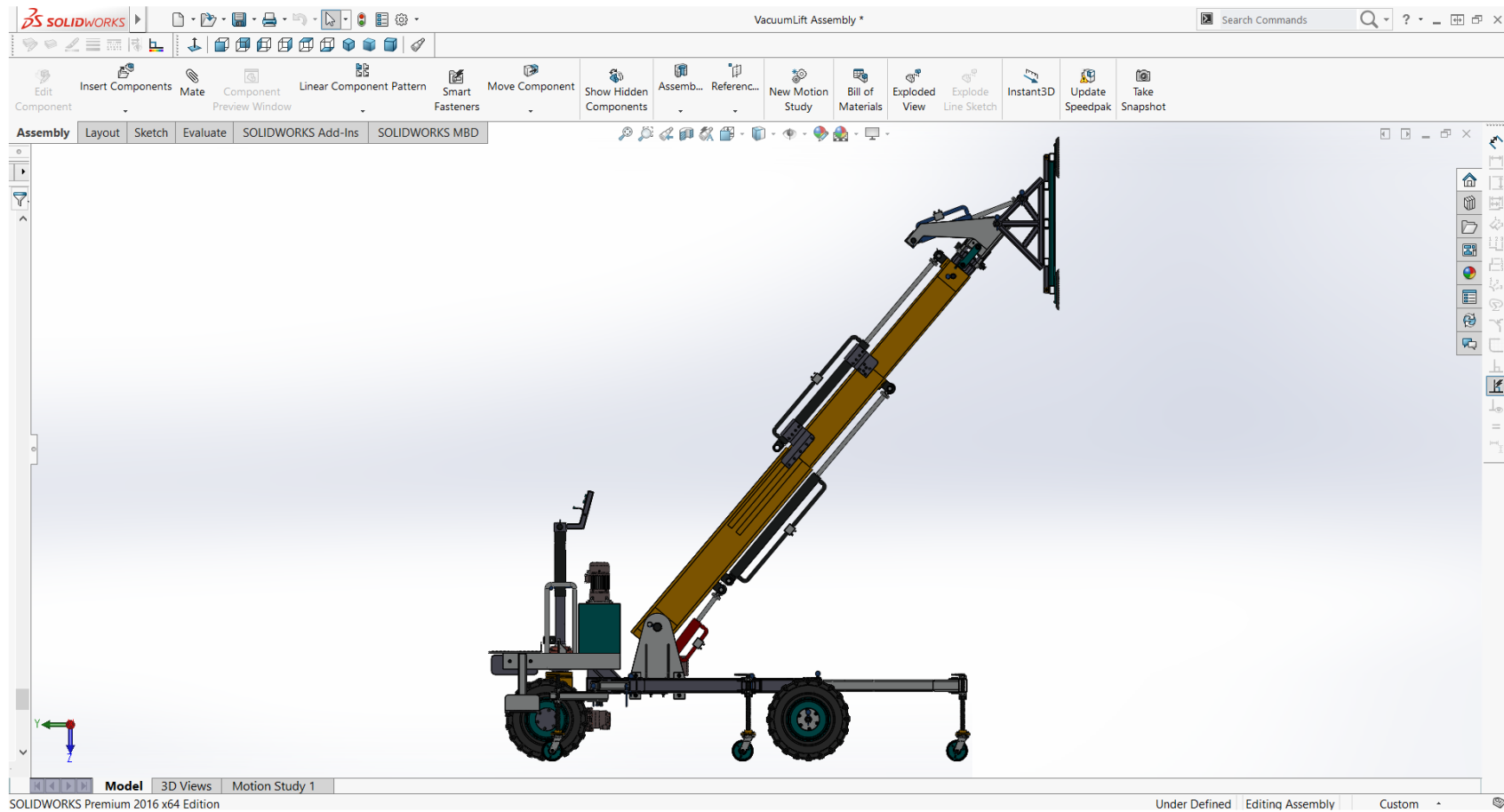


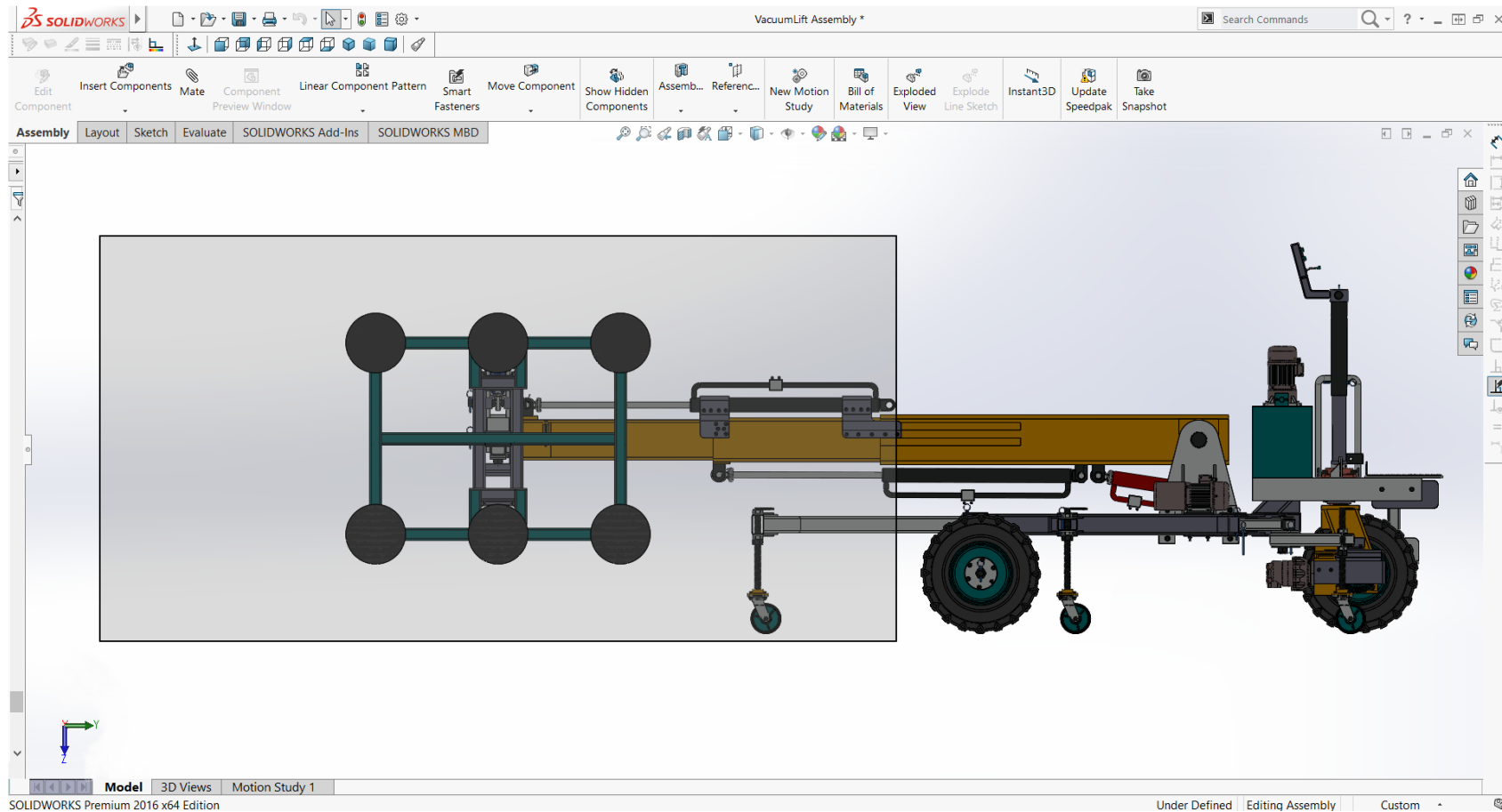


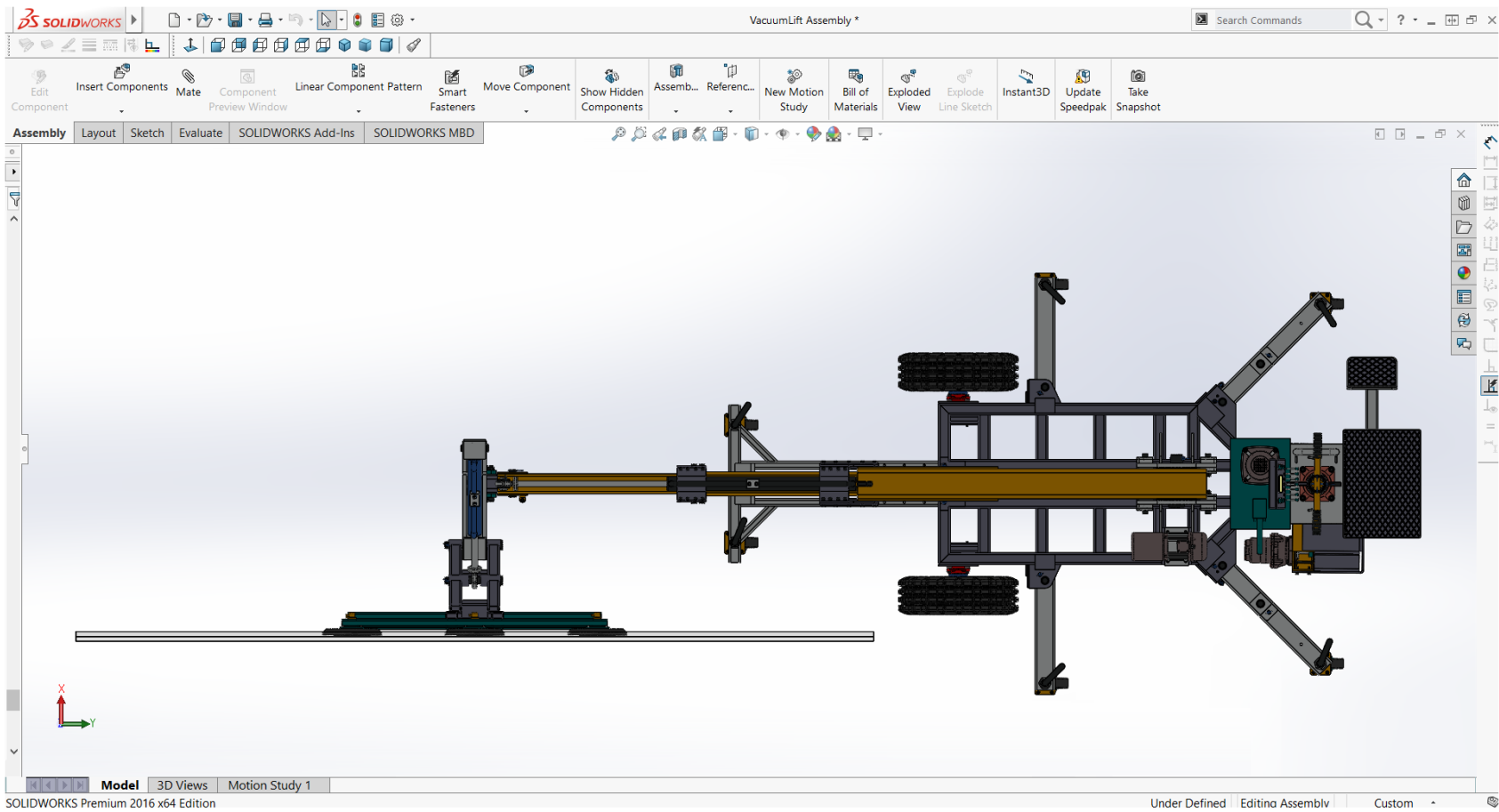


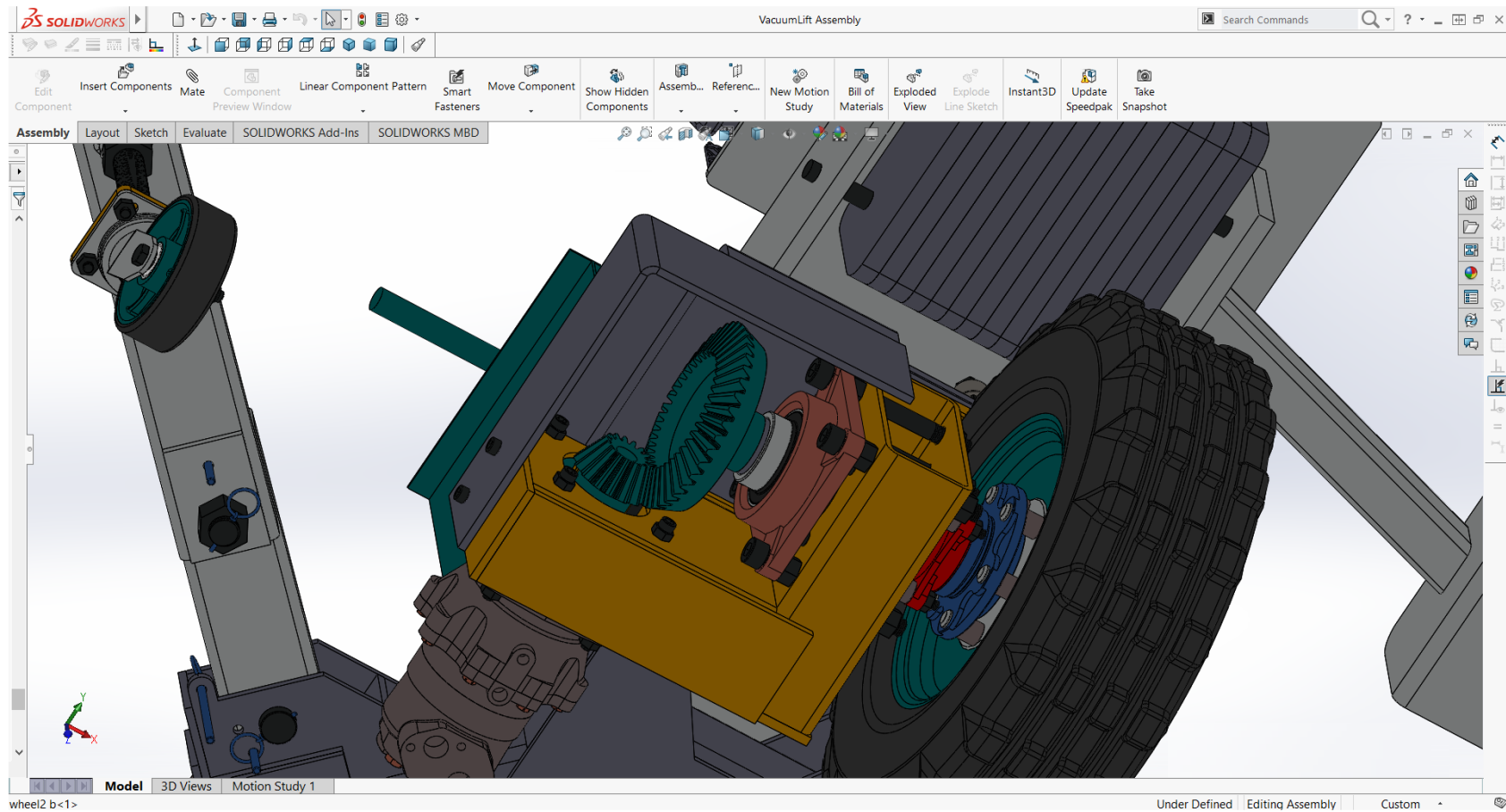


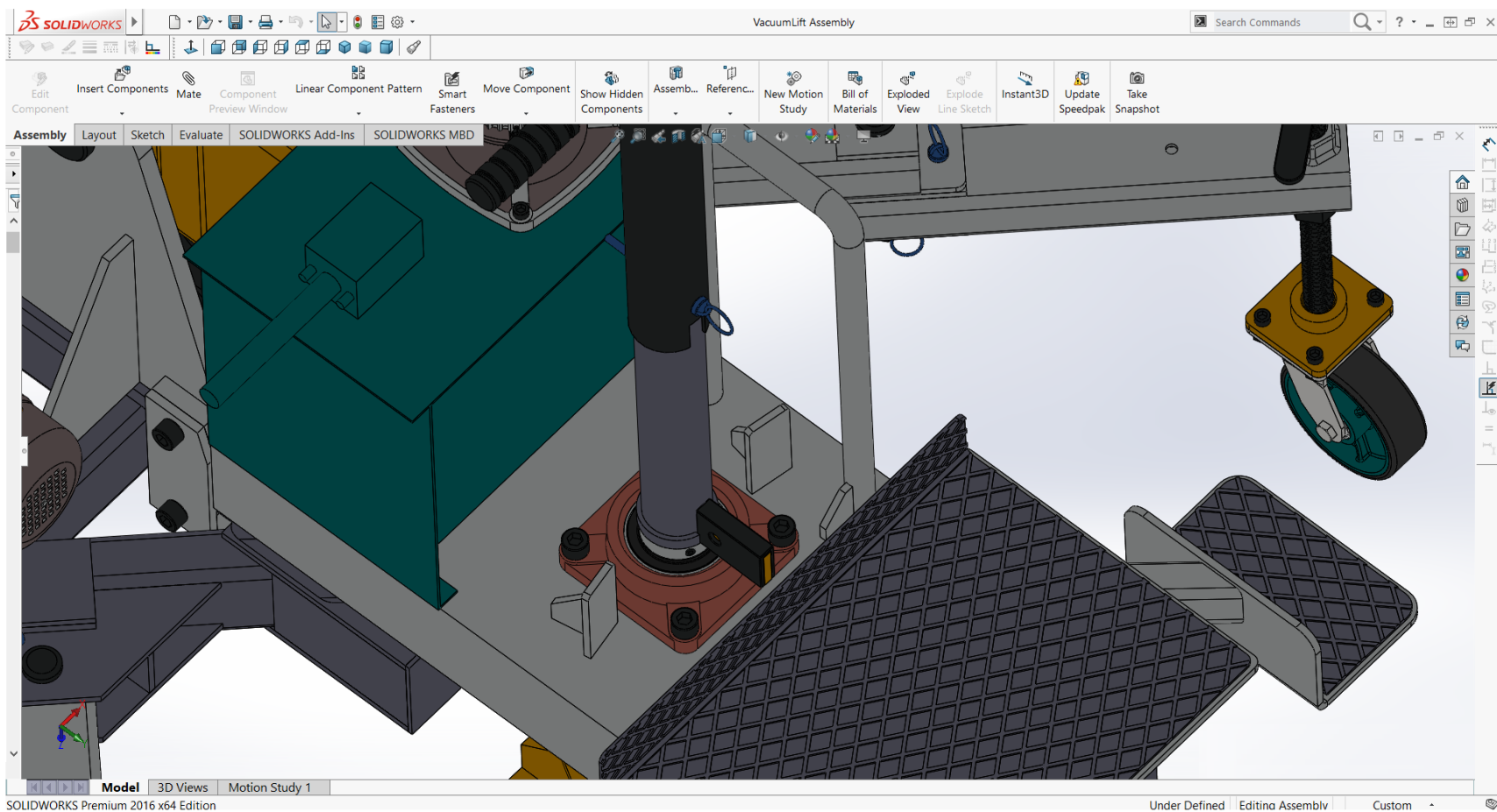


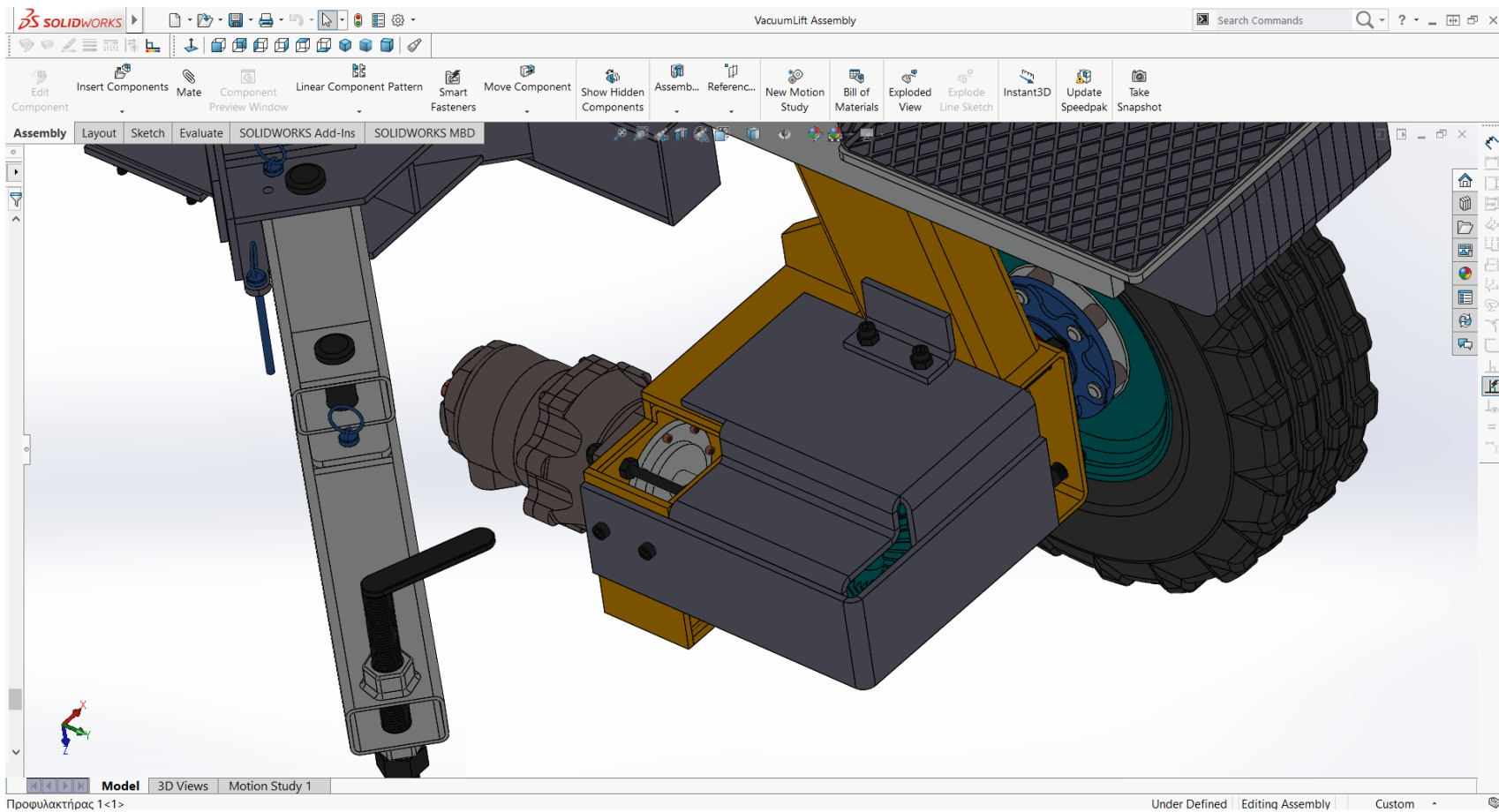


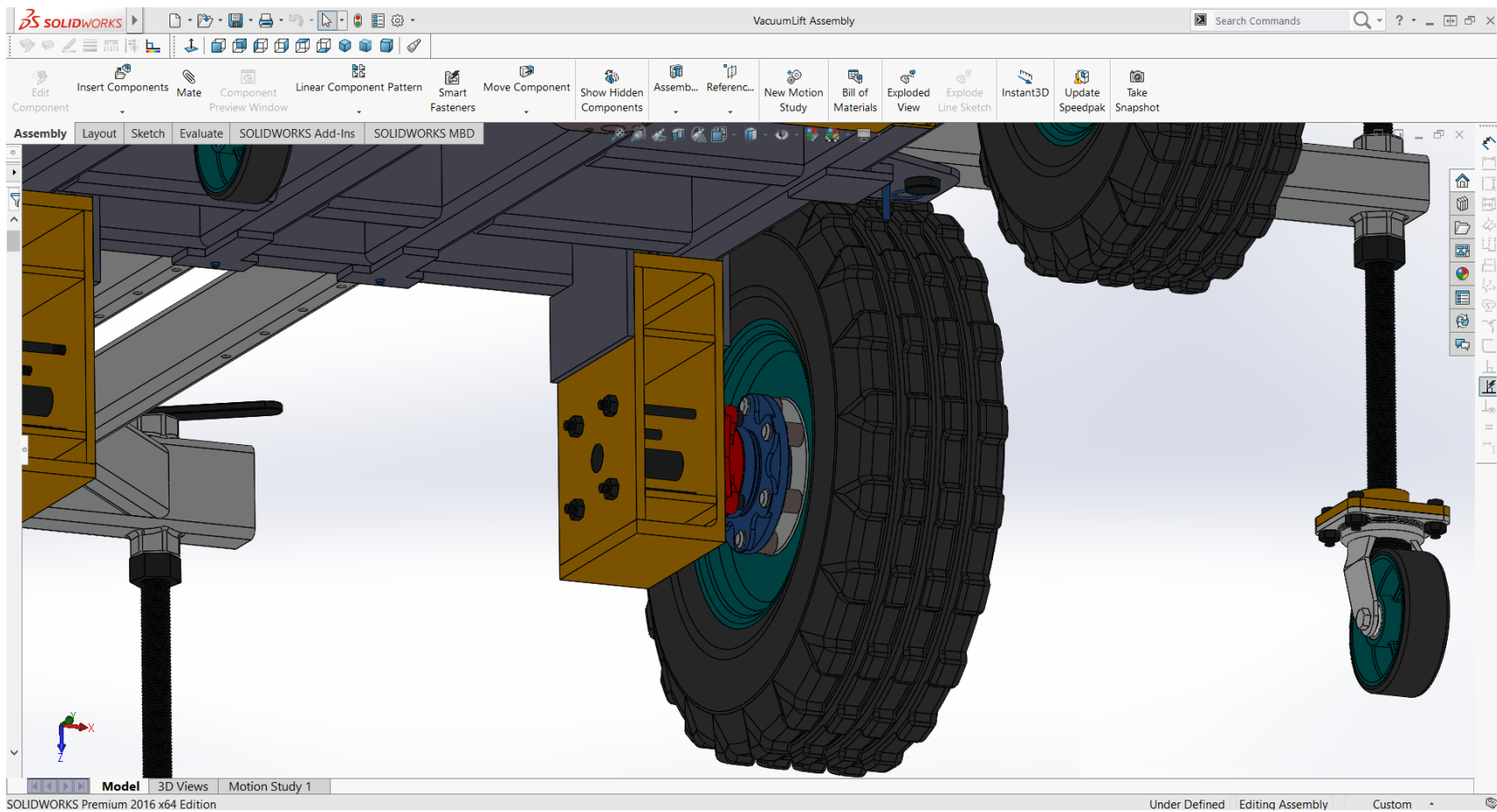


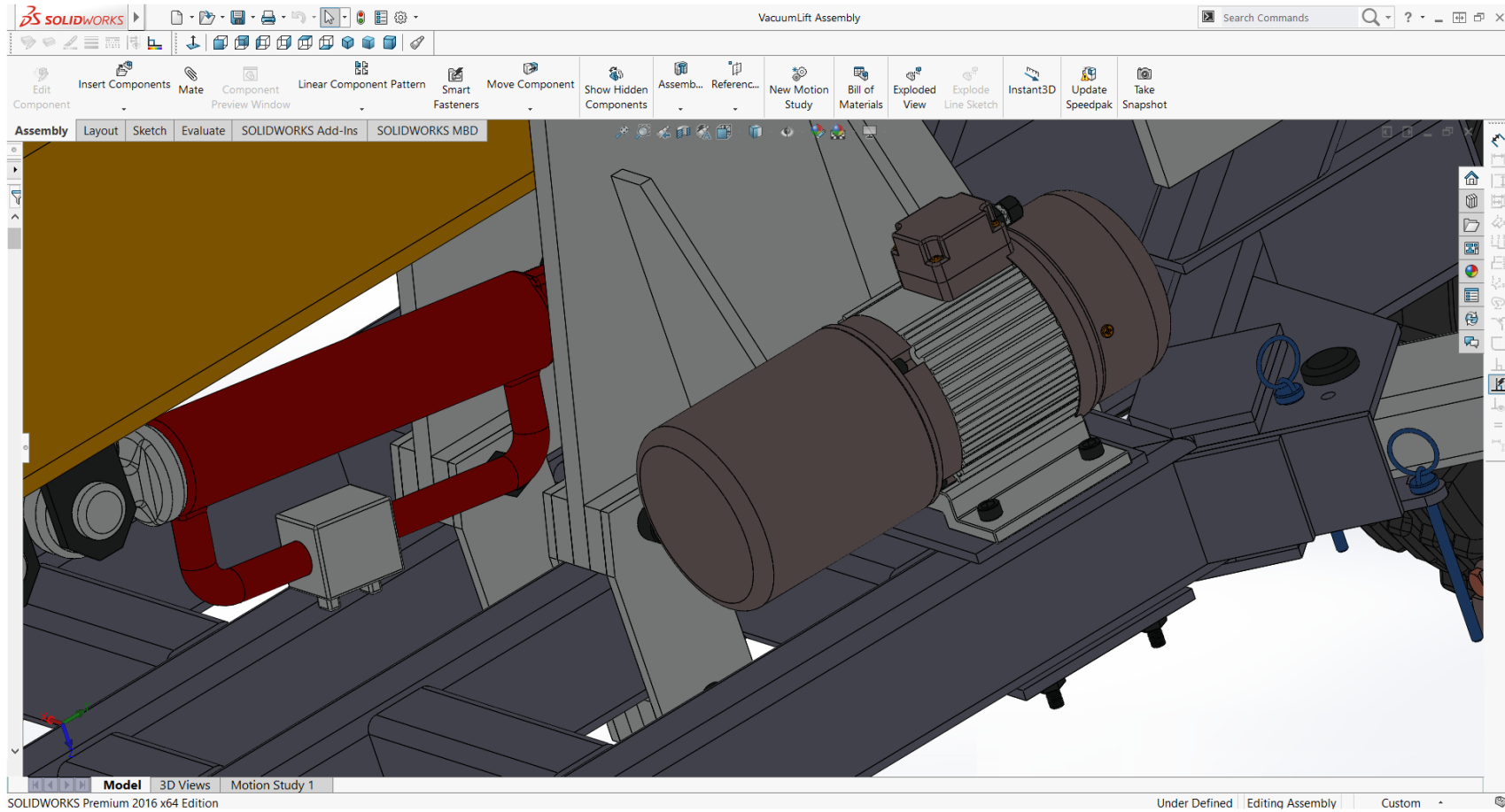


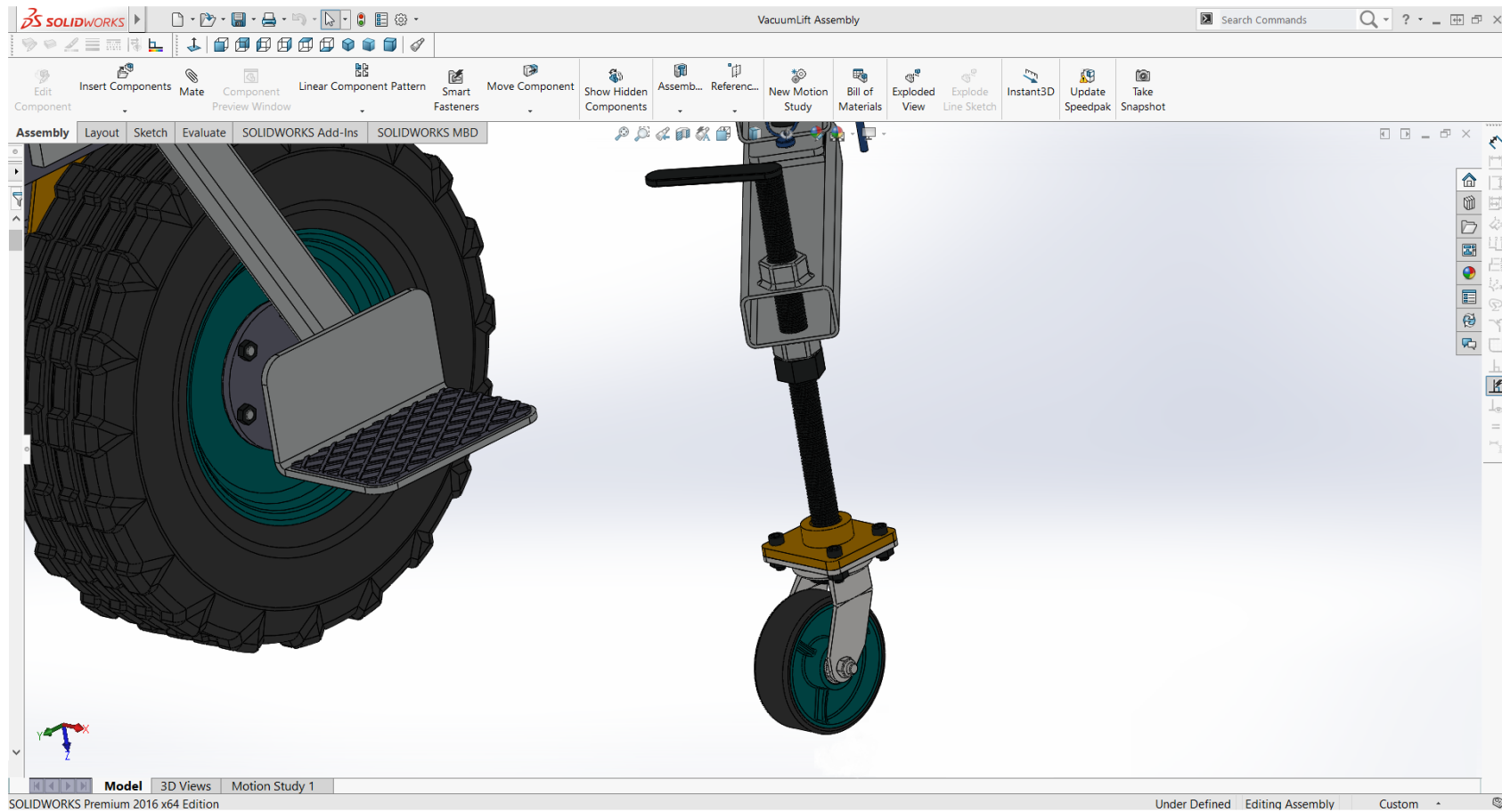


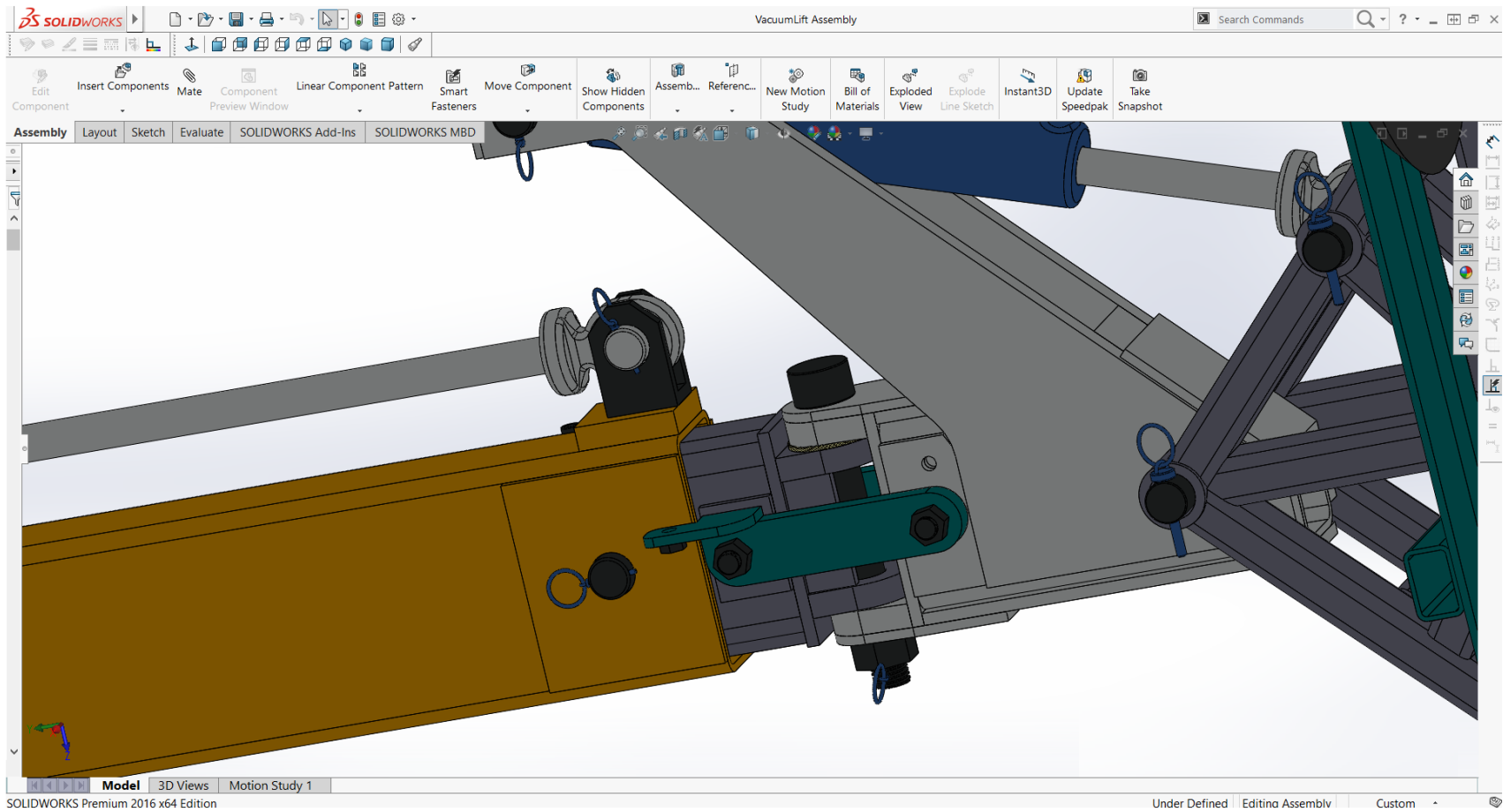


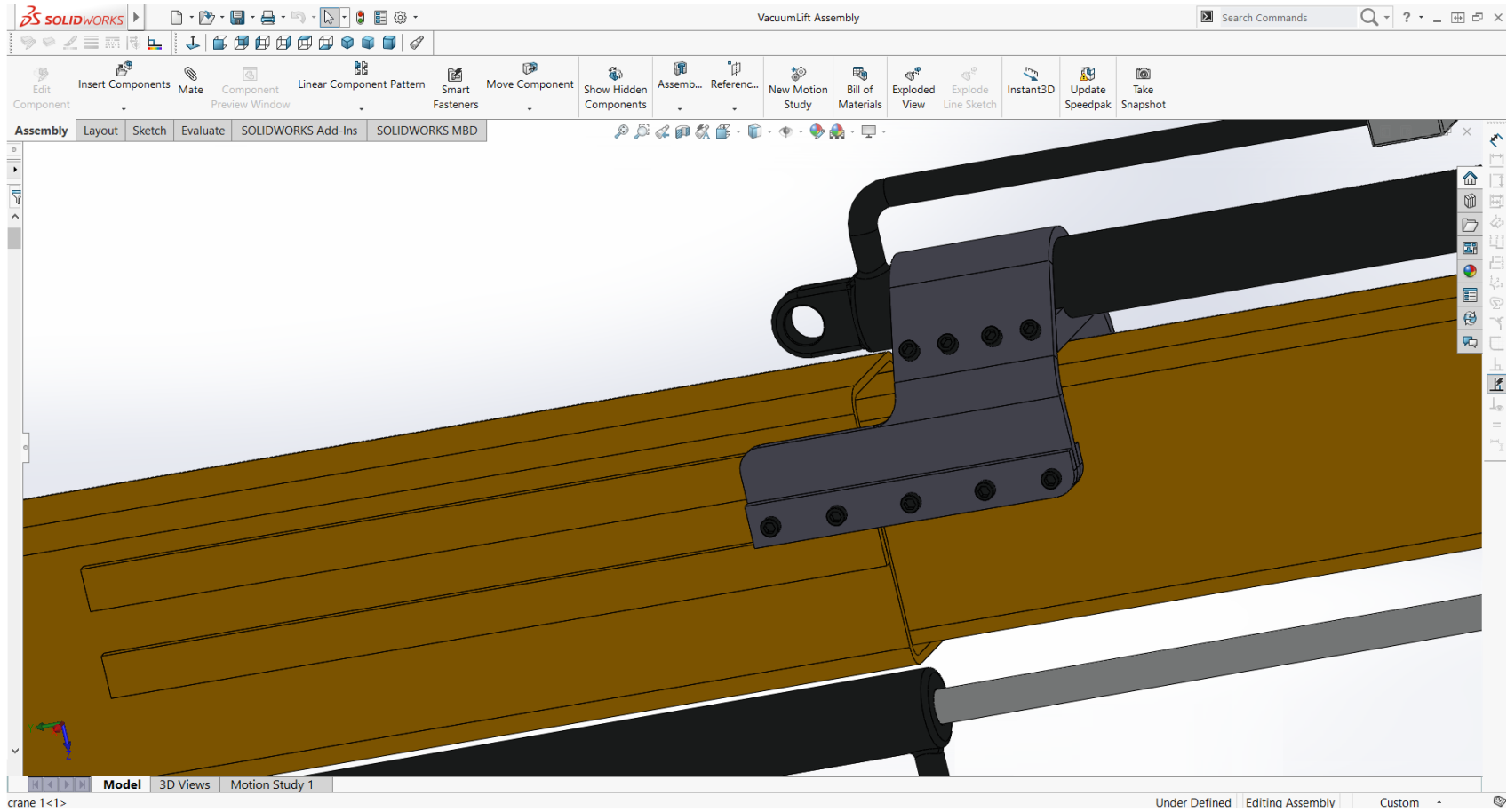


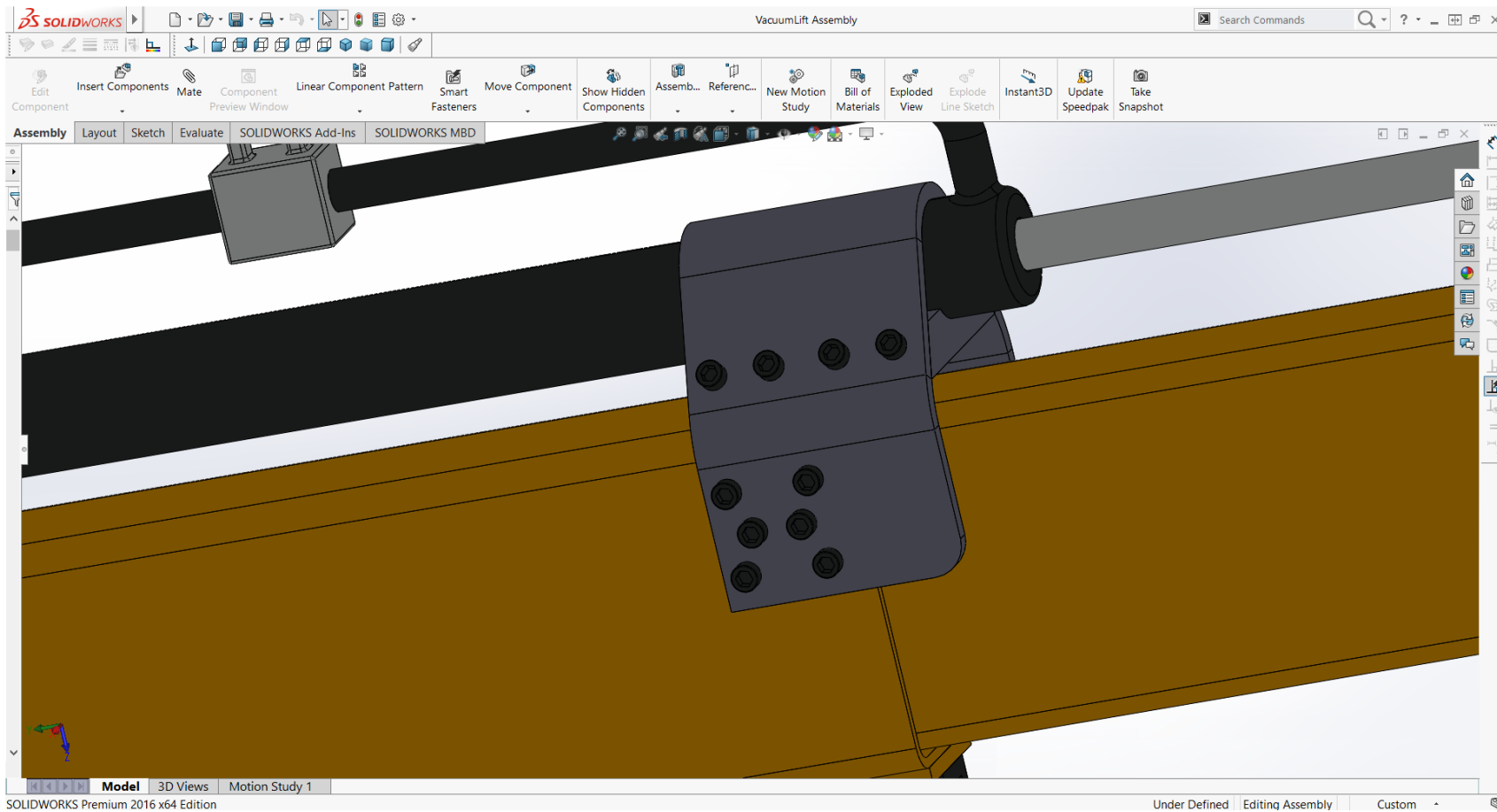


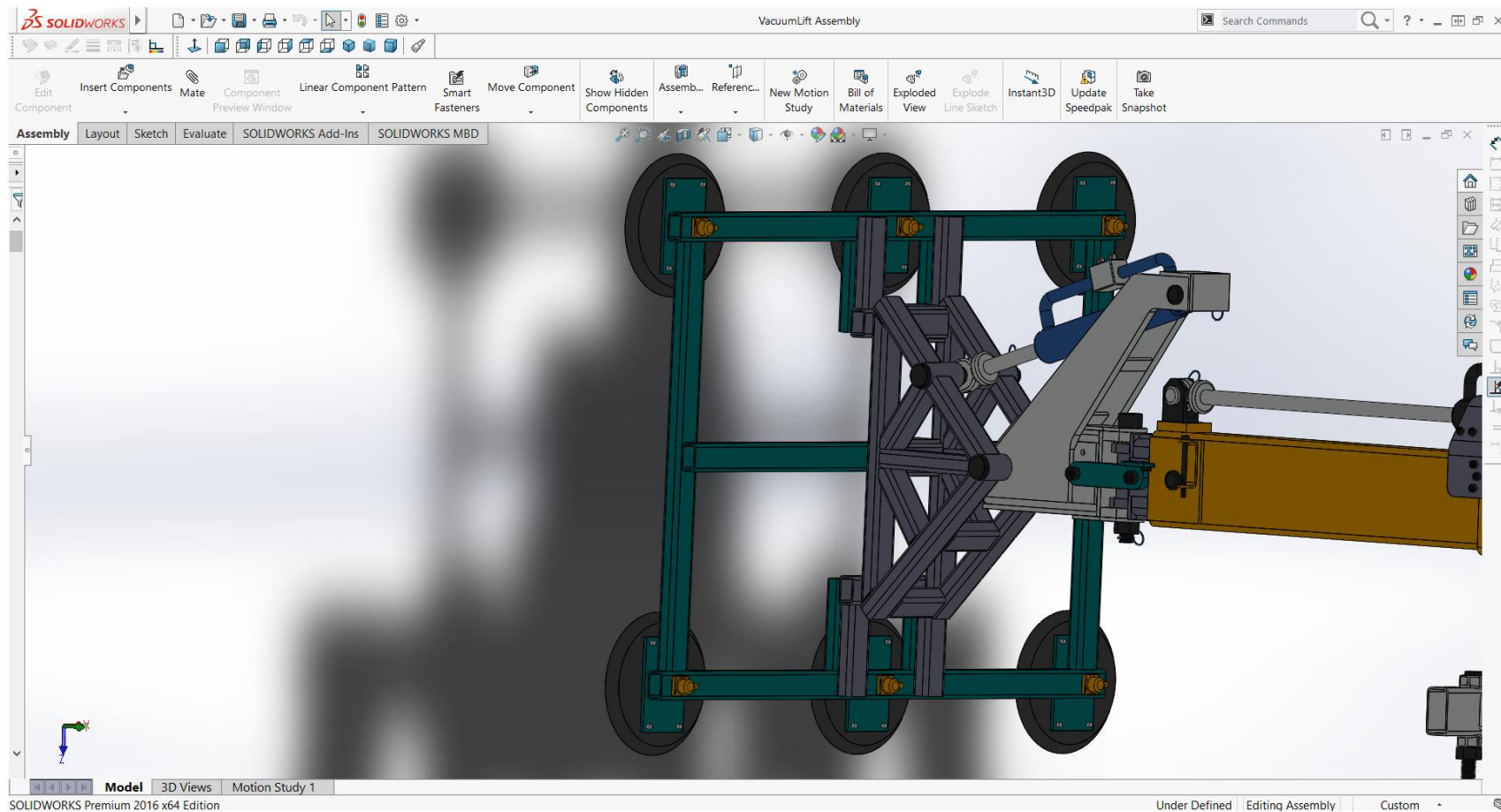








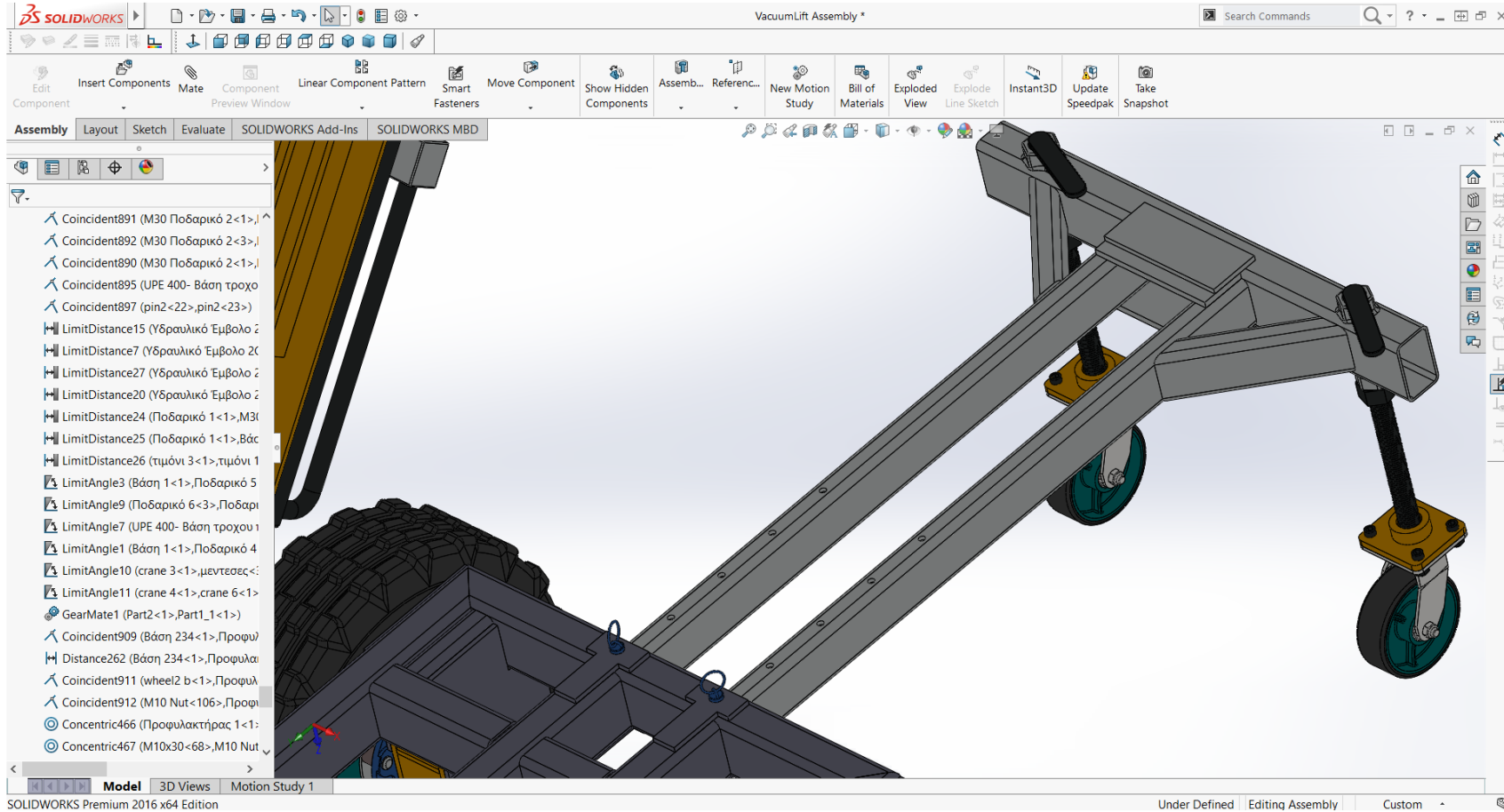




220

Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών





7.2. Ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία – Προσομοίωση

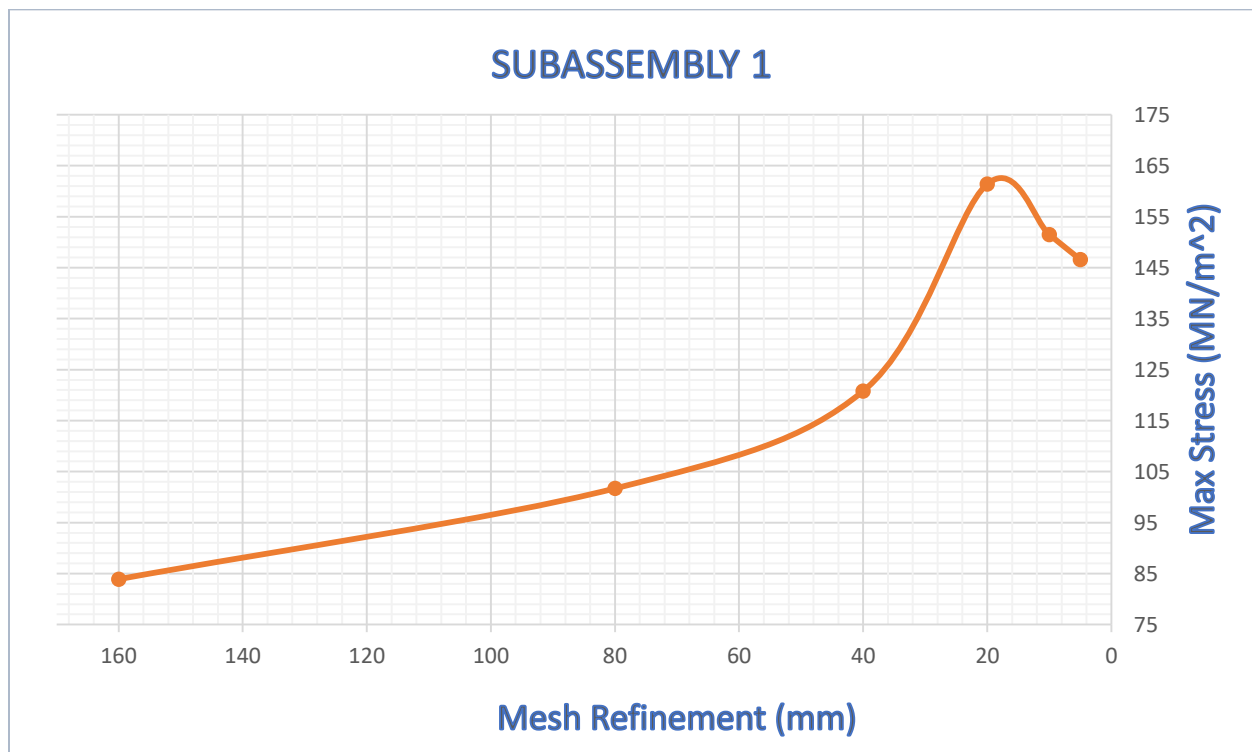
7.2.A. Στατική μελέτη με τον βραχίονα του γερανού οριζοντιωμένο και πλήρως ανοικτό - Φορτίο 625kg

Παρακάτω παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της μελέτης όπως αυτά προέκυψαν από την προσομοίωση (simulation) με την βοήθεια του προγράμματος Solidworks της εταιρίας Dassault Systemes. Η στατική μελέτη πραγματοποιήθηκε με φορτίο 625kg με βάση την οδηγία του πίνακα 3 της σελίδας 36. Το μέγιστο επιτρεπτό φορτίο κατά την εκτέλεση εργασιών, υπό οποιοσδήποτε συνθήκες, είναι τα 500kg. Επιλέχθηκε η τοποθέτηση του βραχίονα παράλληλα με το έδαφος και στην πλήρως ανοικτή θέση, γεγονός που δημιουργεί τις δυσμενέστερες δυνατές συνθήκες υπό τις οποίες ο γερανός θα κληθεί να λειτουργήσει. Σημειώνεται ότι στην ίδια θέση εμφανίζεται εντονότερα και ο κίνδυνος ανατροπής του μηχανήματος λόγω υπερφόρτωσης ή απότομων χειρισμών, για την εξάλειψη του οποίου δόθηκε ιδιαίτερη μέριμνα με την δημιουργία του εμπρός τηλεσκοπικού βραχίονα στήριξης και την χρήση αντιβάρων στο οπίσθιο τμήμα του γερανού. Ο πίνακας και τα διαγράμματα που ακολουθούν, δημιουργήθηκαν για την επαλήθευση της σύγκλισης των αποτελεσμάτων της μελέτης. Τα έξι σημεία σε κάθε ένα από τα τρία διαγράμματα αντιστοιχούν στα έξι διαδοχικά simulations που έγιναν στο κάθε subassembly (με διαφορετικό mesh σε κάθε simulation), όπου ελήφθη η μέγιστη εμφανιζόμενη τάση. Τα αναλυτικά αποτελέσματα των simulation, και τα πλήρη στοιχεία της μελέτης, είναι διαθέσιμα στο παράρτημα Β, με την μορφή report, όπως αυτά δημιουργήθηκαν με την βοήθεια του προγράμματος Solidworks 2016.

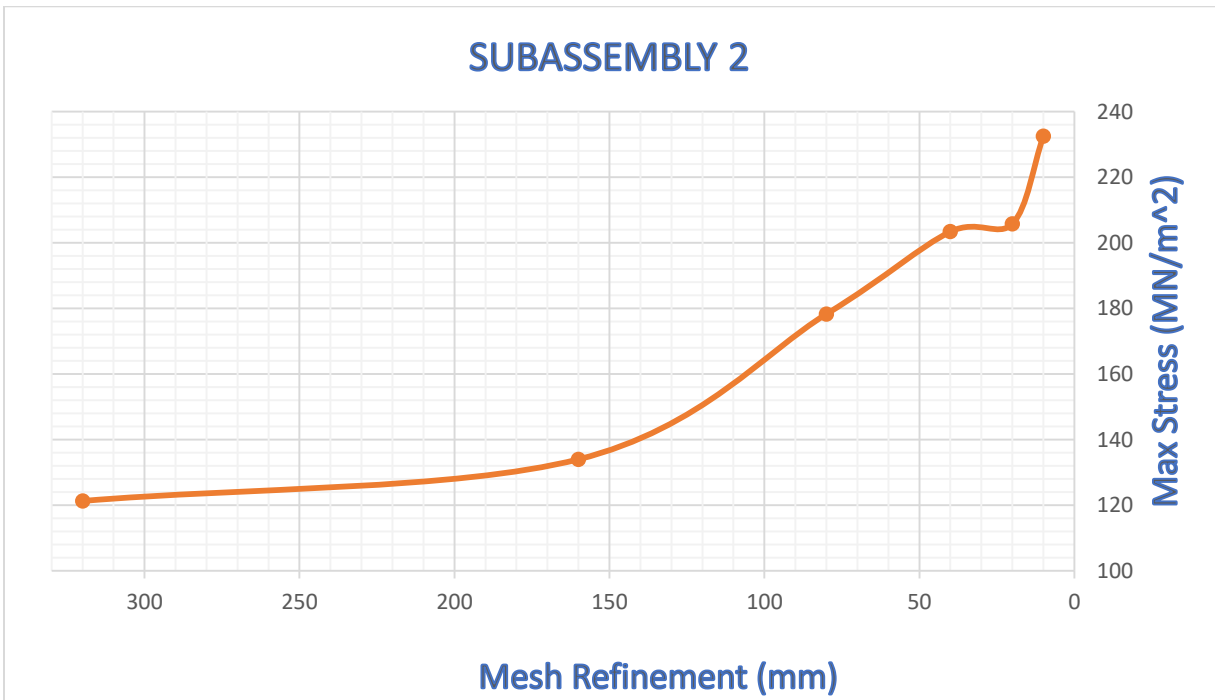
Πίνακας 5: Μέγιστες εμφανιζόμενες τάσεις ανά μέγεθος πλέγματος

ASSEMBLY 1	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	RUN 6
MESH (mm)	160	80	40	20	10	5
MAX STRESS	83.9	101.7	120.8	161.4	151.5	146.6
ASSEMBLY 2	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	RUN 6
MESH (mm)	320	160	80	40	20	10
MAX STRESS	121.3	134	178.3	203.4	205.8	232.5
ASSEMBLY 3	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5	RUN 6
MESH (mm)	320	160	80	40	20	10
MAX STRESS	92.1	125.7	132.7	180.7	183	183.1

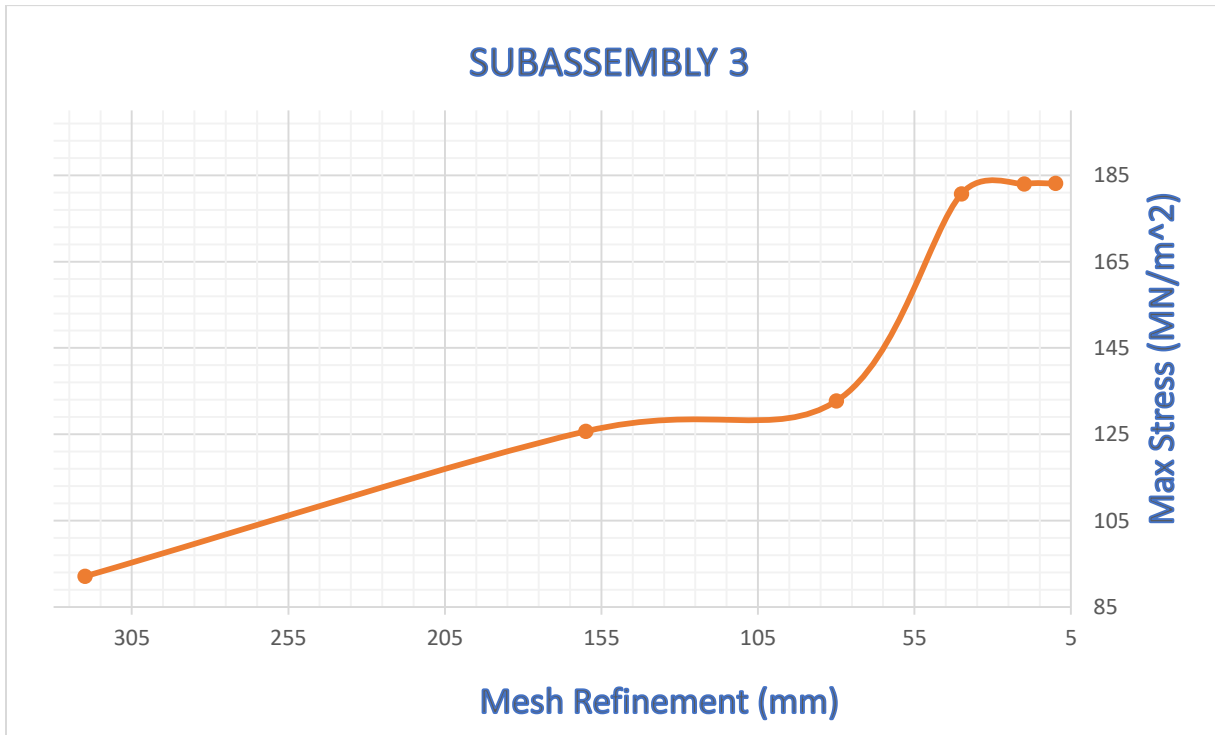
Διάγραμμα 1: Μέγιστη εμφανιζόμενη τάση – Μέγεθος πλέγματος (Subassembly No1)



Διάγραμμα 2: Μέγιστη εμφανιζόμενη τάση – Μέγεθος πλέγματος (Subassembly No2)



Διάγραμμα 3: Μέγιστη εμφανιζόμενη τάση – Μέγεθος πλέγματος (Subassembly No3)



7.2.B. Πορεία μελέτης - Αλλαγές επί του αρχικού σχεδίου

Κατά την διάρκεια της προσομοίωσης προέκυψαν ορισμένες τεχνικές δυσκολίες οι οποίες αφορούσαν την γεωμετρία και την πολυπλοκότητα του προς μελέτη συναρμολογήματος. Η πρώτη ενέργεια που έπρεπε να γίνει ήταν η απλοποίηση του, με την μέθοδο της αφαίρεσης των τεμαχίων εκείνων που δεν επηρέαζαν την ορθότητα και την ακρίβεια της μελέτης. Έγινε μια συνολική αξιολόγηση του κατασκευάσματος έτσι ώστε να δοθεί έμφαση στα τμήματα της κατασκευής που έπρεπε να εξεταστούν και κατά αυτόν τον τρόπο το συναρμολόγημα έγινε πιο εύκολα επεξεργάσιμο τόσο από τον σχεδιαστή όσο και από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή που κλήθηκε να κάνει την ανάλυση του. Για πρακτικούς λόγους αποφασίστηκε το συναρμολόγημα να διαιρεθεί σε τρία υποσυναρμολογήματα έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η αντιμετώπιση του και ο έλεγχος ορθότητας της μελέτης. Για την γεωμετρική απλοποίηση του κατασκευάσματος και την αφαίρεση περιττών τεμαχίων, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένα «εικονικά» τεμάχια τα οποία προσομοιώνουν την γεωμετρία των πραγματικά χρησιμοποιούμενων τεμαχίων, αλλά με μορφή πιο εύκολα επεξεργάσιμη από το πρόγραμμα. Κατά την λήψη των πρώτων αποτελεσμάτων έγινε εμφανές το γεγονός ότι ορισμένα τεμάχια έπρεπε να υποστούν τροποποιήσεις έτσι ώστε να αυξηθεί τοπικά η στιβαρότητα της κατασκευής. Οι βάσεις των εμβόλων ενισχύθηκαν, με την χρήση χαλύβδινων ελασμάτων 20mm, έναντι 10mm όπως είχε οριστεί εξ' αρχής. Επιπλέον σε ορισμένα σημεία επί των κοιλοδοκών του βραχίονα ανύψωσης του γερανού, προστέθηκαν ενισχυτικά ελάσματα από χάλυβα, κυρίως σε σημεία όπου συγκεντρώνονταν μεγάλες τάσεις. Στην έδραση του βραχίονα ανύψωσης με την βάση που τον συνδέει με το κυρίως πλαίσιο, αλλά και στην άρθρωση μεταξύ του τριγωνικού πλαισίου που καταλήγει στην διάταξη που συγκρατεί τον υαλοπίνακα και του βραχίονα ανύψωσης, έγινε χρήση κοίλων σωλήνων οι οποίοι συγκολλούμενοι στα τεμάχια αυτά προσδίδουν επιπλέον αντοχή στην κατασκευή. Τέλος αποφασίστηκε η συγκόλληση ελασμάτων στα πλάγια ορισμένων κοιλοδοκών του βραχίονα για την αποφυγή εγκάρσιας μετατόπισης των κοιλοδοκών κατά την ανύψωση του φορτίου, η οποία θα μπορούσε να

προκαλέσει φθορές αλλά και πιθανή καταστροφική αστοχία στα υδραυλικά έμβολα που ευθύνονται για την προέκταση του.

7.2.Γ. Συμπεράσματα

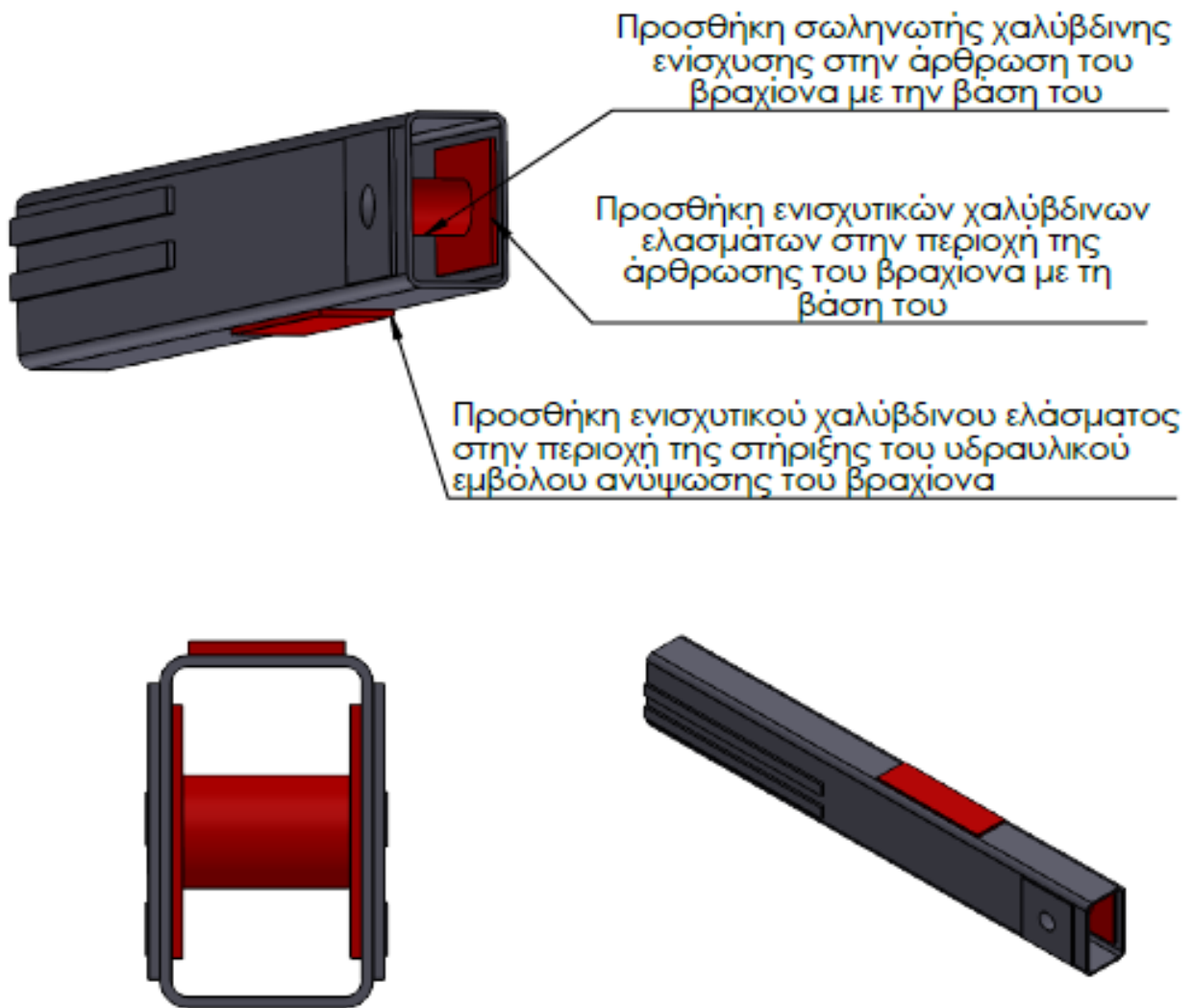
Τα αποτελέσματα της μελέτης (μετά και τις τροποποιήσεις που πραγματοποιήθηκαν και τις τελικές προσομοιώσεις) έδειξαν ότι το σύνολο της κατασκευής μπορεί να ανταπεξέλθει στα φορτία τα οποία αναμένεται να δεχθεί κατά την διάρκεια εκτέλεσης των προβλεπόμενων εργασιών με την προϋπόθεση της ορθής χρήσης από πλευράς του χειριστή. Στα διαγράμματα σύγκλισης των τριών subassemblies, οι καμπύλες είχαν την επιθυμητή μορφή σε δύο από τις τρεις περιπτώσεις, με το διάγραμμα σύγκλισης του Subassembly 2 να μην παρουσιάζει ξεκάθαρη σύγκλιση των αποτελεσμάτων των έξι simulation. Η απόκλιση αυτή μπορεί να οφείλεται σε διάφορες παραμέτρους της μελέτης όπως την γεωμετρία του προς μελέτη αντικειμένου (ύπαρξη ακμών, ύπαρξη περίπλοκων γεωμετριών, συνδυασμός γεωμετρικών στοιχείων με, μεταξύ τους, πολύ μεγάλη διαφορά διαστάσεων), τις παραμέτρους των συνδέσεων και των επαφών των τεμαχίων στο περιβάλλον του simulation (connections, contacts), τις επιλογές δημιουργίας του mesh, την επιλογή του solver μέσω του οποίου ελήφθησαν τα αποτελέσματα κ.α. Παρόλα αυτά, με βάση την μορφή των άλλων δύο διαγραμμάτων και το γεγονός ότι οι παρατηρούμενες αποκλίσεις δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, το τελικό συμπέρασμα είναι ότι υπάρχει σύγκλιση αποτελεσμάτων και, επομένως, επαρκής αξιοπιστία αποτελεσμάτων της μελέτης, για τους σκοπούς αυτής της εργασίας. Εξαρχής, είχε γίνει σαφές πως το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 500kg, κάτω από οποιαδήποτε συνθήκη, ενώ η προέκταση και σταθεροποίηση των επεκτεινόμενων βραχιόνων στήριξης κυρίως στο εμπρός τμήμα του γερανού είναι απαραίτητη, ειδικά αν το φορτίο πλησιάζει το άνω επιτρεπόμενο όριο και/ή παραλαμβάνεται από δυσχερή θέση. Αν συνοπλογιστεί και το γεγονός ότι οι δοκιμή διεξήχθη με το μέγιστο επιτρεπτό βάρος προσαυξημένο κατά 25% (ακολουθώντας την οδηγία του πίνακα 3 στη σελίδα 36) τότε η κατασκευή

μπορεί να θεωρηθεί επαρκώς στιβαρή και ασφαλής. Οι τροποποιήσεις στο αρχικό σχέδιο ήταν μικρής έκτασης, εξαιτίας του προσεκτικού σχεδιασμού, και της εξαρχής δημιουργίας ελαφρώς υπερ-κατασκευασμένων τεμαχίων. Οι ενισχύσεις που προστέθηκαν οδήγησαν σε μια ελαφριά αύξηση του συνολικού βάρους, χωρίς αυτό να μειώνει την ευελιξία και την χρηστικότητα του μηχανήματος. Επιπλέον, τα κόστη των επιπλέον τεμαχίων και εργασιών είναι μικρά και καλύπτονται από την πρόβλεψη που έχει γίνει κατά την αρχική κοστολόγηση της κατασκευής.

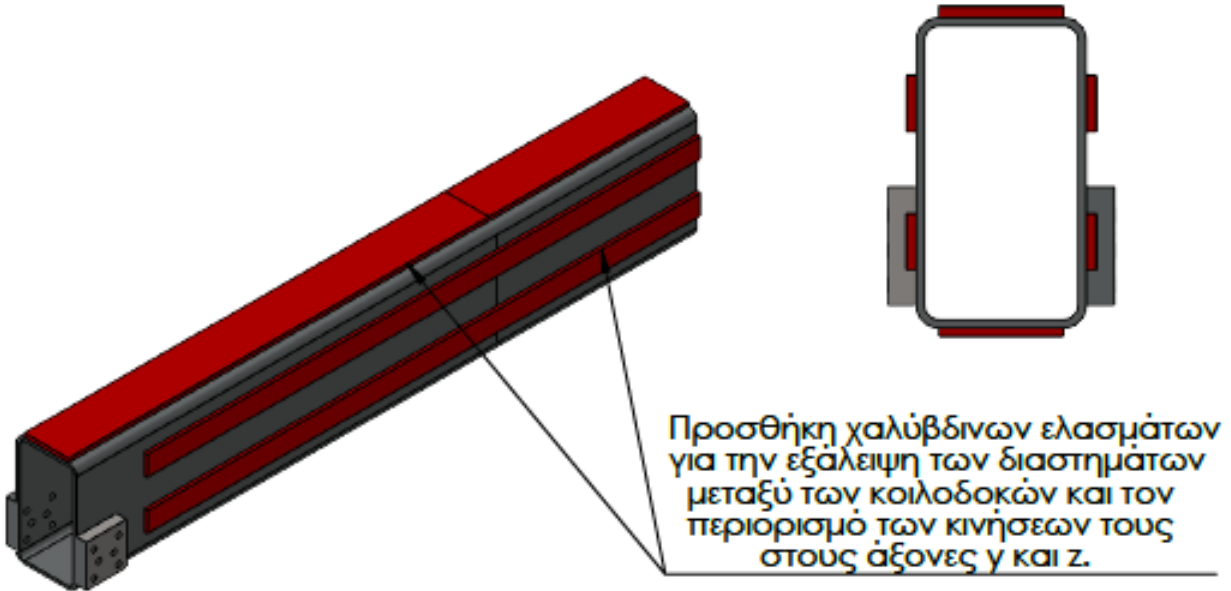
7.3. Τελική μορφή του ολοκληρωμένου γερανού

Ακολουθούν εικόνες της ολοκληρωμένης κατασκευής, και των τροποποιήσεων που έγιναν επί ορισμένων τεμαχίων, μετά την διεξαγωγή της προσομοίωσης της μελέτης.

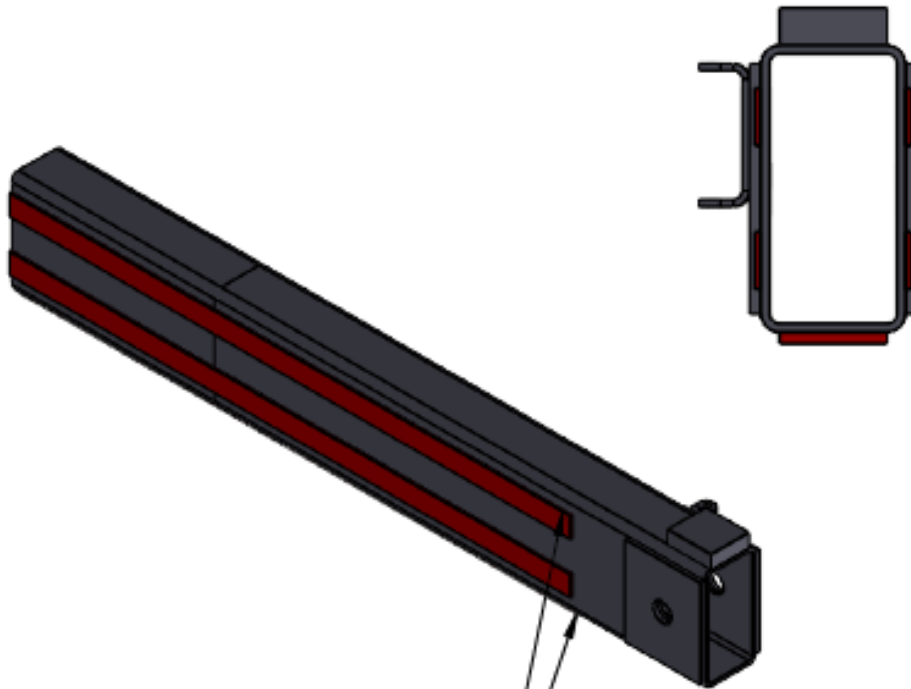
Συναρμολόγημα βραχίονα ανύψωσης γερανού Τμήμα 1 - (Τεμάχια 5.7.1 έως 5.7.6.)



Συναρμολόγημα βραχίονα ανύψωσης γερανού Τμήμα 2 - (Τεμάχια 5.8.1 έως 5.8.5.)



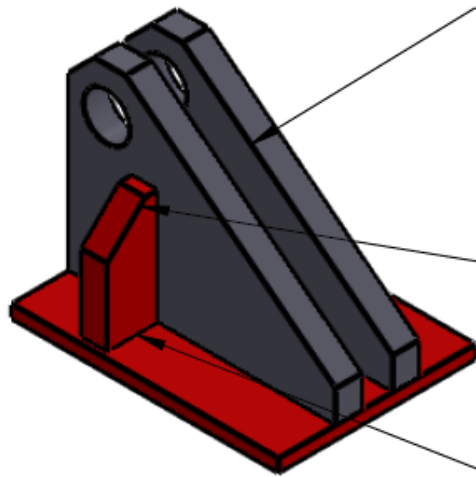
Συναρμολόγημα βραχίονα ανύψωσης γερανού Τμήμα 3 - (Τεμάχια 5.9.1 έως 5.9.6.)



Προσθήκη χαλύβδινων ελασμάτων
για την εξάλειψη των διαστημάτων
μεταξύ των κοιλοδοκών και τον
περιορισμό των κινήσεων τους
στους άξονες y και z .

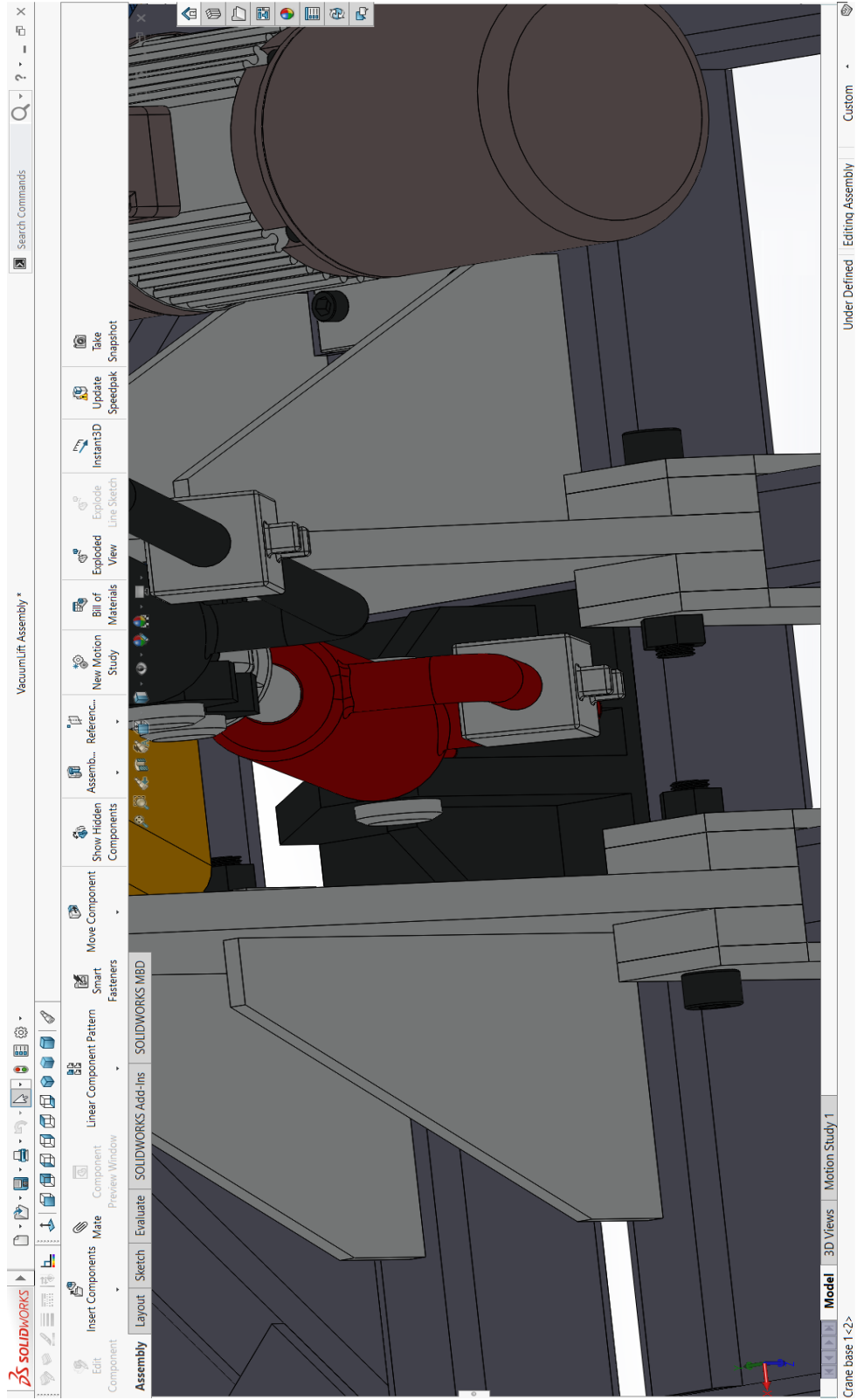
Βάση υδραυλικού εμβόλου βάσης βραχίονα
(Τεμάχια 12.1.1. έως 12.1.3.)

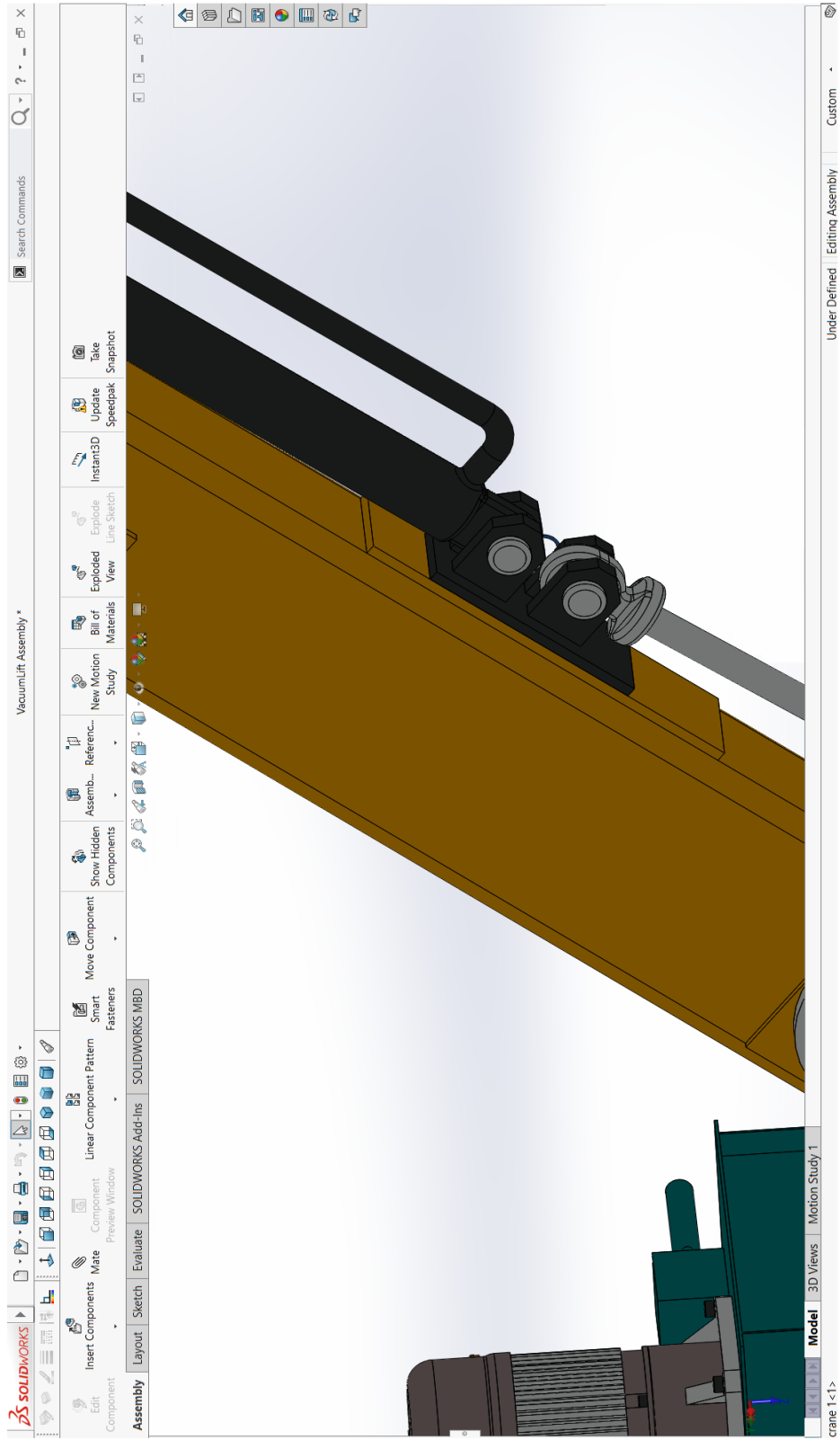
Χρήση ελάσματος πάχους
20mm αντί του αρχικού
πάχους 10mm

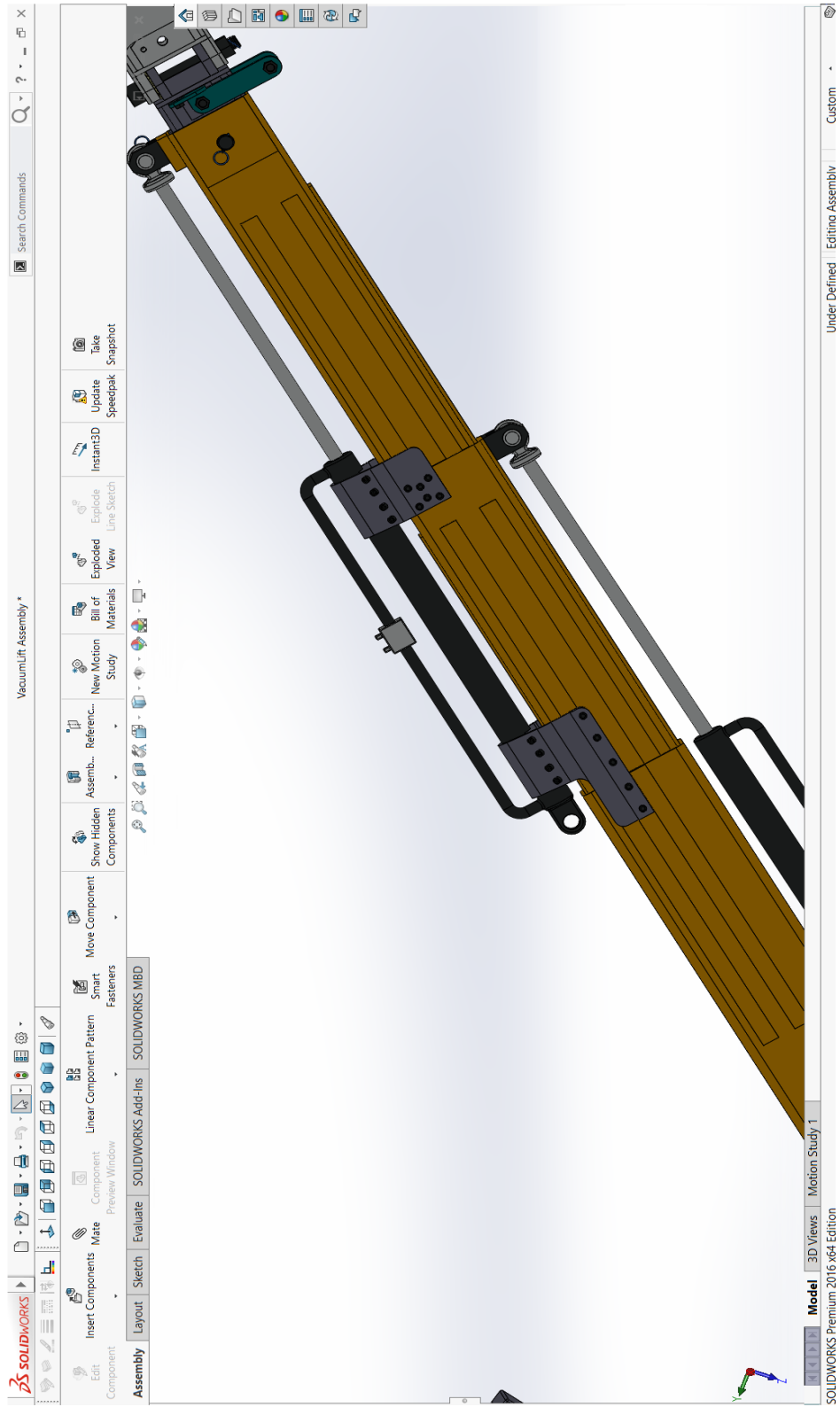


Δημιουργία χαλύβδινων
υποστηριγμάτων από
έλασμα πάχους 20mm

Δημιουργία βάσης από
χαλύβδινο έλασμα
πάχους 10mm







7.4. Υπολογισμός του κόστους κατασκευής

Για τις ανάγκες της κατασκευής του γερανοφόρου οχήματος και με βάση το σχέδιο που δημιουργήθηκε, έγινε αναζήτηση των απαραίτητων υλικών και εξαρτημάτων μέσω διαδικτύου. Έπειτα από μια χρονοβόρα έρευνα αγοράς, συγκεντρώθηκαν οι παρακάτω προσφορές για τις απαραίτητες ποσότητες που αντιστοιχούν σε κάθε υλικό/διατομή. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ενώ οι ζητούμενες διαστάσεις είναι σε mm, τα τεμάχια οι τιμές των οποίων παρατίθενται διαστασιολογούνται σε ίντσες. Η αιτία αυτής της «αναντιστοιχίας», είναι η άρνηση πολλών εμπόρων να παραθέσουν της τιμές των προϊόντων που εμπορεύονται διαδικτυακά και η δυσκολία της λήψης προσφοράς ως ιδιώτης, καθώς αρκετοί εξ' αυτών ασχολούνται αποκλειστικά με το χονδρικό εμπόριο. Έχει γίνει προσπάθεια οι τιμές που αφορούν αυτές τις περιπτώσεις να προέρχονται από διατομές όσο το δυνατό πλησιέστερες στις πραγματικά ζητούμενες, στο βαθμό που επιτρέπει η μετατροπή τους στο μετρικό σύστημα και με επιπλέον κριτήριο το βάρος της διατομής ανά μέτρο. Κατ' αυτόν τον τρόπο οι παρουσιαζόμενες τιμές πώλησης δεν αναμένεται να διαφέρουν ουσιαστικά από αυτές των μετρικών διατομών. Όλες οι τιμές έχουν μετατραπεί από δολάρια Αμερικής (USD) και λίρες Αγγλίας (GBP) σε ευρώ (Euro), με βάση τις ισχύουσες ισοτιμίες κατά την σύνταξη αυτής της πτυχιακής εργασίας (1 ευρώ = 1.105145 δολάρια και 1 λίρα = 1.11856076 ευρώ).

Οι τιμές, οι εικόνες και όλα τα στοιχεία που αναφέρονται παρακάτω έχουν ληφθεί αυτούσια από τις ιστοσελίδες των συγκεκριμένων εμπόρων και αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία τους, επί της οποίας ο συγγραφέας δεν έχει την οποιαδήποτε αξίωση. Ο εκάστοτε έμπορος φέρει την αποκλειστική ευθύνη για τα στοιχεία και τις τιμές που παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα της επιχείρησης του.

- **Τροχοί για επαγγελματικό ημιφορτηγό από χάλυβα**

Κοστολόγηση: 66 ευρώ/τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **198 ευρώ για 3 τεμάχια**



- **Πλήμνες για μη κινητήριους τροχούς επαγγελματικού ημιφορτηγού**

Κοστολόγηση: 90 ευρώ/τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **270 ευρώ για 3 τεμάχια**



• Έδρανα τύπου UCF212, για άξονα διαμέτρου 60mm, τετράγωνης χυτής βάσης

Κοστολόγηση: 33 ευρώ/τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **99 ευρώ για 3 τεμάχια**



• Τροχοί βιομηχανικού τύπου, με διάμετρο 150mm και μέγιστο φορτίο 700kg

Κοστολόγηση: 30,5 ευρώ/τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **183 ευρώ για 6 τεμάχια**



- Χαλύβδινη πλάκα πάχους 8mm με διαστάσεις 2500 x 1250 mm

Κοστολόγηση: 244 ευρώ/τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **244 ευρώ για 1 τεμάχιο**

- Χαλύβδινη πλάκα πάχους 10mm με διαστάσεις 2000 x 1000 mm

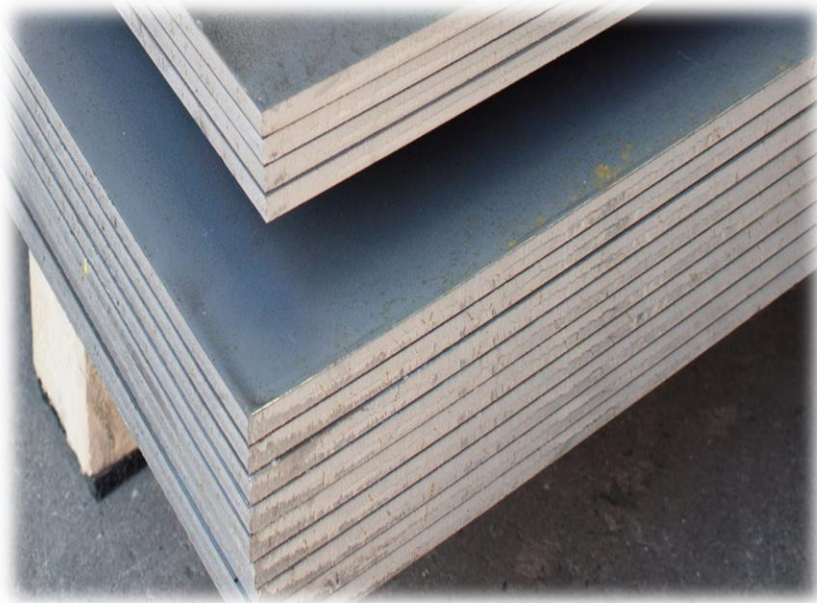
Κοστολόγηση: 158 ευρώ/τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **158 ευρώ για 1 τεμάχιο**

- Χαλύβδινη πλάκα πάχους 20mm με διαστάσεις 2000 x 1000 mm

Κοστολόγηση: 345 ευρώ/τεμάχιο

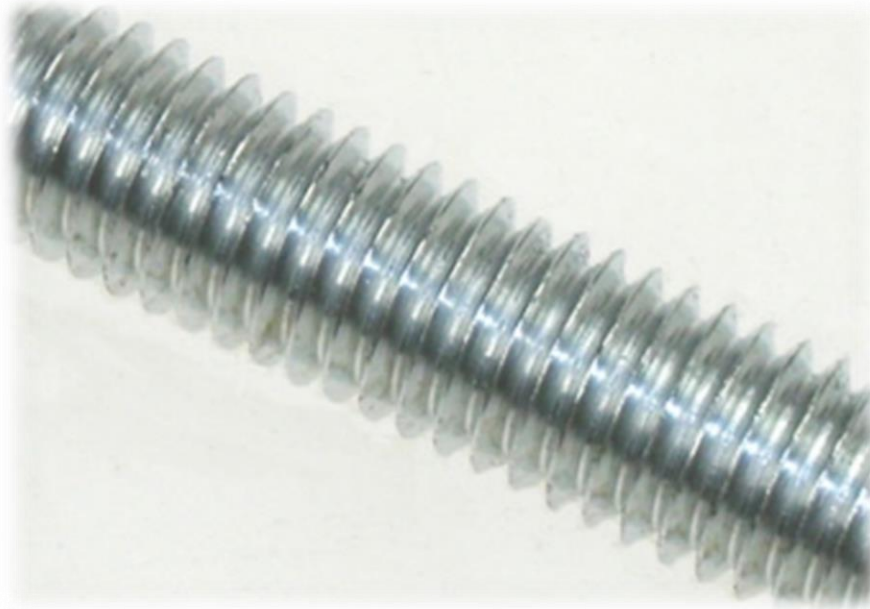
Συνολικό κόστος: **345 ευρώ για 1 τεμάχιο**



- **Άξονας με σπείρωμα σε όλο το μήκος του διαστάσεων M30 x 3,5 mm**

Κοστολόγηση: 20 ευρώ/μέτρο

Συνολικό κόστος: **60 ευρώ για 3 μέτρα**



- **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 160 x 80 x 6 mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **93 ευρώ για 52 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

- **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 200 x 100 x 6 mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **212 ευρώ για 88 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

• **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 220 x 120 x 6 mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **139 ευρώ** για **52 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

• **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 250 x 150 x 8 mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **266 ευρώ** για **72 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

• **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 100 x 60 x 4 mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **406,5 ευρώ** για **492 ίντσες μήκος** (2 τεμάχια συν το κόστος κοπής)

• **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 80 x 40 x 6 mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **88 ευρώ** για **134 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

• **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 60 x 40 x 4 mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

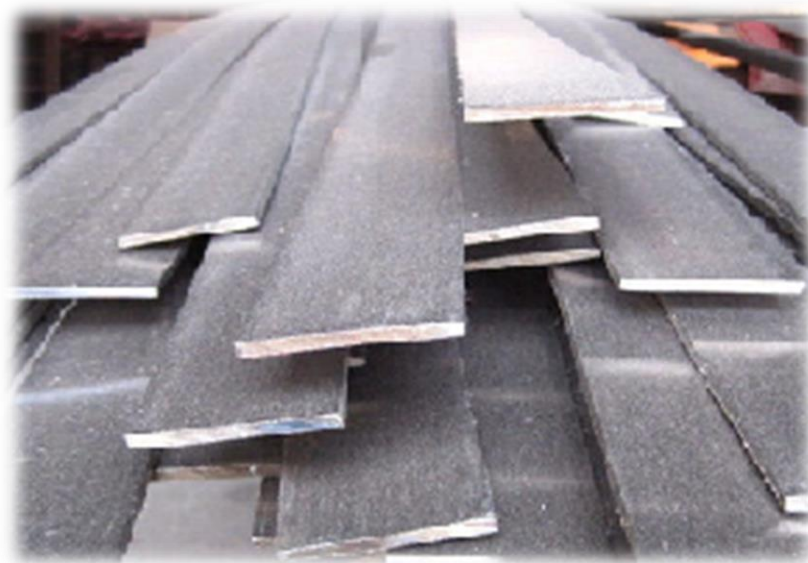
Συνολικό κόστος: **222,5 ευρώ** για **394 ίντσες μήκος** (2 τεμάχια συν το κόστος κοπής)



- **Συμπαγείς δοκοί από χάλυβα, ψυχρής έλασης με διαστάσεις 38x12,5mm (1,5 x 0,5 ίντσες)**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **97,5 ευρώ για 180 ίντσες μήκος** (6 τεμάχια των 30 ιντσών, συν το κόστος κοπής)



- **Διατομές τύπου UPE 400 από χάλυβα κατασκευών**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **118 ευρώ** για **36 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

- **Διατομές τύπου UPE 300 από χάλυβα κατασκευών**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **75 ευρώ** για **26 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)



- **Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 55 x 8 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **36 ευρώ** για **15 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

- **Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 80 x 4 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **44 ευρώ** για **18 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

• Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 70 x 4 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **44,5 ευρώ** για **20 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

• Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 30 x 3 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

Συνολικό κόστος: **40 ευρώ** για **70 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

• Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 100 x 5 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγωγείας

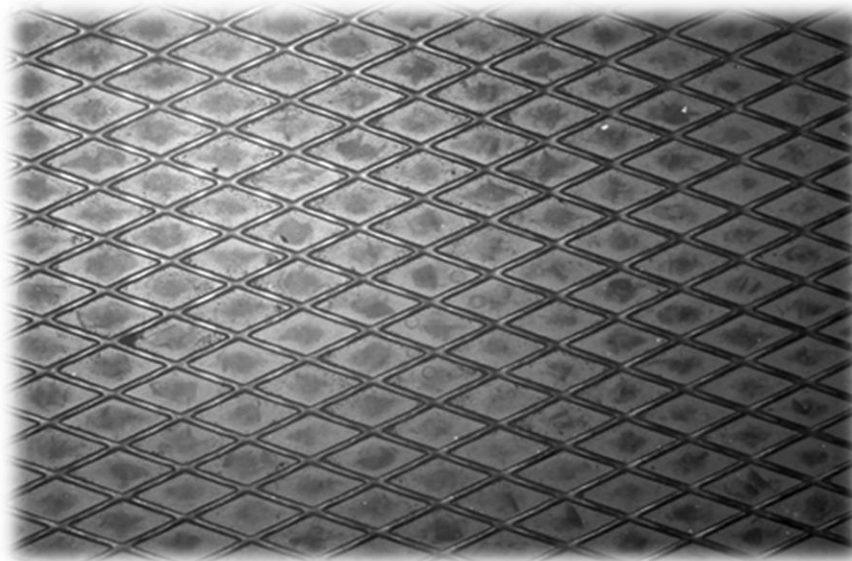
Συνολικό κόστος: **16 ευρώ** για **4 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)



- Χαλύβδινο έλασμα πάχους 3mm αντιολισθητικό (μπακλαβαδωτό)

Κοστολόγηση: ανάλογα με τη διάσταση και τη ποσότητα παραγγελίας

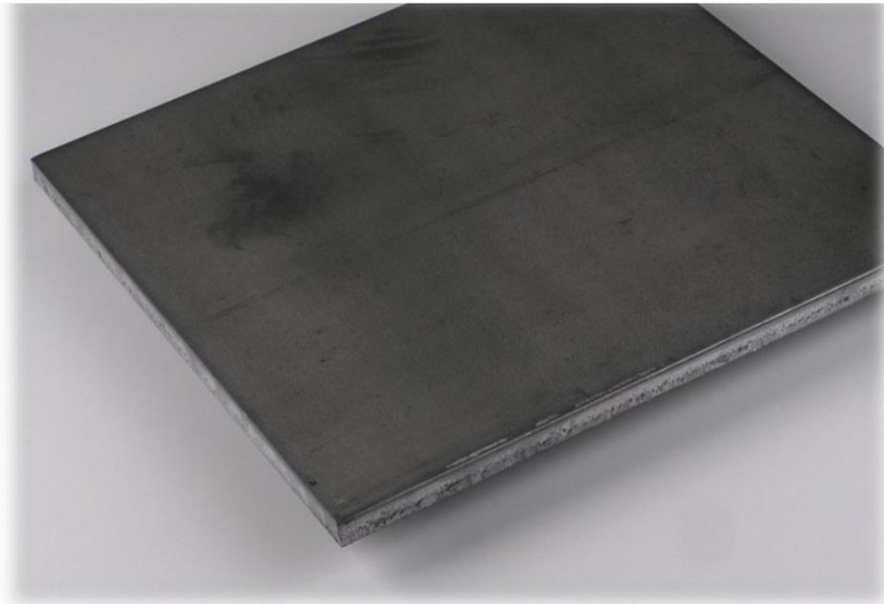
Συνολικό κόστος: **41,5 ευρώ** για κομμάτι **28 x 20 ίντσες** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)



- **Χαλύβδινο έλασμα πάχους 5mm θερμής έλασης**

Κοστολόγηση: ανάλογα με τη διάσταση και τη ποσότητα παραγγελίας

Συνολικό κόστος: **54 ευρώ** για κομμάτια διαστάσεων **18 x 10 ίντσες** και **44 x 4 ίντσες** (2 τεμάχια συν το κόστος κοπής)



- **Συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής διαμέτρου 50mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγγελίας

Συνολικό κόστος: **155 ευρώ** για **112 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)

- **Συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής διαμέτρου 80mm**

Κοστολόγηση: με το μήκος και ανά ίντσα, κυμαινόμενη ανάλογα με την ποσότητα παραγγελίας

Συνολικό κόστος: **97 ευρώ** για **28 ίντσες μήκος** (1 τεμάχιο συν το κόστος κοπής)



- **Πίροι ασφάλισης ατράκτων με κρίκο, διαμέτρου 8mm και μήκους 120mm**

Κοστολόγηση: ανάλογα με τη διάσταση και τη ποσότητα παραγγελίας

Συνολικό κόστος: **93,5 ευρώ για 14 τεμάχια**

- **Πίροι ασφάλισης ατράκτων με κρίκο, διαμέτρου 4mm και μήκους 50mm**

Κοστολόγηση: ανάλογα με τη διάσταση και τη ποσότητα παραγγελίας

Συνολικό κόστος: **36,5 ευρώ για 6 τεμάχια**



• Πλαίσιο με 6 βεντούζες και ηλεκτρική αντλία κενού, για την ανύψωση υαλοπινάκων

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **700 ευρώ** για **1 τεμάχιο**



- Υδραυλικές βαλβίδες κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (μονομπλόκ των 5)

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **286 ευρώ**



- Υδραυλικά έμβολα διπλής κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 8 ίντσες)

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **101,5 ευρώ για 1 τεμάχιο**



- Υδραυλικά έμβολα διπλής κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 12 ίντσες)

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **110 ευρώ για 1 τεμάχιο**



- Υδραυλικά έμβολα διπλής κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 30 ίντσες)

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **263 ευρώ για 2 τεμάχια**



- **Κωνικό έδρανο μονής σειράς, για άτρακτο διαμέτρου 60mm, 60 x 100 x 30 mm (εσωτερική διάμετρος x εξωτερική διάμετρος x ύψος)**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **68,5 ευρώ για 1 τεμάχιο**



- **Υδραυλικό συγκρότημα ηλεκτρικής αντλίας λαδιού υψηλής πίεσης και δεξαμενής λαδιού, μέγιστη πίεση 690bar (10000psi)**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **481 ευρώ για 1 τεμάχιο**



- Υδραυλικός κινητήρας οδοντωτών τροχών «Gerotor» Danfoss OMS 250, 4 οπές στήριξης, 32mm άτρακτος, ισχύς 14.5kw, ροπή 720Nm, μέγιστος αριθμός στροφών/λεπτό: 300

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: 532 ευρώ για 1 τεμάχιο



- Σετ κωνικών οδοντωτών, αριθμός δοντιών 45/15, mod. 5, για άξονα 30mm και 25mm

Κοστολόγηση: ανά σετ

Συνολικό κόστος: 357,5 ευρώ για 1 σετ των 2 τεμαχίων



- **Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 150mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **72,5 ευρώ για 20 τεμάχια**

- **Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 30mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **34,5 ευρώ για 66 τεμάχια**

- **Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 120mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **7 ευρώ για 2 τεμάχια**

- **Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 160mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **86 ευρώ για 6 τεμάχια**

- **Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 140mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **44 ευρώ για 4 τεμάχια**

- **Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 100mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **70 ευρώ για 8 τεμάχια**



- **Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M10 με βήμα 1,25mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **17 ευρώ για 68 τεμάχια**

- **Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M18 με βήμα 2,5mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **22 ευρώ για 22 τεμάχια**

- **Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M30 με βήμα 3,5mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι**

Κοστολόγηση: ανά τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **121 ευρώ για 23 τεμάχια**



Πίνακας 6: Αναλυτικός κατάλογος κοστολόγησης πρώτων υλών

A/A	Περιγραφή	Τιμή Τεμαχίου (Ευρώ)	Ποσότητα	Κόστος (Ευρώ)
1	Τροχοί για επαγγελματικό ημιφορτηγό από χάλυβα	66	3	198
2	Πλήμνες για μη κινητήριους τροχούς επαγγελματικού ημιφορτηγού	90	3	270
3	Έδρανα τύπου UCF212, για άξονα διαμέτρου 60mm, τετράγωνης χυτής βάσης	33	3	99

4	Τροχοί βιομηχανικού τύπου, με διάμετρο 150mm και μέγιστο φορτίο 700kg	30.5	6	183
5	Χαλύβδινη πλάκα πάχους 8mm με διαστάσεις 2500 x 1250 mm	244	1	244
6	Χαλύβδινη πλάκα πάχους 10mm με διαστάσεις 2000 x 1000 mm	158	1	158
7	Χαλύβδινη πλάκα πάχους 20mm με διαστάσεις 2000 x 1000 mm	345	1	345

8	Άξονας με σπείρωμα σε όλο το μήκος του διαστάσεων M30 x 3,5 mm	20	3	60
9	Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 160 x 80 x 6 mm	1.79	52	93.08
10	Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 200 x 100 x 6 mm	2.41	88	212.08
11	Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 220 x 120 x 6 mm	2.67	52	138.84

12	Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 250 x 150 x 8 mm	3.7	72	266.4
13	Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 100 x 60 x 4 mm	0.826	492	406.392
14	Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 80 x 40 x 6 mm	0.656	134	87.904
15	Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 60 x 40 x 4 mm	0.565	394	222.61

16	Συμπαγείς δοκοί από χάλυβα, ψυχρής έλασης με διαστάσεις 38x12,5mm (1,5 x 0,5 ίντσες)	0.542	180	97.56
17	Διατομές τύπου UPE 400 από χάλυβα κατασκευών	3.278	36	118.008
18	Διατομές τύπου UPE 300 από χάλυβα κατασκευών	2.885	26	75.01
19	Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 55 x 8 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)	2.4	15	36

20	Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 80 x 4 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)	2.44	18	43.92
21	Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 70 x 4 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)	2.225	20	44.5
22	Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 30 x 3 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)	0.572	70	40.04
23	Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 100 x 5 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)	4	4	16

24	Χαλύβδινο έλασμα πάχους 3mm αντλιοθητικό (μπακλαβαδωτό)	0.053	784	41.552
25	Χαλύβδινο έλασμα πάχους 5mm θερμής έλασης	0.3	180	54
26	Συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής διαμέτρου 50mm	1.384	112	155.008
27	Συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής διαμέτρου 80mm	3.464	28	96.992

28	Πίροι ασφάλισης ατράκτων με κρίκο, διαμέτρου 8mm και μήκους 120mm	6.675	14	93.45
29	Πίροι ασφάλισης ατράκτων με κρίκο, διαμέτρου 4mm και μήκους 50mm	6.08	6	36.48
30	Πλαίσιο με 6 βεντούζες και ηλεκτρική αντλία κενού, για την ανύψωση υαλοπινάκων	700	1	700
31	Υδραυλικές βαλβίδες κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (μονομπλόκ των 5)	286	1	286

32	Υδραυλικά έμβολα δι- πλής κατεύθυνσης λα- διού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 8 ίντσες)	101.5	1	101.5
33	Υδραυλικά έμβολα δι- πλής κατεύθυνσης λα- διού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 12 ίντσες)	110	1	110
34	Υδραυλικά έμβολα δι- πλής κατεύθυνσης λα- διού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 30 ίντσες)	131.5	2	263
35	Κωνικό έδρανο μονής σειράς, για άτρακτο διαμέτρου 60mm, 60 x 100 x 30 mm (εσωτε- ρική διάμετρος x εξω- τερική διάμετρος x ύ- ψος)	68.5	1	68.5

36	Υδραυλικό συγκρότημα ηλεκτρικής αντλίας λαδιού υψηλής πίεσης και δεξαμενής λαδιού, μέγιστη πίεση 690bar (10000psi)	481	1	481
37	Υδραυλικός κινητήρας οδοντωτών τροχών «Gerotor» Danfoss OMS 250, 4 οπές στήριξης, 32mm άτρακτος, ισχύς 14.5kw, ροπή 720Nm, μέγιστος αριθμός στροφών/λεπτό: 300	532	1	532
38	Σετ κωνικών οδοντωτών, αριθμός δοντιών 45/15, mod. 5, για άξονα 30mm και 25mm	357.5	1	357.5
39	Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 150mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι	3.625	20	72.5

40	Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 30mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι	0.522	66	34.452
41	Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 120mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι	3.5	2	7
42	Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 160mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι	14.34	6	86.04
43	Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 140mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι	11	4	44

44	Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 100mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι	8.75	8	70
45	Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M10 με βήμα 1,25mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι	0.25	68	17
46	Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M18 με βήμα 2,5mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι	1	22	22
47	Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M30 με βήμα 3,5mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι	5.26	23	120.98

48	ΣΥΝΟΛΟ	-	-	7306.298
----	---------------	---	---	-----------------

Σημειώνεται πως για τις ληφθείσες προσφορές, στην περίπτωση των κοιλοδοκών, γίνεται χρέωση με την ίντσα και σε ορισμένα από τα ελάσματα με την τετραγωνική ίντσα. Σε ορισμένα τεμάχια όπως οι ασφαλιστικοί πύροι, η τιμή του τεμαχίου μεταβάλλεται ανάλογα με τον όγκο της παραγγελίας. Στις τιμές των παραπάνω υλικών, θα πρέπει να υπολογίσουμε ορισμένα **έξοδα παρελκόμενων** που δεν κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν ή είναι εκτός του αντικειμένου τις εργασίας. Το υδραυλικό λάδι, οι αγωγοί του συστήματος, και ορισμένα ηλεκτρολογικά αν συνυπολογιστούν μαζί με το κόστος ορισμένων αναλωσίμων όπως τα ηλεκτρόδια/σύρμα των συγκολλήσεων, οι δίσκοι κοπής και οι κεφαλές (τρυπάνια) των δράπανων είναι μερικά από τα επιπλέον έξοδα της κατασκευής. Αν υπολογίσουμε και τα **κόστη μεταφοράς** των πρώτων υλών και εξαρτημάτων, τότε θα ήταν σκόπιμο να προσθέσουμε περίπου **1500 ευρώ** επιπλέον στο τελικό κόστος του γερανού. Με βάση τις παραπάνω προσφορές, **το κόστος των πρώτων υλών και εξαρτημάτων ανέρχεται στα 7.307 ευρώ** μετά από την μετατροπή των τιμών από άλλα νομίσματα, με βάση τις ισχύουσες ισοτιμίες. Επιπλέον, μια **προσαύξηση του συνολικού κόστους σε ποσοστό 5%** θα ήταν αναμενόμενη σε περίπτωση τυχόν **ανατιμήσεων και διαφοροποιήσεων των ισοτιμιών**, οπότε το τελικό κόστος των υλικών υπολογίζεται στα **7.672 ευρώ**.

Όσον αφορά τα εργατικά κόστη, με βάση την νέα εθνική συλλογική σύμβαση εργασίας με ισχύ από 1/2/2019, οι κατώτατες αμοιβές των εργατοτεχνιτών όλων των ειδικοτήτων καθορίζονται με βάση τον κάτωθι πίνακα:

Πίνακας 7: Πίνακας κατώτατων ημερήσιων απολαβών εργατοτεχνιτών (Ελλάδος, 2019)

ΕΡΓΑΤΟΤΕΧΝΙΤΕΣ			
Έτη Προϋπηρεσίας	Βασικό Ημερομίσθιο	Προσάξηση Προϋπηρεσίας	Σύνολο
0-3	29,04	-	29,04
3-6	29,04	1,45	30,49
6-9	29,04	2,90	31,94
9-12	29,04	4,36	33,40
12-15	29,04	5,81	34,85
15-18	29,04	7,26	36,30
18 και άνω	29,04	8,71	37,75

Για την αποπεράτωση των εργασιών κρίνεται ότι απαιτείται η απασχόληση τεσσάρων εργατοτεχνιτών, συγκεκριμένα ενός ηλεκτρολόγου, ενός εφαρμοστή υδραυλικού, ενός συγκολλητή και ενός συναρμολογητή – βοηθητικού χειρώνακτα, ενώ το απαιτούμενο διάστημα εργασίας για την αποπεράτωση της κατασκευής υπολογίζεται στις 15 εργάσιμες ημέρες. Υποθέτοντας ότι οι απασχολούμενοι εργατοτεχνίτες έχουν μια πρότερη προϋπηρεσία 10 ετών κατά μέσο όρο, με βάση την μισθολογική κλίμακα όπου υπάγονται, οι ημερήσιες αμοιβές τους ανέρχονται στα 34 ευρώ/άτομο. Οπότε για το υπολογιζόμενο χρονικό διάστημα της απασχόλησης τους, το συνολικό εργατικό κόστος θα ανέρθει στα **2.040 ευρώ** (Ελλάδος, 2019; Υπουργός Αφαλείας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, 2019).

Στα παραπάνω έξοδα, θα πρέπει να προστεθούν ορισμένα επιπλέον κόστη που αφορούν την **κατασκευή και τη μεταφορά των πρώτων υλών και εξαρτημάτων**. Υπάρχουν ορισμένα τεμάχια τα οποία, για να κατασκευαστούν, θα πρέπει να υποστούν μηχανουργικές κατεργασίες. Επιπλέον ορισμένα ελάσματα/πλάκες, έχουν πολύ μεγάλο πάχος, οπότε για την διαστασιολογική ακρίβεια των τελικών τεμαχίων, θα πρέπει η κοπή τους να αναληφθεί από κάποιον τρίτο που διαθέτει τα ανάλογα μηχανήματα. Τέλος, μερικά τεμάχια αποτελούνται από ελάσματα τα οποία πρέπει να «στραντζαριστούν» για να αποκτήσουν το επιθυμητό τελικό σχήμα. Επιπλέον, θα γίνει πλήρωση των ελαστικών με υγρή πολυουρεθάνη, η οποία αφού στερεοποιηθεί μετατρέπει τα ελαστικά από πνευματικά σε συμπαγή, κάνοντας τα ανθεκτικότερα στη σκληρή χρήση που θα υποστούν κατά την διάρκεια των εργασιών του οχήματος. Οι παραπάνω εργασίες αναμένονται να κοστίσουν έως **1.000 ευρώ**. Συνυπολογίζοντας όλα τα εμπλεκόμενα κόστη, όπως έξοδα μεταφοράς, πιθανά αναλώσιμα είδη και εξειδικευμένες εργασίες τρίτων, το μέγιστο αναμενόμενο κόστος της κατασκευής ανέρχεται στα **12.200 ευρώ**.



Εικόνα 28: Logistics (Sahay & Chakraborty, 2015)

8. Συμπεράσματα – Προτάσεις

8.1. Πλεονεκτήματα της κατασκευής του γερανού από τον τελικό χρήστη

8.1.A. Βραχυπρόθεσμα οφέλη της κατασκευής του γερανού

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της περίπτωσης μελέτης του γερανού, τέθηκαν ορισμένοι στόχοι πριν την έναρξη του σχεδιασμού του οχήματος. **Η κατασκευή του γερανού από την ενδιαφερόμενη εταιρεία, εφόσον αυτοί οι στόχοι επιτευχθούν, θα αποφέρει σημαντικά βραχυπρόθεσμα πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με την αγορά μιας έτοιμης λύσης από το εμπόριο.** Με δεδομένο το γεγονός ότι η εταιρεία διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό για την κατασκευή και μια μόνιμα εργαζόμενη σε αυτήν ομάδα τεχνικών, υπό τις οδηγίες ενός μηχανολόγου, το κόστος της κατασκευής μπορεί να μειωθεί δραματικά. Ο κυριότερος λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό, είναι ότι **το κόστος εργασίας απορροφάται από την ίδια την εταιρεία** καθώς χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες ανθρώπινου δυναμικού το οποίο έχει σταθερά εργαζόμενο για αυτήν, οπότε δεν προβαίνει στην πρόσληψη και πληρωμή έκτακτου τεχνικού προσωπικού. Κατά αυτόν τον τρόπο, **το κόστος της κατασκευής περιορίζεται κυρίως στην αγορά των εξαρτημάτων και πρώτων υλών** που θα την αποτελέσουν. Ένα ακόμα πλεονέκτημα της κατασκευής ενός τέτοιου μηχανήματος, σε σύγκριση με την αγορά του, είναι η δυνατότητα **προσαρμογής του στις συγκεκριμένες απαιτήσεις των εργασιών που αφορούν την εταιρεία.** Εφόσον η εταιρεία που θα προβεί στην αξιοποίηση του μηχανήματος αναλαμβάνει την κατασκευή του, μπορεί η ίδια να ορίσει τις απαιτούμενες τεχνικές προδιαγραφές του, με βάση πάντα τα πρότυπα κατασκευής ανυψωτικών μηχανημάτων που ορίζει η ευρωπαϊκή ένωση και οργανισμοί πιστοποίησης, όπως το γερμανικό ινστιτούτο τυποποίησης (DIN). Αυτό της επιτρέπει να δημιουργήσει ένα μηχάνημα το οποίο θα εξυπηρετεί καλύτερα τις δικές της ανάγκες και να περιορίσει το κόστος

κατασκευής. Παράλληλα, μέσα από στοχευμένο σχεδιασμό, μπορεί να δημιουργήσει ένα μηχανήμα το οποίο, με ελάχιστες μετατροπές, θα έχει την δυνατότητα να εκτελεί περισσότερες από μια εργασίες παρόμοιας φύσης, σε αντίθεση με τα μηχανήματα που πωλούνται στο εμπόριο. Τα μηχανήματα αυτά, συνήθως προορίζονται για πολύ εξειδικευμένες χρήσεις και η οποιαδήποτε μετατροπή σε αυτά, αν είναι εφικτή, είναι ενάντια στις οδηγίες του κατασκευαστή και ακυρώνει την εγγύηση καλής λειτουργίας που αυτός προσφέρει. Η χρήση ενός μηχανήματος με τη δυνατότητα εκτέλεσης άνω της μιας συγκεκριμένης εργασίας, εξαλείφει τα έξοδα της αγοράς ή ενοικίασης επιπλέον μηχανημάτων για την διεξαγωγή άλλων παρόμοιων εργασιών. Με αυτό το σκεπτικό, θα γίνουν παρακάτω ορισμένες προτάσεις για την τροποποίηση του μηχανήματος, με παραδείγματα προοριζόμενης χρήσης.

8.1.B. Μακροπρόθεσμα οφέλη της κατασκευής του γερανού

Η ιδιοκτησία ενός μηχανήματος έχει ορισμένα πλεονεκτήματα τα οποία γίνονται περισσότερο αισθητά με την πάροδο του χρόνου. Η κατασκευή και κτήση του γερανοφόρου οχήματος από την εταιρεία που θα το χρησιμοποιήσει, της επιτρέπει **να εξοικονομήσει χρήματα καθώς** αυτή δεν θα χρειάζεται να οδηγηθεί στη λύση της προσωρινής ενοικίασης ενός μηχανήματος από το εμπόριο. Τα δαπανώμενα ποσά για την ενοικίαση είναι σημαντικά, ενώ αυξάνονται ραγδαία όσο αυξάνεται και η περίοδος, ή η συχνότητα χρήσης, εκτός αν υπάρχει κάποιο συμβόλαιο ενοικίασης για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, το οποίο ωστόσο δεσμεύει νομικά και οικονομικά τον ενοικιαστή του μηχανήματος. Επιπλέον, ενδεχομένως να **υπάρξουν καθυστερήσεις στην ετοιμασία και παράδοση του μηχανήματος** άρα και στην διεξαγωγή των εργασιών, ειδικά αν το μηχανήμα καλείται να εκτελέσει εργασίες σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και σε μη τακτικές ημερομηνίες. Όσο περισσότερο αυξάνεται η συχνότητα της χρήσης, τόσο περισσότερο η μόνιμη ιδιοκτησία ενός μηχανήματος αποδεικνύεται μια πιο συμφέρουσα επιλογή. Το γεγονός αυτό γίνεται εμφανέστερο αν οι εργασίες περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο χώρο εργασίας, όπως για παράδειγμα μια μονάδα παραγωγής. Παρά το γεγονός ότι, σε αυτήν την περίπτωση, τα έξοδα συντήρησης θα

επιβαρύνουν την ιδιοκτήτρια εταιρεία που θα χρησιμοποιεί το μηχάνημα, αυτά δεν αρκούν για να καταστήσουν την ενοικίαση οικονομικά πιο βιώσιμη λύση. Ένα ακόμα πλεονέκτημα της κτήσης ενός μηχανήματος είναι **ότι η οποιαδήποτε μετατροπή σε αυτό μπορεί να γίνει χωρίς να υπάρχει το αντεπιχείρημα της απώλειας της εγγύησης του κατασκευαστή**. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα **προσαρμογής του μηχανήματος για την εκτέλεση ενός πλήθους παρεμφερών εργασιών**. Τέλος, σε περίπτωση μεγάλης βλάβης ή υπερβολικής φθοράς λόγω παλαιότητας, που καθιστούν την επισκευή του μηχανήματος ασύμφορη, υπάρχει **η δυνατότητα να αποδεσμευτούν από το μηχάνημα τα τεμάχια εκείνα που είναι ακόμα λειτουργικά**. Αυτά μπορούν είτε να χρησιμοποιηθούν αλλού, είτε να μεταπωληθούν και να συνεισφέρουν στη **δημιουργία κεφαλαίου** για την αγορά νέου εξοπλισμού.

8.2. Μετατροπές στο γερανοφόρο όχημα για την εκτέλεση επιπλέον εργασιών

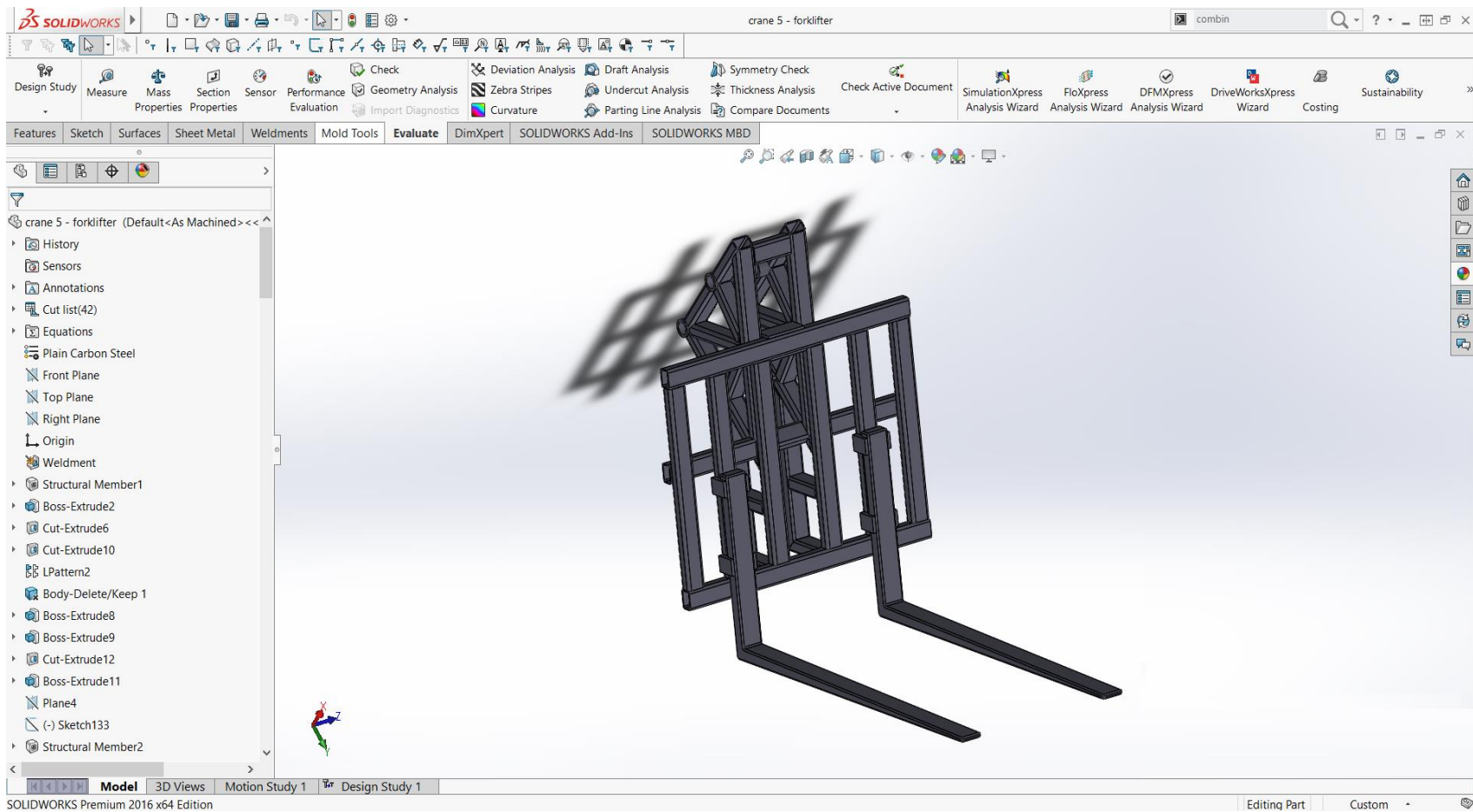
Το μηχάνημα που σχεδιάστηκε και μελετήθηκε εκτελεί, ως κύρια εργασία, την ανύψωση και μεταφορά υαλοπινάκων, εντός κτηρίων και σε δυσπρόσιτους εξωτερικούς χώρους. Καθώς χρησιμοποιεί υδραυλικά συστήματα και έχει ως ελάχιστο μέγιστο φορτίο ανύψωσης τα 500kg, **υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και για την ανύψωση και μεταφορά άλλων φορτίων**. Για την συγκράτηση του υαλοπίνακα χρησιμοποιείται ένα πλαίσιο το οποίο φέρει βεντούζες που, μέσω ενός συστήματος δημιουργίας κενού, αναλαμβάνουν να τον αδράξουν. Το πλαίσιο αυτό, για κατασκευαστικούς λόγους, δεν είναι συγκολλημένο πάνω στον υπόλοιπο βραχίονα του γερανού, αλλά συγκρατείται από μια άρθρωση στο τελευταίο του τμήμα. Το τμήμα αυτό με την σειρά του, εφαρμόζει τηλεσκοπικά στο αμέσως επόμενο, μεγαλύτερης διατομής τμήμα και, καθώς δεν υπάρχει η ανάγκη αυτά τα δύο τμήματα να μετατοπίζονται το ένα σε σχέση με το άλλο κατά την έκταση του βραχίονα, πακτώνονται μεταξύ τους με την βοήθεια ενός άξονα. Επιπλέον, ένας πίσος συγκράτησης ασφαλίζει τον άξονα, περιορίζοντας την κίνηση του. Αυτός ο σχεδιασμός, δεν είναι τυχαίος και αποσκοπεί στην **δυνατότητα τροποποίησης του μέσου συγκράτησης του φορτίου**, γεγονός που

μας επιτρέπει να ανυψώσουμε μια πληθώρα φορτίων πέραν των υαλοπινάκων. Διατηρώντας το τελευταίο τμήμα, πριν το πλαίσιο που φέρει τις βεντούζες συγκράτησης, ίδιο μπορούμε να επέμβουμε στο σχεδιασμό του πλαισίου ή να το αντικαταστήσουμε με μια άλλη διάταξη παραλαβής φορτίου, που να εξυπηρετεί τις ανάγκες της εργασίας που θέλουμε να εκτελέσει το μηχάνημα. Παρακάτω παρουσιάζονται τρεις **εναλλακτικές διατάξεις** για την ανύψωση και μεταφορά φορτίων με την χρήση του υπάρχοντος γερανού. Οι τροποποιήσεις σε όλες τις περιπτώσεις αφορούν το ακραίο τμήμα του βραχίονα του γερανού και το πλαίσιο που εφαρμόζει σε αυτό. Η μετάβαση από την μια διάταξη ανύψωσης στην άλλη απαιτεί την αφαίρεση ενός ή δύο αξόνων και των πέρων που τους ασφαλίζουν και την προσαρμογή των νέων τεμαχίων, τα οποία συνδέονται με την κατασκευή μέσω των ίδιων αξόνων. Οι ανυψωτικές ικανότητες του οχήματος παραμένουν ίδιες σε μεγάλο βαθμό, με τους όποιους περιορισμούς να είναι κυρίως γεωμετρικής φύσης. **Οι εικόνες που παραθέτονται παρακάτω έχουν ληφθεί από αρχεία που ο συγγραφέας δημιούργησε, χρησιμοποιώντας το λογισμικό «Solidworks 2016» της εταιρείας «Dassault Systemes» και αποτελούν ιδία πνευματική ιδιοκτησία.**

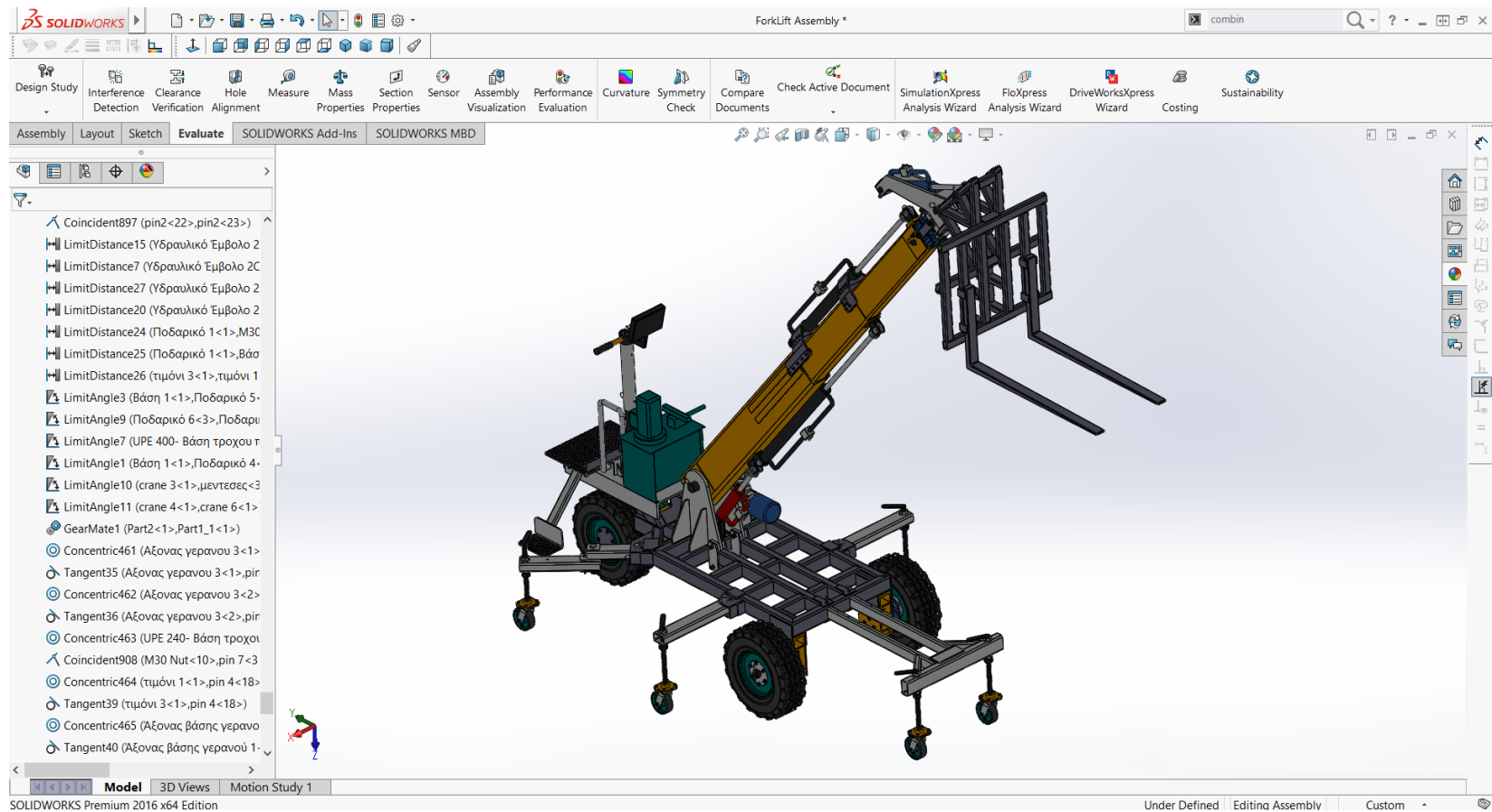
8.2.A. Πλαίσιο που φέρει περόνες για την ανύψωση κιβωτίων και άλλων συμπαγών διαστάσεων φορτίων

Η μετατροπή αυτή αφορά το πλαίσιο που, στην αρχική κατασκευή, έφερε τις βεντούζες αναρρόφησης για την συγκράτηση του υαλοπίνακα. Με την επέκταση του έτσι ώστε να μπορεί να προσεγγίζει το δάπεδο (όταν ο βραχίονας είναι οριζοντιωμένος) και την προσαρμογή περόνων, δημιουργήθηκε η δυνατότητα ανύψωσης παλετών, κιβωτίων ή άλλων ογκωδών αντικειμένων. Επιπροσθέτως, ενισχύθηκε στο σύνολο του το πλαίσιο, καθώς αυτό κρίθηκε απαραίτητο λόγω διαφορετικής γεωμετρίας, με μόνη αρνητική επίπτωση την σχετικά μικρή αύξηση του βάρους του. Το φορτίο που μπορεί να ανυψωθεί με αυτήν την διάταξη περιορίζεται από τον όγκο του φορτίου και το κέντρο βάρους του. Για λόγους ασφαλείας, το προ-

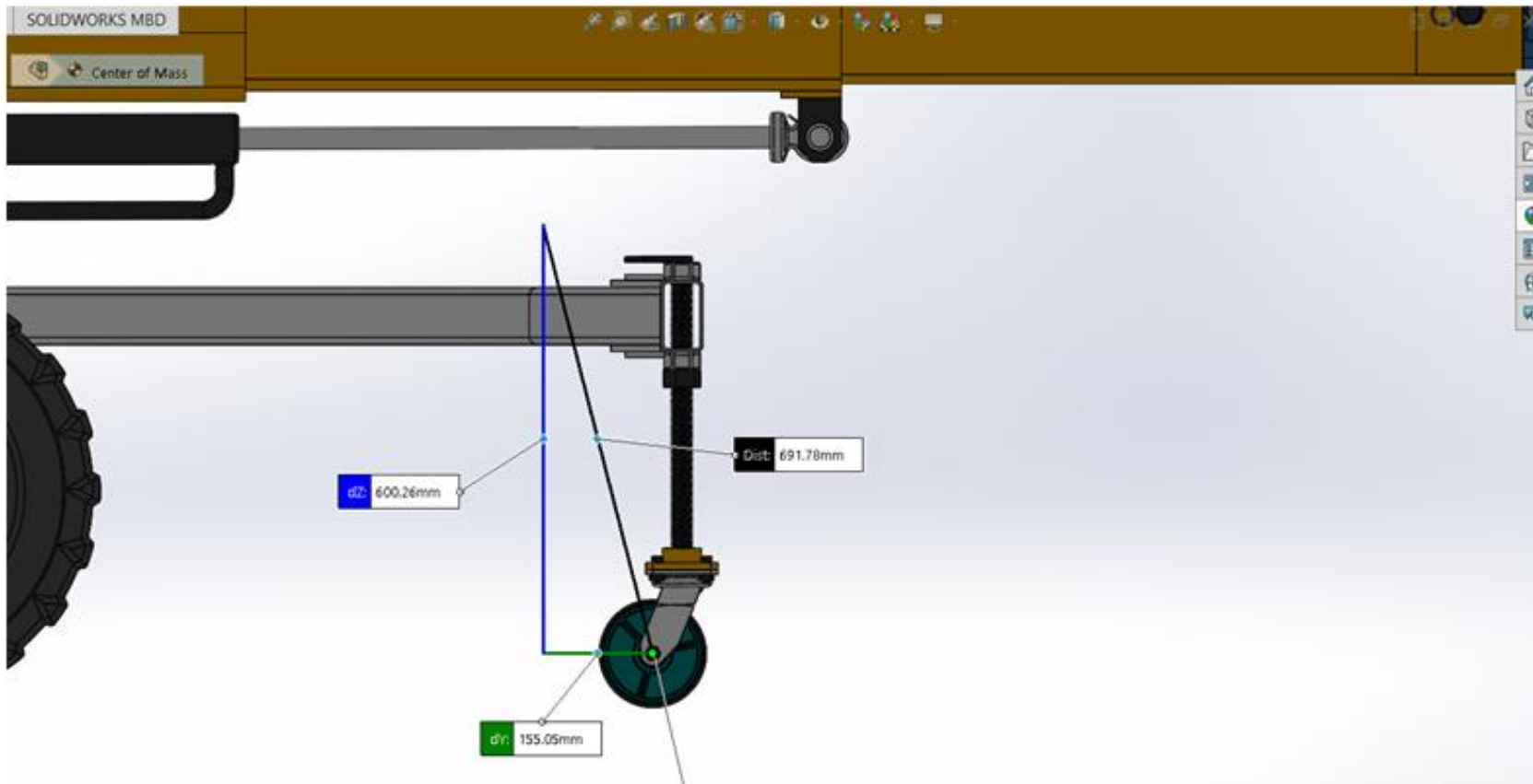
τεινόμενο μέγιστο προτεινόμενο φορτίο για αυτή τη διάταξη είναι τα 375kg με την προϋπόθεση ότι το κέντρο βάρους του δεν απέχει παραπάνω από 500mm από την βάση των περόνων. Ενδεικτικά ένα φορτίο διαστάσεων 1000x900x1580mm και βάρους 470kg, με το κέντρο βάρους του να απέχει 500mm από την βάση των περόνων και με μια κλίση τους 2-3 μοίρες προς το πίσω μέρος του γερανού δοκιμάστηκε σε εικονικό περιβάλλον, με τον εμπρός βραχίονα στήριξης πλήρως ανοικτό, και το συνολικό κέντρο βάρους του μηχανήματος να μετατοπίζεται σε ακραία αλλά αποδεκτή θέση (155mm πίσω από τον άξονα του τροχού του εμπρός βραχίονα στήριξης, όπως φαίνεται από την πράσινη ετικέτα στην τρίτη εικόνα). Το μέγιστο προτεινόμενο φορτίο προέκυψε από την διαίρεση του φορτίου των 470kg με τον συντελεστή 1,25 με βάση τον πίνακα των δοκιμαστικών φορτίων των στατικών δοκιμών σε ανυψωτικά μηχανήματα, στο δεύτερο κεφάλαιο αυτής της εργασίας όπου παραθέτονται οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί ασφάλειας για μηχανήματα ανύψωσης φορτίων.



Εικόνα 29: Πλαίσιο εξοπλισμένο με περόνες



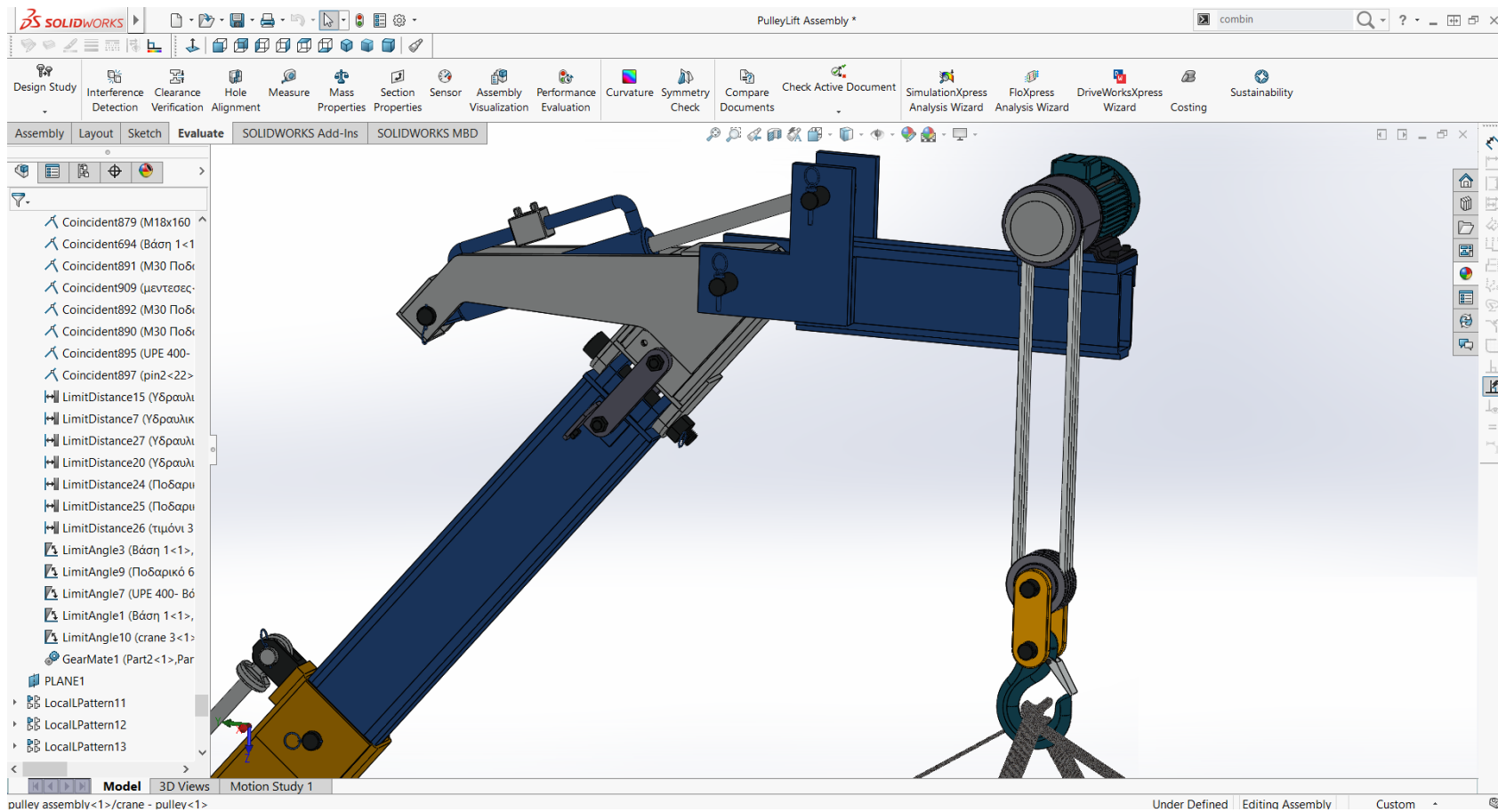
Εικόνα 30: Ο γερανός με το περονοφόρο πλαίσιο εγκατεστημένο



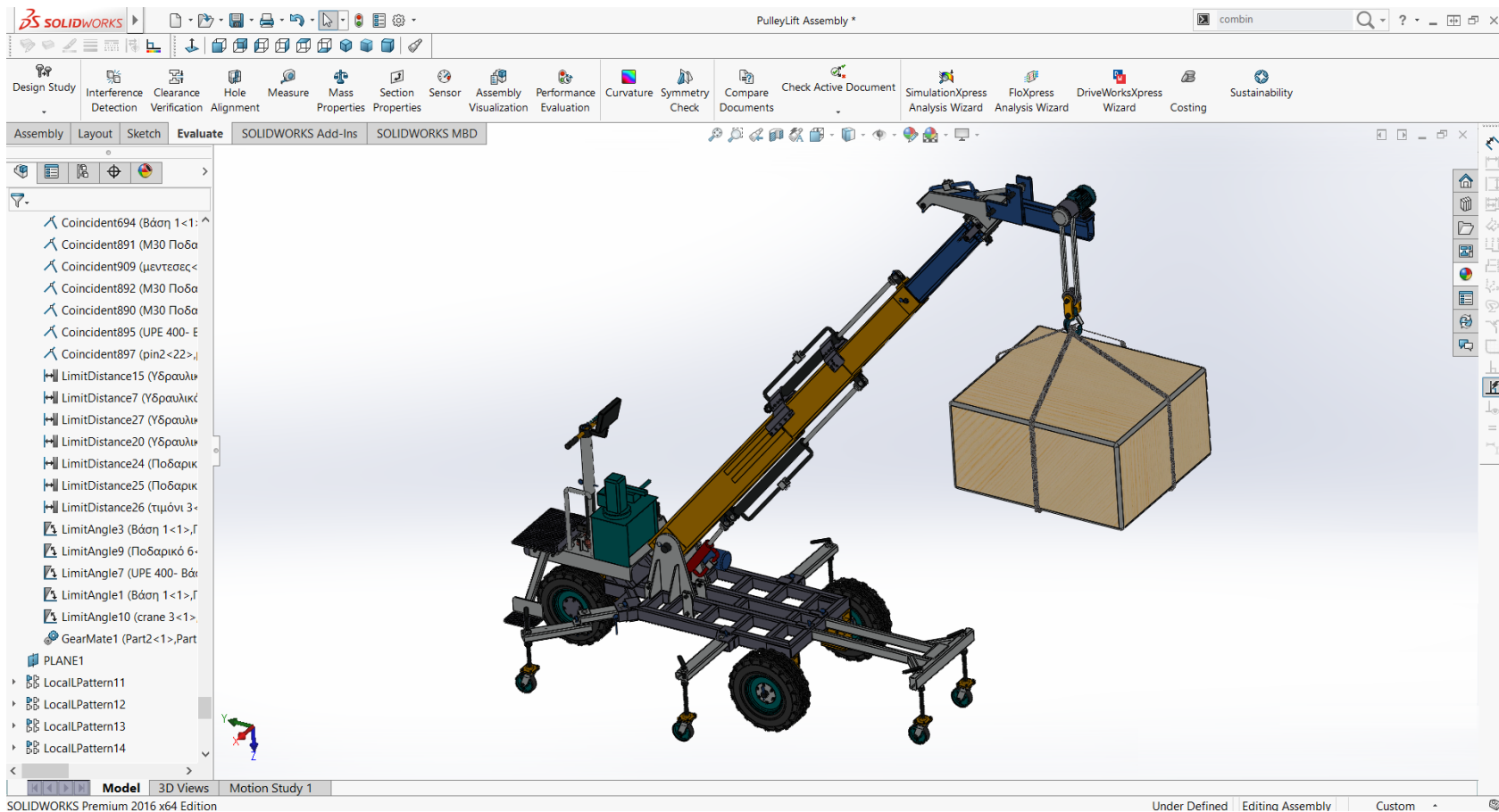
Εικόνα 31: Μέτρηση της κάθετης απόστασης του κέντρου βάρους και του άξονα του εμπρός βραχίονα στήριξης (διάταξη με περόνες)

8.2.B. Βαρούλκο με γάντζο και συρματόσχοινο για την μεταφορά ασκών με θραύσματα υάλου

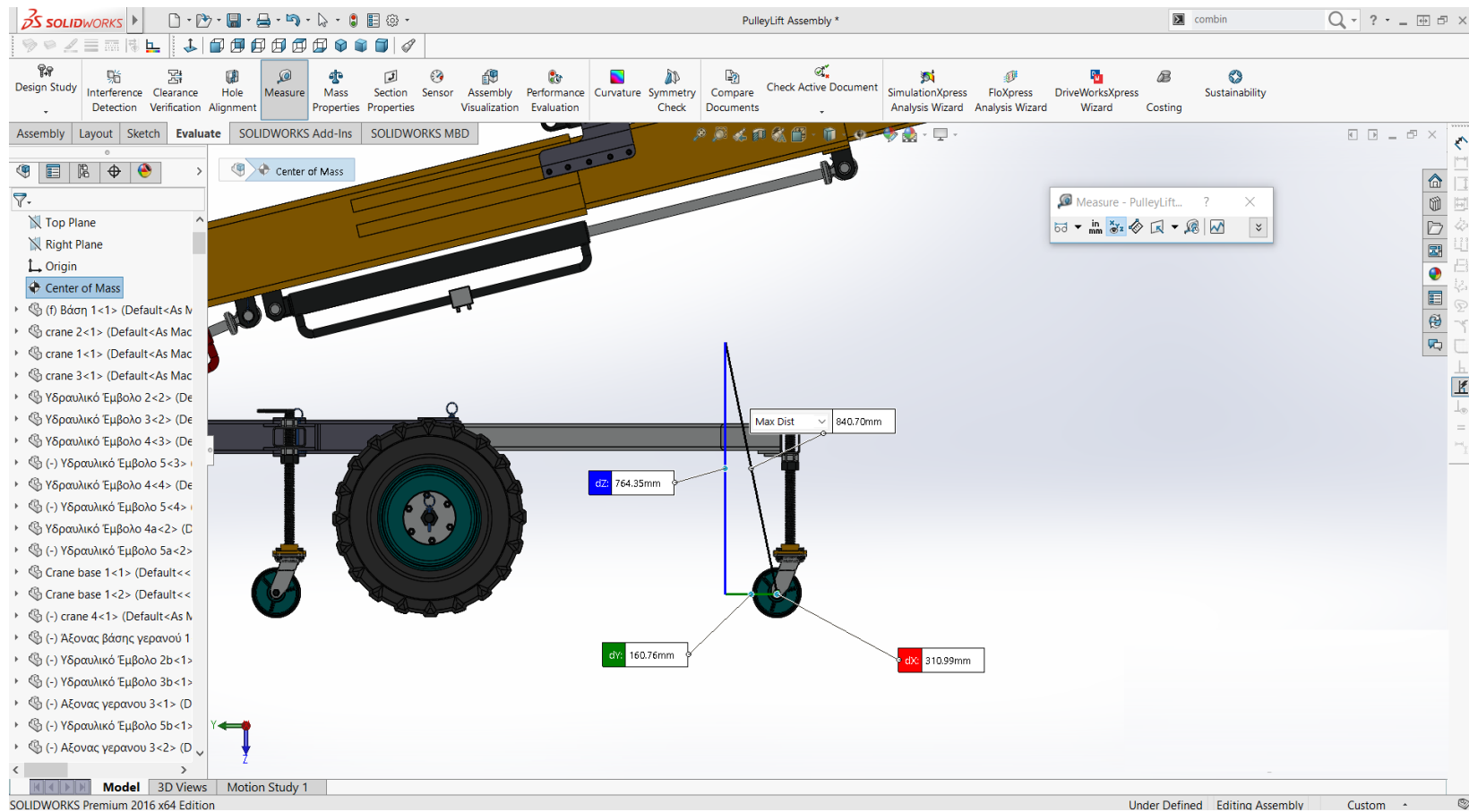
Για την διαχείριση χύδην φορτίων σε ασκούς ή φορτίων σε χώρους όπου αυτά δεν μπορούν να μεταφερθούν με περόνες, προτιμάται η λύση του γάντζου πρόσδεσης. Μέσω ενός συρματόσχοινου, το προσαρμοσμένο στην άκρη του βραχίονα βαρούλκο έλκει το φορτίο και έτσι αυτό μπορεί να ανυψωθεί και να μεταφερθεί. Λόγο των απαιτήσεων της γεωμετρίας της διάταξης αυτής, είναι απαραίτητη η προσθήκη δύο μεγαλύτερου μήκους τεμαχίων στο βραχίονα, ενός πριν την βάση του υδραυλικού εμβόλου και ενός μετά από αυτή. Οι προσθήκες του βαρούλκου και τον δύο επιμηκυμένων ακραίων τεμαχίων του βραχίονα, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού βάρους. Επιπλέον αυτή η διάταξη απαιτεί περισσότερο χρόνο για την συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση της. Ωστόσο με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται το ανώτερο ύψους στο οποίο μπορεί να ανυψωθεί το φορτίο, έτσι ώστε η μεταφορά ενός φορτίου από το έδαφος στο δάπεδο του πρώτου ορόφου ή η μεταφορά ενός φορτίου πάνω από έναν τοίχο και μέσα σε ένα κτίριο, να είναι εφικτή. Το βάρος του φορτίου μεταβάλλεται ανάλογα με την έκταση του βραχίονα και την γεωμετρία των τεμαχίων πριν και μετά τη βάση του εμβόλου. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση η οποία δοκιμάστηκε σε περιβάλλον Η/Υ, ο γερανός μπορεί να ανυψώσει φορτίο 412kg από το επίπεδο του εδάφους σε ύψος 2,8 μέτρων με τον βραχίονα του σε πλήρη έκταση. Στη λογική της προηγούμενης περίπτωσης μετατροπής, το προτεινόμενο μέγιστο φορτίο για λόγους ασφαλείας περιορίζεται στα 330kg.



Εικόνα 32: Οι επεκτάσεις του βραχίονα, το βαρούλκο και ο γάντζος πρόσδεσης



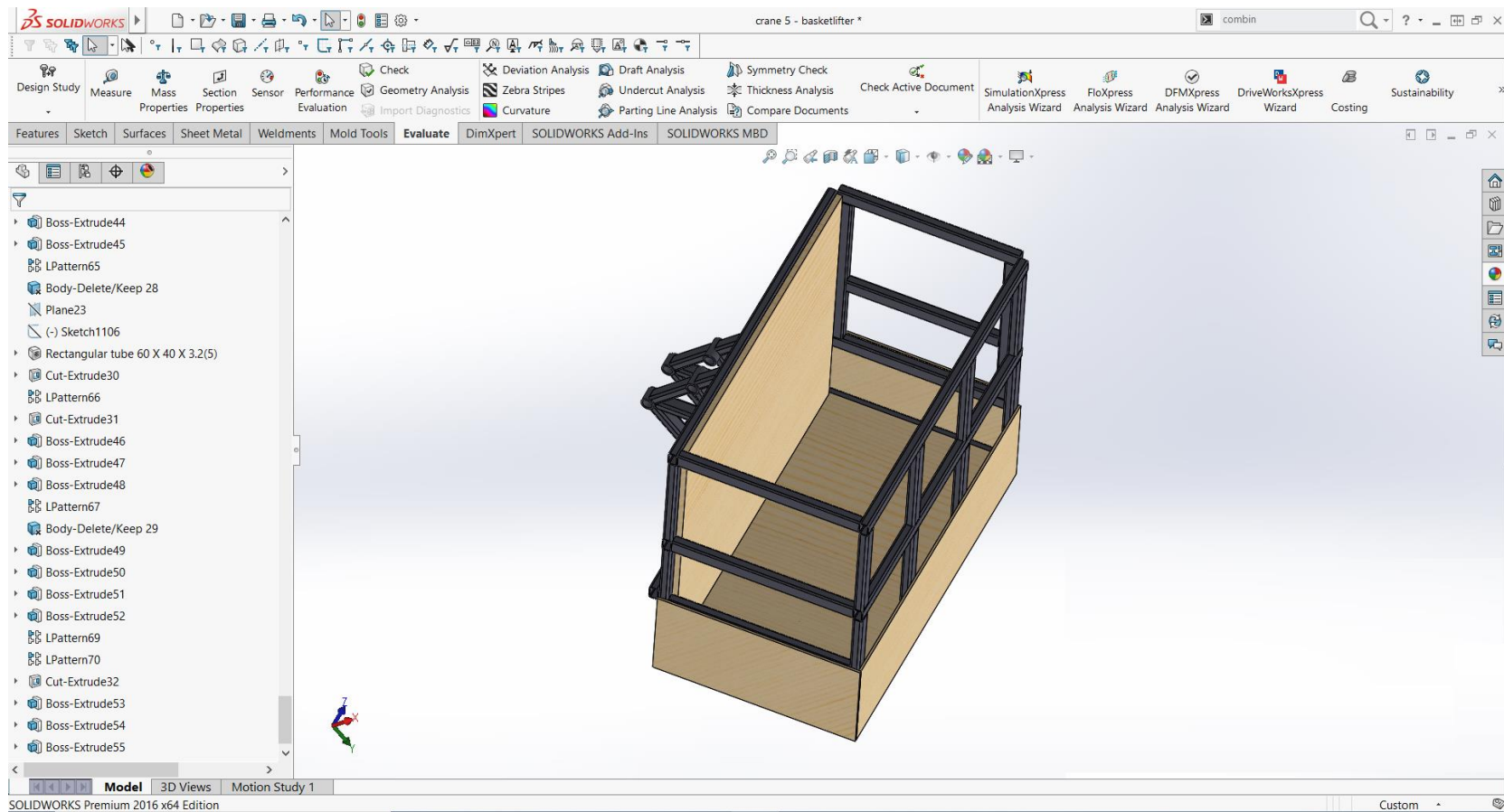
Εικόνα 33: Ο γερανός με τις επεκτάσεις του βραχίονα και το βαρούλκο εγκατεστημένα



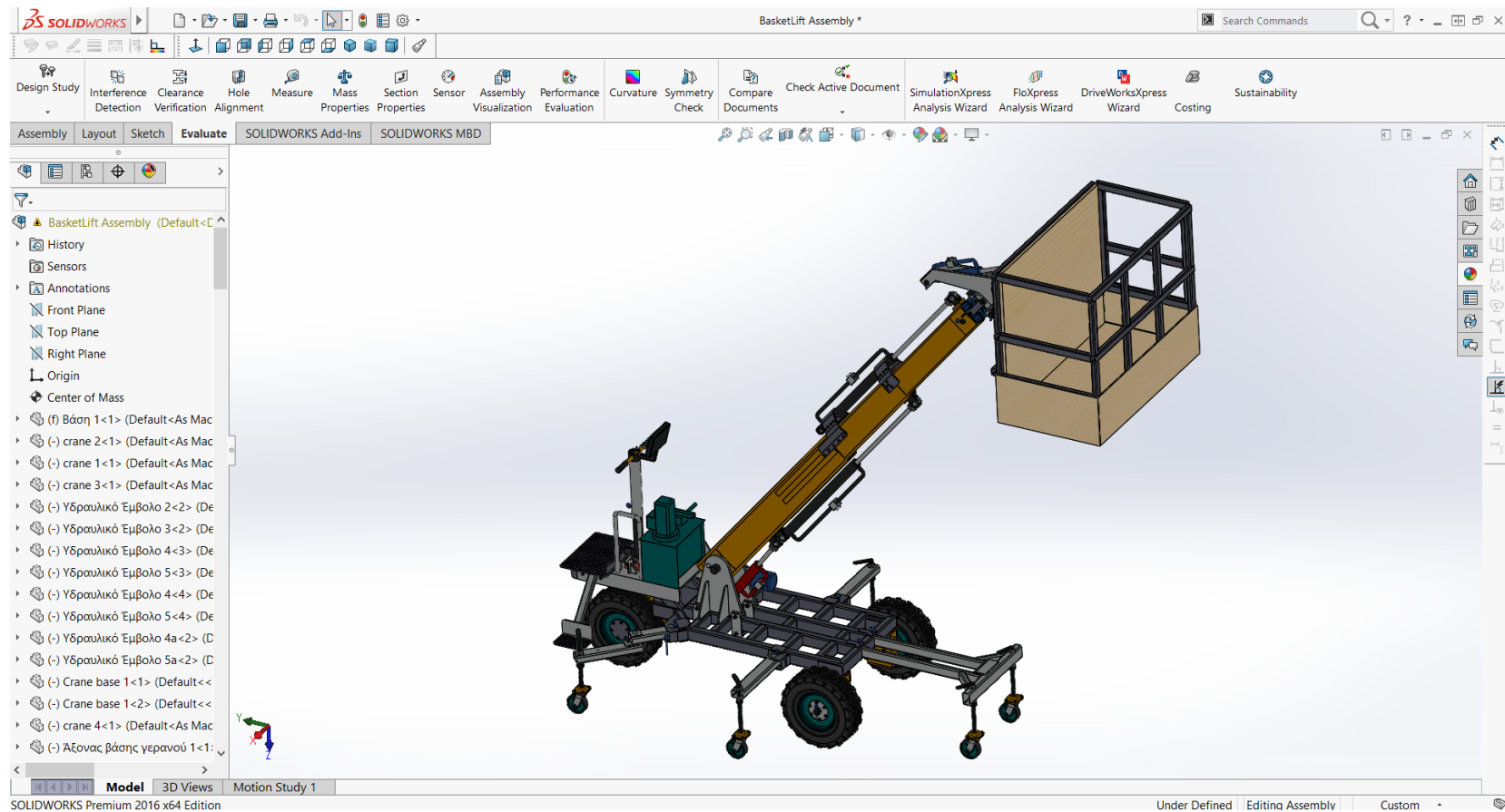
Εικόνα 34: Μέτρηση της κάθετης απόστασης του κέντρου βάρους και του άξονα του εμπρός βραχίονα στήριξης (διάταξη με βαρούλκο)

8.2.Γ. Καλάθι μεταφοράς προσωπικού για εργασίες σε ψηλές θέσεις

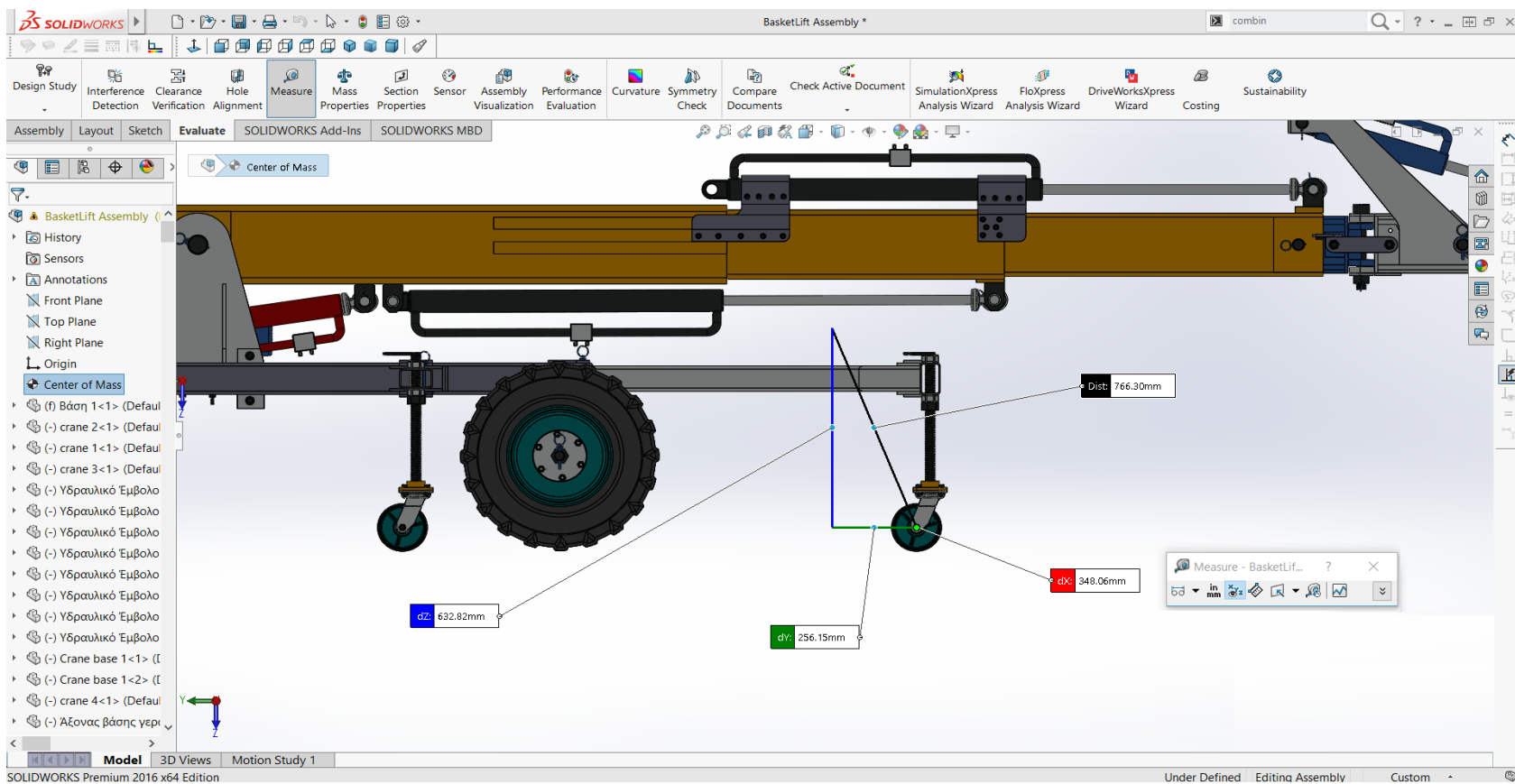
Ένα γερανοφόρο όχημα μπορεί, με την χρήση της κατάλληλης διάταξης να ανυψώσει εργατοτεχνίτες σε θέσεις όπου η πρόσβαση με άλλα μέσα είναι δύσκολη ή επικίνδυνη. Η χρήση καλάθων μεταφοράς προσωπικού (τα οποία είναι γνωστά και ως αναβατόρια) κάνει την διεξαγωγή εργασιών σε μεγάλα ύψη πολύ πιο άνετη και ασφαλή για τους εργαζόμενους. Η παρούσα μετατροπή χρησιμοποιεί μέρος του πλαισίου που φέρει βεντούζες για την συγκράτηση των υαλοπινάκων, για την δημιουργία ενός αναβατορίου με διαστάσεις 1,6 x 0,8 x 1,20 μέτρα (μήκος x πλάτος x ύψος) από χάλυβα και ξύλο. Το καλάθι προσθέτει αρκετό βάρος στην κατασκευή και σε μη επιθυμητό σημείο, ωστόσο το απαιτούμενο φορτίο που καλείται να ανυψωθεί δεν υπερβαίνει τα 250kg (δύο εργατοτεχνίτες εξοπλισμένοι με εργαλεία και ελαφριά μηχανήματα χειρός). Το καλάθι διαθέτει πόρτα σε μια από τις πλάγιες πλευρές του για εύκολη πρόσβαση. Η διάταξη αυτή είναι ιδανική για εσωτερικούς χώρους όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα προσέγγισης ενός μεγαλύτερου καλαθοφόρου οχήματος, ενώ με μια επέκταση του πλαισίου μπορεί να προστεθεί ένα στέγαστρο για την προστασία από τα καιρικά φαινόμενα κατά την εξαγωγή εξωτερικών εργασιών.



Εικόνα 35: Το καλάθι μεταφοράς προσωπικού



Εικόνα 36: Ο γερανός με την διάταξη του καλάθιού μεταφοράς προσωπικού εγκατεστημένη



Εικόνα 37: Μέτρηση της κάθετης απόστασης του κέντρου βάρους και του άξονα του εμπρός βραχίονα στήριξης (διάταξη με καλάθι μεταφοράς προσωπικού)

8.3. Ασφάλεια κατασκευής και ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός

Σε προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν οι κίνδυνοι που εγκυμονεί η μεταφορά υαλοπινάκων και η ανύψωση βαρέων φορτίων με την χρήση γερανοφόρων οχημάτων. Είναι κατανοητό ότι **πρέπει να λαμβάνονται όλες οι απαραίτητες προφυλάξεις** κατά την εκτέλεση αυτών των εργασιών και να μην λαμβάνονται ρίσκα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αστοχία και κατ' επέκταση σε κάποιο ατύχημα. Οι προβλεπόμενες διαδικασίες κατά την ανύψωση φορτίων πρέπει να ακολουθούνται κατά γράμμα, ενώ **το προσωπικό που εκτελεί τις εργασίες αυτές πρέπει να είναι τεχνικά καταρτισμένο, εξοπλισμένο με τα κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας (Μ.Α.Π.) και να επιβλέπεται από έναν υπεύθυνο** με την απαραίτητη εμπειρία. Κατά τον σχεδιασμό αυτού του αυτοκινούμενου γερανού, έγινε προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα μηχάνημα το οποίο θα είναι όσο το δυνατόν ασφαλέστερο για τον χρήστη και τους εργαζόμενους στον περιβάλλοντα χώρο κατά την εκτέλεση των εργασιών. Καταρχάς, **το φορτίο παραλαμβάνεται από το εμπρόσθιο** (σύμφωνα με την κύρια κατεύθυνση της κίνησης) **τμήμα του μηχανήματος**, γεγονός που επιτρέπει στον οδηγό να έχει την βέλτιστη δυνατή ορατότητα του. Παράλληλα, **η θέση του χειριστή βρίσκεται στο ακραίο οπίσθιο μέρος του οχήματος**, σχεδιασμός που δίνει στον χειριστή καλύτερες δυνατότητες χειρισμού του γερανού, αλλά και την μέγιστη δυνατή απόσταση και ασφάλεια σε περίπτωση πτώσης του φορτίου ή αστοχίας του βραχίονα του γερανού. Στο πίσω μέρος του μηχανήματος υπάρχουν **αφαιρούμενα αντίβαρα**, τα οποία προσφέρουν επιπλέον ασφάλεια στο γερανοφόρο όχημα, καθώς προσδίδουν μεγαλύτερη προστασία από ανατροπές. Ο γερανός είναι εξοπλισμένος με **συμπτυσσόμενους βραχίονες εμπρόσθιας και πλευρικής στήριξης** (ποδαρικά), οι οποίοι του προσφέρουν περαιτέρω σταθερότητα, ενώ φέρουν στις βάσεις τους τροχούς, για ομαλή κύλιση. Επιπλέον οι βραχίονες αυτοί κλειδώνουν με πύρους, τόσο στην κλειστή όσο και στην ανοικτή τους θέση. Η γενική γεωμετρία του μηχανήματος και κυρίως του βραχίονα έχει μελετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε σε περίπτωση λανθασμένου χειρισμού του χειριστή, να μην είναι γεωμετρικά εφικτό να προσκρούσει κά-

ποιο κινητό τμήμα του γερανού σε κάποιο άλλο, προκαλώντας φθορά σε αυτόν. Στη πλατφόρμα όπου στέκεται ο χειριστής, έχει γίνει η προσθήκη ενός **προφυλακτήρα** που να μην επιτρέπει σε αυτόν να πατήσει πιο μπροστά από ένα συγκεκριμένο σημείο. Έτσι προστατεύονται τα πόδια του χειριστή από τα κινούμενα μέρη που βρίσκονται στη βάση του τιμονιού του μηχανήματος. Προκειμένου να αποφευχθεί τυχόν τραυματισμός ή βλάβη του οχήματος, οι κωνικοί οδοντωτοί τροχοί της διάταξης μετάδοσης κίνησης καλύπτονται από έναν **στιβαρό αφαιρούμενο χαλύβδινο προφυλακτήρα**, που στηρίζεται στο βραχίονα στήριξης του οπίσθιου τροχού και στη βάση του υδραυλικού κινητήρα. Για την εύκολη και ασφαλή άνοδο του χειριστή στην πλατφόρμα αυτή, έχει δημιουργηθεί μια **μικρότερη εξέδρα** (σκαλοπάτι) **σε μικρότερο ύψος από το έδαφος**, όπου ο χειριστής μπορεί να πατήσει και να ανέβει στην κύρια πλατφόρμα με μεγαλύτερη άνεση. Επιπλέον στη εξέδρα αυτή υπάρχει μια **κουπαστή** για να μπορεί να στηριχθεί ο χειριστής κυρίως κατά την άνοδο και κάθοδο του από το μηχάνημα. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι, παρά τις φιλότιμες προσπάθειες του σχεδιαστή - μελετητή, λόγω έλλειψης εμπειρίας, αλλά και των προτύπων ασφαλείας που εκδίδουν οι αρμόδιοι οργανισμοί, η παρούσα προσπάθεια αποτελεί μια σχεδιαστική και μελετητική άσκηση και δεν θα πρέπει να θεωρείται ως ένα σχέδιο ενός μηχανήματος έτοιμου να κατασκευαστεί και να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες. Ωστόσο στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας, έγινε προσπάθεια μέσω του σχεδιασμού να μειωθούν οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι για τον χειριστή και τους άλλους εργαζόμενους στο χώρο εργασίας, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό.

8.4. Περιβαλλοντικές και υγειονομικές ανησυχίες

Εδώ και αρκετά χρόνια, **τα αποτελέσματα του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής έχουν αρχίσει να γίνονται ορατά** και δεν αποτελούν πλέον μια «αδιόρατη απειλή» για την οποία προειδοποιούν οι ειδικοί ερευνητές-επιστήμονες του κλάδου. Η συχνή **εμφάνιση εξαιρετικά ακραίων καιρικών φαινομένων**, σε περιοχές και εποχές του χρόνου όπου υπό κανονικές συνθήκες θα φάνταζε αδιανόητη, θα πρέπει να κρούει τον κώδωνα του κινδύνου,

καθώς αυτό είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου των αλλαγών που πρόκειται να ακολουθήσουν. Η παγκόσμια αλλαγή του κλίματος δεν επηρεάζει μόνο την βιοποικιλότητα του πλανήτη αλλά δημιουργεί προβλήματα και στην ποιότητα της ζωής του ανθρώπου. Η πηγή του προβλήματος δεν είναι άλλη από την **επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με τα γνωστά «αέρια του θερμοκηπίου»**, το κυριότερο από τα οποία είναι το **διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)**. Η παραγωγή του κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη η οποία έχει πολλές δυσάρεστες συνέπειες. **Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης διευκολύνει την δημιουργία δασικών πυρκαγιών και οδηγεί στο λιώσιμο των πάγων του βορείου και νότιου ημισφαιρίου που αποτελούν πηγές πόσιμου νερού.** Αυτό, καταλήγοντας στη θάλασσα, αυξάνει τη στάθμη της, μειώνει την αλατότητα της και διαταράσσει τα θαλάσσια ρεύματα. Σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μόνιμη ριζική αλλαγή του κλίματος, με την βύθιση και **ερημοποίηση μέχρι πρότινος εύφορων και κατοικήσιμων περιοχών του πλανήτη, την αύξηση των ασθενειών** (κυρίως όσων μεταδίδονται μέσω εντόμων) **και την δημιουργία λιμών από την καταστροφή των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.** Οι κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές συνέπειες για τον άνθρωπο θα είναι τεράστιες και θα περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, **μετακινήσεις πληθυσμών και ένοπλες συρράξεις** για την κυριαρχία επί των φυσικών πόρων και των κατάλληλων για καλλιέργεια εκτάσεων.

8.4.A. Αντιρρυπαντική νομοθεσία

Υπο το πλαίσιο αυτών των εξελίξεων, οι περισσότερες χώρες του κόσμου έχουν συμφωνήσει εδώ και μερικές δεκαετίες να λάβουν από κοινού **μέτρα για τον περιορισμό του φαινομένου.** Ήδη από το 1997, με το **«Πρωτόκολλο του Κιότο»**, έχουν γίνει δεσμεύσεις από τις μεγαλύτερες οικονομίες του κόσμου για την μείωση των εκπομπών των έξι κυριότερων αερίων που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, **του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), του μεθανίου (CH₄), του υποξειδίου του αζώτου (N₂O) και διαφόρων βιομηχανικών φθοριούχων αερίων, όπως των HFCs και PFCs και του εξαφθοριούχου θείου**

(SF6). Επιπλέον, για τα οχήματα που κινούνται στους δρόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν θεσπιστεί ειδικοί κανονισμοί για τις **μέγιστες επιτρεπόμενες εκπομπές CO₂**, οι οποίοι είναι γνωστοί με τις ονομασίες «**EURO-XX**» (όπου XX ο αριθμός-κωδικός της εκάστοτε έκδοσης). Τη χρονική στιγμή που συντάσσεται αυτή η εργασία, οι ισχύουσες νομοθεσίες για τα επιβατικά οχήματα που κινούνται με βενζίνη και πετρέλαιο είναι οι **EURO 6D**, οι οποίες θα αποκτήσουν πλήρη ισχύ από τον Ιανουάριο του 2020. Για τις μοτοσυκλέτες η ισχύουσα νομοθεσία περί εκπομπών CO₂ είναι η **EURO 4**, με την EURO 5 να την αντικαθιστά από το 2020. Επιπλέον, για τα οχήματα και τα μηχανήματα που δεν κυκλοφορούν σε δημόσιου δρόμους, υπάρχει περαιτέρω νομοθεσία που περιορίζει τις εκπομπές ρύπων με ένα παράδειγμα να αποτελεί την απαγόρευση της χρήσης καυσίμων με περιεκτικότητα σε θείο άνω του 0,1% σε πλοία που διασχίζουν την Βόρεια θάλασσα και πλέον με τη σημαία χωρών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Oikologos.gr, 2019; Euroopa.eu, 2019)

8.4.B. Υγιεινή και ασφάλεια του προσωπικού στο χώρο εργασίας

Ο σχεδιασμός ενός μηχανήματος οφείλει να λαμβάνει υπόψιν του τις επιπτώσεις που η λειτουργία του μπορεί να έχει στον άνθρωπο και το περιβάλλον, ακόμα και υπό την απουσία των περιοριστικών νομοθεσιών και των σοβαρών πρόστιμων σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης με τους κανονισμούς. Ο παράγοντας της επιβάρυνσης της υγείας των εργαζομένων είναι υψίστης σημασίας για έναν σχεδιαστή μηχανολόγο. Τα μηχανήματα που κινούνται με την ενέργεια από την καύση ορυκτών καυσίμων, εκπέμπουν τοξικούς για τον ανθρώπινο οργανισμό ρύπους που έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν μακροπρόθεσμα σοβαρές ασθένειες που σχετίζονται με το αναπνευστικό. Οι συνέπειες από την εισπνοή αυτών των ρύπων γίνονται εντονότερες όταν οι εργασίες λαμβάνουν χώρα σε κλειστούς και μη καλά αεριζόμενους χώρους εργασίας και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να αποβούν μοιραίες, ειδικά σε άτομα με αναπνευστικά και άλλα προβλήματα υγείας. Με τα παραπάνω δεδομένα, επιλέχθηκε η λύση των ηλεκτρικών συστοιχιών για την παροχή ενέργειας στο γερανοφόρο όχημα, καθώς πρόκειται για μια πιο υγιεινή λύση, αφού δεν επιβαρύνει με καυσαέρια τον

χώρο εργασίας. Ωστόσο θα πρέπει να επισημανθεί πως η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι εξ' ορισμού μη επιβαρυντική για το περιβάλλον, καθώς ένα πολύ μικρό της μέρος προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιπλέον υλικά όπως το λίθιο και το κάδμιο, που αποτελούν βασικά συστατικά των σύγχρονων ηλεκτρικών συστοιχιών είναι βαρέα μέταλλα τα οποία κατά την εξόρυξη τους, παράγουν βιομηχανικά απόβλητα που χρήζουν ιδιαίτερης διαχείρισης ενώ, καθώς η ανάγκη για εξόρυξη όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων για την κάλυψη της παγκόσμιας ζήτησης αυξάνεται, θα μεγαλώνει και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αυτών των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

8.4.Γ. Ανακυκλωσιμότητα υλικών

Τα επιλεγμένα υλικά για την κατασκευή του γερανοφόρου οχήματος είναι, ως επί το πλείστον, ανακυκλώσιμα, με τον χάλυβα και τα πολυμερή όπως το πλαστικό και το καουτσούκ να αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των εξαρτημάτων του μηχανήματος. Το γεγονός αυτό συμβάλει στην μείωση του περιβαλλοντολογικού αποτυπώματος του οχήματος και στην εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων από την μεταπώληση των προς ανακύκλωση υλικών στο τέλος της ζωής του. Ο χάλυβας μπορεί να τηχθεί σε ειδικά χυτήρια και στη συνέχεια, αφού καθαριστεί από διάφορες ακαθαρσίες, να χυτευτεί σε μεγάλα μπλοκ και έπειτα να μορφοποιηθεί σε τυποποιημένες διατομές και να διατεθεί στο εμπόριο. Το κυριότερο πλεονέκτημα του είναι ότι μπορεί να επαναχρησιμοποιείται χωρίς κάποια περαιτέρω επεξεργασία, πρακτικά επ' αόριστον, γεγονός που συμβάλει στον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Infoservice.com.gr, 2019). Η ανακύκλωση πλαστικών συνιστά γενικά μια δύσκολη διαδικασία και πολλές φορές οικονομικά ασύμφορη. Τα περισσότερα πλαστικά, λόγω της πολύπλοκης χημικής τους δομής, διασπώνται με πολύ αργό ρυθμό στο περιβάλλον, ενώ ακόμα και κατά την επεξεργασία τους σε εγκαταστάσεις ανακύκλωσης απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας για τη διάσπαση των οργανικών τους αλυσίδων. Από περιβαλλοντική άποψη όμως, η ανακύκλωση των πλαστικών είναι πολύ σημαντική γιατί σε αρκετά

πλαστικά περιέχονται χλώριο και λοιπές αρωματικές ή πολυκυκλικές οργανικές ενώσεις οι οποίες, κατά την καύση τους συνήθως με άλλα αστικά απόβλητα, παράγουν πολύ τοξικές ενώσεις που μπορούν, μέσω της βροχής, να εισχωρήσουν στον υδροφόρο ορίζοντα και κατ' επέκταση στον οργανισμό του ανθρώπου. Η παραμονή του στο περιβάλλον έχει ολέθριες συνέπειες, τόσο για την πανίδα όσο και τη χλωρίδα των τοπικών οικοσυστημάτων (User, 2019). Τα έλαια του υδραυλικού συστήματος μπορούν να υποστούν ορισμένες κατεργασίες, μέσω των οποίων καθαρίζονται και μετατρέπονται σε βασικό λιπαντικό με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους. Σκοπός των διεργασιών αυτών είναι η απομάκρυνση μη επιθυμητών συστατικών που έχουν προστεθεί κατά το τελικό στάδιο της παραγωγής των λιπαντικών (πρόσθετα), κατά την χρήση του λιπαντικού και κατά την συλλογή και μεταφορά του και η αποκατάσταση των λιπαντικών ιδιοτήτων. Τα διαφορετικά κλάσματα των αναγεννημένων λιπαντικών μετά από ανάμειξη μεταξύ τους και με κατάλληλα πακέτα προσθέτων, διατίθενται στην αγορά ως τελικά λιπαντικά προϊόντα με τις ίδιες προδιαγραφές όπως και τα πρωτογενή λιπαντικά. Οι εφαρμοζόμενες διεργασίες επαναδιύλισης, διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, την χρήση φυσικών πόρων και ενέργειας καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι διεργασίες επαναδιύλισης που χρησιμοποιούνται είναι η τροποποιημένη μέθοδος θειικού οξέως και η μέθοδος καταλυτικής υδρογόνωσης. Σε σύγκριση με άλλες εναλλακτικές λύσεις, η επαναδιύλιση αποτελεί περιβαλλοντικά την πλέον ενδεδειγμένη λύση εφόσον αποτελεί διαδικασία ανακύκλωσης και συμβάλλει θετικά στον κύκλο ζωής των λιπαντικών (Endiale.gr, 219).

8.5. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη της κατασκευής

Με την αποπεράτωση αυτού του σχεδιαστικού και μελετητικού εγχειρήματος, είναι σκόπιμο να γίνουν ορισμένες παρατηρήσεις όσον αφορά τα περιθώρια βελτίωσης της κατασκευής. Οι προτάσεις που προκύπτουν από μια τέτοια διαδικασία μπορούν να βοηθήσουν στην βελτιστοποίηση του τελικού σχεδίου, ωθώντας το σε μια πιο πλήρη και αξιοποιήσιμη μορφή. Με την προσθήκη των τεχνικών προτύπων και τις τροποποιήσεις που αυτά μπορεί να επιβάλουν, το τελικό αποτέλεσμα θα δύναται, μετά την ολοκλήρωση των απαραίτητων τεχνικών ελέγχων, να πλησιάζει ένα εμπορικά εκμεταλλεύσιμο προϊόν. Η ελάττωση του βάρους είναι πάντα μια σημαντική βελτίωση σε μια κατασκευή, καθώς η οικονομία σε καύσιμα και ενέργεια, η δυνατότητα χρήσης μηχανισμών με μικρότερη ισχύ και κόστος, η ευκολία μεταφοράς, χειρισμών και συντήρησης και η μικρότερη φθορά σε κινούμενα μέρη είναι πάντα καλοδεχούμενη. Η μείωση του αποτυπώματος της βάσης του γερανοφόρου οχήματος θα αποφέρει οφέλη στην ευκολία διέλευσης του μηχανήματος από σημεία όπου ο χώρος είναι περιορισμένος ενώ να διευκολύνει και την μεταφορά του κυρίως από ημιφορτηγά με κλειστού τύπου καρότσα. Ένας ακόμα τομέας όπου θα μπορούσε να υπάρξει βελτίωση είναι η απλότητα της κατασκευής. Ο σχεδιασμός ενός απλούστερου μηχανήματος, αποτελούμενου από λιγότερες διαφορετικές σε διαστάσεις διατομές, λιγότερα σε αριθμό τεμάχια και με λιγότερες απαιτούμενες εργασίες όπως η συγκόλληση ή η κοπή, θα μειώσουν δραματικά τόσο το κόστος, όσο και το χρόνο κατασκευής. Τέλος μια συνολική επανεκτίμηση όλων των τεμαχίων, κυρίως των έτοιμων και αγορασμένων από το εμπόριο, θα μπορούσε να αποφέρει μια, επιπλέον, σημαντική ελάττωση του κόστους.



Εικόνα 38: Οικονομική ανάλυση (Stockwatch.com.cy, 2019)

9. Συζήτηση - Ανάλυση

9.1. Ανάλυση και αντιμετώπιση προβλημάτων – πορεία εργασίας

Κατά την διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας, παρουσιάστηκαν μια σειρά από προκλήσεις και προβλήματα που επιβράδυναν την αποπεράτωση της εργασίας και απαιτήσαν αρκετή ενέργεια, χρόνο και μελέτη της διαθέσιμης βιβλιογραφίας, προκειμένου να βρεθούν οι τελικές λύσεις. Οι κυριότερες από αυτές αφορούσαν τον σχεδιασμό και την μελέτη του γερανοφόρου οχήματος, χωρίς ωστόσο να περιορίζονται μόνο στο τεχνικό μέρος. Πριν την σχεδιομελέτη του γερανοφόρου οχήματος έπρεπε να γίνει μια σειρά ενεργειών, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το μετέπειτα παραγόμενο έργο θα παρέμενε εντός της θεματικής της εργασίας, πως το τελικό αποτέλεσμα θα ήταν ορθό και τα συμπεράσματα που θα προκύπτανε αξιόπιστα. Αρχικά προσδιορίστηκε το αντικείμενο της εργασίας, το οποίο φυσικά δεν περιορίζεται στη σχεδιομελέτη ενός κατασκευάσματος, αλλά επεκτείνεται και σε άλλους τομείς. Η μεθοδολογία του σχεδιασμού, η διασαφήνιση των στόχων που αφορούν την κατασκευή, η ασφάλεια στο χώρο εργασίας κατά την λειτουργία του μηχανήματος, το κόστος κατασκευής και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του ήταν από τα πρώτα τεχνικά σημεία όπου αποφασίστηκε ότι θα έπρεπε να δοθεί ειδικό βάρος. Πέραν αυτών ωστόσο, έπρεπε να προσδιοριστεί το θεματικό εύρος της εργασίας. Εξαρχής υπήρχε η πρόθεση, από τη πλευρά του φοιτητή που εκπόνησε την παρούσα εργασία, να υπάρξουν ειδικές αναφορές σε πρότυπα ασφαλείας όσον αφορά την εγκατάσταση και χρήση ανυψωτικών διατάξεων αλλά και της νομοθεσίας που διέπει τις διαδικασίες τεχνικού ελέγχου. Επιπλέον, καθώς το κύριο φορτίο το οποίο θα κλινόταν να ανυψώσει ο γερανός ήταν υαλοπίνακες μεγάλων διαστάσεων και βάρους, υπήρχε η επιθυμία εύρεσης κανονισμών και οδηγιών για την διαχείριση υαλοπινάκων κατά την μεταφορά και αποθήκευση. Για την εύρεση όλων των παραπάνω

αρχικά έγινε μια αναζήτηση γενικών πληροφοριών που αφορούσαν τα διάφορων τύπων γερανοφόρα οχήματα και έπειτα εκτεταμένη βιβλιογραφική αναζήτηση. Η συλλογή, η ταξινόμηση και η επαλήθευση των πληροφοριών μέσα από διασταύρωση από περισσότερες από μια πηγές, αποτέλεσε μια χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία, η οποία ήταν απαραίτητη ώστε να δημιουργηθούν ισχυρά θεμέλια για την εκπόνηση ενός, όσο το δυνατόν περισσότερο, επιστημονικά άρτιου έργου. Από αυτήν την αναζήτηση στην υπάρχουσα βιβλιογραφία προέκυψαν και τεχνικές οδηγίες που βοήθησαν στην ορθότερη διεξαγωγή της μετέπειτα μελέτης. Στη συνέχεια με την πρόθεση να αναδειχθούν οι τεχνικές ιδιαιτερότητες του σχεδιασμού του γερανοφόρου οχήματος, δημιουργήθηκε ένα κεφάλαιο στο οποίο έγινε αναφορά για τις αρχές που διέπουν την λειτουργία ορισμένων τμημάτων του και τα φαινόμενα που εμφανίζονται στην κατασκευή κατά την διάρκεια των εργασιών. Όπως και πριν, απαιτήθηκε αρκετός χρόνος για την συλλογή πληροφοριών και αρκετή μελέτη για την κατανόηση της μηχανολογίας της κατασκευής, έτσι ώστε να γίνει μια επαρκής παρουσίαση και επεξήγηση της στα πλαίσια αυτού του κεφαλαίου.

Στο στάδιο της σχεδιομελέτης, οι τεχνικές δυσκολίες που αντιμετώπισε ο σχεδιαστής-μελετητής της κατασκευής ήταν αρκετές, καθώς δεν διέθετε προηγούμενη εμπειρία στο σχεδιασμό παρόμοιων οχημάτων. Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που παρουσιάστηκαν ήταν η επιλογή ορισμένων τεμαχίων από το εμπόριο. Λόγω της φύσης της κατασκευής έπρεπε να βρεθούν συμβατά μεταξύ τους εξαρτήματα κατάλληλα για την συγκεκριμένη εφαρμογή από διαφορετικά οχήματα και προμηθευτές με επαρκή στοιχεία για μπορέσουν να μοντελοποιηθούν με ακρίβεια στο περιβάλλον του σχεδιαστικού και μελετητικού προγράμματος Solidworks 2016 της εταιρίας Dassault, ενώ παράλληλα έπρεπε να υπάρχει η δυνατότητα κοστολόγησης τους. Κάθε απόρριψη εξαρτήματος λόγω έλλειψης στοιχείων, ασυμβατότητας ή υπερβολικού κόστους, οδηγούσε στην ανάγκη επανασχεδιασμού του συγκεκριμένου τμήματος του γερανού, στην πιθανή απόρριψη συνεργαζόμενων τεμαχίων και αποτελούσε τροχοπέδη σε κάθε βήμα του σχεδιασμού. Με την ολοκλήρωση του σχεδιαστικού μέρους της κατασκευής έπρεπε να γίνει μια μελέτη με σκοπό να βρεθούν τυχόν αδυναμίες στο σχέδιο,

να βελτιωθεί η κατασκευή και να εξασφαλιστεί επιστημονικά η δομική ακεραιότητα της και η ασφάλεια όσων θα ήταν παρόντες κατά την εκτέλεση των εργασιών. Αρχικά έγινε εύρεση του κέντρου βάρους όταν το όχημα ανύψωνε το μέγιστο επιτρεπτό φορτίο στην δυσμενέστερη θέση με τον μεγαλύτερο κίνδυνο ανατροπής. Με την βοήθεια του προγράμματος Solidworks 2016, έγινε ακριβής προσδιορισμός του κέντρου βάρους και καθώς τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά, το επόμενο στάδιο της μελέτης ήταν η στατική δοκιμή με προσυζητημένο φορτίο, κατά τις οδηγίες που ευρέθησαν στην βιβλιογραφία. Σε αυτό το κομμάτι της μελέτης, λόγω έλλειψης εμπειρίας, έπρεπε να αναζητηθούν από κάθε δυνατή πηγή πληροφορίες για την διεξαγωγή της μελέτης. Ένα από τα πρώτα προβλήματα που προέκυψαν, ήταν η αδυναμία του Η/Υ που ανέλαβε να εκτελέσει τους υπολογισμούς των μελετών να ανταπεξέλθει στο έργο αυτό, εξαιτίας της περιπλοκότητας του assembly. Στις πρώτες απόπειρες που έγιναν, ο Η/Υ και οι solvers του λογισμικού εξαντλούσαν τους διαθέσιμους πόρους τους με αποτέλεσμα τα simulation να μην ολοκληρώνονται και το πρόγραμμα να “παγώνει” και να σταματάει να λειτουργεί. Για αυτούς τους λόγους, το αρχικό assembly απώλεσε το μεγαλύτερο μέρος των τεμαχίων (parts) που το αποτελούσαν και διατήρησε μόνο τα απολύτως απαραίτητα για την διεξαγωγή της μελέτης. Τα τεμάχια που παρέμειναν απλοποιήθηκαν γεωμετρικά, με σκοπό την διευκόλυνση του έργου του Η/Υ και την αύξηση της ταχύτητας επίλυσης της μελέτης. Επιπροσθέτως, για την καλύτερη διεξαγωγή της μελέτης, το αρχικό assembly διαχωρίστηκε σε 3 sub-assembly. Χρειάστηκαν αρκετές προσπάθειες και χρόνος ώστε να μπορέσει η μελέτη να αποδώσει αξιόπιστα και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα. Ακόμα και όταν μετά από αρκετές τροποποιήσεις τα simulation μπόρεσαν να ολοκληρωθούν, τα αποτελέσματα ήταν μη ρεαλιστικά και αναξιόπιστα. Χρειάστηκαν αρκετές δοκιμές, με διαφορετικές ρυθμίσεις στις παραμέτρους των μελετών, αλλά και αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο αυτές διεξήχθησαν, ώστε να αποκτήσει η μελέτη μια αποδεκτή φερεγγυότητα. Έγιναν μετατροπές σε ορισμένα από τα αρχικά τεμάχια προκειμένου να αποκτήσουν κατάλληλη γεωμετρία για την διεξαγωγή της μελέτης, αλλά και σε περιπτώσεις όπου έπρεπε να ενισχυθεί η κατασκευή με βάση τα ληφθέντα αποτελέσματα.

Στη συνέχεια, η αξιοπιστία της μελέτης εξετάστηκε με γνωστές μεθόδους, με στόχο την εύρεση σύγκλισης μεταξύ των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, διεξήχθησαν 6 simulation για κάθε ένα από τα τρία subassembly που αποτελούν την κατασκευή. Ορίζοντας ένα αρχικό μέγεθος πλέγματος (mesh) και διαιρώντας το μέγιστο μέγεθος των στοιχείων που το αποτελούν με τον αριθμό 2 σε κάθε διαδοχικό simulation, ελήφθησαν 6 διαφορετικές τιμές μέγιστης τάσης (max stress) για κάθε subassembly. Οι τιμές αυτές τοποθετήθηκαν σε ένα διάγραμμα μαζί με τις αντίστοιχες τιμές μέγιστου μεγέθους στοιχείου του πλέγματος, και δημιουργήθηκαν τρία διαγράμματα σύγκλισης. Μετά την λήξη της μελέτης και την οριστικοποίηση της μορφής του γερανού, δημιουργήθηκαν τα κατασκευαστικά σχέδια ολόκληρου του γερανοφόρου οχήματος, με την εξαίρεση των τεμαχίων που αποκτήθηκαν από το εμπόριο. Καθώς τα τεμάχια ήταν πολυάριθμα, χρησιμοποιήθηκε ειδικό σύστημα ονομασίας και ταξινόμησης τους σε ομάδες ανάλογα με το τμήμα της κατασκευής στο οποίο ανήκουν. Τα κατασκευαστικά σχέδια του οχήματος παραθέτονται στο παράρτημα της εργασίας, μαζί με τις πηγές των πρώτων υλών και των τεμαχίων που αποκτήθηκαν από το εμπόριο. Στη πορεία της δημιουργίας αυτής της πτυχιακής εργασίας, από την ιδέα για την διαμόρφωση του θέματος, μέχρι την τελική ολοκλήρωση της, προέκυψαν αρκετές δυσκολίες οι οποίες υπερσκελίστηκαν με την υπομονή και τις συνεχείς προσπάθειες του εκπονητή της.

9.2. Συνεισφορά στον κλάδο και τα οφέλη της πτυχιακής για τον φοιτητή

Σε κάθε απόπειρα επίλυσης ενός προβλήματος ή εύρεσης της σωστής απάντησης σε μια ερώτηση, υπάρχει πάντα μια διεργασία η οποία φέρνει σε επαφή το αντικείμενο και τον ερευνητή. Μέσα από τη διεργασία αυτή παράγεται ένα αποτέλεσμα, μια απάντηση που γίνεται παρακαταθήκη για τον συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα, και δίνει με την σειρά της τα γνωστικά και τεχνολογικά εφόδια σε ερευνητές του ίδιου ή άλλων κλάδων ώστε, μέσα από

τις δικές τους προσπάθειες, να προάγουν την επιστήμη και να βελτιώσουν την ζωή του ανθρώπου. Ωστόσο, ο εκάστοτε επιστημονικός τομέας, δεν είναι ο μόνος ωφελημένος από αυτή την αλληλεπίδραση. Η ενασχόληση ενός ερευνητή, σπουδαστή ή μηχανικού με ένα τέτοιο εγχείρημα είναι μια δημιουργική εργασία, που διευρύνει τους γνωστικούς και όχι μόνο ορίζοντες του, αφήνοντας μια μόνιμη επίδραση σε αυτόν. Όπως η παρατήρηση ενός ηλεκτρονίου επηρεάζει τόσο την φύση του (διαχωρίζοντας για την συγκεκριμένη στιγμή τον δυϊσμό της συμπεριφοράς του από σωματιδιακή σε κυματική) όσο και την αντίληψη του παρατηρητή για αυτή, έτσι και η τριβή του ερευνητή με έναν επιστημονικό τομέα (παρατήρηση) επηρεάζει τόσο το αντικείμενο (επιστημονικός κλάδος) όσο και τον παρατηρητή (ερευνητή/σπουδαστή). Η εκπόνηση μιας πτυχιακής εργασίας παρέχει όλα αυτά τα οφέλη στο σπουδαστή, ο οποίος μέσα από την βιβλιογραφική έρευνα και την δημιουργική προσπάθεια επίτευξης μιας λύσης, αποκτά μια διαφορετική αντίληψη και διευρύνει τις γνώσεις και την εμπειρία του πάνω στον τομέα του αντικειμένου της εργασίας. Ο σπουδαστής που ανέλαβε την εκπόνηση αυτής της εργασίας, επέλεξε να ορίσει αυτός (έπειτα από συνεννόηση με τους εισηγητές-καθηγητές που θα την επέβλεπαν) το θέμα της, με σκοπό την απόκτηση εμπειρίας στο σχεδιασμό και τη μελέτη κατασκευών αυτής της φύσης, μέσα από την προσωπική του ενασχόληση, την έρευνα, την όξυνση της ικανότητας του για επίλυση προβλημάτων και την δημιουργία εφαρμόσιμων λύσεων σε πρακτικά κατασκευαστικά προβλήματα. Σε αυτό το τομέα, ο σπουδαστής έλαβε πολύτιμα εφόδια για την μετέπειτα επαγγελματική του σταδιοδρομία και παράλληλα ένα αίσθημα ικανοποίησης αλλά και μια τόνωση της αυτοπεποίθησης του για την συνέχεια. Πρόθεση του είναι η εκπόνηση αυτής της εργασίας να αποτελέσει ένα σημείο αναφοράς για παρόμοιες απόπειρες, δίνοντας ακόμα περισσότερη αξία στην προσωπική του προσπάθεια και προσφέροντας έναν ακόμα λίθο στο οικοδόμημα του κλάδου.

9.3. Προτάσεις για βελτίωση της πτυχιακής εργασίας

Οποιαδήποτε προσπάθεια ενός ερευνητή, σχεδιαστή ή μηχανικού (ιδίως όταν πρόκειται για καθαρά ατομική), σε έναν τομέα όπου αυτός έχει περιορισμένη εμπειρία, συνεπάγεται με την ύπαρξη ατελειών στο τελικό παραγόμενο έργο. Η έλλειψη εμπειρίας, οι περιορισμένοι πόροι και το γεγονός ότι ένα άτομο ανέλαβε να σχεδιάσει, να μοντελοποιήσει, να μελετήσει πειραματικά μέσω περιβάλλοντος Υ/Η, να δημιουργήσει αναλυτικά κατασκευαστικά σχέδια, να συντάξει μακροσκελή κείμενα διαφορετικών θεματικών, κάνοντας παράλληλα βιβλιογραφική αναζήτηση σε τεχνικά άρθρα, επέβαλαν μαζί με τους χρονικούς περιορισμούς διάφορες παραδοχές και απλοποιήσεις. Στις γενικές πληροφορίες που παραθέτονται στην αρχή της εργασίας για τα γερανοφόρα οχήματα, έχει γίνει μια αυθαίρετη κατηγοριοποίηση των διαφόρων τύπων τους με βάση τη γεωμετρία, την ευκινήσια και τον τρόπο λειτουργίας τους. Ο συγγραφέας προέβησε σε αυτή την ενέργεια για την ομαλότερη παρουσίαση της πληθώρας των γερανοφόρων οχημάτων και η κατηγοριοποίηση έγινε με ελαστικά κριτήρια, συνεπώς δεν είναι απόλυτη. Όσον αφορά τη νομοθεσία που διέπει την ανέγερση μεγάλων γερανών, τους κανόνες για τις στατικές και δυναμικές δοκιμές και τους τεχνικούς ελέγχους σε αυτούς, θα μπορούσε να γίνει αναλυτικότερη παράθεση κανονισμών, με παρουσίαση των ανάλογων ΦΕΚ, ενδεχομένως πιο στοχευμένη στην κατηγορία όπου ανήκει η κατασκευή που σχεδιάστηκε. Το κεφάλαιο που καλύπτει την μηχανολογία ορισμένων συστημάτων του γερανού, θα μπορούσε να είναι εκτενέστερο και τεχνικά πλουσιότερο. Ο σχεδιασμός του γερανοφόρου, καθώς ο σχεδιαστής-μηχανικός δεν έχει μεγάλη εμπειρία με παρόμοιες κατασκευές, είναι βέβαιο πως μπορεί να υποστεί βελτιώσεις που θα οδηγήσουν σε ένα ελαφρύτερο, ανθεκτικότερο και πιο αποδοτικό τελικό προϊόν. Παρόλα αυτά, έχει γίνει μια προσπάθεια περιορισμού του αριθμού των τεμαχίων, αλλά και μια συστηματική προσθήκη κωδικών επί των τεμαχίων για την καλύτερη οργάνωση και ανάκτηση τους μέσα από τους φακέλους αποθήκευσης των σχεδίων. Όσον αφορά τη μελέτη του γερανοφόρου οχήματος, θα μπορούσαν να τροποποιηθούν διάφορες παράμετροι για την παρουσίαση ακριβέστερων και πιο αξιοποιήσιμων αποτελεσμάτων, όπως η επιλογή διαφορετικού solver, η τροποποίηση του

μεγέθους των στοιχείων των πλεγμάτων (mesh) των μελετών, η τροποποίηση των προς μελέτη τεμαχίων κ.α. Στην εκλογή τεμαχίων και υλικών από το εμπόριο, θα μπορούσε να γίνει μια πιο ακριβής και εκτεταμένη έρευνα αγοράς για την εύρεση καλύτερων τιμών και τιμών πρώτων υλών που θα ανταποκρίνονται καλύτερα σε αυτές που πωλούνται στην ελληνική επικράτεια. Μια πιο άμεση επικοινωνία με τους τοπικούς εμπόρους, με την φυσική παρουσία του σπουδαστή στη βάση του εκάστοτε πωλητή, θα εξασφάλιζε μια κοστολόγηση με μικρότερο περιθώριο λάθους και με πιθανότητα μείωσης του συνολικού κόστους, ειδικά στην περίπτωση μαζικών παραγγελιών από μικρό αριθμό προμηθευτών και έπειτα από προσωπική συμφωνία. Εν κατακλείδι, ο εκπονητής της πτυχιακής εργασίας πιστεύει ότι από μέρους του έχει γίνει μια ουσιαστική και αξιόλογη προσπάθεια, στο σύνολο των τμημάτων που απαρτίζουν αυτή την εργασία, στα πλαίσια των δυνατοτήτων του και των στόχων που αρχικά είχαν τεθεί.

Βιβλιογραφία

(ΦΕΚ), Κ. υ. Ο. 1., 2003. « Κανονισμός Ελέγχων Ανυψωτικών Μηχανημάτων» για τον αρχικό έλεγχο και τον περιοδικό επανέλεγχο των ανυψωτικών μηχανημάτων, s.l.: s.n.

1025/2012, 2012. Κανονισμός αρ. 1025/2012 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, σχετικά με την ευρωπαϊκή τυποποίηση., s.l.: s.n.

2006/42/EC, 2010. *Guide to application of the Machinery Directive 2006/42/EC, 2nd edition 2010, European Commission Enterprise and Industry.*, s.l.: s.n.

2006/42/EK, Ο., 2006. *Οδηγία 2006/42/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τα μηχανήματα και την τροποποίηση της οδηγίας 95/16/EK.*, s.l.: s.n.

2016/C272/01, 2016. *Ο «Γαλάζιος Οδηγός» του 2016 σχετικά με την εφαρμογή των κανόνων της ΕΕ για τα προϊόντα.* s.l.: Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Αnon., 2011. *Ανυψωτικά Μηχανήματα Οδηγός Εφαρμογής Νομοθεσίας*, Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας, Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας, 1η Γενική Διεύθυνση Βιομηχανίας, 3η Διεύθυνση Κλαδικής Βιομηχανικής Πολιτικής.

Αnon., 2011. *Σήμανση CE με απλά λόγια: Οδηγός εφαρμογής νομοθεσίας τεχνικής εναρμόνισης βιομηχανικών προϊόντων*, Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας, Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας, 1η Γενική Διεύθυνση Βιομηχανικής Πολιτικής, 3η Διεύθυνση Κλαδικής Βιομηχανικής Πολιτικής.

Architas.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.architas.gr>

[Πρόσβαση 2019].

Doubleglazingequipment.com, 2019. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://greek.doubleglazingequipment.com/sale-8617398-forklift-truck-crane-arm-for-container-loading-and-unloading.html>

[Πρόσβαση 2019].

egsii.org, 2019. *General, BS 721-1 Code of practice for safe use of crane part 1:*

[Ηλεκτρονικό]

Available at: http://egsii.org/library_ar/1429102156BS%207121-1%20Code%20of%20Practice%20%20for%20safe%20use%20of%20crane%20part1-General.pdf

[Πρόσβαση 2019].

el.wikipedia.org, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://el.wikipedia.org/wiki/Μέθοδος_πεπερασμένων_στοιχείων

Endiale.gr, 219. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://endiale.gr/ανακυκλωση-αποβλητων-λιπαντικων-ελα/>

[Πρόσβαση 2019].

Europa.eu, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://ec.europa.eu/environment/air/transport/road.htm>

[Πρόσβαση 2019].

Gdandtbasics.com, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.gdandtbasics.com/wp-content/uploads/2016/10/op-view-desk-engineering-drawings.jpg>

[Πρόσβαση 2019].

Gsu.edu, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pasc.html>

[Πρόσβαση 2019].

Heald, H., 2019. *Williamarmstrong.info*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://williamarmstrong.info>

[Πρόσβαση 2019].

Imegsevee.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://imegsevee.gr/wpcontent/uploads/2018/02/katartisi_emporias_yalopinakwn.pdf

[Πρόσβαση 2019].

Infoservice.com.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://infoservice.com.gr/fano/o-chalivas-ke-i-anakiklosi-tou/>

[Πρόσβαση 2019].

Iso.org, 2019. *ISO*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.iso.org/search/x/query/cranes>

[Πρόσβαση 2019].

koskeridis.com, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.koskeridis.com/tail-lift-ramps/>

[Πρόσβαση 2019].

liebherr.com, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.liebherr.com>

[Πρόσβαση 2019].

metadosi-ischios.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=359>

[Πρόσβαση 2019].

mie.uth.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/mhx_symp_ylik_VIII.pdf

[Πρόσβαση 2019].

Nasa.gov, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/WindTunnel/Activities/Pascals_principle.html

[Πρόσβαση 2019].

Oikologos.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=265:0260&catid=34:climate&Itemid=202

[Πρόσβαση 2019].

Pic-control.com, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.pic-control.com/product-development-cost/>

[Πρόσβαση 2019].

Sahay, P. & Chakraborty, S., 2015. <https://www.livemint.com>. [Ηλεκτρονικό]

Available at: [https://www.livemint.com/Companies/\[J\]lhTroLSi\[m\]j8TN1BciLM/Pushing-the-envelope-Courier-aggregators-latest-to-woo-user.html](https://www.livemint.com/Companies/[J]lhTroLSi[m]j8TN1BciLM/Pushing-the-envelope-Courier-aggregators-latest-to-woo-user.html)

[Πρόσβαση 2019].

simpasglass.gr/, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.simpasglass.gr/>

[Πρόσβαση 2019].

Standards, E., 2019. <https://www.en-standard.eu>. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.en-standard.eu/sets-of-en-standards/>

[Πρόσβαση 2019].

Stockwatch.com.cy, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

https://www.stockwatch.com.cy/sites/default/files/styles/size_4/public/news-images/accounts_0.jpg?itok=czGAC1HH

[Πρόσβαση 2019].

Teicm.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://elearning.teicm.gr/file.php/318/ydraulika_pneumatika.PDF

[Πρόσβαση 2019].

Teipir.gr, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/units/?course=AUTO104&id=456>

[Πρόσβαση 2019].

Torontoelectric.com, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.torontoelectric.com>

[Πρόσβαση 2019].

User, S., 2019. *Free-recycle.gr*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.free-recycle.gr/ανακυκλωση/πλαστικο.html>

[Πρόσβαση 2019].

watm.com.au, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.watm.com.au/our-range/brand/hiab>

[Πρόσβαση 2019].

Wikimedia.org, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Le_Penseur_in_the_Jardin_du_Mus%C3%A9e_Rodin%2C_Paris_March_2014.jpg

[Πρόσβαση 2019].

Wikipedia.org, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Bramah

[Πρόσβαση 2019].

Wikipedia.org, 2019. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Pascal's_law

[Πρόσβαση 2019].

Wikipedia.org, 2109. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards

[Πρόσβαση 2019].

Wikipedia.org, 219. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://el.wikipedia.org/wiki/Κάμψη>

[Πρόσβαση 2019].

A.E., A. E., 2018. *Οι απαιτήσεις βάσει προδιαγραφών για τα σημεία ελέγχου των ανυψωτικών μηχανημάτων*, s.l.: s.n.

Βουθούνης, Π. Α., 2011. *Τεχνική Μηχανική - Αντοχή των Υλικών*. s.l.:Ιδιωτική.

Ελλάδος, Γ. Σ. Ε., 2019. *Εθνική Γενική Συλλογική Σύμβαση Εργασίας (ΕΓΣΣΕ)*, s.l.: s.n.

Κατασκευών, Ε. - Σ. Μ. Μ. - Ε. Δ. κ., 2005. *Επίλυση 2D Δικτυώματος με τη Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: http://users.ntua.gr/cprovat/yliko/AMKI_2D_truss.pdf

Πλούταρχος, n.d. Βίοι Παράλληλοι (Μάρκελλος) 5. Στο: 15.2-3. s.l.:s.n.

Πολύβιος, n.d. Ιστορία. Στο: 8.6.1-6. s.l.:s.n.

Προβατίδης, Χ. Γ., 2017. *Πεπερασμένα Στοιχεία στην Ανάλυση Κατασκευών*. s.l.:Τζιόλα.

Στεργίου, Ι. & Στεργίου, Κ., 2006. *Ανυψωτικά και Μεταφορικά Μηχανήματα*. s.l.:Σύγχρονη Εκδοτική.

Στεργίου, Κ. Ι., 2004. *Σχεδιασμός των Κατασκευών*. s.l.:Σύγχρονη Εκδοτική.

Τίτος, Λ., n.d. Ιστορία από κτήσεις της Ρώμης VI. Στο: 24.34.10-12. s.l.:s.n.

Υπουργός Αφαλείας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, 2019. *Καθορισμός κατώτατου μισθού και κατώτατου ημερομισθίου για τους υπαλλήλους και τους εργατοτεχνίτες όλης της χώρας*, s.l.: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Χατζηιακώβου, Γ, n.d. *Εγκυκλοπαίδεια «Επιστήμη και Ζωή»*. Θεσσαλονίκη: Χατζηιακώβου.





Παράρτημα Α - Προμηθευτές πρώτων υλών και έτοιμων εξαρτημάτων

- **Τροχοί για επαγγελματικό ημιφορτηγό**

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.ebay.com/itm/16-X-7-TOYOTA-TACOMA-4RUNNER-2005-2019-OEM-STEEL-WHEEL-RIM-06-01-TUNDRA>

- **Πλήμνες για μη κινητήριους τροχούς επαγγελματικού ημιφορτηγού**

Κοστολόγηση: 90 ευρώ/τεμάχιο

Συνολικό κόστος: **270 ευρώ για 3 τεμάχια**

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.amazon.com/Bearing-Assemblies-NT5150402WG3-4Runner-Replaces/dp/B078JHPMCH>

- **Έδρανα τύπου UCF212, για άξονα διαμέτρου 60mm, τετράγωνης χυτής βάσης**

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.sidiros.gr/index.php/2899/193/189/210/193/UCF212-TETRAGVNO-EDRANO-20063-detail>

- **Τροχοί βιομηχανικού τύπου, με διάμετρο 150mm και μέγιστο φορτίο 700kg**

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.castors-wheels-outlet.com/nylon-heavy-duty-swivel-castor-zny3-150.html>

- **Χαλύβδινη πλάκα πάχους 8mm με διαστάσεις 2500 x 1250 mm**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.fhbrundle.co.uk/products/3010848_Mild_Steel_Plate_2500_x_1250_x_8mm_Grade_S275

- **Χαλύβδινη πλάκα πάχους 10mm με διαστάσεις 2000 x 1000 mm**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.fhbrundle.co.uk/products/30106310_Mild_Steel_Plate_2000_x_1000_x_10mm_Grade_S275

- Χαλύβδινη πλάκα πάχους 20mm με διαστάσεις 2000 x 1000 mm

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.fhbrundle.co.uk/products/30106320>
Mild Steel Plate 2000 x 1000 x 20mm Grade S275

- Άξονας με σπείρωμα σε όλο το μήκος του διαστάσεων M30 x 3,5 mm

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.workshopping.co.uk/product/m30-x-35mm-1-metre-threaded-rod-zinc-plated-mild-steel/BC-SR30-MZ/>

- Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 160 x 80 x 6 mm

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/Mechanical_Structural_Steel_Rectangular_Tube.cfm?item_id=205&size_no=144&pieceLength=cut&len_ft=6&len_in=0&len_fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus

- Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 200 x 100 x 6 mm

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/Mechanical_Structural_Steel_Rectangular_Tube.cfm?item_id=205&size_no=62&pieceLength=cut&len_ft=4&len_in=4&len_fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus

- Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 220 x 120 x 6 mm

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/Mechanical_Structural_Steel_Rectangular_Tube.cfm?item_id=205&size_no=73&pieceLength=cut&len_ft=6&len_in=0&len_fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus

- Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 250 x 150 x 8 mm

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/Mechanical_Structural_Steel_Rectangular_Tube.cfm?item_id=205&size_no=77&pieceLength=cut&len_ft=6&len_in=0&len_fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus

- **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 100 x 60 x 4 mm**

Έμπορος/μεταπωλητής: [https://www.discountsteel.com/items/Mechanical Structural Steel Rectangular Tube.cfm?item id=205&size no=32#skus](https://www.discountsteel.com/items/Mechanical_Structural_Steel_Rectangular_Tube.cfm?item_id=205&size_no=32#skus)

- **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 80 x 40 x 6 mm**

Έμπορος/μεταπωλητής: [https://www.discountsteel.com/items/Mechanical Structural Steel Rectangular Tube.cfm?item id=205&size no=111&pieceLength=cut&len ft=18&len in=0&len fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus](https://www.discountsteel.com/items/Mechanical_Structural_Steel_Rectangular_Tube.cfm?item_id=205&size_no=111&pieceLength=cut&len_ft=18&len_in=0&len_fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus)

- **Κοιλοδοκοί ορθογωνικής διατομής από χάλυβα κατασκευών με διαστάσεις 60 x 40 x 4 mm**

Έμπορος/μεταπωλητής: [https://www.discountsteel.com/items/Mechanical Structural Steel Rectangular Tube.cfm?item id=205&size no=14&piece Length=cut&len ft=18&len in=0&len fraction=0&pieceCutType=26%7C2 &itemComments=&qty=1#skus](https://www.discountsteel.com/items/Mechanical_Structural_Steel_Rectangular_Tube.cfm?item_id=205&size_no=14&pieceLength=cut&len_ft=18&len_in=0&len_fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus)

- **Συμπαγείς δοκοί από χάλυβα, ψυχρής έλασης με διαστάσεις 38x12,5mm (1,5 x 0,5 ίντσες)**

Έμπορος/μεταπωλητής: [https://www.discountsteel.com/items/1018 Cold Rolled Steel Flat Bar.cfm?item id=159&size no=110#skus](https://www.discountsteel.com/items/1018_Cold_Rolled_Steel_Flat_Bar.cfm?item_id=159&size_no=110#skus)

- **Διατομές τύπου UPE 400 από χάλυβα κατασκευών**

Έμπορος/μεταπωλητής: [https://www.discountsteel.com/items/A36 Hot Rolled Steel C Channel.cfm?item id=182&size no=25#skus](https://www.discountsteel.com/items/A36_Hot_Rolled_Steel_C_Channel.cfm?item_id=182&size_no=25#skus)

- **Διατομές τύπου UPE 300 από χάλυβα κατασκευών**

Έμπορος/μεταπωλητής: [https://www.discountsteel.com/items/A36 Hot Rolled Steel C Channel.cfm?item id=182&size no=24&pieceLength=cut&len ft=3&len in=0&len fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus](https://www.discountsteel.com/items/A36_Hot_Rolled_Steel_C_Channel.cfm?item_id=182&size_no=24&pieceLength=cut&len_ft=3&len_in=0&len_fraction=0&pieceCutType=26%7C2&itemComments=&qty=1#skus)

- **Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 55 x 8 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/DrawnOverMandrel_DOM_Steel_Round_Tube.cfm?item_id=200&size_no=190#skus

- **Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 80 x 4 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/DrawnOverMandrel_DOM_Steel_Round_Tube.cfm?item_id=200&size_no=246#skus

- **Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 70 x 4 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/DrawnOverMandrel_DOM_Steel_Round_Tube.cfm?item_id=200&size_no=228&pieceLength=cut&len_ft=1&len_in=6&len_fraction=0&pieceCutType=41%7C3&itemComments=&qty=1#skus

- **Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 30 x 3 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/DrawnOverMandrel_DOM_Steel_Round_Tube.cfm?item_id=200&size_no=8&pieceLength=cut&len_ft=0&len_in=0&len_fraction=0&itemComments=&qty=1#skus

- **Κοίλοι σωλήνες από χάλυβα κατασκευών διαστάσεων 100 x 5 mm (εξωτερική διάμετρος x πάχος τοιχώματος.)**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/DrawnOverMandrel_DOM_Steel_Round_Tube.cfm?item_id=200&size_no=267#skus

- **Χαλύβδινο έλασμα πάχους 3mm αντλιοσθητικό (μπακλαβαδωτό)**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/A786_Hot_Rolled_Steel_Floor_Plate.cfm?item_id=185&size_no=4#skus

- **Χαλύβδινο έλασμα πάχους 5mm**

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/A36_Hot_Rolled_Steel_Plate.cfm?item_id=189&size_no=2#skus

- Συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής διαμέτρου 50mm

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/1018_Cold_Rolled_Steel_Round_Bar.cfm?item_id=161&size_no=32#skus

- Συμπαγής δοκός κυκλικής διατομής διαμέτρου 80mm

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.discountsteel.com/items/1018_Cold_Rolled_Steel_Round_Bar.cfm?item_id=161&size_no=50&pieceLength=cut&len_ft=9&len_in=4&len_fraction=0&pieceCutType=49%7C1&itemComments=&qty=1#skus

- Πίροι ασφάλισης ατράκτων με κρίκο, διαμέτρου 8mm και μήκους 120mm

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.coburg.co.uk/en/catalog/quick-release-pins/pull-pins/ring-handle/pp1200.1>

- Πίροι ασφάλισης ατράκτων με κρίκο, διαμέτρου 4mm και μήκους 50mm

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.coburg.co.uk/en/catalog/quick-release-pins/pull-pins/ring-handle/pp1200.1>

- Πλαίσιο με 6 βεντούζες και ηλεκτρική αντλία κενού, για την ανύψωση υαλοπινάκων

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.car.gr/parts/view/20848484-epicheirhseis-eksoplismos-metapoihsh>

- Υδραυλικές βαλβίδες κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (μονομπλόκ των 5)

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.amazon.com/spool-hydraulic-directional-control-monoblock/dp/B07CND2QDB/ref=sr_1_fkmr0_1?keywords=5+Spool+Hydraulic+Control+Valve+double+action+speed+control&qid=1567862045&s=gateway&sr=8-1-fkmr0

- Υδραυλικά έμβολα διπλής κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 8 ίντσες)

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.amazon.com/Hydraulic-Cylinder-Clevis-Welded-2x8/dp/B00SA2MPIO/ref=sr_1_1?keywords=Hydraulic+Cylinder+Clevis+Welded+Double+Acting+2x8&qid=1567867356&s=gateway&sr=8-1

Τεχνικό φυλλάδιο: <https://www.magisterhyd.com/en/hydraulic-cylinder-clevis>

- Υδραυλικά έμβολα διπλής κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 12 ίντσες)

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.amazon.com/Hydraulic-Cylinder-Clevis-Welded-2x12/dp/B00SA2N03E/ref=sr_1_2?keywords=Hydraulic+Cylinder+Double+Acting+2x12&qid=1567868264&s=gateway&sr=8-2

Τεχνικό φυλλάδιο: <https://www.magisterhyd.com/en/hydraulic-cylinder-clevis>

- Υδραυλικά έμβολα διπλής κατεύθυνσης λαδιού υψηλής πίεσης (διάμετρος x διαδρομή: 2 x 30 ίντσες)

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.amazon.com/Hydraulic-Cylinder-Clevis-Welded-2x30/dp/B011SW077A/ref=sr_1_fkmr0_1?keywords=Hydraulic+Cylinder+Clevis+Welded+Double+Acting+2x30&qid=1567867390&s=gateway&sr=8-1-fkmr0

Τεχνικό φυλλάδιο: <https://www.magisterhyd.com/en/hydraulic-cylinder-clevis>

- Κωνικό έδρανο μονής σειράς, για άτρακτο διαμέτρου 60mm, 60 x 100 x 30 mm (εσωτερική διάμετρος x εξωτερική διάμετρος x ύψος)

Έμπορος/μεταπωλητής: http://www.wychbearings.co.uk/33112_timken.html

Τεχνικό φυλλάδιο: https://cad.timken.com/item/tapered-roller-bearings-ts-tapered-single-/tapered-roller-bearings-ts-tapered-single-metric-2/x33112-y33112-1?_ga=2.201926802.266941647.1567987496-1913873179.1567534114

- Υδραυλικό συγκρότημα ηλεκτρικής αντλίας λαδιού υψηλής πίεσης και δεξαμενής λαδιού, μέγιστη πίεση 690bar (10000psi)

Έμπορος/μεταπωλητής: https://www.amazon.com/TEMCo-HP0004-Electric-Hydraulic-Capacity/dp/B01LXPOQW1/ref=sr_1_11?keywords=Electric%20Hydraulic+Pump+Power+Pack+Unit+double+action&qid=1567990378&s=gateway&sr=8-11

Τεχνικό φυλλάδιο: <https://temcoindustrial.com/temco-hp0004-hydraulic-pump.html>

- Υδραυλικός κινητήρας οδοντωτών τροχών «Gerotor» Danfoss OMS 250, 4 οπές στήριξης, 32mm άτρακτος, ισχύς 14.5kw, ροπή 720Nm, μέγιστος αριθμός στροφών/λεπτό 300

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://hes.grouphes.com/danfoss-oms-sae-a4-bolt-32mm-key-05-bsp>

Τεχνικό φυλλάδιο: http://www.grouphes.com/wc/hes/danfoss/oms/OMS_DATASHEET.pdf

- Σετ κωνικών γραναζιών, αριθμός δοντιών 45/15, mod. 5, για άξονα 30mm και 25mm

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.beltingonline.com/15-45-tooth-5-0-mod-steel-bevel-mitre-gears-srb50-7211?zenid=6fmqkockrd5tc3mduen6rc79m5>

- Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 150mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.westfieldfasteners.co.uk/Unbrako/Unbrako-Socket-Head-Cap-Allen-Screw-Part-Thread-M10x150-Black.html>

- Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 30mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.westfieldfasteners.co.uk/Unbrako/Unbrako-Allen-Key-Bolts-Full-Thread-M10x30-Black.html>

- Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M10 x 120mm, με βήμα 1,25mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.westfieldfasteners.co.uk/Unbrako/Unbrako-Socket-Head-Cap-Allen-Screw-Part-Thread-M10x120-Black.html>

- Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 160mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://nhtb.com.au/SC%20M18X160%20129.html>

- Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 140mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://nhtb.com.au/SC%20M18X140%20129.html>

- Κοχλίες με κεφαλή τύπου Allen, διαστάσεων M18 x 100mm, με βήμα 2,5mm, ISO 4762 (DIN 912), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://nhtb.com.au/SC%20M18X100%20129.html>

- Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M10 με βήμα 1,25mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: <https://www.westfieldfasteners.co.uk/Metric-Nuts/M10-Hex-Nuts-A2-Stainless.html>

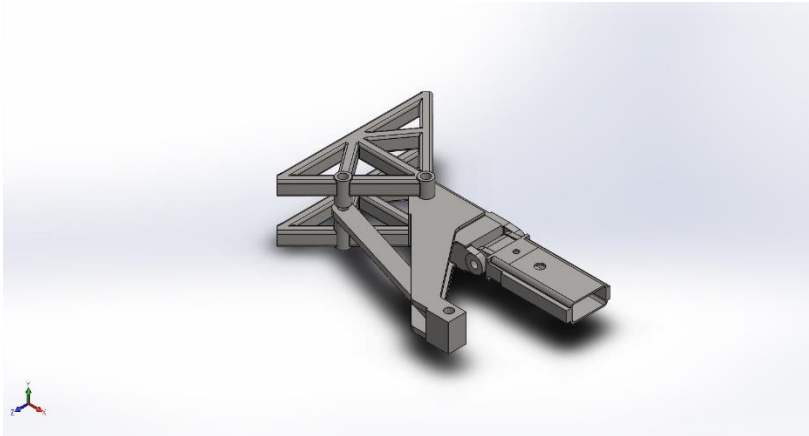
- Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M18 με βήμα 2,5mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: https://nhtb.com.au/N%20M18%2010%20Z.html?ref_cat_id=nuts-hex-nuts

- Περικόχλια εξαγωνικά για κοχλίες M30 με βήμα 3,5mm, ISO 4032 (DIN 934), από ατσάλι

Έμπορος/μεταπωλητής: https://nhtb.com.au/N%20M30%2010%20Z.html?ref_cat_id=nuts-hex-nuts

Παράρτημα Β – Αποτελέσματα Simulation



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the glass handling frame and the extreme part of the crane arm. The static simulation is conducted by the application of a load to the handling frame. This load corresponds to the mass of the glass panel and the mass of the part of the handling frame which is not included in this simulation.

Simulation of Subassembly No1

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R160

Analysis type: Static

Table of Contents

<u>Description</u>	316
<u>Assumptions</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Model Information</u>	317
<u>Study Properties</u>	319
<u>Units</u>	319
<u>Material Properties</u>	320
<u>Loads and Fixtures</u>	320
<u>Connector Definitions</u> ...	Error! Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	324
<u>Mesh information</u>	324
<u>Sensor Details</u>	326
<u>Resultant Forces</u>	326
<u>Beams</u>	326
<u>Study Results</u>	327
<u>Conclusion</u>	Error! Bookmark not defined.

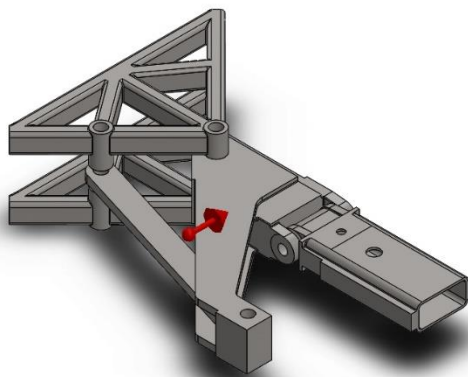




Assumptions

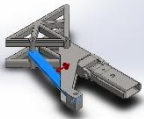
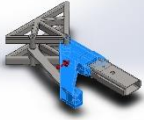
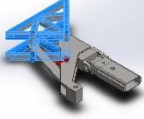
Model Information



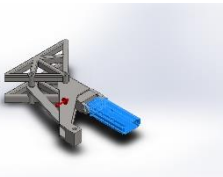


Model name: Subassembly No1
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude1 	Solid Body	Mass:9.89664 kg Volume:0.0012688 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:96.9871 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy1.SLD PRT
Fillet63 	Solid Body	Mass:47.4239 kg Volume:0.00607999 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:464.755 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 4A.SLD PRT
Fillet62 	Solid Body	Mass:26.6685 kg Volume:0.00341893 m ³ Density:7800.23 kg/m ³ Weight:261.351 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 5A.SLD PRT



<p>Fillet44</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:14.757 kg Volume:0.00189193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:144.619 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 6A.SLDPRT</p>
--	--------------------------	--	---

Study Properties

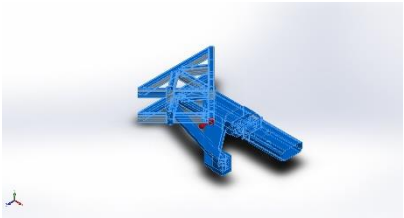
Study name	Static 160
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

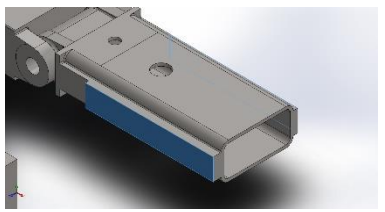
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec

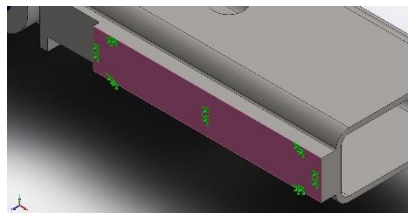


Material Properties

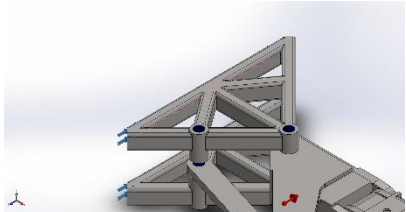
Model Reference	Properties	Components
	Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.20594e+008 N/m ² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m ³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy1-1), SolidBody 1(Fillet63)(crane 4A-2), SolidBody 1(Fillet62)(crane 5A-1), SolidBody 1(Fillet44)(crane 6A-1)
Curve Data:N/A		
Pressure/Stress		N/m ²

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.111404	-8.44002e-005	7785.29	7785.29
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

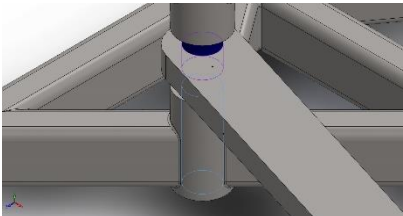
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 -9.81 Units: SI



<p>Force-1</p>		<p>Entities: 4 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -6800 N</p>
-----------------------	---	--

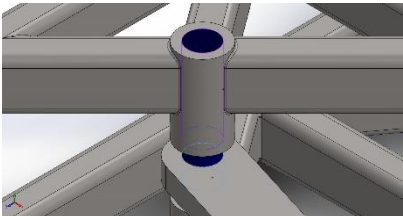
Connector Definitions

Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

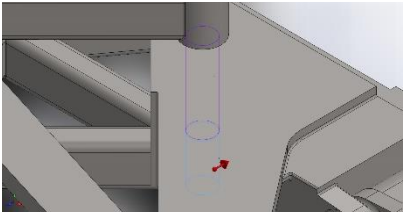
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-11.096	0	11.096
Shear Force (N)	-5008.1	0	-1522.2	5234.3
Torque (N.m)	0	-7.2459e-012	0	7.2459e-012
Bending moment (N.m)	20.333	0	-71.26	74.104

 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

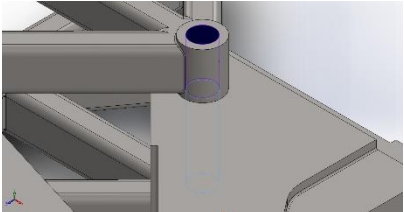
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-10.992	0	10.992
Shear Force (N)	5014.3	0	1521.9	5240.2
Torque (N.m)	0	-5.8882e-012	0	5.8882e-012
Bending moment (N.m)	143.04	0	-474.82	495.9



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

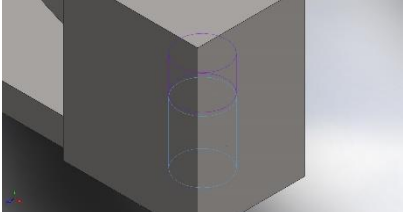
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	11.212	-0	-11.212
Shear Force (N)	5007	0	-2012.3	5396.2
Torque (N.m)	0	-7.2128e-012	0	7.2128e-012
Bending moment (N.m)	1.8977	0	2.9899	3.5413

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

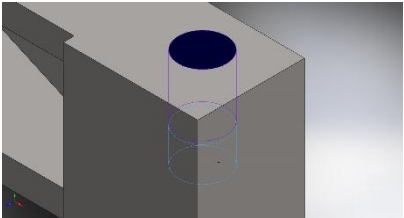
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	11.108	-0	-11.108
Shear Force (N)	-5015.3	0	2015.5	5405.1
Torque (N.m)	0	-4.4397e-012	0	4.4397e-012
Bending moment (N.m)	189.98	0	470.95	507.82

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

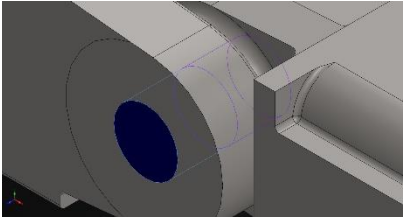
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	25.569	-0	-25.569
Shear Force (N)	5012.2	0	1570	5252.4
Torque (N.m)	0	-6.123e-012	0	6.123e-012
Bending moment (N.m)	-17.234	0	53.75	56.445



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

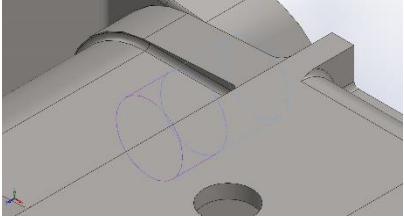
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	25.465	-0	-25.465
Shear Force (N)	-5010.2	0	-1571.4	5250.8
Torque (N.m)	0	-6.0844e-012	0	6.0844e-012
Bending moment (N.m)	-76.172	0	241.78	253.5

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	-0	-4220.9	-4220.9
Shear Force (N)	-7595.2	-162.3	0	7597
Torque (N.m)	0	0	4.1865e-014	4.1865e-014
Bending moment (N.m)	5.8392	15.531	0	16.593

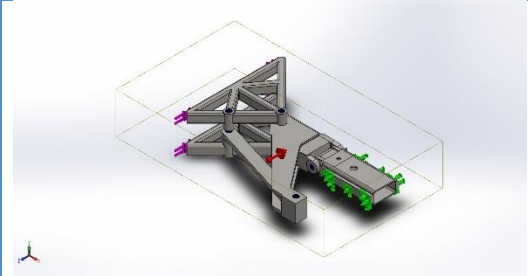
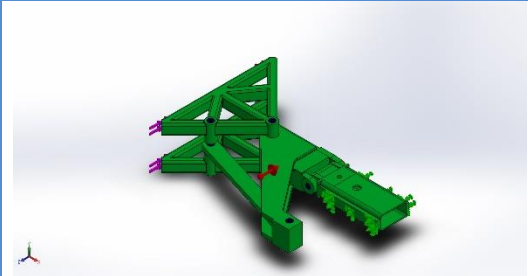
	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	0	-2498.2	2498.2
Shear Force (N)	4993.1	-351.12	0	5005.4
Torque (N.m)	-0	-0	1.5608e-014	-1.5608e-014
Bending moment (N.m)	9.4713	11.672	0	15.032



Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		Type: Bonded Components: 1 component(s) Options: Incompatible mesh
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	160 mm
Minimum element size	32 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	30222
Total Elements	15972
Maximum Aspect Ratio	251.49
% of elements with Aspect Ratio < 3	12.7
% of elements with Aspect Ratio > 10	26.4

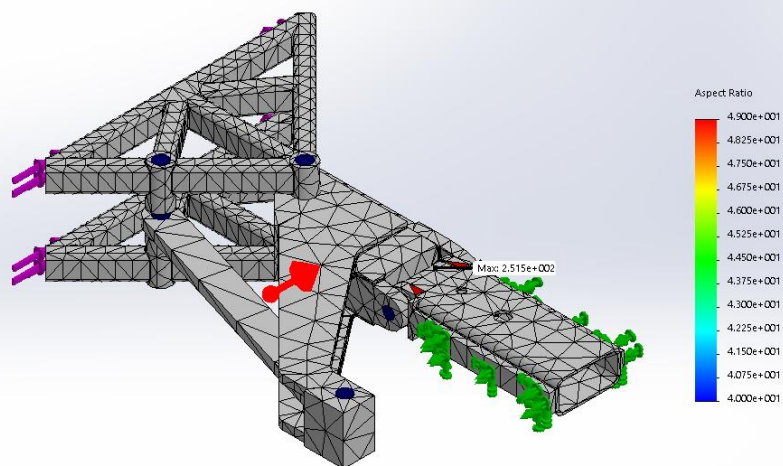


% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:19
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.1551 Element: 446	251.488 Element: 15819

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static R160 (Default)
Plot type: Aspect ratio Mesh Quality1
Global value: 1.1551 to 251.488



Subassembly No1-Static R160-Mesh Quality-Mesh Quality1



Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0.111404	-8.44002e-005	7785.29	7785.29

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Beams

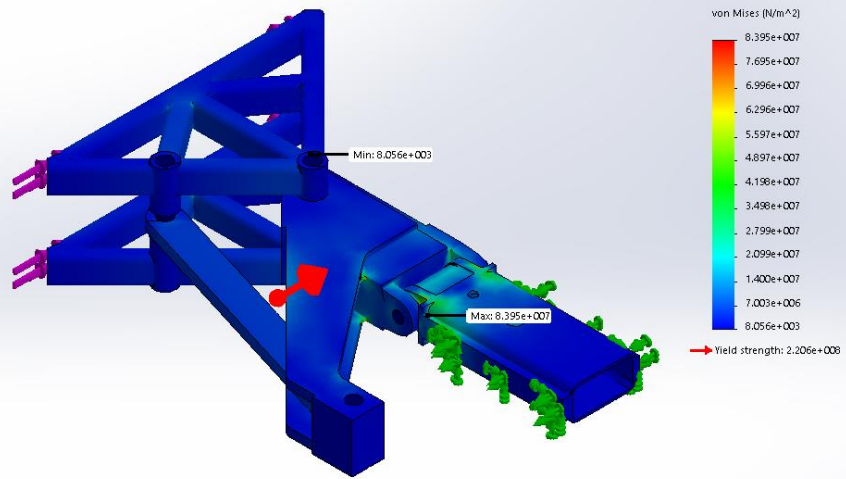
No Data



Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	8055.55 N/m ² Node: 20243	8.39479e+007 N/m ² Node: 28733

Model name: NEW Assm No1
Study name: Static 1 (Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

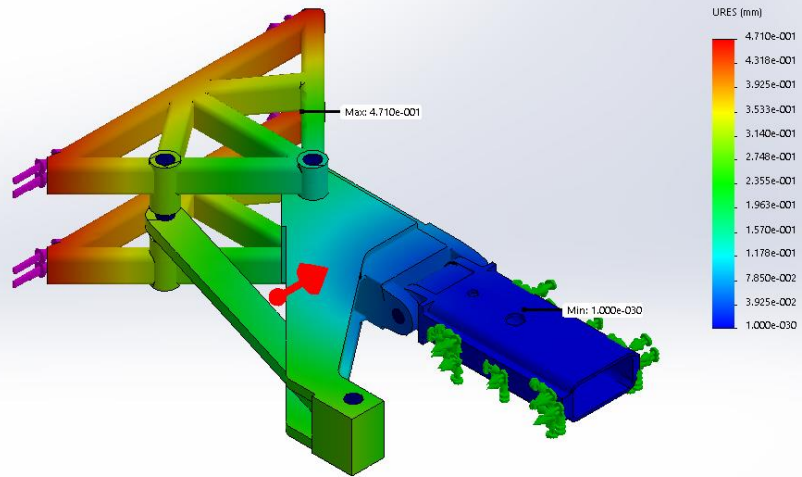


Subassembly No1-Static R160-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 26449	0.471027 mm Node: 11264

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static R160 (Default-)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1

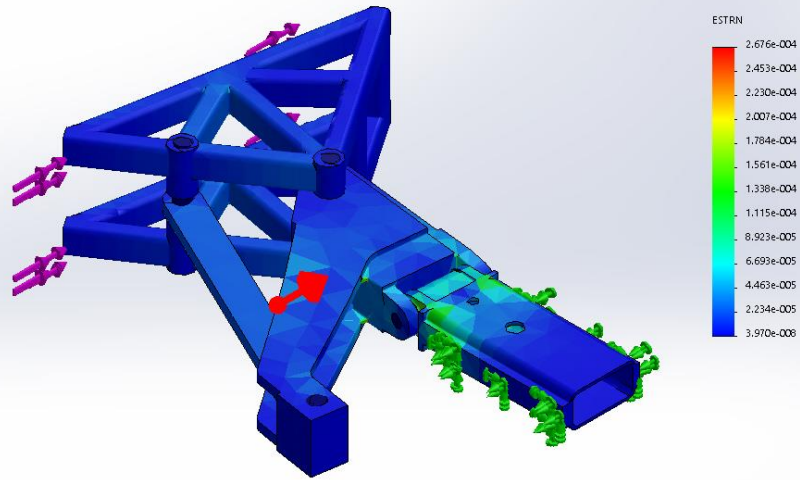


Subassembly No1-Static R160-Displacement-Displacement1

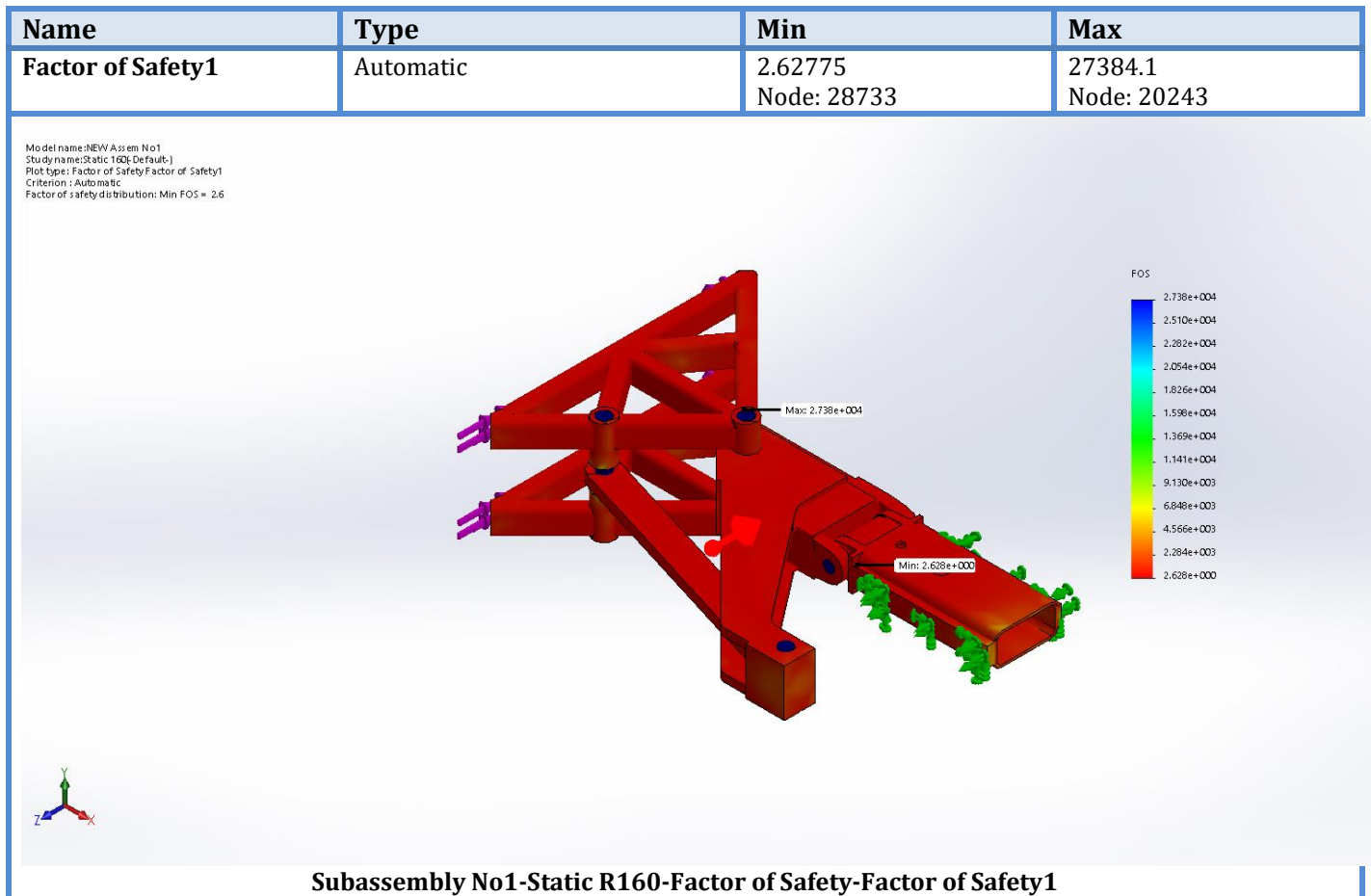


Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	3.97002e-008 Element: 8124	0.000267603 Element: 1829

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static R160 (Default-1)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 254.711

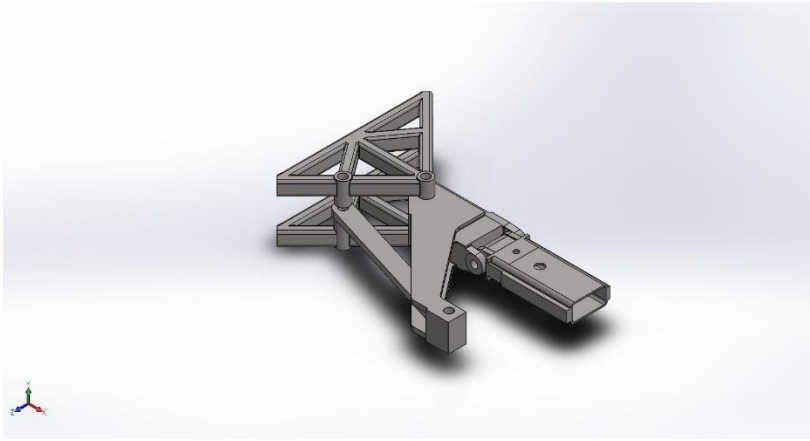


Subassembly No1-Static R160-Strain-Strain1



Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.



Simulation of Subassembly No1

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R80

Analysis type: Static

Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the glass handling frame and the extreme part of the crane arm. The static simulation is conducted by the application of a load to the handling frame. This load corresponds to the mass of the glass panel and the mass of the part of the handling frame which is not included in this simulation.

Table of Contents

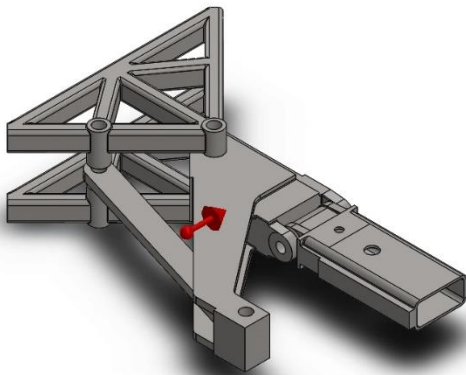
<u>Description</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	332
<u>Model Information</u>	332
<u>Study Properties</u>	334
<u>Units</u>	334
<u>Material Properties</u>	335
<u>Loads and Fixtures</u> Error! Bookmark not defined.	
<u>Connector Definitions</u> ... Error! Bookmark not defined.	
<u>Contact Information</u>	339
<u>Mesh information</u>	339
<u>Sensor Details</u>	340
<u>Resultant Forces</u>	341
<u>Beams</u>	341
<u>Study Results</u>	342
<u>Conclusion</u>	Error! Bookmark not defined.



Assumptions

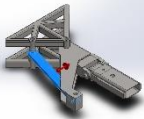
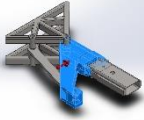
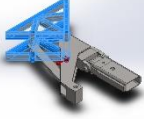
Model Information



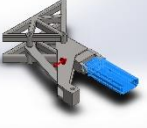


Model name: Subassembly No1
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude1 	Solid Body	Mass:9.89664 kg Volume:0.0012688 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:96.9871 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy1.SLD PRT
Fillet63 	Solid Body	Mass:47.4239 kg Volume:0.00607999 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:464.755 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 4A.SLD PRT
Fillet62 	Solid Body	Mass:26.6685 kg Volume:0.00341893 m³ Density:7800.23 kg/m³ Weight:261.351 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 5A.SLD PRT



<p>Fillet44</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:14.757 kg Volume:0.00189193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:144.619 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW \crane 6A.SLDPRT</p>
--	--------------------------	--	---

Study Properties

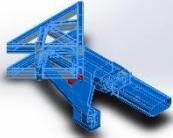
Study name	Static 80
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

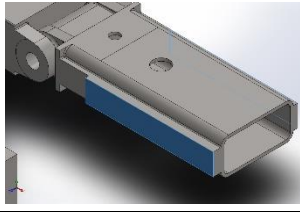
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

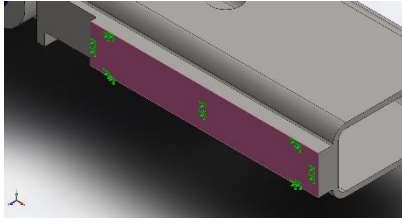


Material Properties

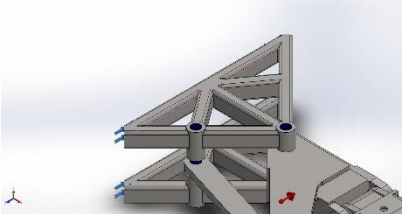
Model Reference	Properties	Components
	Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.20594e+008 N/m ² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m ³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy1-1), SolidBody 1(Fillet63)(crane 4A-2), SolidBody 1(Fillet62)(crane 5A-1), SolidBody 1(Fillet44)(crane 6A-1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.115885	0.000352502	7774.24	7774.24
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

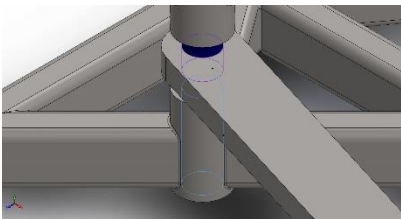
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 -9.81 Units: SI



<p>Force-1</p>		<p>Entities: 4 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -6800 N</p>
-----------------------	---	--

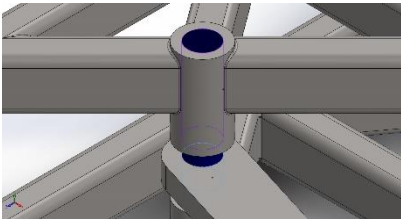
Connector Definitions

Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

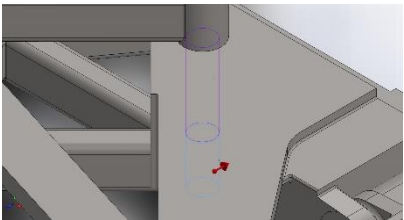
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-6.9053	0	6.9053
Shear Force (N)	-5009.7	0	-1522.1	5235.8
Torque (N.m)	0	-7.5398e-012	0	7.5398e-012
Bending moment (N.m)	21.172	0	-71.821	74.877

 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

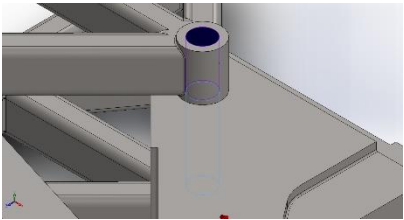
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-6.9317	0	6.9317
Shear Force (N)	5009.7	0	1521.3	5235.6
Torque (N.m)	0	-6.1379e-012	0	6.1379e-012
Bending moment (N.m)	143.55	0	-474.63	495.87



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

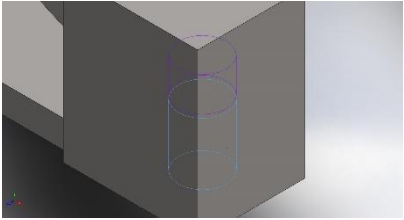
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	7.2698	-0	-7.2698
Shear Force (N)	5010.2	0	-2010.8	5398.6
Torque (N.m)	0	-7.4905e-012	0	7.4905e-012
Bending moment (N.m)	-2.5148	0	-7.4969	7.9075

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

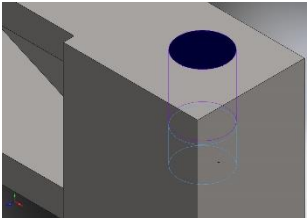
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	7.2963	-0	-7.2963
Shear Force (N)	-5009.2	0	2011.9	5398.1
Torque (N.m)	0	-4.7077e-012	0	4.7077e-012
Bending moment (N.m)	190.67	0	473.84	510.77

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.347	-0	-38.347
Shear Force (N)	5008.4	0	1570.1	5248.8
Torque (N.m)	0	-6.384e-012	0	6.384e-012
Bending moment (N.m)	-17.745	0	56.069	58.81

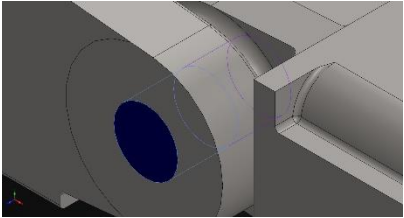


	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-6

Connector Forces

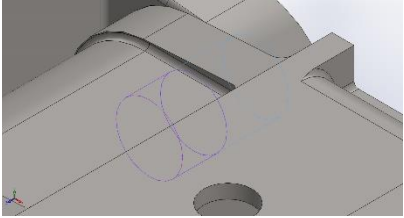
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.374	-0	-38.374
Shear Force (N)	-5011	0	-1570.4	5251.3
Torque (N.m)	0	-6.3768e-012	0	6.3768e-012
Bending moment (N.m)	-76.396	0	243.18	254.9

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-7

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	-0	-4728.8	-4728.8
Shear Force (N)	-8058.3	-1.877	0	8058.3
Torque (N.m)	-0	-0	-8.4238e-015	-8.4238e-015
Bending moment (N.m)	-0.17169	19.066	0	19.067

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

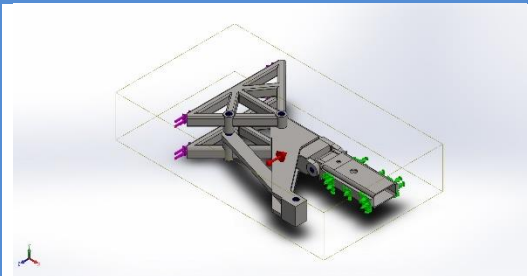
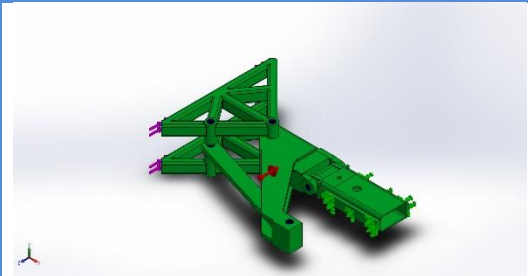
Pin Connector-8

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	0	-4904.5	4904.5
Shear Force (N)	4409	199.67	0	4413.5
Torque (N.m)	0	0	-1.0007e-014	1.0007e-014
Bending moment (N.m)	-4.2999	-5.4322	0	6.9281



Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		Type: Bonded Components: 1 component(s) Options: Incompatible mesh
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	80 mm
Minimum element size	16 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	62539
Total Elements	32688
Maximum Aspect Ratio	1183.9
% of elements with Aspect Ratio < 3	28.8
% of elements with Aspect Ratio > 10	5.22

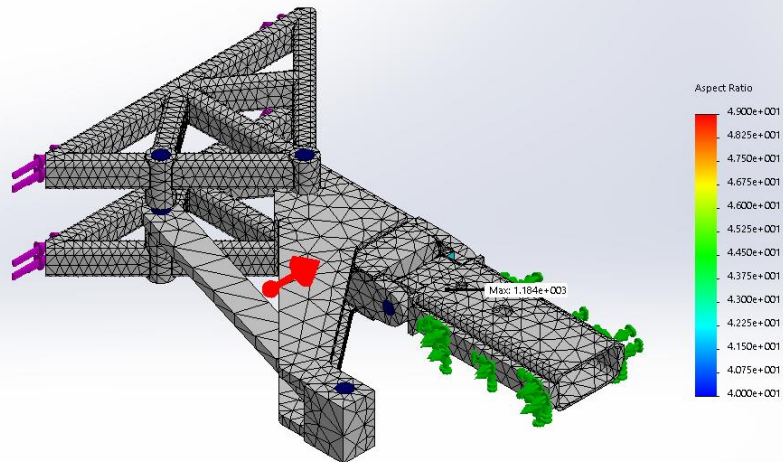


% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:21
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.08206 Element: 1786	1183.86 Element: 28151

Model name: NEW Assm No1
Study name: Static R80 (Default)
Plot type: Aspect ratio Mesh Quality1
Global value: 1.08206 to 1183.86



Subassembly No1-Static R80-Mesh Quality-Mesh Quality1

Sensor Details

No Data



Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0.115885	0.000352502	7774.24	7774.24

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Beams

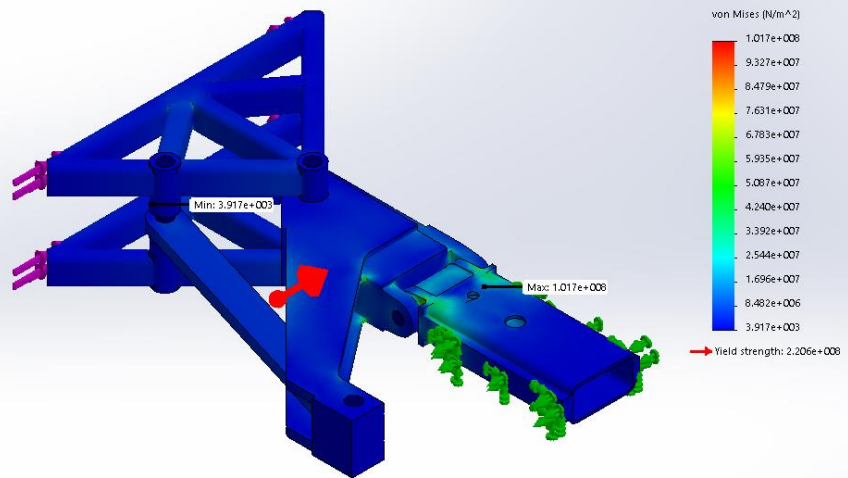
No Data



Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	3916.81 N/m ² Node: 21323	1.01746e+008 N/m ² Node: 59146

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static R80; Default-
Plot type: Static nodal stress Stress1

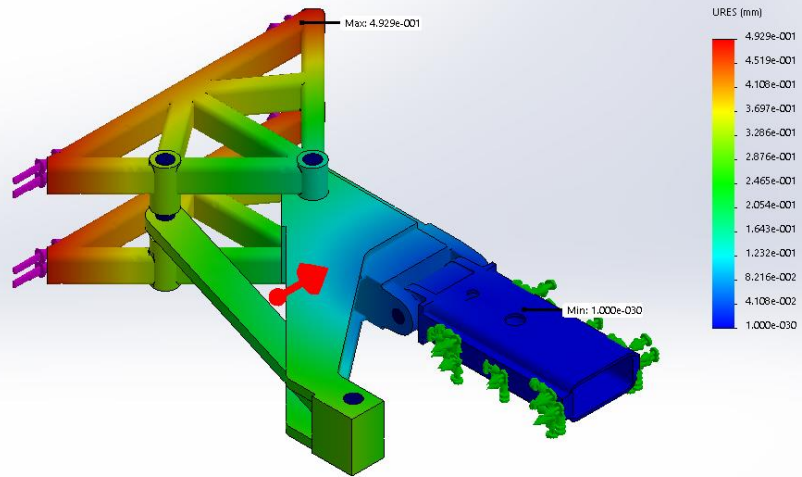


Subassembly No1-Static R80-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 53763	0.492945 mm Node: 15631

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static R80 (Default)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1

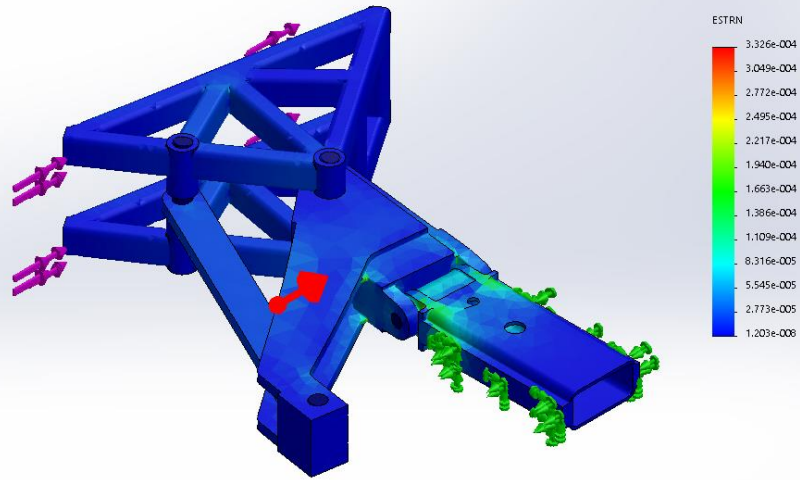


Subassembly No1-Static R80-Displacement-Displacement1



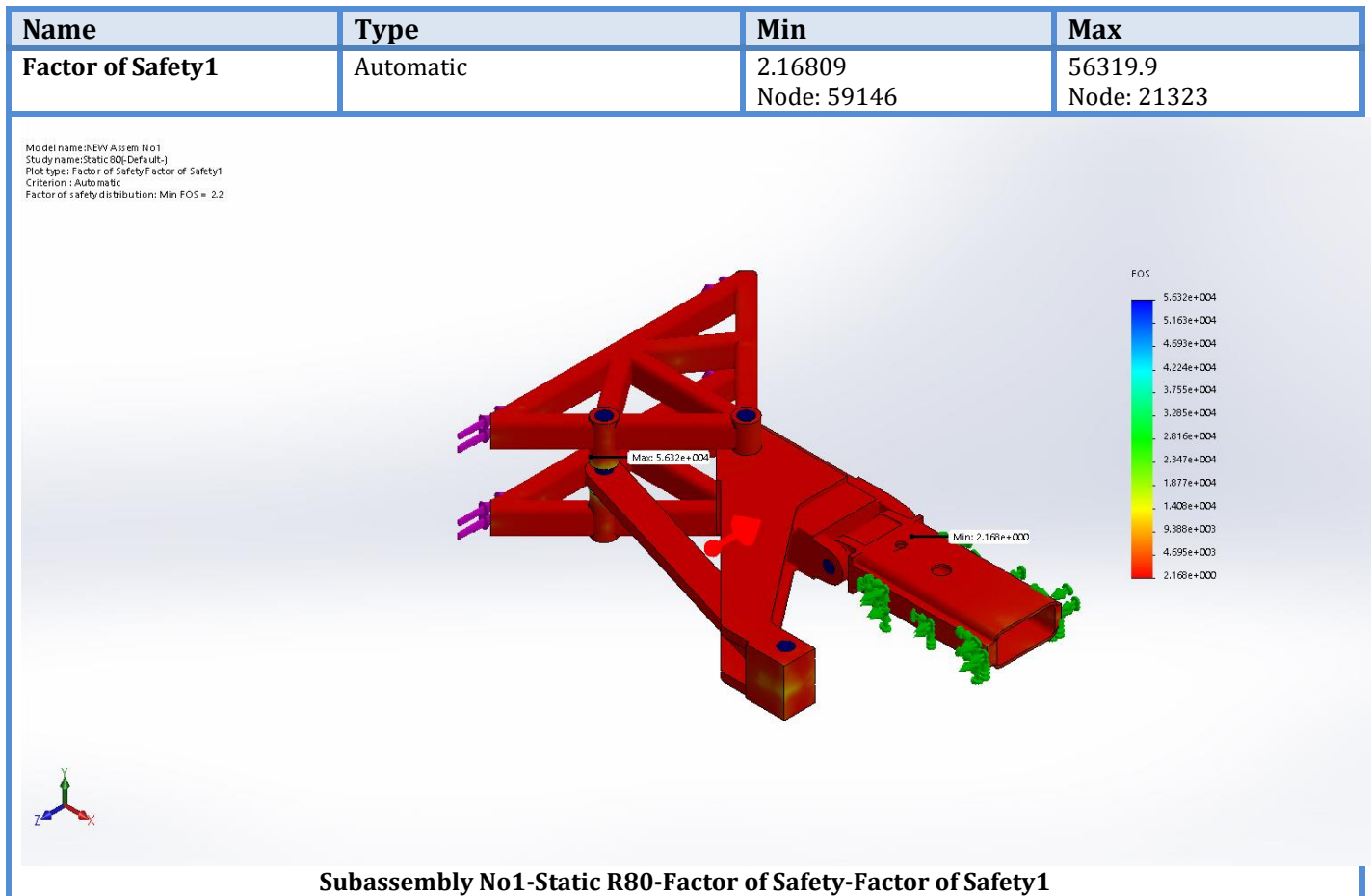
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.20338e-008 Element: 12892	0.000332617 Element: 30715

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static R80 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 242.703



Subassembly No1-Static R80-Strain-Strain1

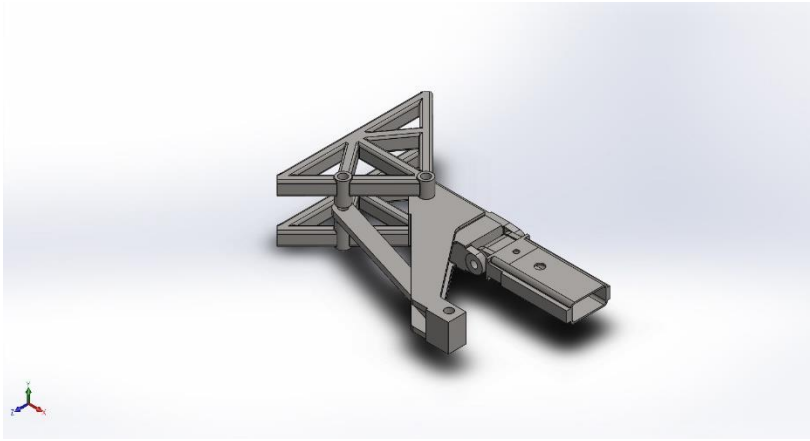




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No1

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R40

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the glass handling frame and the extreme part of the crane arm. The static simulation is conducted by the application of a load to the handling frame. This load corresponds to the mass of the glass panel and the mass of the part of the handling frame which is not included in this simulation.

Table of Contents

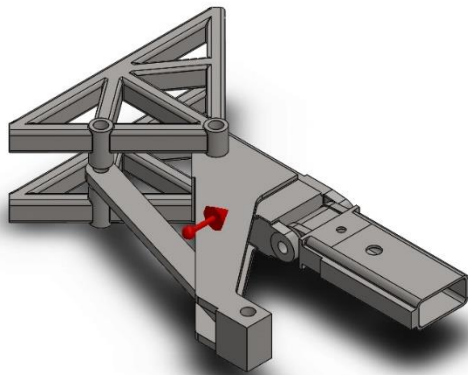
<u>Description</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	347
<u>Model Information</u>	347
<u>Study Properties</u>	349
<u>Units</u>	349
<u>Material Properties</u>	350
<u>Loads and Fixtures</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	354
<u>Mesh information</u>	354
<u>Sensor Details</u>	355
<u>Resultant Forces</u>	356
<u>Beams</u>	356
<u>Study Results</u>	357
<u>Conclusion</u>	Error! Bookmark not defined.



Assumptions

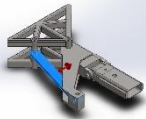
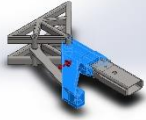
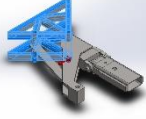
Model Information



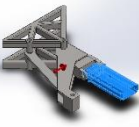


Model name: Subassembly No1
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude1 	Solid Body	Mass:9.89664 kg Volume:0.0012688 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:96.9871 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy1.SLD PRT
Fillet63 	Solid Body	Mass:47.4239 kg Volume:0.00607999 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:464.755 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 4A.SLD PRT
Fillet62 	Solid Body	Mass:26.6685 kg Volume:0.00341893 m ³ Density:7800.23 kg/m ³ Weight:261.351 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 5A.SLD PRT



<p>Fillet44</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:14.757 kg Volume:0.00189193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:144.619 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 6A.SLDPRT</p>
--	--------------------------	--	---

Study Properties

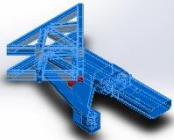
Study name	Static 40
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

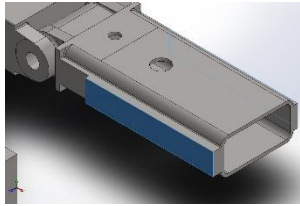
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

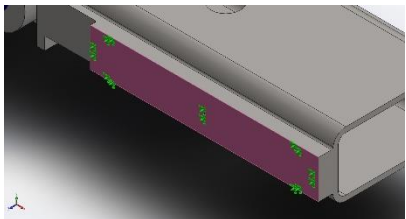


Material Properties

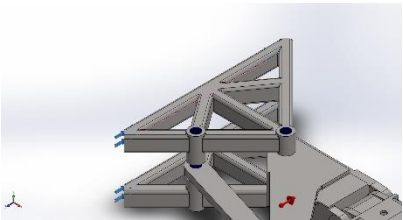
Model Reference	Properties	Components
	Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.20594e+008 N/m ² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m ³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy1-1), SolidBody 1(Fillet63)(crane 4A-2), SolidBody 1(Fillet62)(crane 5A-1), SolidBody 1(Fillet44)(crane 6A-1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.110367	-0.0001297	7769.22	7769.22
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

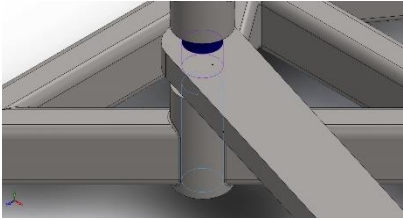
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 -9.81 Units: SI



<p>Force-1</p>		<p>Entities: 4 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -6800 N</p>
-----------------------	---	--

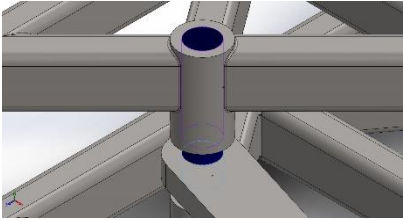
Connector Definitions

Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

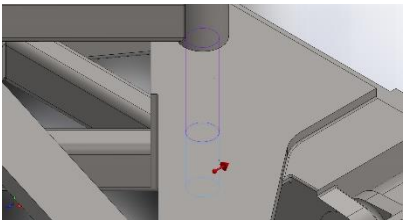
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-5.8399	0	5.8399
Shear Force (N)	-5007.8	0	-1521.1	5233.7
Torque (N.m)	0	-7.7473e-012	0	7.7473e-012
Bending moment (N.m)	21.935	0	-74.035	77.216

 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

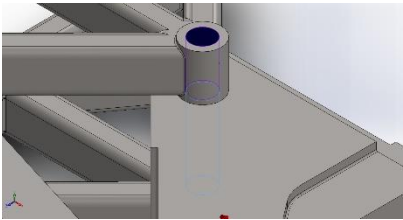
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-5.8298	0	5.8298
Shear Force (N)	5007.9	0	1521.2	5233.8
Torque (N.m)	0	-6.3245e-012	0	6.3245e-012
Bending moment (N.m)	143.63	0	-474.68	495.93



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

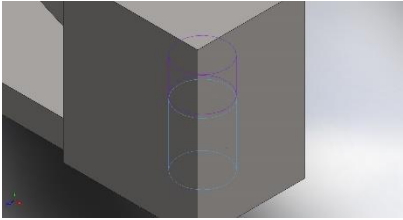
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	6.1988	-0	-6.1988
Shear Force (N)	5007.7	0	-2010	5396
Torque (N.m)	0	-7.6835e-012	0	7.6835e-012
Bending moment (N.m)	-3.155	0	-9.0364	9.5713

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

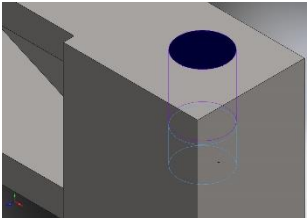
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	6.1887	-0	-6.1887
Shear Force (N)	-5007.9	0	2009.9	5396.2
Torque (N.m)	0	-4.8874e-012	0	4.8874e-012
Bending moment (N.m)	195.1	0	484.91	522.68

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.267	-0	-38.267
Shear Force (N)	5007.6	0	1570.2	5248
Torque (N.m)	0	-6.5675e-012	0	6.5675e-012
Bending moment (N.m)	-16.685	0	52.726	55.303

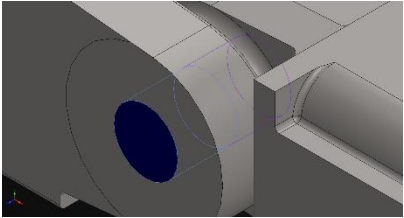


	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-6

Connector Forces

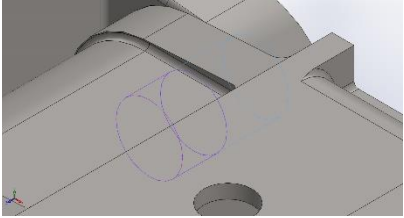
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.257	-0	-38.257
Shear Force (N)	-5008.1	0	-1569.1	5248.2
Torque (N.m)	0	-6.5638e-012	0	6.5638e-012
Bending moment (N.m)	-76.373	0	243.06	254.78

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-7

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	-0	-5315.5	-5315.5
Shear Force (N)	-6388.4	-51.104	0	6388.6
Torque (N.m)	0	0	9.9878e-016	9.9878e-016
Bending moment (N.m)	-1.2177	9.9894	0	10.063

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

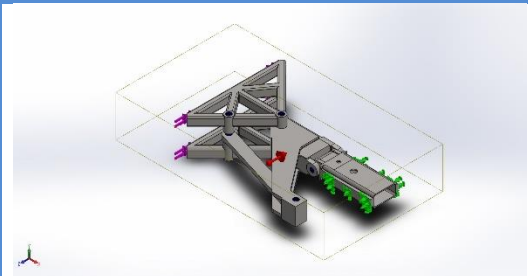
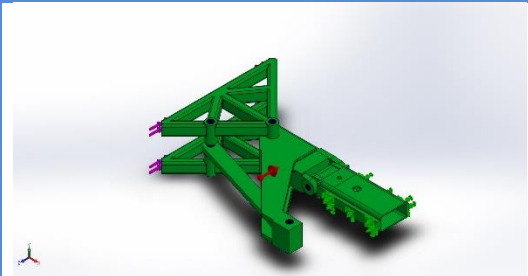
Pin Connector-8

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	0	-5051.9	5051.9
Shear Force (N)	3851.4	26.863	0	3851.5
Torque (N.m)	-0	-0	2.9678e-015	-2.9678e-015
Bending moment (N.m)	1.9838	-5.7636	0	6.0955



Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		Type: Bonded Components: 1 component(s) Options: Incompatible mesh
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	40 mm
Minimum element size	8 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

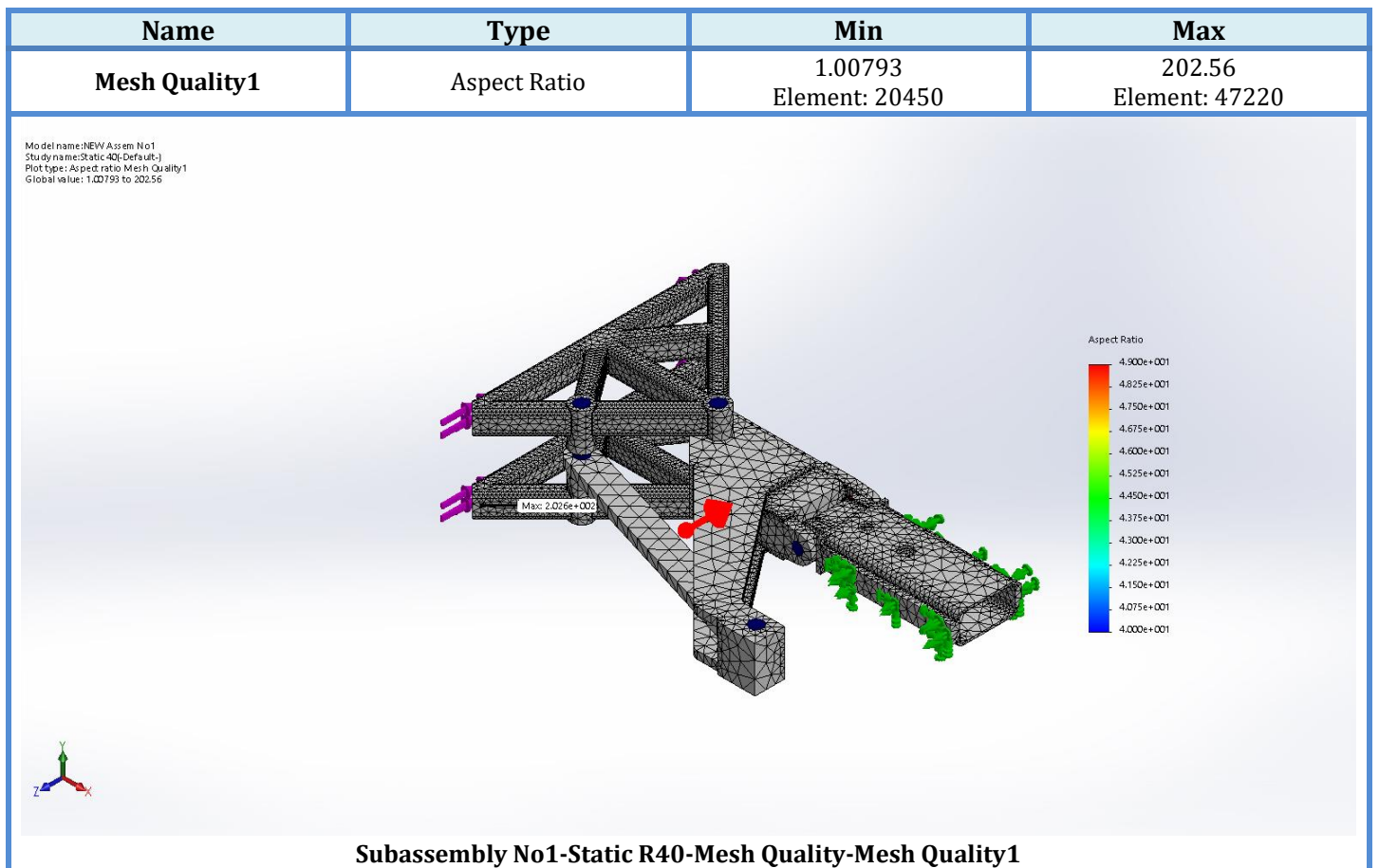
Mesh information - Details

Total Nodes	160604
Total Elements	84352
Maximum Aspect Ratio	202.56
% of elements with Aspect Ratio < 3	80
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.543



% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:14
Computer name:	

Mesh Quality Plots



Sensor Details

No Data



Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0.110367	-0.0001297	7769.22	7769.22

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Beams

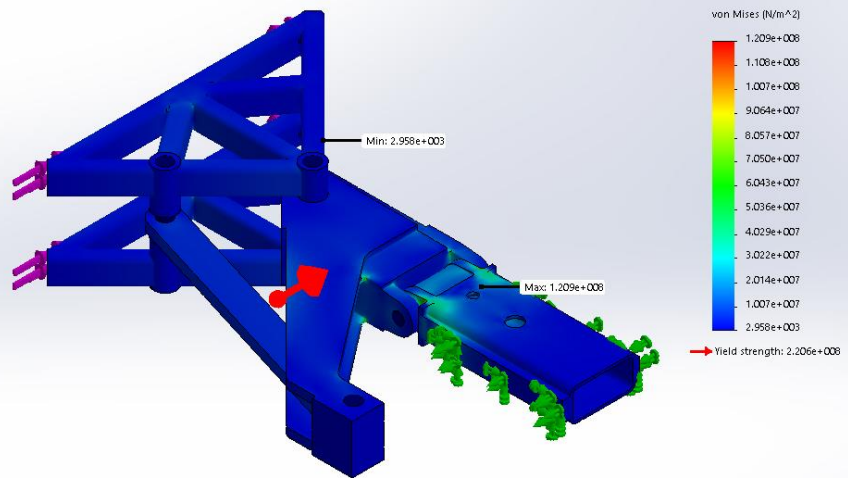
No Data



Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	2958.02 N/m ² Node: 134556	1.20853e+008 N/m ² Node: 139814

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static 40 (Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

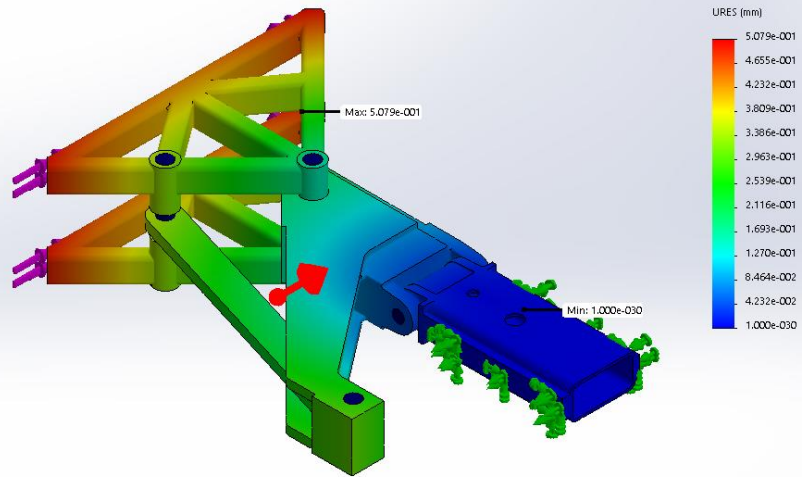


Subassembly No1-Static R40-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 139762	0.507858 mm Node: 59252

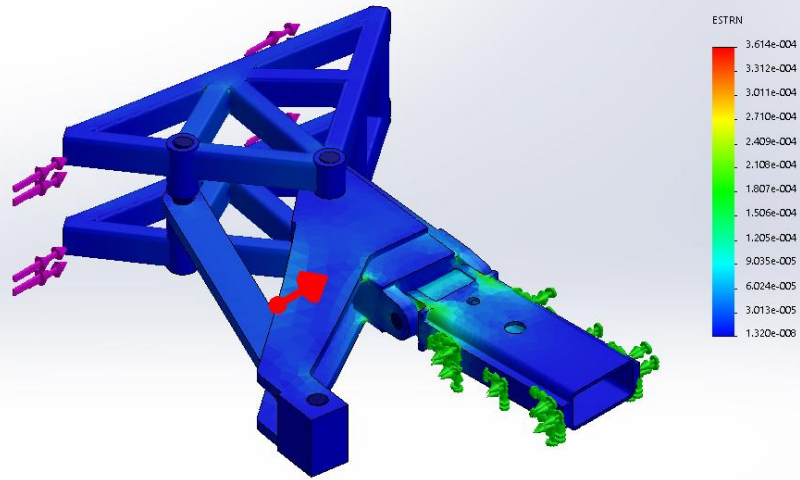
Model name: NEW Assem No1
Study name: Static 40 (Default)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1



Subassembly No1-Static R40-Displacement-Displacement1

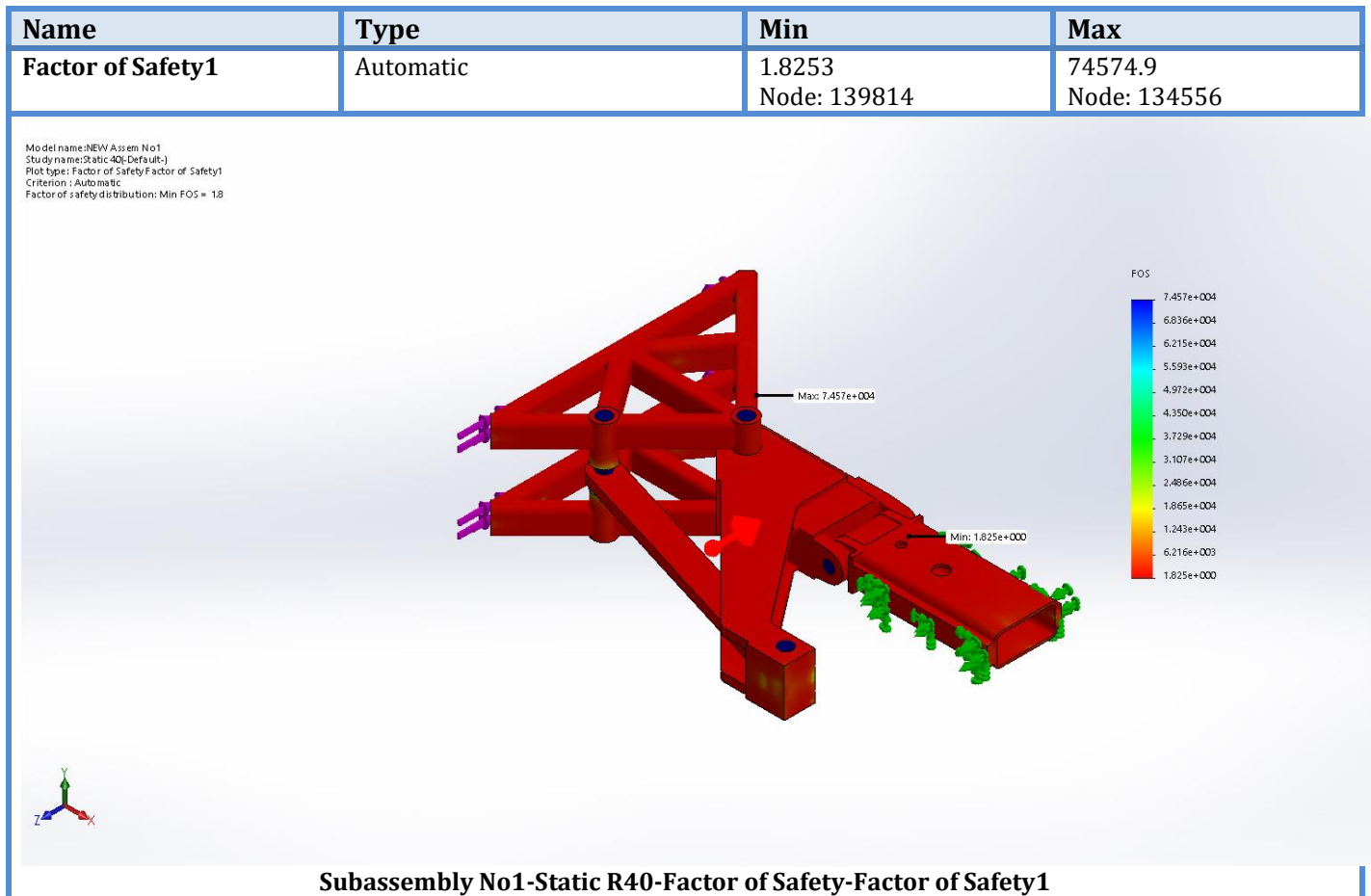
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.32017e-008 Element: 48537	0.000361362 Element: 81466

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static R40 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 235.35



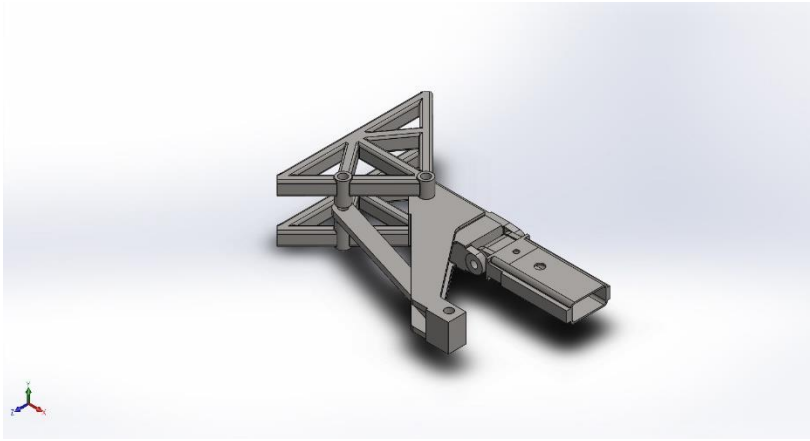
Subassembly No1-Static R40-Strain-Strain1





Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.



Simulation of Subassembly No1

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R20

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the glass handling frame and the extreme part of the crane arm. The static simulation is conducted by the application of a load to the handling frame. This load corresponds to the mass of the glass panel and the mass of the part of the handling frame which is not included in this simulation.

Table of Contents

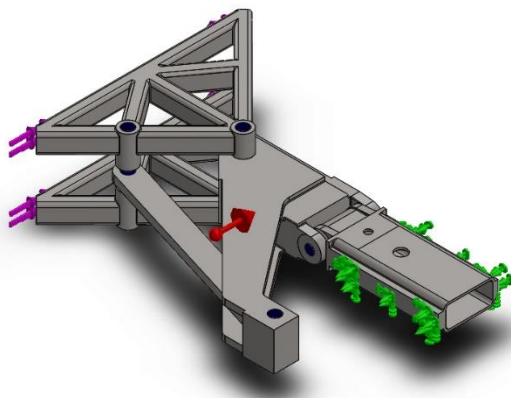
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	.....	362
<u>Model Information</u>	.....	362
<u>Study Properties</u>	.....	364
<u>Units</u>	.....	364
<u>Material Properties</u>	.....	365
<u>Loads and Fixtures</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	.....	369
<u>Mesh information</u>	.....	369
<u>Sensor Details</u>	.....	370
<u>Resultant Forces</u>	.....	371
<u>Beams</u>	.....	371
<u>Study Results</u>	.....	372
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark not defined.



Assumptions

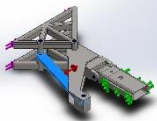
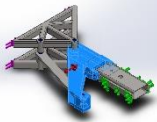

Model Information



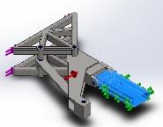


Model name: Subassembly No1
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Boss-Extrude1</p> 	Solid Body	<p>Mass:9.89664 kg Volume:0.0012688 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:96.9871 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy1.SLD PRT
<p>Fillet63</p> 	Solid Body	<p>Mass:47.4239 kg Volume:0.00607999 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:464.755 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 4A.SLD PRT
<p>Fillet62</p> 	Solid Body	<p>Mass:26.6685 kg Volume:0.00341893 m³ Density:7800.23 kg/m³ Weight:261.351 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 5A.SLD PRT



<p>Fillet44</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:14.757 kg Volume:0.00189193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:144.619 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION - NEW\crane 6A.SLDPRT</p>
--	--------------------------	--	--

Study Properties

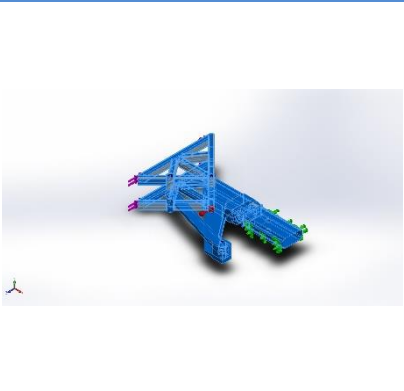
Study name	Static 20
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

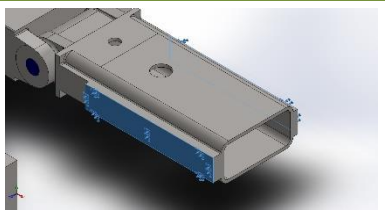
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

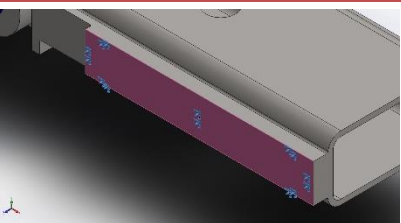


Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.20594e+008 N/m ² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m ³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy1-1), SolidBody 1(Fillet63)(crane 4A-2), SolidBody 1(Fillet62)(crane 5A-1), SolidBody 1(Fillet44)(crane 6A-1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0.874146	-0.0232468	7768.44	7768.44
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

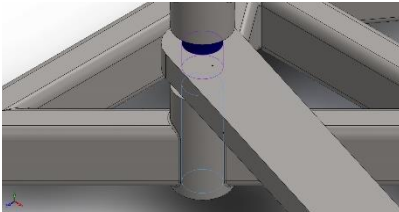
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 -9.81 Units: SI



<p>Force-1</p>		<p>Entities: 4 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -6800 N</p>
-----------------------	---	--

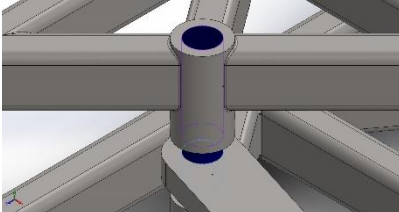
Connector Definitions

Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

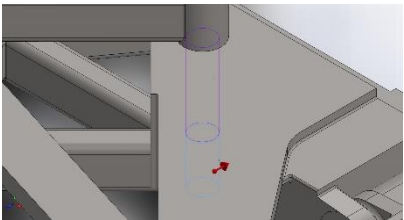
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-5.4016	0	5.4016
Shear Force (N)	-5004.3	0	-1519.8	5230
Torque (N.m)	0	-7.8269e-012	0	7.8269e-012
Bending moment (N.m)	19.044	0	-64.492	67.245

 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

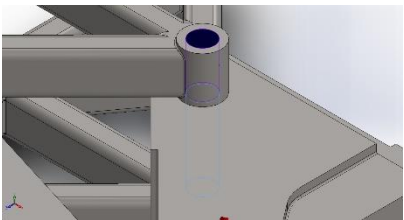
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-5.3941	0	5.3941
Shear Force (N)	5004.2	0	1520.2	5230
Torque (N.m)	0	-6.3997e-012	0	6.3997e-012
Bending moment (N.m)	143.56	0	-474.47	495.71



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

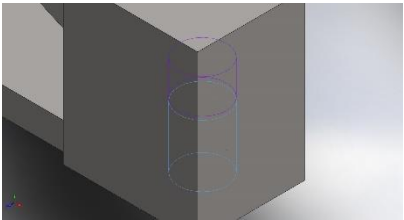
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	5.978	-0	-5.978
Shear Force (N)	5004.3	0	-2008.5	5392.3
Torque (N.m)	0	-7.7598e-012	0	7.7598e-012
Bending moment (N.m)	-1.9638	0	-6.0509	6.3616

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

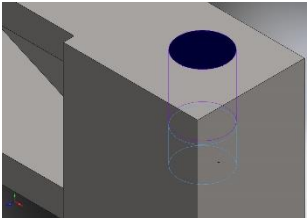
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	5.9705	-0	-5.9705
Shear Force (N)	-5004.1	0	2008.4	5392.1
Torque (N.m)	0	-4.9594e-012	0	4.9594e-012
Bending moment (N.m)	192.29	0	477.98	515.21

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.605	-0	-38.605
Shear Force (N)	5004.3	0	1568.4	5244.3
Torque (N.m)	0	-6.6405e-012	0	6.6405e-012
Bending moment (N.m)	-12.925	0	40.56	42.569

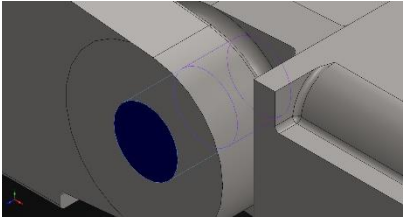


	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-6

Connector Forces

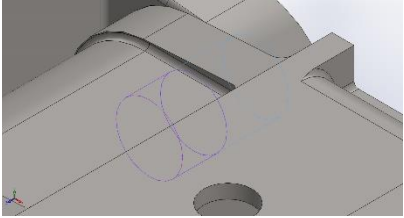
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.597	-0	-38.597
Shear Force (N)	-5004.3	0	-1568.7	5244.4
Torque (N.m)	0	-6.639e-012	0	6.639e-012
Bending moment (N.m)	-76.392	0	243.04	254.76

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-7

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	-0	-5282.1	-5282.1
Shear Force (N)	-6114.8	-4.931	0	6114.8
Torque (N.m)	-0	-0	-2.6714e-015	-2.6714e-015
Bending moment (N.m)	0.16585	7.1871	0	7.1891

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

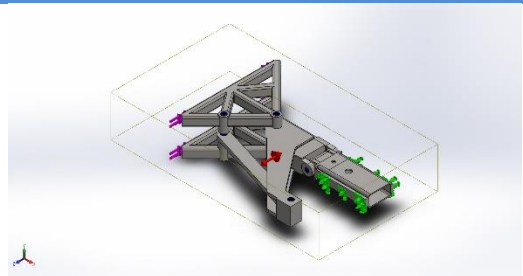
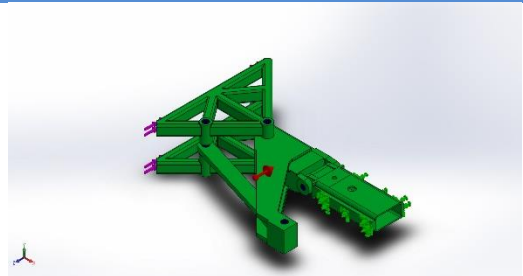
Pin Connector-8

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	0	-5364.5	5364.5
Shear Force (N)	3555.5	-13.507	0	3555.6
Torque (N.m)	-0	-0	8.9128e-016	-8.9128e-016
Bending moment (N.m)	-0.99357	-4.9325	0	5.0316



Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		Type: Bonded Components: 1 component(s) Options: Incompatible mesh
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	20 mm
Minimum element size	4 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

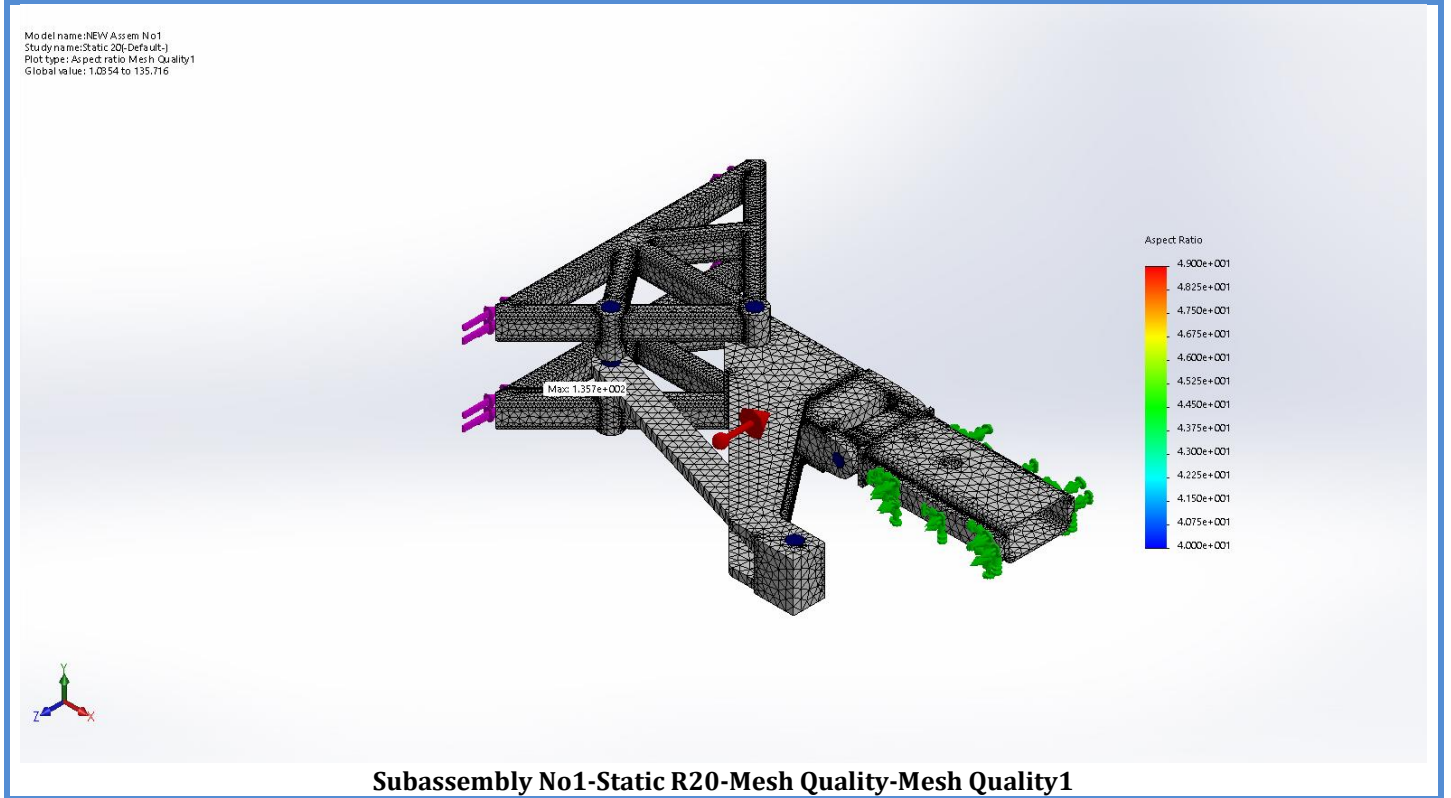
Total Nodes	350577
Total Elements	189163
Maximum Aspect Ratio	135.72
% of elements with Aspect Ratio < 3	92.3
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.146



% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:24
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.0354 Element: 49935	135.716 Element: 124872



Sensor Details

No Data



Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0.874146	-0.0232468	7768.44	7768.44

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Beams

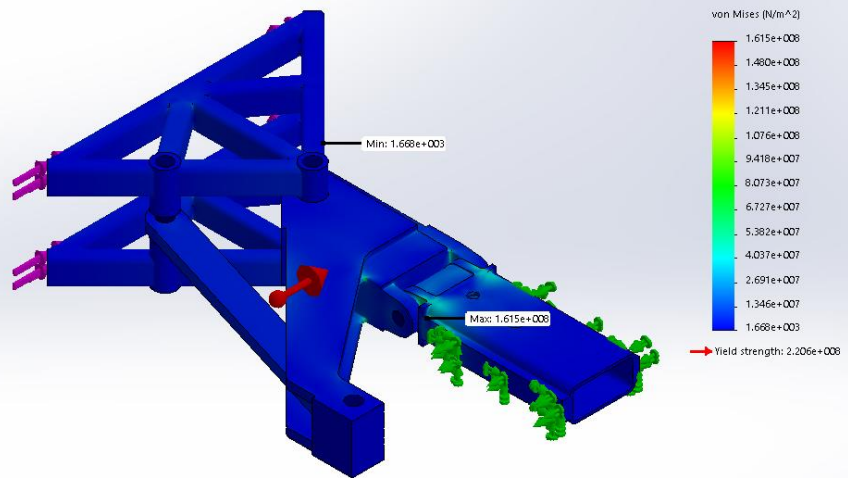
No Data



Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	1668.26 N/m ² Node: 302456	1.61457e+008 N/m ² Node: 327339

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static 20 (Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

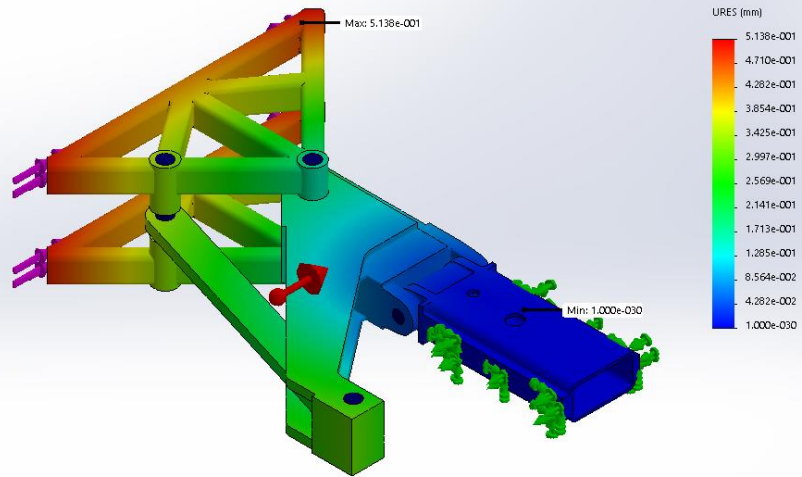


Subassembly No1-Static R20-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 305329	0.513812 mm Node: 127830

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static 20 (Default)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1

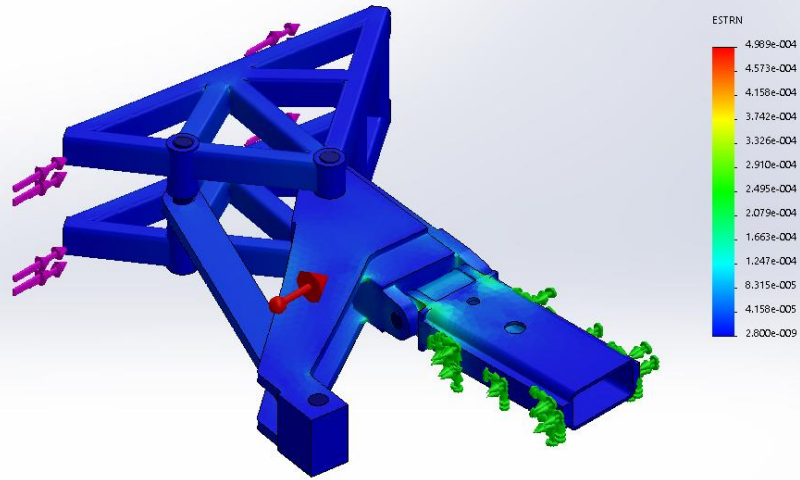


Subassembly No1-Static R20-Displacement-Displacement1



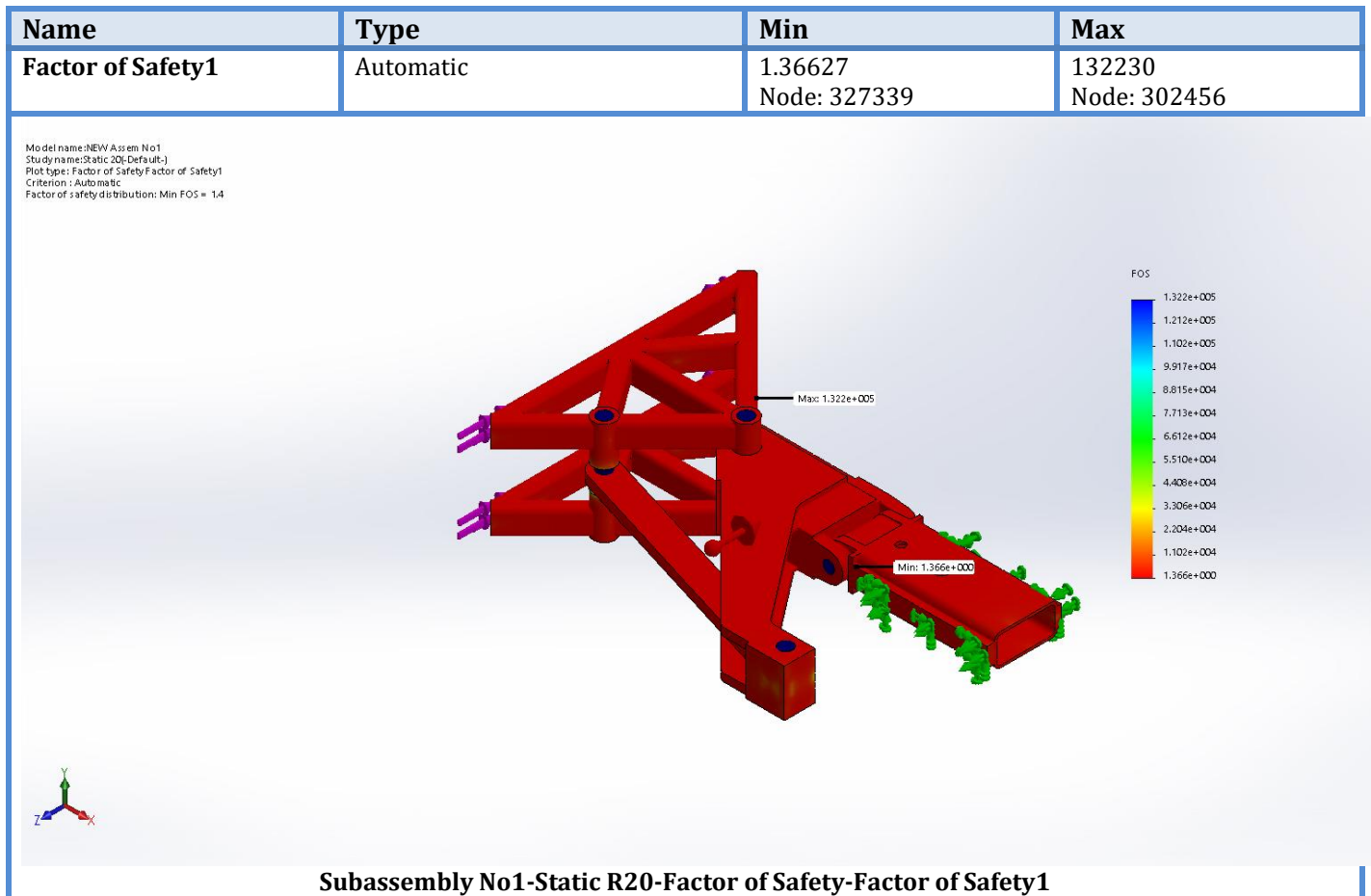
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	2.79984e-009 Element: 118242	0.000498901 Element: 180518

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static 20 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 232.519



Subassembly No1-Static R20-Strain-Strain1

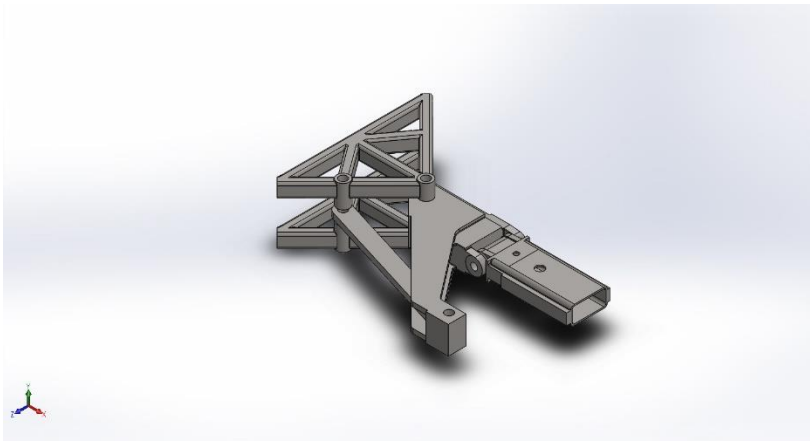




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No1

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R10

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the glass handling frame and the extreme part of the crane arm. The static simulation is conducted by the application of a load to the handling frame. This load corresponds to the mass of the glass panel and the mass of the part of the handling frame which is not included in this simulation.

Table of Contents

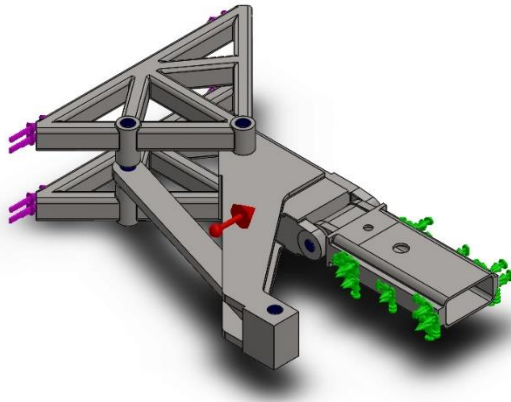
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>		377
<u>Model Information</u>		377
<u>Study Properties</u>		379
<u>Units</u>		379
<u>Material Properties</u>		380
<u>Loads and Fixtures</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>		384
<u>Mesh information</u>		384
<u>Sensor Details</u>		385
<u>Resultant Forces</u>		386
<u>Beams</u>		386
<u>Study Results</u>		387
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark not defined.



Assumptions

Model Information



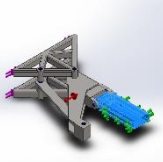


Model name: Subassembly No1
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Boss-Extrude1</p>	Solid Body	<p>Mass:9.89664 kg Volume:0.0012688 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:96.9871 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy1.SLD PRT
<p>Fillet63</p>	Solid Body	<p>Mass:47.4239 kg Volume:0.00607999 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:464.755 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 4A.SLDPRT
<p>Fillet62</p>	Solid Body	<p>Mass:26.6685 kg Volume:0.00341893 m³ Density:7800.23 kg/m³ Weight:261.351 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\crane 5A.SLDPRT



<p>Fillet44</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:14.757 kg Volume:0.00189193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:144.619 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW \crane 6A.SLDPRT</p>
--	--------------------------	---	---

Study Properties

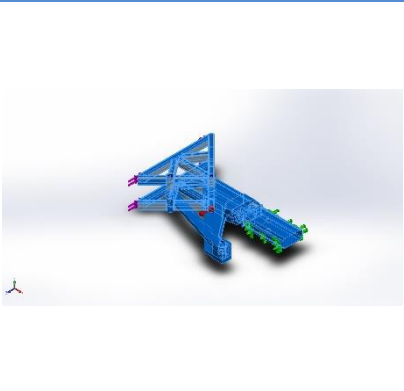
Study name	Static 10
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

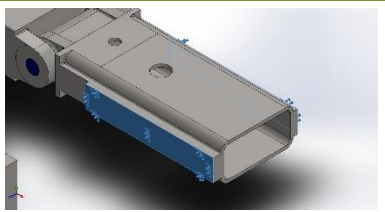
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

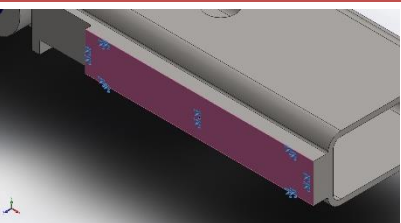


Material Properties

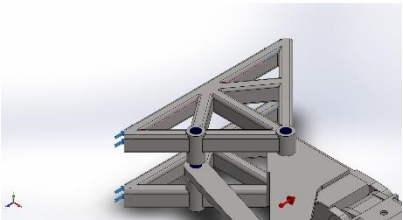
Model Reference	Properties	Components
	Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.20594e+008 N/m ² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m ³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy1-1), SolidBody 1(Fillet63)(crane 4A-2), SolidBody 1(Fillet62)(crane 5A-1), SolidBody 1(Fillet44)(crane 6A-1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.532159	0.355723	7768.51	7768.51
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

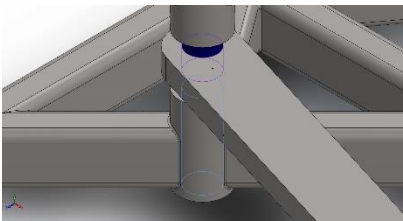
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 -9.81 Units: SI



<p>Force-1</p>		<p>Entities: 4 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -6800 N</p>
-----------------------	---	--

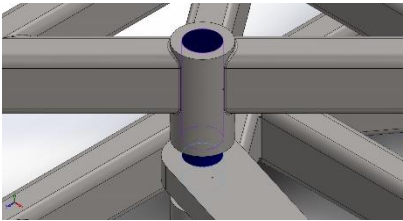
Connector Definitions

Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

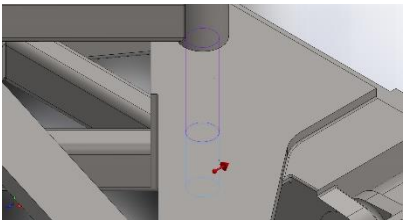
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-6.0427	0	6.0427
Shear Force (N)	-5009.7	0	-1521.7	5235.7
Torque (N.m)	0	-7.8657e-012	0	7.8657e-012
Bending moment (N.m)	19.077	0	-64.597	67.355

 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

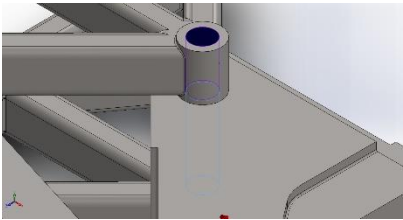
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-6.0415	0	6.0415
Shear Force (N)	5009.8	0	1521.7	5235.8
Torque (N.m)	0	-6.437e-012	0	6.437e-012
Bending moment (N.m)	143.47	0	-474.12	495.35



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

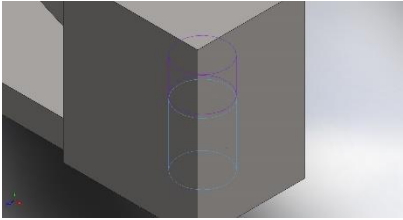
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	6.3163	-0	-6.3163
Shear Force (N)	5009.6	0	-2010.6	5398.1
Torque (N.m)	0	-7.7968e-012	0	7.7968e-012
Bending moment (N.m)	-1.467	0	-4.7787	4.9989

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

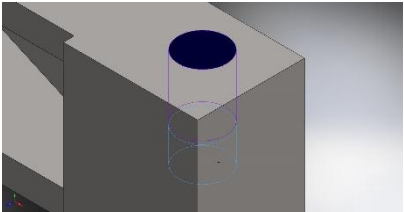
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	6.315	-0	-6.315
Shear Force (N)	-5009.7	0	2010.6	5398.1
Torque (N.m)	0	-4.9952e-012	0	4.9952e-012
Bending moment (N.m)	190.57	0	473.71	510.6

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	36.461	-0	-36.461
Shear Force (N)	5009.8	0	1570.3	5250.1
Torque (N.m)	0	-6.676e-012	0	6.676e-012
Bending moment (N.m)	-15.541	0	48.951	51.359

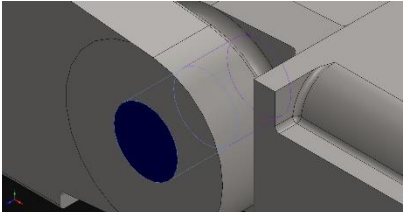


	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-6

Connector Forces

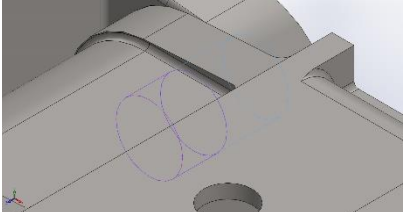
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	36.46	-0	-36.46
Shear Force (N)	-5009.7	0	-1570.2	5250
Torque (N.m)	0	-6.6761e-012	0	6.6761e-012
Bending moment (N.m)	-76.516	0	243.48	255.22

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Pin Connector-7

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	-0	-5241.8	-5241.8
Shear Force (N)	-6250.5	11.481	0	6250.6
Torque (N.m)	-0	-0	-8.8358e-017	-8.8358e-017
Bending moment (N.m)	0.32363	6.3518	0	6.36

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

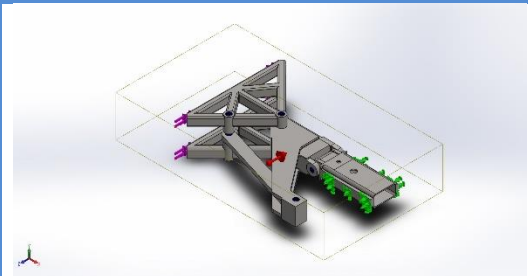
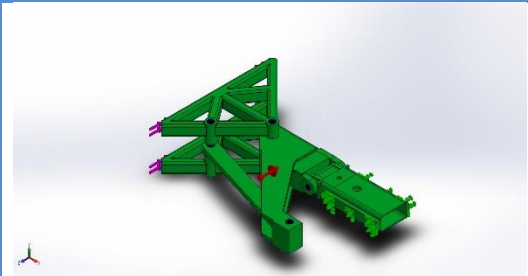
Pin Connector-8

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	0	-5371.7	5371.7
Shear Force (N)	3513.8	-4.5787	0	3513.8
Torque (N.m)	-0	-0	2.2016e-015	-2.2016e-015
Bending moment (N.m)	0.087941	-5.2488	0	5.2495



Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		Type: Bonded Components: 1 component(s) Options: Incompatible mesh
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	10 mm
Minimum element size	2 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

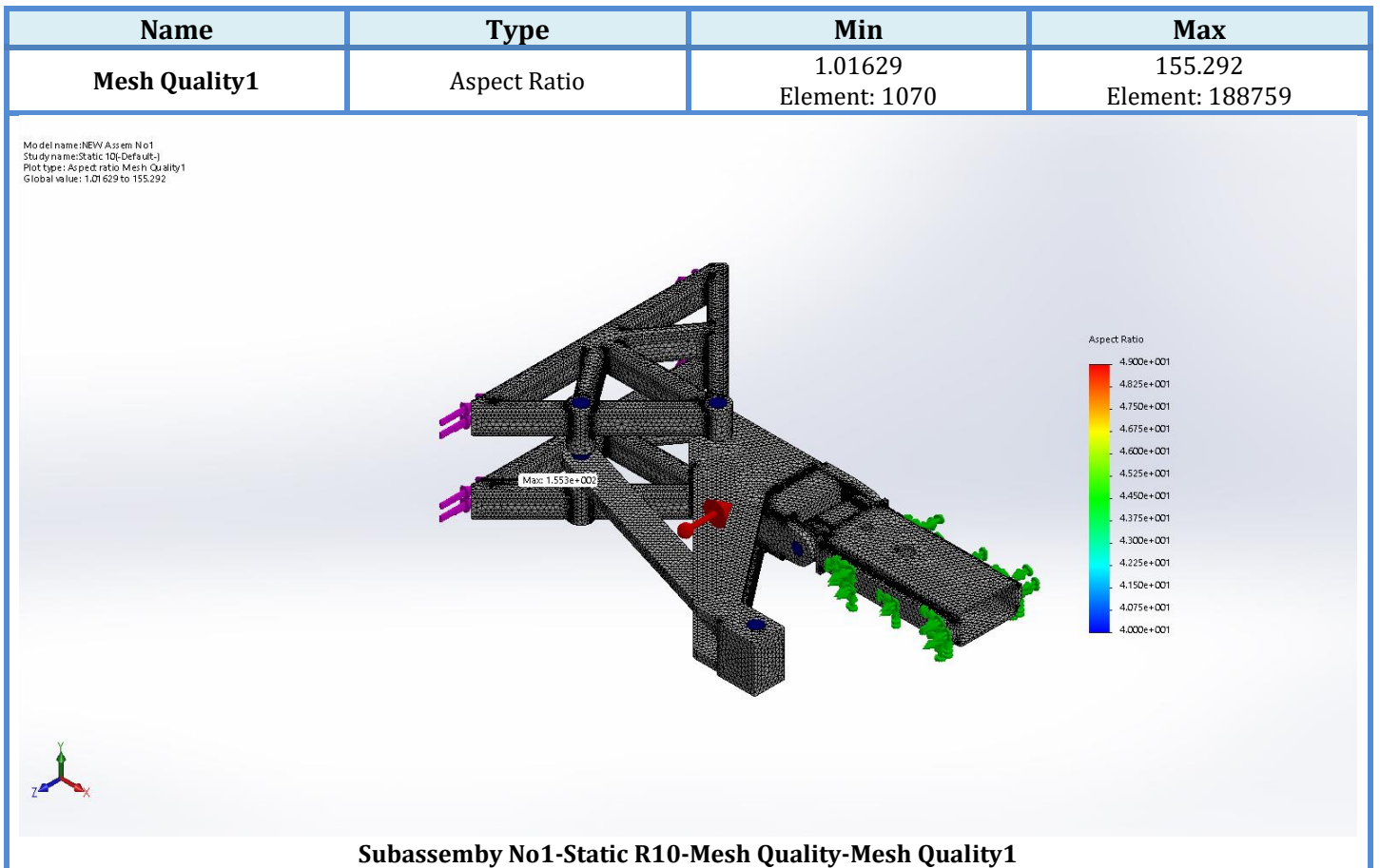
Mesh information - Details

Total Nodes	762817
Total Elements	449069
Maximum Aspect Ratio	155.29
% of elements with Aspect Ratio < 3	96.3
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.0497



% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:35
Computer name:	

Mesh Quality Plots



Sensor Details

No Data



Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0.532159	0.355723	7768.51	7768.51

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Beams

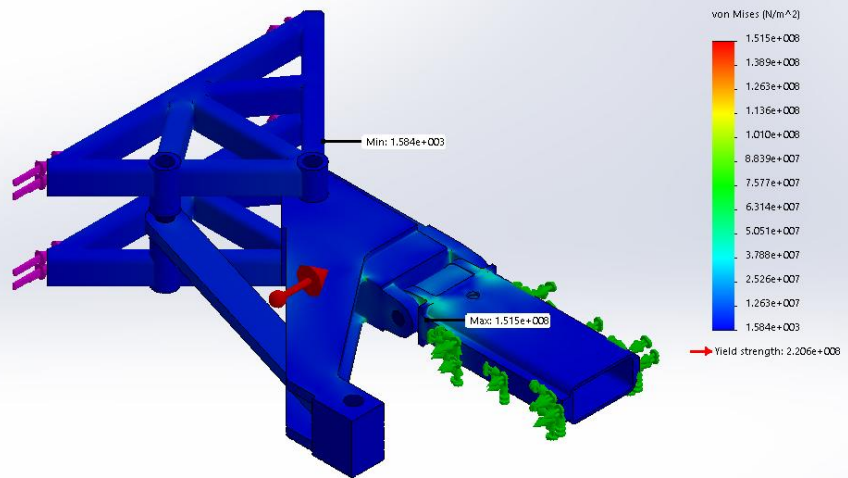
No Data



Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	1583.65 N/m ² Node: 596432	1.5153e+008 N/m ² Node: 678204

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static 10 (Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

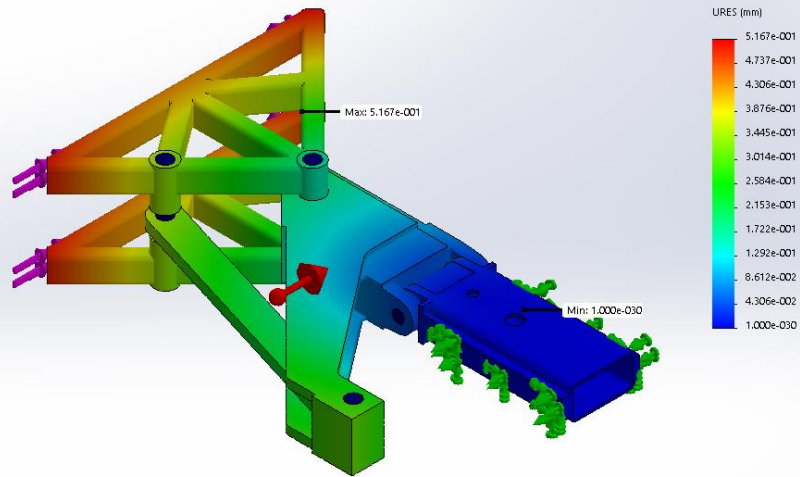


Subassembly No1-Static R10-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 621568	0.516742 mm Node: 363627

Model name: NEWV Assem No1
Study name: Static 10 (Default)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1

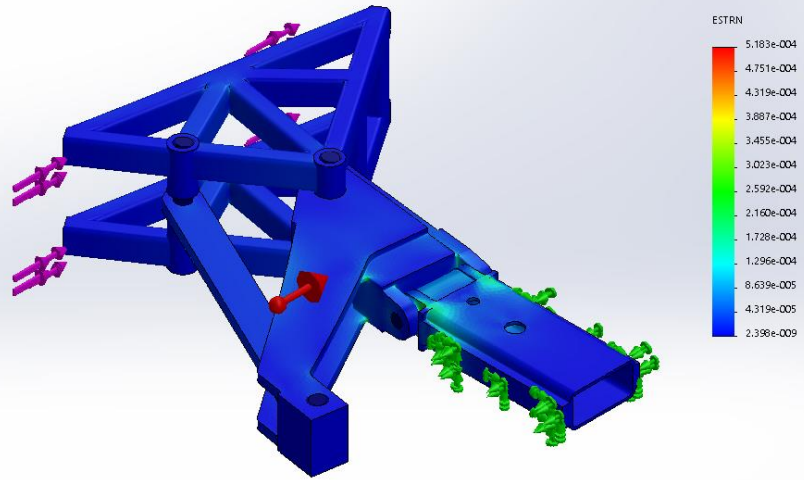


Subassembly No1-Static R10-Displacement-Displacement1



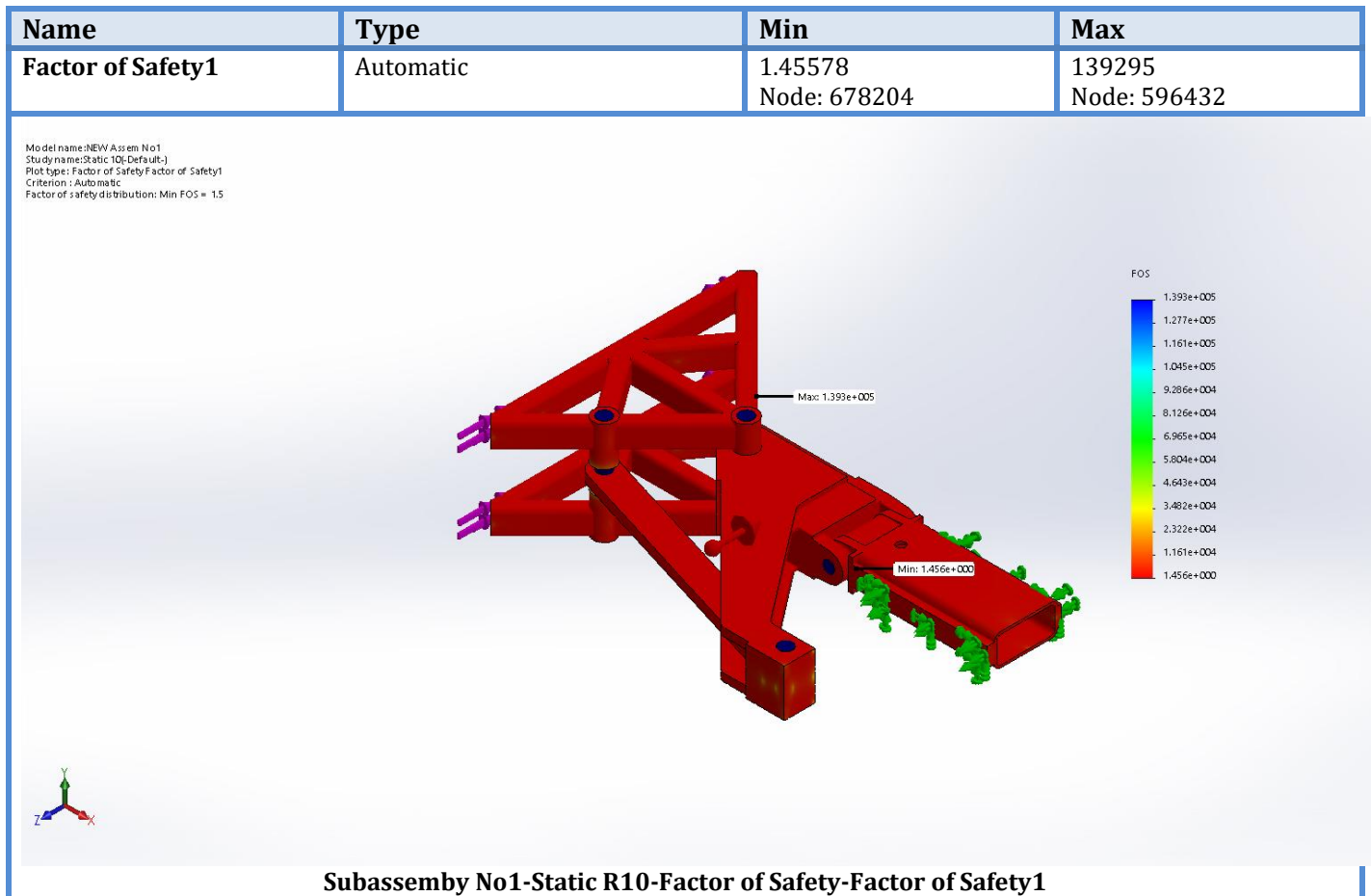
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	2.39817e-009 Element: 275996	0.000518299 Element: 417756

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static 10 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 231.153



Subassembly No1-Static R10-Strain-Strain1

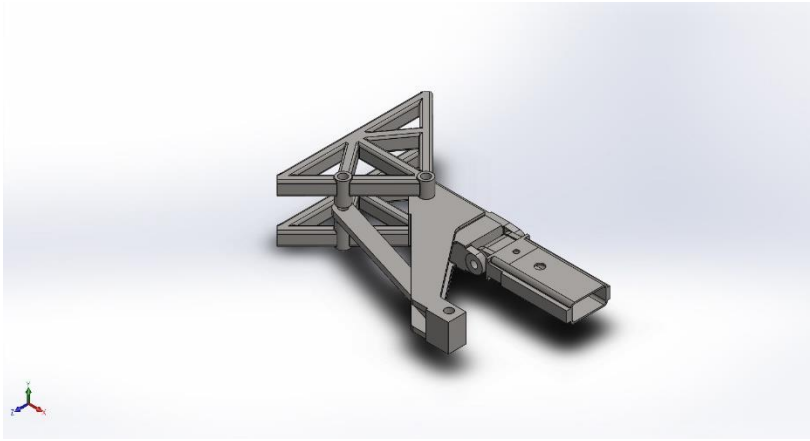




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No1

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R5

Analysis type: Static

Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the glass handling frame and the extreme part of the crane arm. The static simulation is conducted by the application of a load to the handling frame. This load corresponds to the mass of the glass panel and the mass of the part of the handling frame which is not included in this simulation.

Table of Contents

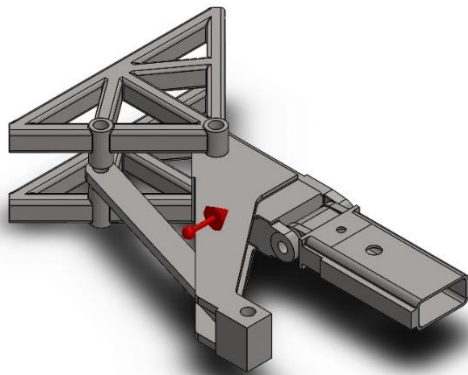
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	.....	392
<u>Model Information</u>	.....	392
<u>Study Properties</u>	.....	394
<u>Units</u>	.....	394
<u>Material Properties</u>	.....	395
<u>Loads and Fixtures</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	.....	399
<u>Mesh information</u>	.....	399
<u>Sensor Details</u>	.....	400
<u>Resultant Forces</u>	.....	401
<u>Beams</u>	.....	401
<u>Study Results</u>	.....	402
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark not defined.



Assumptions

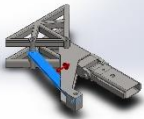
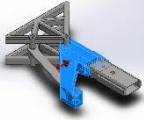
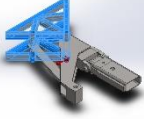
Model Information



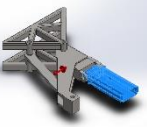


Model name: Subassembly No1
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude1 	Solid Body	Mass:9.89664 kg Volume:0.0012688 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:96.9871 N	C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION - NEW \PistonDummy1.SLDPRT
Fillet63 	Solid Body	Mass:47.4239 kg Volume:0.00607999 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:464.755 N	C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION - NEW \crane 4A.SLDPRT
Fillet62 	Solid Body	Mass:26.6685 kg Volume:0.00341893 m³ Density:7800.23 kg/m³ Weight:261.351 N	C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION - NEW \crane 5A.SLDPRT



<p>Fillet44</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:14.757 kg Volume:0.00189193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:144.619 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION - NEW \crane 6A.SLDPRT</p>
--	--------------------------	--	--

Study Properties

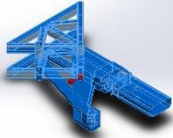
Study name	Static 5
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION - NEW)

Units

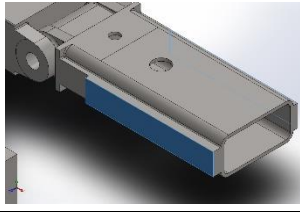
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

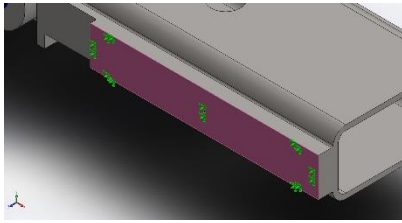


Material Properties

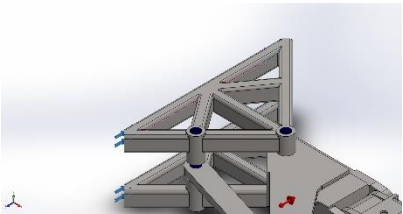
Model Reference	Properties	Components
	Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.20594e+008 N/m ² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m ³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy1-1), SolidBody 1(Fillet63)(crane 4A-2), SolidBody 1(Fillet62)(crane 5A-1), SolidBody 1(Fillet44)(crane 6A-1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0.289385	0.18124	7769.48	7769.48
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

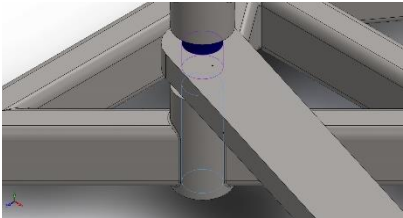
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 -9.81 Units: SI



<p>Force-1</p>		<p>Entities: 4 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -6800 N</p>
-----------------------	---	--

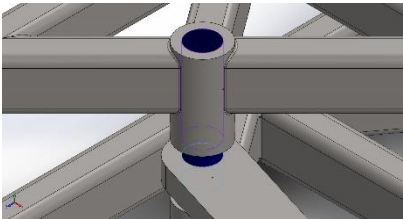
Connector Definitions

Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

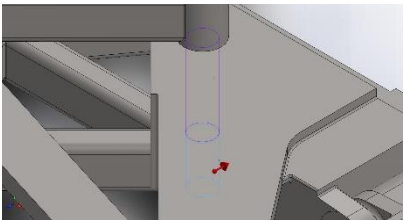
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-5.7306	0	5.7306
Shear Force (N)	-5006.5	0	-1520.8	5232.4
Torque (N.m)	0	-7.8739e-012	0	7.8739e-012
Bending moment (N.m)	21.85	0	-73.757	76.926

 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

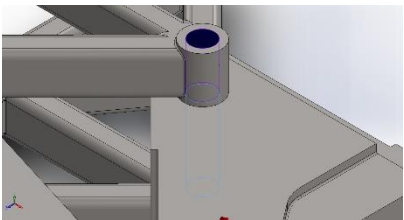
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	-5.7276	0	5.7276
Shear Force (N)	5006.5	0	1520.7	5232.4
Torque (N.m)	0	-6.4442e-012	0	6.4442e-012
Bending moment (N.m)	143.58	0	-474.51	495.76



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

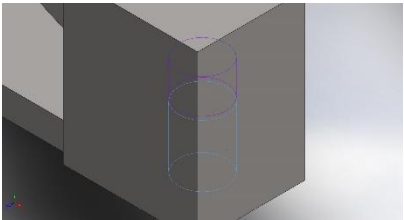
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	6.1321	-0	-6.1321
Shear Force (N)	5006.5	0	-2009.3	5394.6
Torque (N.m)	0	-7.8049e-012	0	7.8049e-012
Bending moment (N.m)	-2.4163	0	-7.1067	7.5062

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

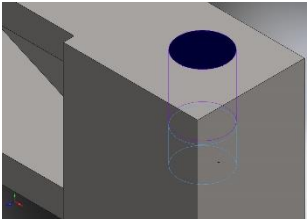
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	6.1291	-0	-6.1291
Shear Force (N)	-5006.4	0	2009.4	5394.6
Torque (N.m)	0	-5.0026e-012	0	5.0026e-012
Bending moment (N.m)	191.25	0	475.44	512.46

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

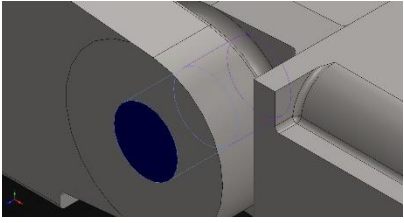
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.378	-0	-38.378
Shear Force (N)	5006.5	0	1569.2	5246.7
Torque (N.m)	0	-6.6829e-012	0	6.6829e-012
Bending moment (N.m)	-17.591	0	55.508	58.229



 <p>Pin Connector-6</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

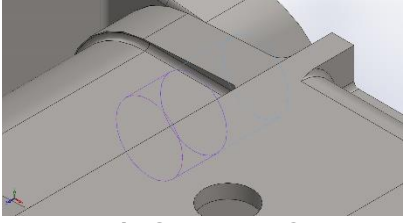
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	38.375	-0	-38.375
Shear Force (N)	-5006.6	0	-1569.3	5246.7
Torque (N.m)	0	-6.6833e-012	0	6.6833e-012
Bending moment (N.m)	-76.378	0	243.06	254.78

 <p>Pin Connector-7</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0	-0	-5233.7	-5233.7
Shear Force (N)	-6101.7	4.214	0	6101.7
Torque (N.m)	-0	-0	-9.0183e-016	-9.0183e-016
Bending moment (N.m)	0.17744	5.6006	0	5.6034

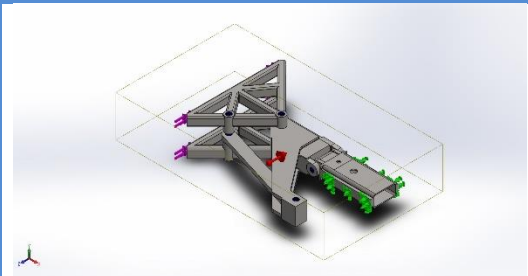
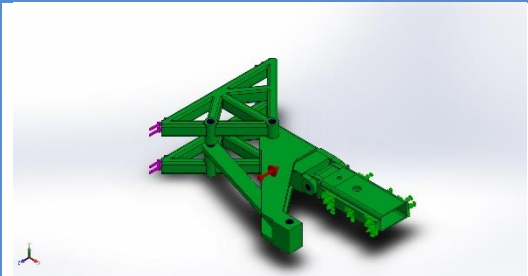
 <p>Pin Connector-8</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	0	-5350	5350
Shear Force (N)	3132.8	4.4726	0	3132.8
Torque (N.m)	-0	-0	9.7648e-016	-9.7648e-016
Bending moment (N.m)	0.075994	-4.8474	0	4.848



Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		Type: Bonded Components: 1 component(s) Options: Incompatible mesh
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	5 mm
Minimum element size	3 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

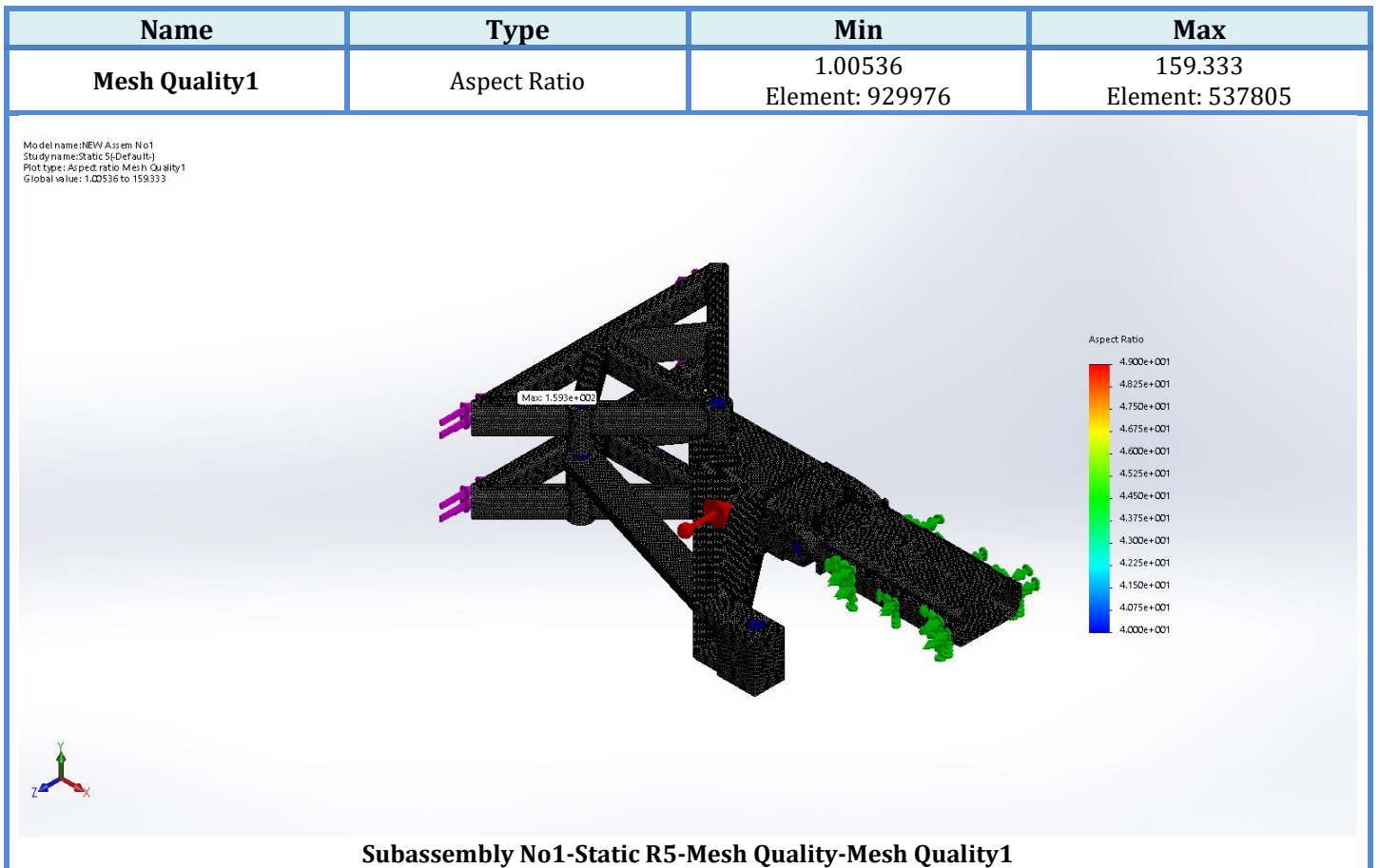
Mesh information - Details

Total Nodes	1566909
Total Elements	967545
Maximum Aspect Ratio	159.33
% of elements with Aspect Ratio < 3	99.5
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.0249



% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:54
Computer name:	

Mesh Quality Plots



Sensor Details

No Data



Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0.289385	0.18124	7769.48	7769.48

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Beams

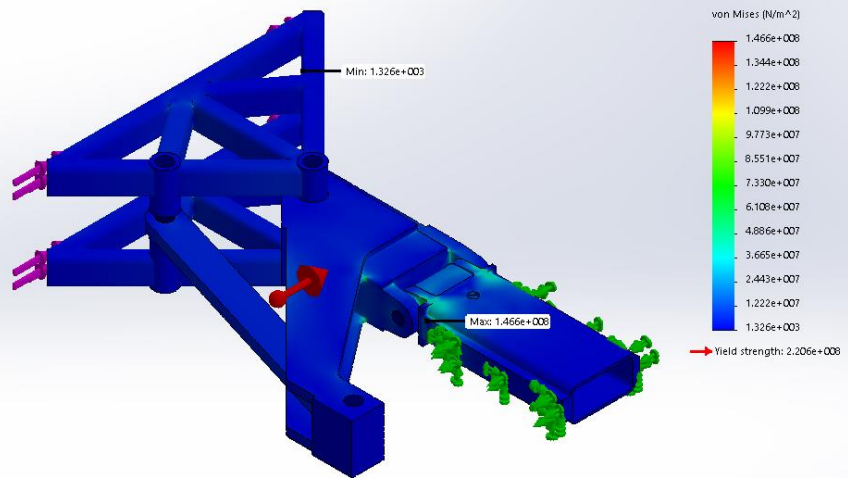
No Data



Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	1326.43 N/m ² Node: 1159901	1.46592e+008 N/m ² Node: 1402495

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static S (Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

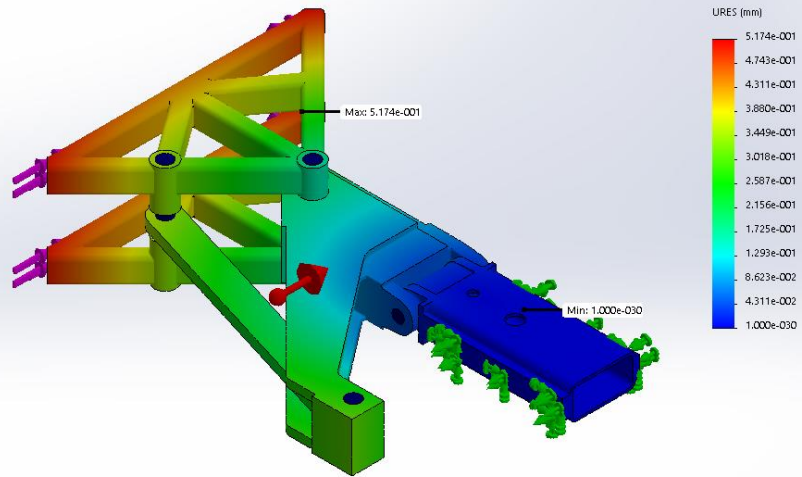


Subassembly No1-Static R5-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1306637	0.517375 mm Node: 785324

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static S (-Default)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1

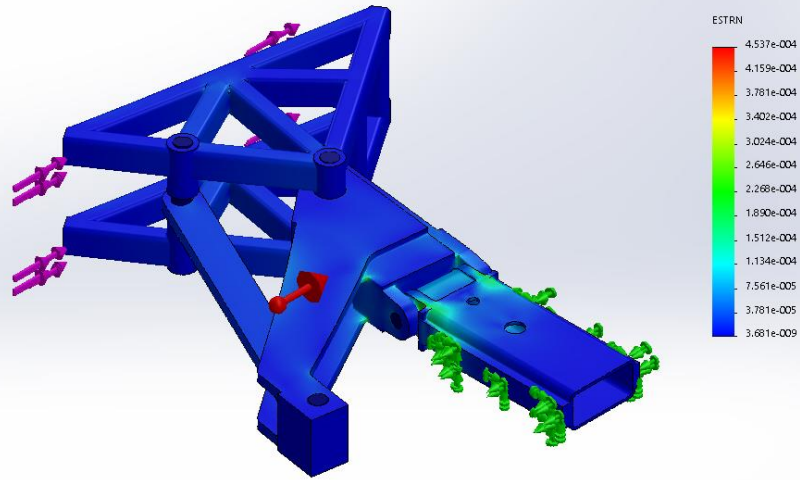


Subassembly No1-Static R5-Displacement-Displacement1



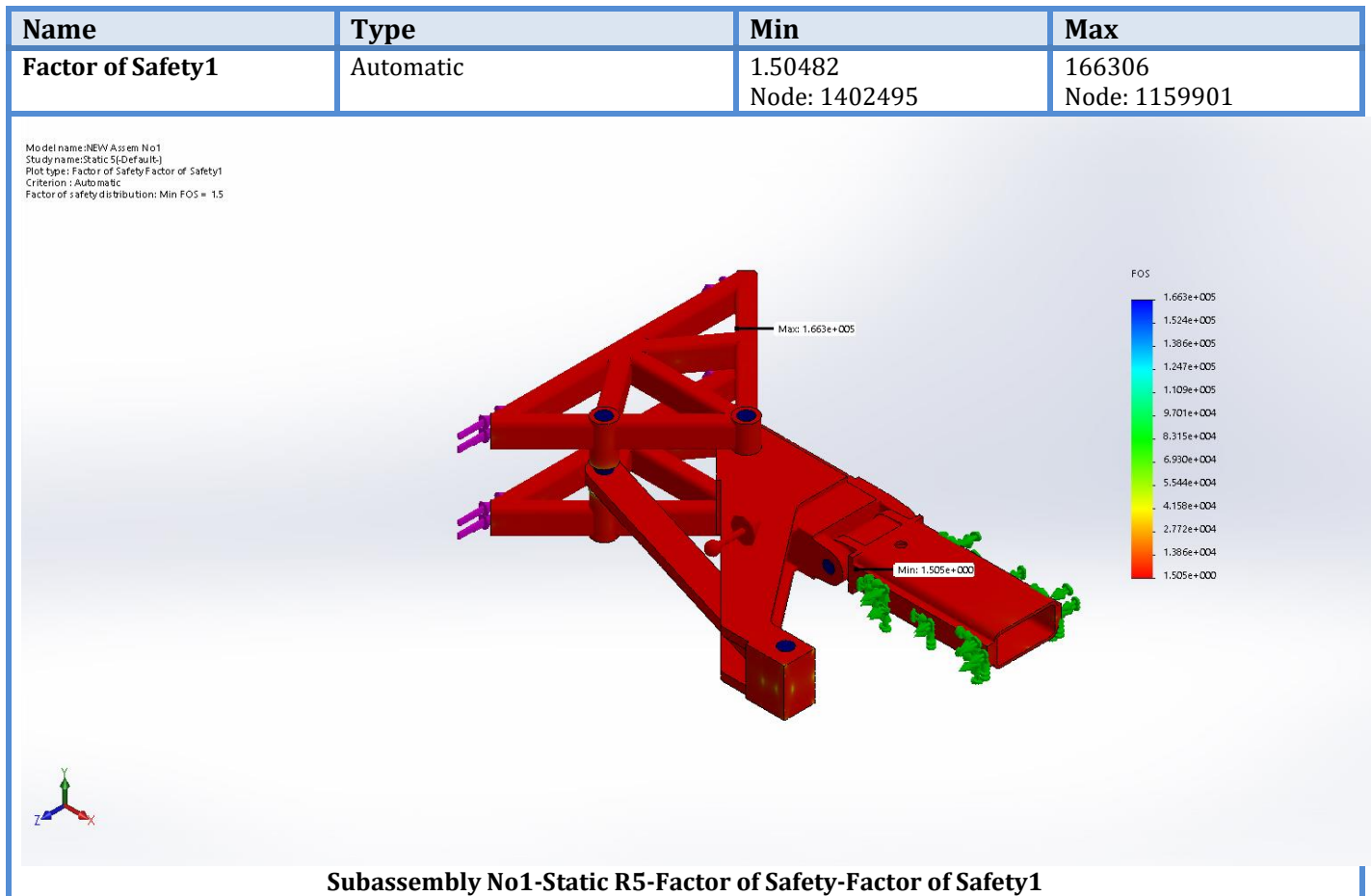
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	3.68071e-009 Element: 673619	0.000453659 Element: 837595

Model name: NEW Assem No1
Study name: Static S-(Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 230.835



Subassembly No1-Static R5-Strain-Strain1

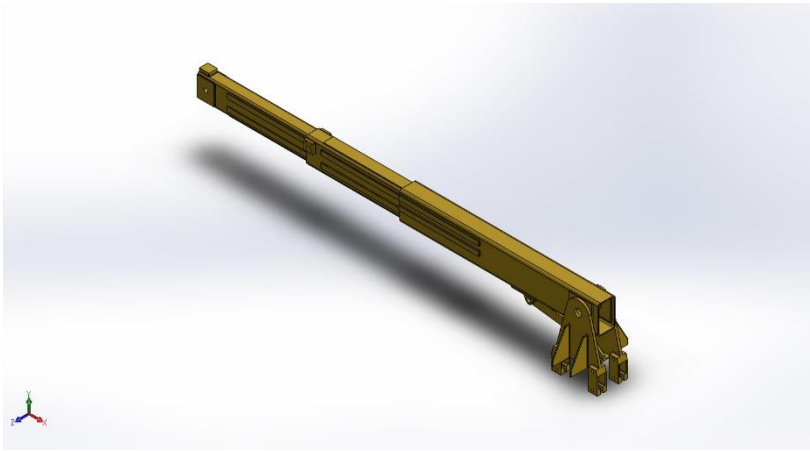




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No2

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R320

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the crane arm and its base which connects it to the main frame. The static simulation is conducted by the application of a load to the extreme front part of the crane arm. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

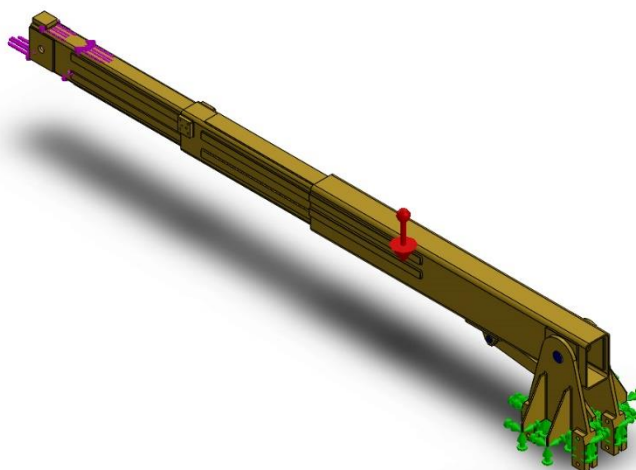
<u>Description</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	407
<u>Model Information</u>	407
<u>Study Properties</u>	409
<u>Units</u>	410
<u>Material Properties</u>	410
<u>Loads and Fixtures</u>	411
<u>Connector Definitions</u> ...	Error! Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	414
<u>Mesh information</u>	415
<u>Sensor Details</u>	416
<u>Resultant Forces</u>	416
<u>Beams</u>	417
<u>Study Results</u>	417
<u>Conclusion</u>	Error! Bookmark not defined.



Assumptions

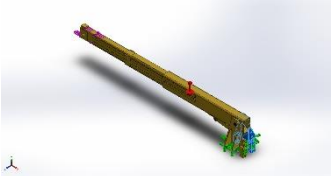
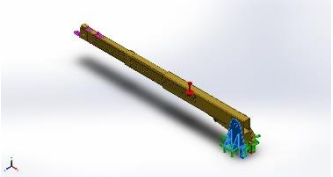
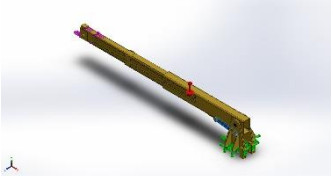
Model Information



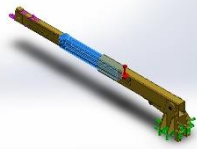
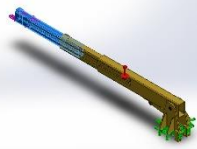
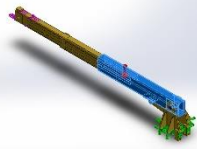
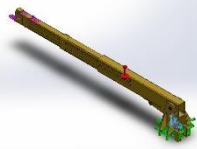


Model name: Subassembly No2
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Boss-Extrude1</p>	Solid Body	Mass:6.30615 kg Volume:0.000808481 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:61.8003 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy2.SLD PRT



 <p>Fillet2</p>	Solid Body	<p>Mass:60.0338 kg Volume:0.00769664 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:588.331 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 2A.SLDPRT</p>
 <p>Fillet4</p>	Solid Body	<p>Mass:51.0477 kg Volume:0.00654457 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:500.267 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 3A.SLDPRT</p>
 <p>Fillet1</p>	Solid Body	<p>Mass:107.011 kg Volume:0.0137193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:1048.7 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 89.SLDPRT</p>
 <p>Fillet3</p>	Solid Body	<p>Mass:9.96303 kg Volume:0.00127731 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:97.6377 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Υδραυλικό Έμβολο 4C.SLDPRT</p>

Study Properties

Study name	Static 320
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Large Problem Direct Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off

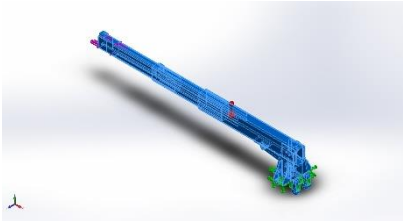


Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	Off
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW)

Units

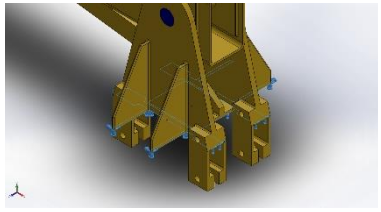
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

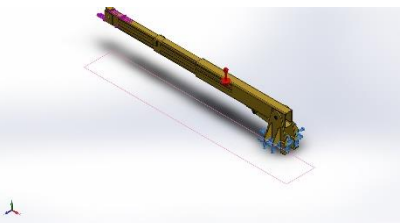
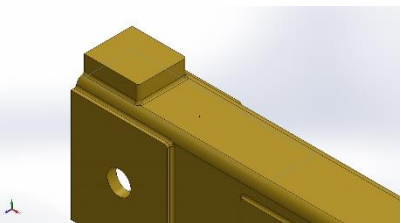
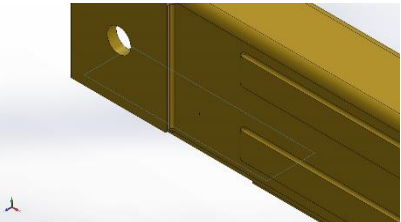
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.28</p> <p>Mass density: 7800 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-2),</p> <p>SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy2-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet2)(crane 2A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet4)(crane 3A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet1)(crane 89-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet3)(Υδραυλικό Έμβολο 4C-2)</p>
Curve Data: N/A		

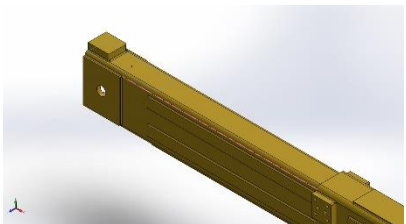
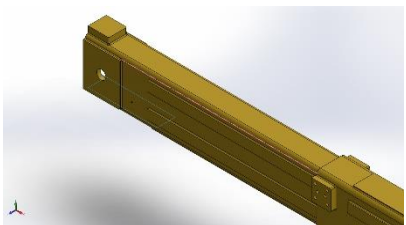


Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-3		Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.155762	10801.1	-0.000961304	10801.1
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

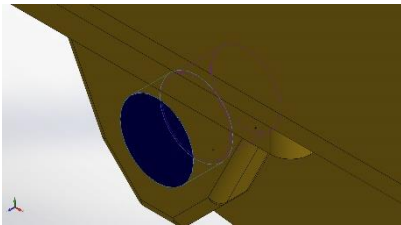
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: SI
Force-8		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: -3790 N
Force-9		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 4050 N



<p>Force-10</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 31900 N</p>
<p>Force-11</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -31900 N</p>

Connector Definitions

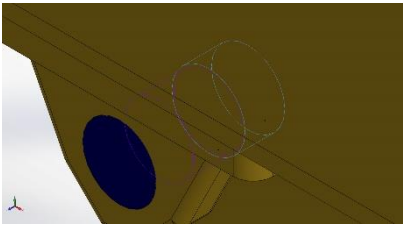
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

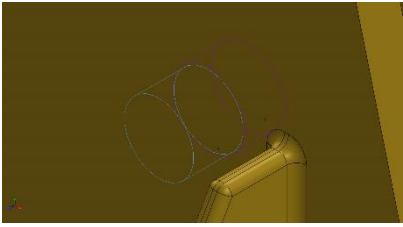
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.022717	0.021979	4413.5	4413.5
Shear Force (N)	6072.7	-860.06	0.035541	6133.3
Torque (N.m)	-0	0	0	0
Bending moment (N.m)	76.314	2.5871	0.00037992	76.358



 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

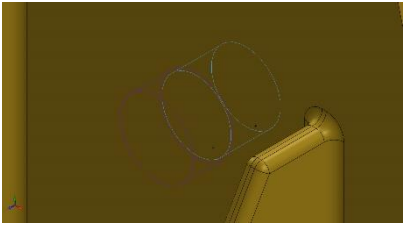
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.02809	-0.026163	-5075	5075
Shear Force (N)	5837.2	542.93	0.029509	5862.4
Torque (N.m)	1.2002e-024	-1.1179e-024	-2.1684e-019	2.1684e-019
Bending moment (N.m)	-93.09	-8.6993	-0.0004704	93.496

 <p>Pin Connector-3</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

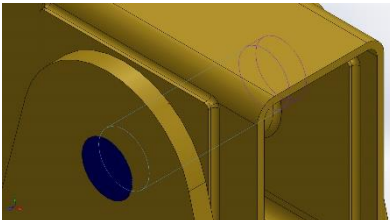
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.00944	0.0046193	4839.8	4839.8
Shear Force (N)	16751	-2773.1	-0.030026	16979
Torque (N.m)	-2.1147e-025	-1.0348e-025	-1.0842e-019	-1.0842e-019
Bending moment (N.m)	-149.61	-338.01	0.00061442	369.64

 <p>Pin Connector-4</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

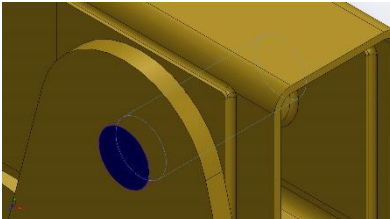
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.003921	-0.0060171	-4412.6	4412.6
Shear Force (N)	21411	-6204.3	-0.010565	22292
Torque (N.m)	-9.6341e-026	-1.4784e-025	-1.0842e-019	1.0842e-019
Bending moment (N.m)	190.11	383.22	-0.00069149	427.79



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

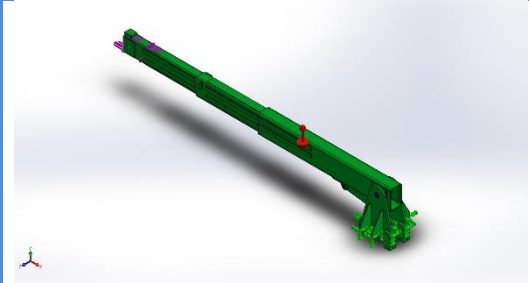
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.000136	3.9639e-006	-159.54	-159.54
Shear Force (N)	2942.6	-10922	0.0022371	11312
Torque (N.m)	1.8485e-025	5.3877e-027	-2.1684e-019	-2.1684e-019
Bending moment (N.m)	-1252.1	-410.26	-0.0010776	1317.6

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.0095749	0.0067032	8224.5	-8224.5
Shear Force (N)	1789.1	-11353	0.011336	11493
Torque (N.m)	1.2622e-025	-8.8366e-026	-1.0842e-019	1.0842e-019
Bending moment (N.m)	939.19	362.28	0.00079813	1006.6

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
<p>Component Contact-16</p>		<p>Type: Bonded Components: 7 component(s) Options: Incompatible mesh</p>



Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	320 mm
Minimum element size	64 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	27285
Total Elements	13962
Maximum Aspect Ratio	79.142
% of elements with Aspect Ratio < 3	4.53
% of elements with Aspect Ratio > 10	46.9
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:05
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.27673 Element: 918	79.1422 Element: 9903

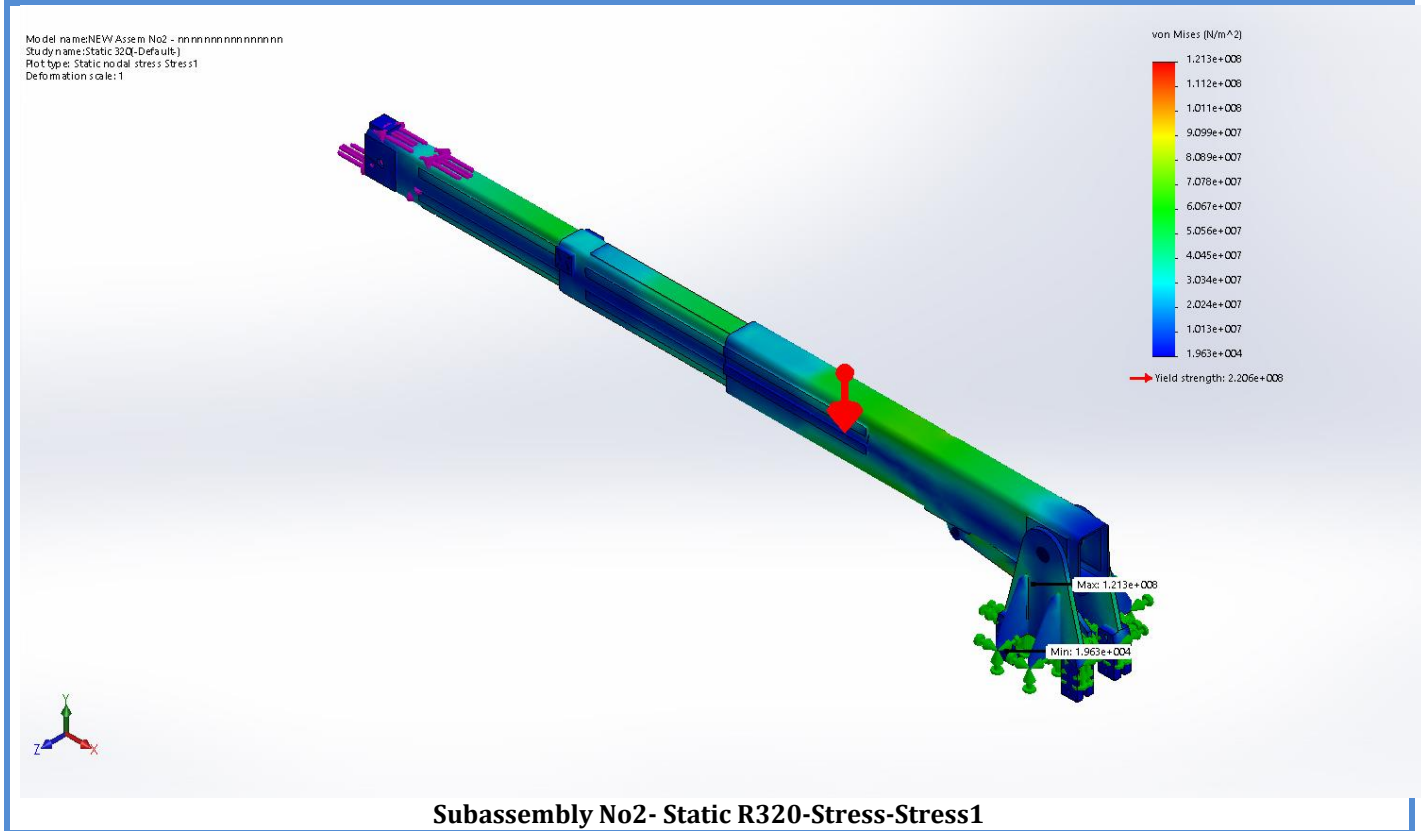


Beams

No Data

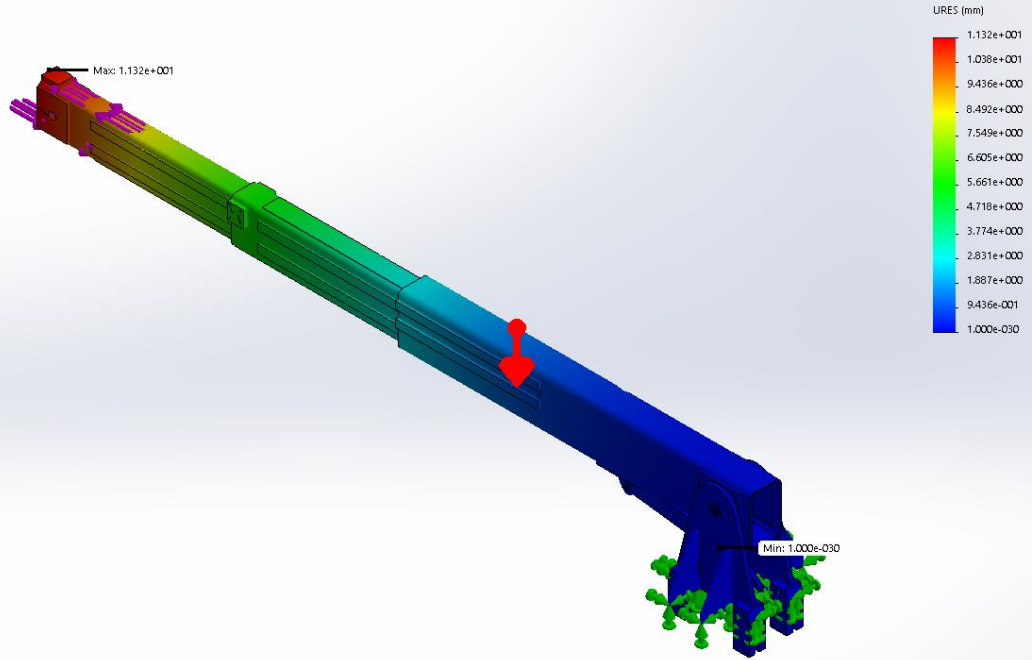
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	19628.5 N/m ² Node: 2748	1.21318e+008 N/m ² Node: 3944



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1	11.323 mm Node: 13521

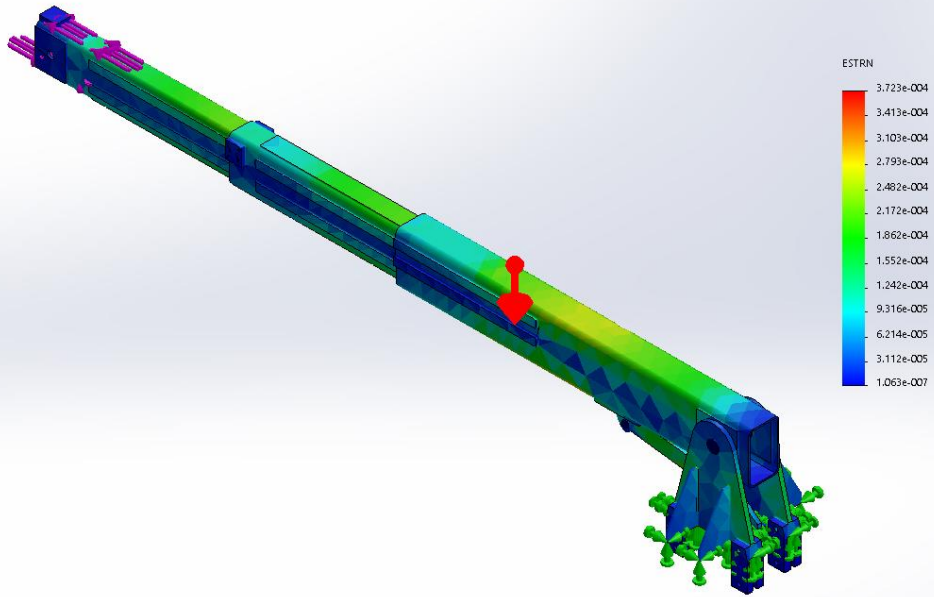
Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name: Static R320-Default1
Plot type: Static displacement: Displacement1



Subassembly No2- Static R320-Displacement-Displacement1

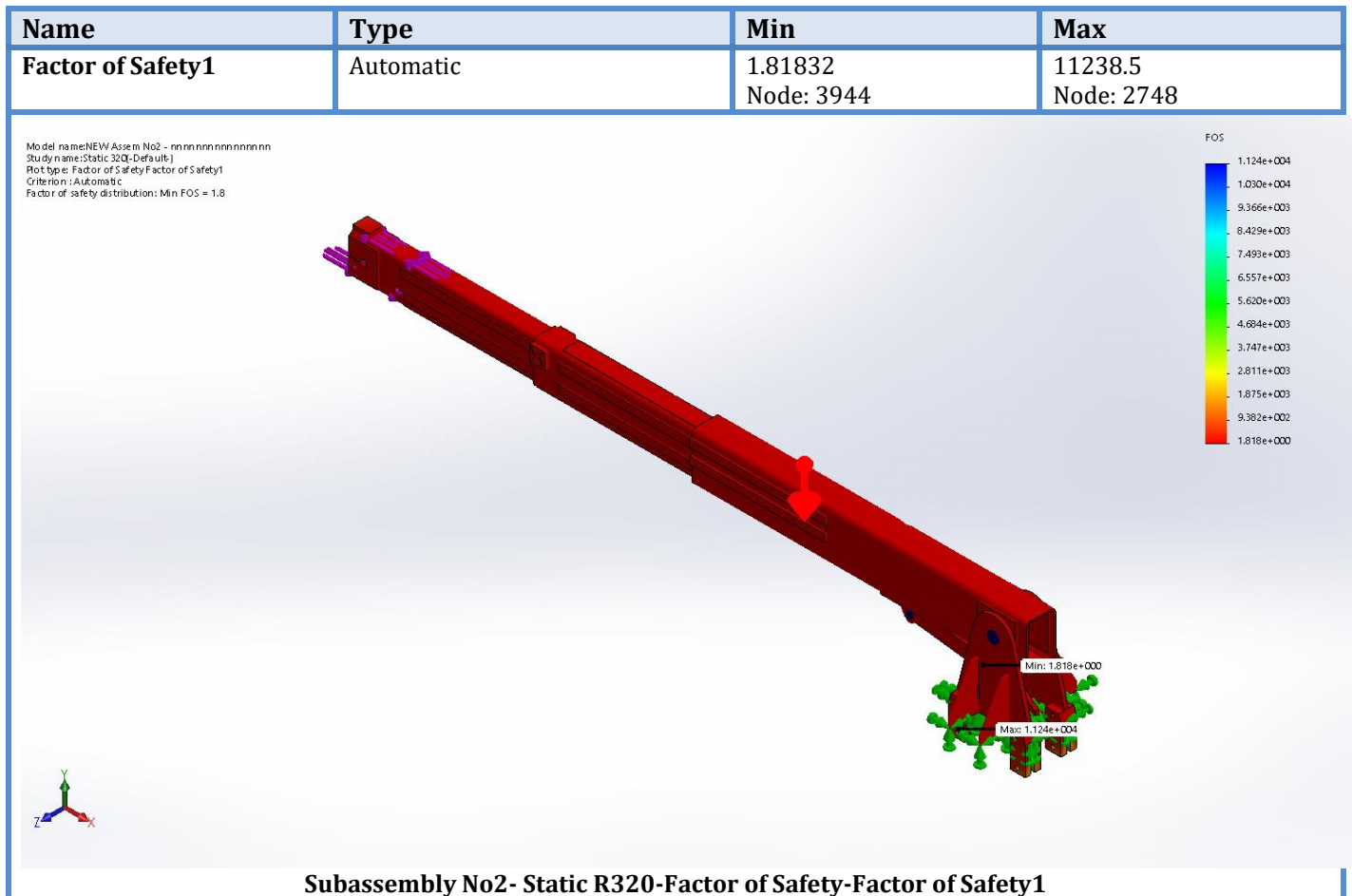
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.0626e-007 Element: 1132	0.000372321 Element: 12357

Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name: Static R320-Default
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 1



Subassembly No2- Static R320-Strain-Strain1

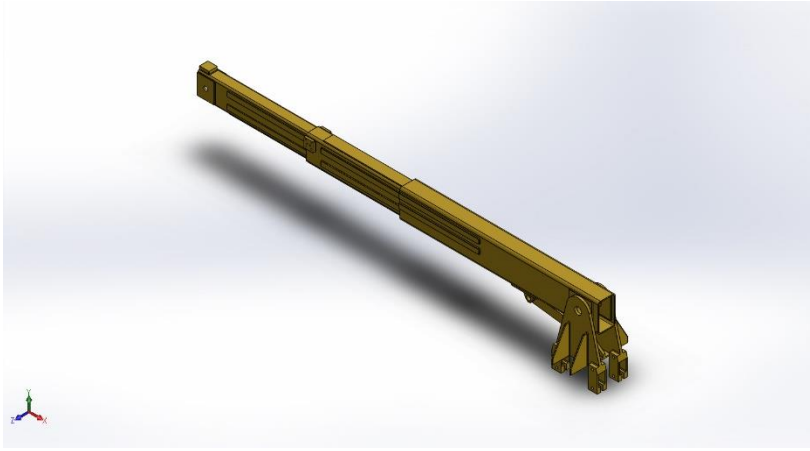




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No2

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R160

Analysis type: Static

Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the crane arm and its base which connects it to the main frame. The static simulation is conducted by the application of a load to the extreme front part of the crane arm. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

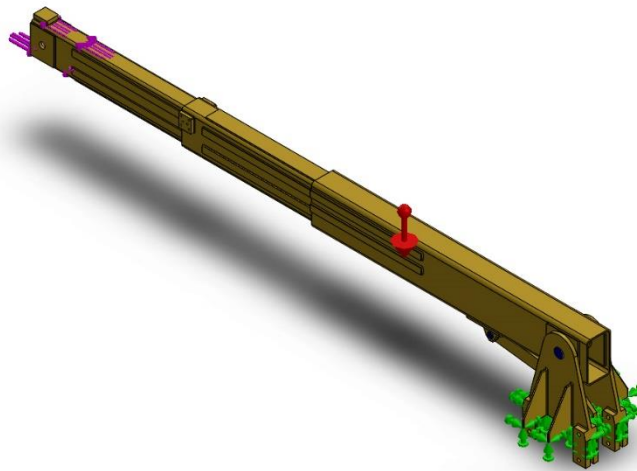
<u>Description</u>	421
<u>Assumptions</u>	422
<u>Model Information</u>	422
<u>Study Properties</u>	424
<u>Units</u>	425
<u>Material Properties</u>	425
<u>Loads and Fixtures</u>	426
<u>Connector Definitions</u>	427
<u>Contact Information</u>	429
<u>Mesh information</u>	430
<u>Sensor Details</u>	431
<u>Resultant Forces</u>	431
<u>Beams</u>	432
<u>Study Results</u>	432
<u>Conclusion</u>	Error! Bookmark not defined.



Assumptions

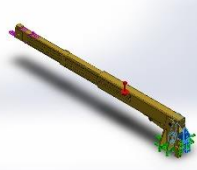
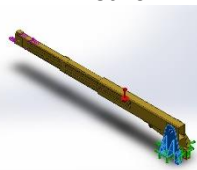

Model Information



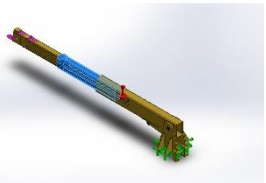
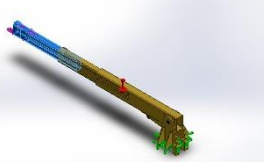
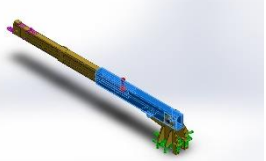
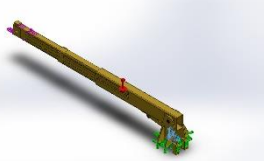


Model name: Subassembly No2
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Boss-Extrude1</p>	Solid Body	Mass:6.30615 kg Volume:0.000808481 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:61.8003 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy2.SLD PRT



<p>Fillet2</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:60.0338 kg Volume:0.00769664 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:588.331 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 2A.SLDPRT</p>
<p>Fillet4</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:51.0477 kg Volume:0.00654457 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:500.267 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 3A.SLDPRT</p>
<p>Fillet1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:107.011 kg Volume:0.0137193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:1048.7 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 89.SLDPRT</p>
<p>Fillet3</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:9.96303 kg Volume:0.00127731 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:97.6377 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Υδραυλικό Έμβολο 4C.SLDPRT</p>

Study Properties

Study name	Static 160
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Large Problem Direct Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off

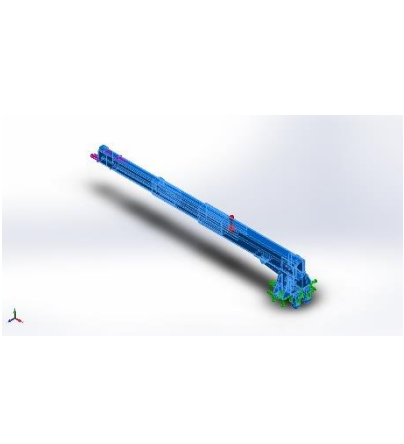


Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	Off
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW)

Units

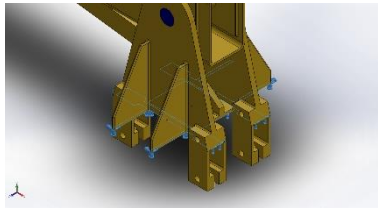
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

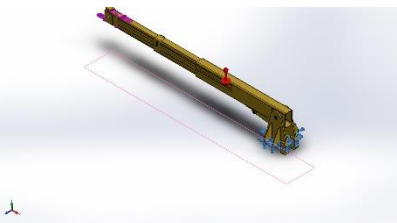
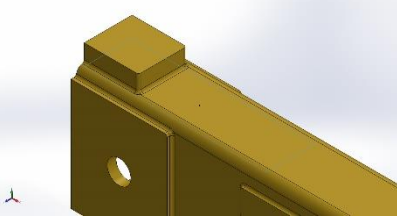
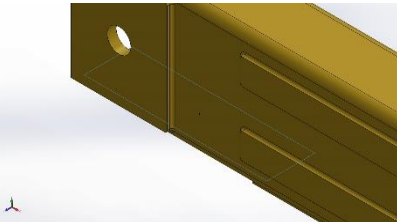
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.28</p> <p>Mass density: 7800 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-2),</p> <p>SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy2-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet2)(crane 2A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet4)(crane 3A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet1)(crane 89-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet3)(Υδραυλικό Έμβολο 4C-2)</p>
Curve Data:N/A		

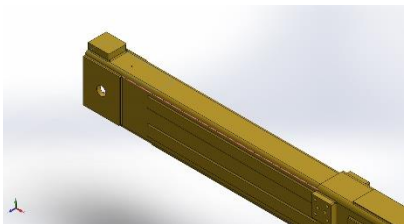
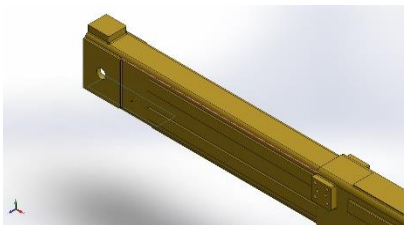


Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-3		Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.128662	10792.1	-0.000610352	10792.1
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

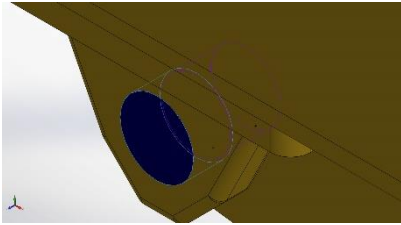
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: SI
Force-8		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: -3790 N
Force-9		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 4050 N



<p>Force-10</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 31900 N</p>
<p>Force-11</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -31900 N</p>

Connector Definitions

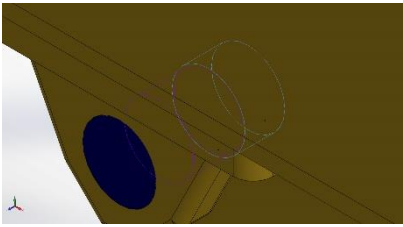
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

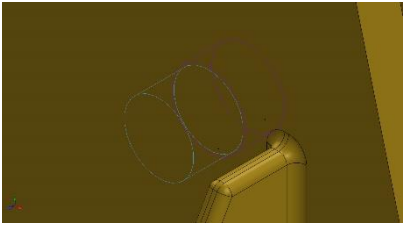
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0023492	-0.027813	5626	5626
Shear Force (N)	12221	-3103.8	-0.020447	12609
Torque (N.m)	0	-0	0	0
Bending moment (N.m)	61.596	-61.241	-0.00032847	86.859



 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

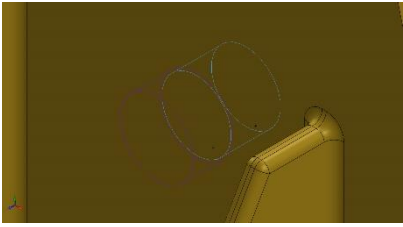
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0010687	0.023281	-4979.5	4979.5
Shear Force (N)	11894	-1622.3	-0.0050326	12004
Torque (N.m)	0	0	-0	0
Bending moment (N.m)	-70.591	53.154	0.00023337	88.365

 <p>Pin Connector-3</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

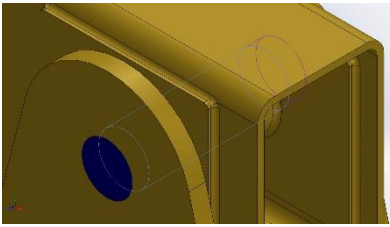
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.0037302	0.0066864	5638	5638
Shear Force (N)	14457	-2253.1	0.012237	14631
Torque (N.m)	-3.5866e-026	6.4291e-026	5.421e-020	5.421e-020
Bending moment (N.m)	-132.84	-312.49	0.00028272	339.56

 <p>Pin Connector-4</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

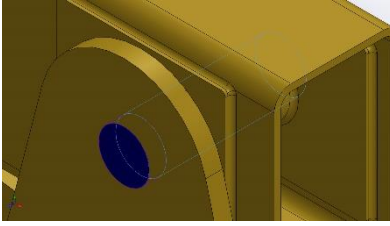
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.010982	-0.010859	-7058.4	7058.4
Shear Force (N)	18344	-5279.2	0.036664	19089
Torque (N.m)	4.2173e-026	-4.1701e-026	-2.7105e-020	2.7105e-020
Bending moment (N.m)	183.15	342.17	-0.00024146	388.1



 <p>Pin Connector-5</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

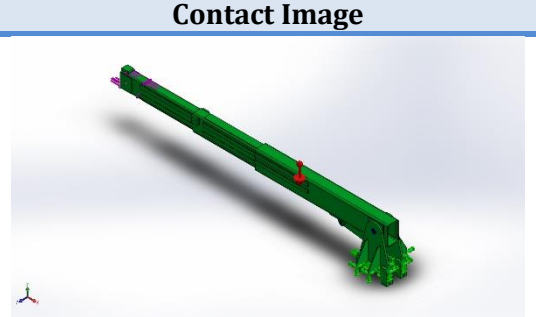
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0032193	-0.00028765	-2755.9	-2755.9
Shear Force (N)	808.8	-626.43	0.0010102	1023
Torque (N.m)	-0	0	0	0
Bending moment (N.m)	-173.03	-155.41	-0.0001859	232.58

 <p>Pin Connector-6</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.0019946	0.0003745	1550.9	-1550.9
Shear Force (N)	1545.1	-1558.5	0.0023635	2194.6
Torque (N.m)	-6.9718e-026	1.309e-026	5.421e-020	-5.421e-020
Bending moment (N.m)	239.54	206.68	0.00025816	316.38

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
<p>Component Contact-16</p>		<p>Type: Bonded Components: 7 component(s) Options: Incompatible mesh</p>



Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	160 mm
Minimum element size	32 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	49990
Total Elements	24912
Maximum Aspect Ratio	37.112
% of elements with Aspect Ratio < 3	13
% of elements with Aspect Ratio > 10	6.96
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:06
Computer name:	

Mesh Quality Plots

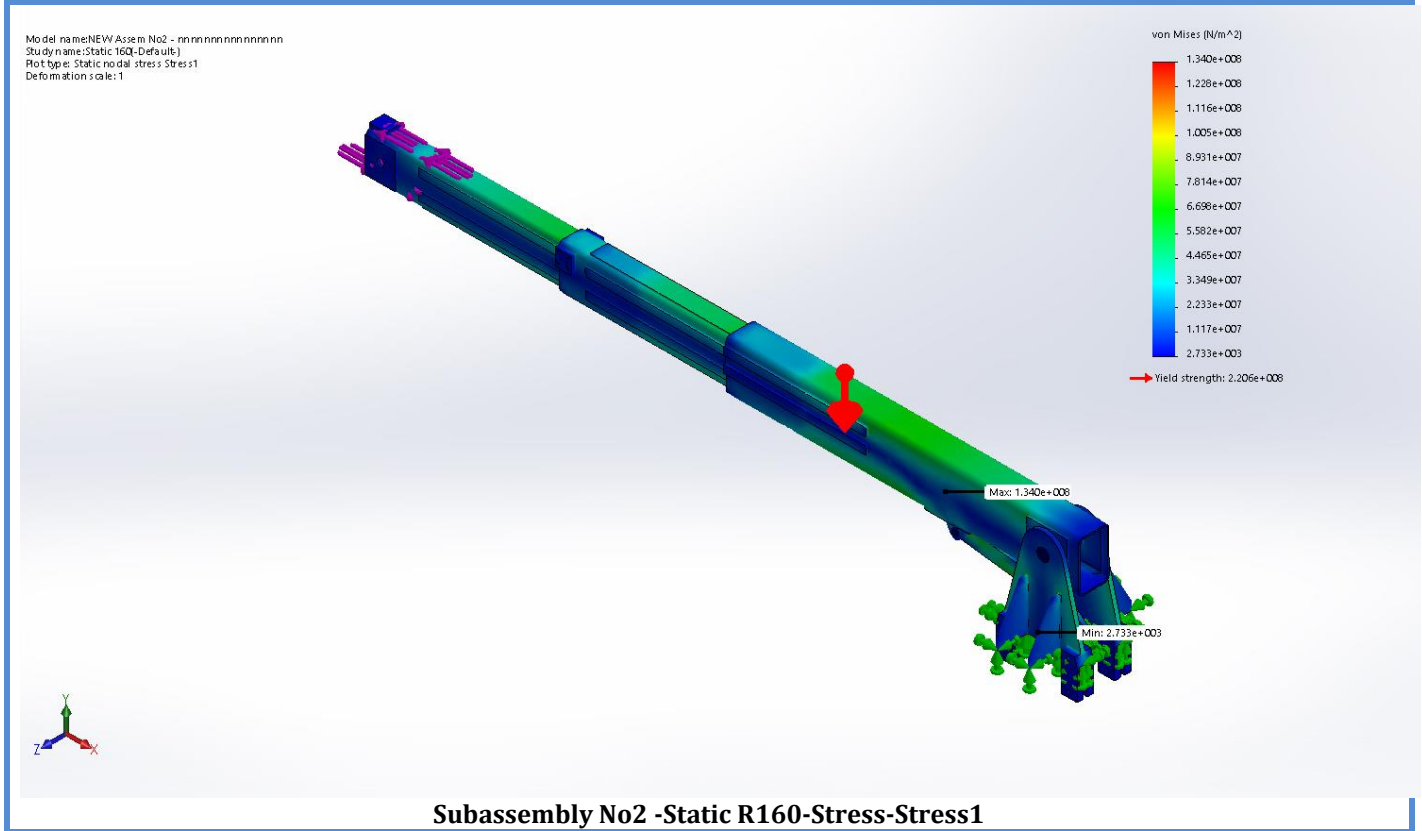
Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.11874 Element: 3010	37.1124 Element: 7330



Beams
No Data

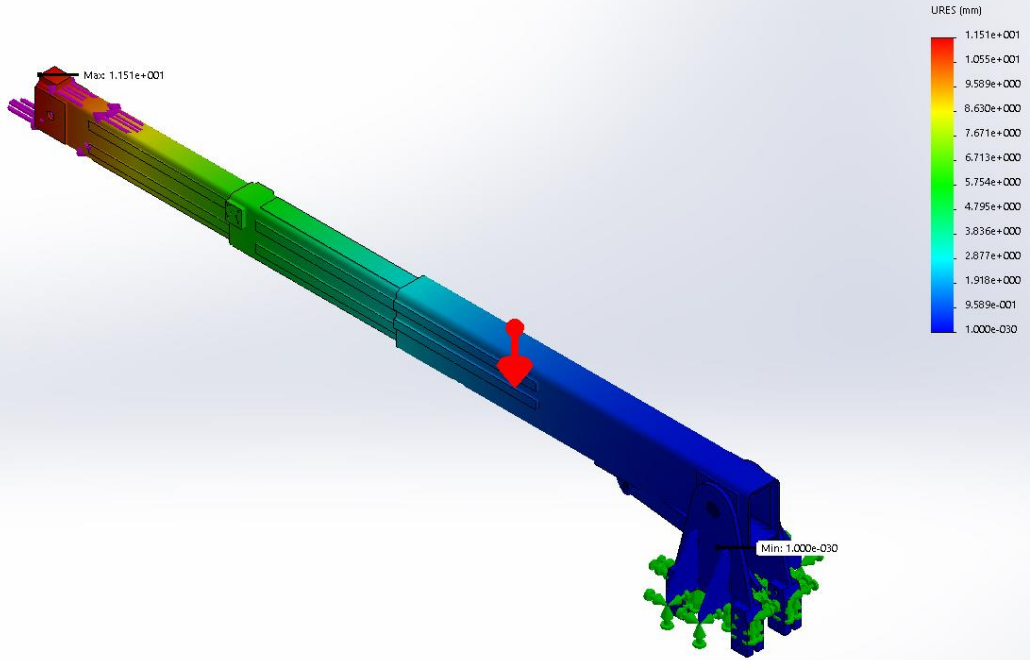
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	2732.87 N/m ² Node: 1009	1.33957e+008 N/m ² Node: 37025



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1	11.5072 mm Node: 21109

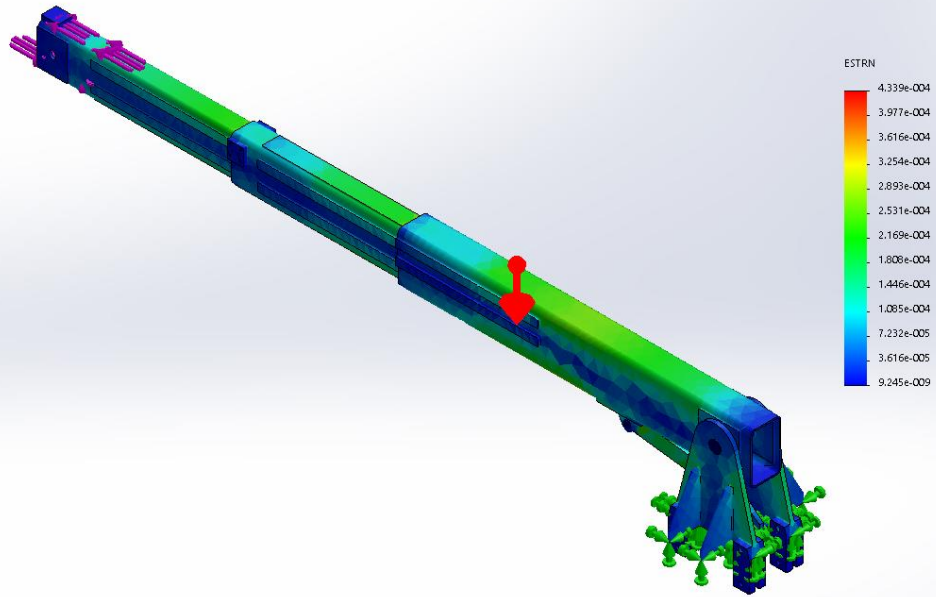
Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name: Static 160-Default
Plot type: Static displacement: Displacement1



Subassembly No2 -Static R160-Displacement-Displacement1

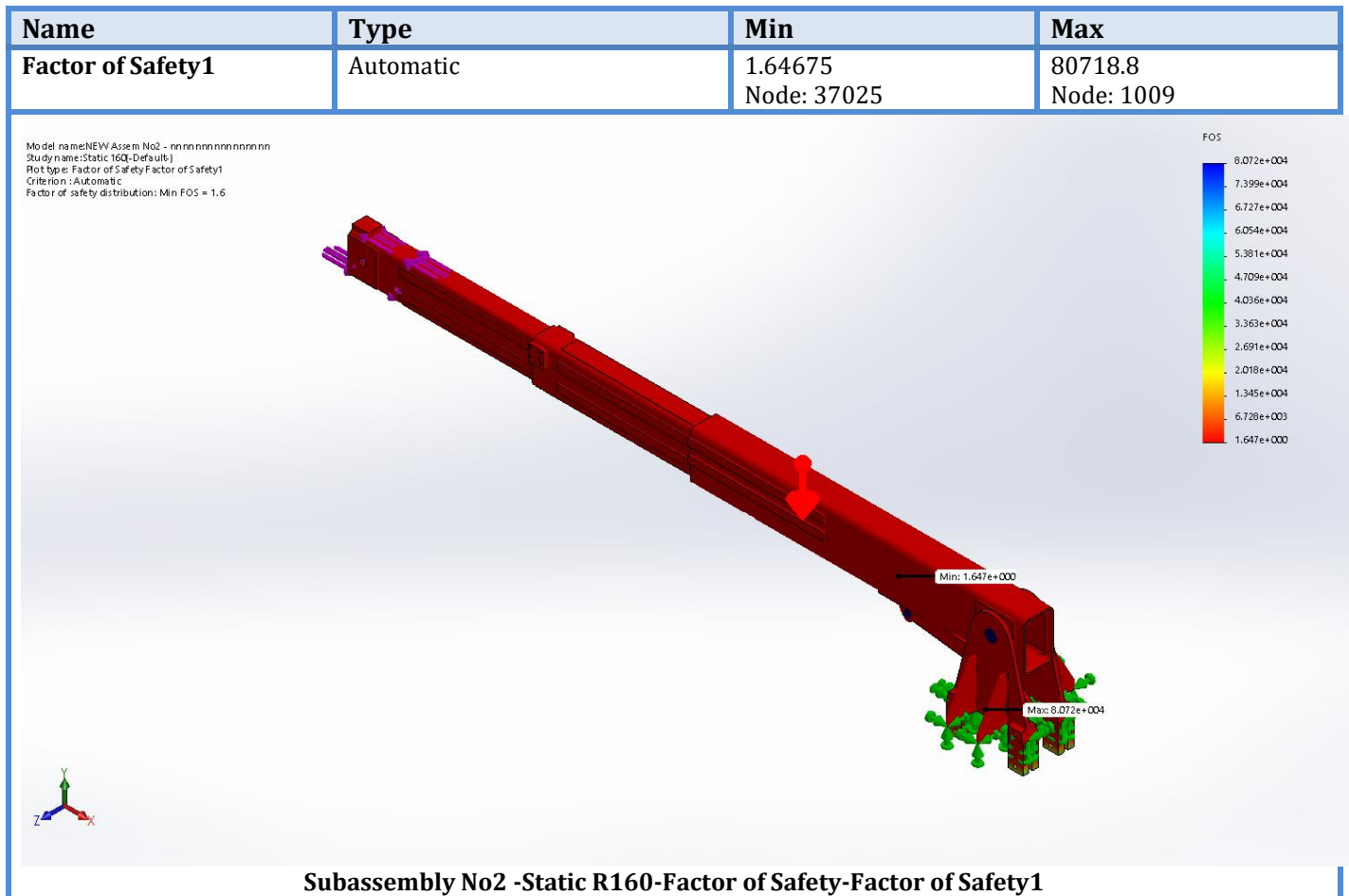
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	9.24498e-009 Element: 1852	0.000433875 Element: 22952

Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
 Study name: Static R160-Default
 Plot type: Static strain Strain1
 Deformation scale: 1



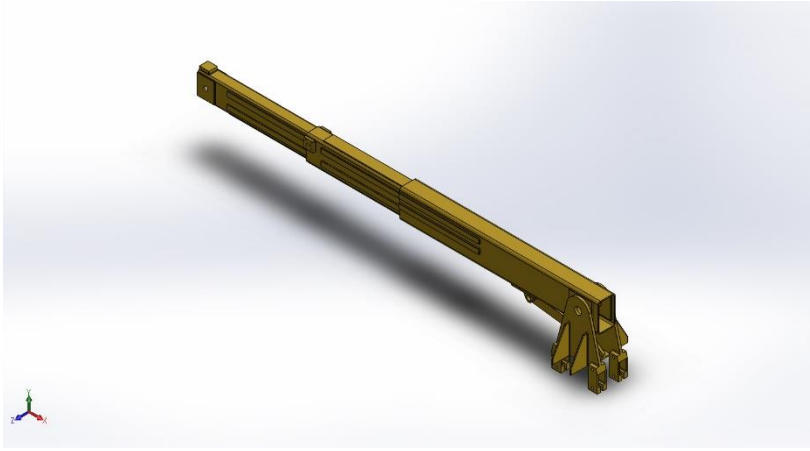
Subassembly No2 -Static R160-Strain-Strain1





Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.



Simulation of Subassembly No2

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R80

Analysis type: Static

Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the crane arm and its base which connects it to the main frame. The static simulation is conducted by the application of a load to the extreme front part of the crane arm. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

<u>Description</u>	436
<u>Assumptions</u>	437
<u>Model Information</u>	437
<u>Study Properties</u>	439
<u>Units</u>	440
<u>Material Properties</u>	440
<u>Loads and Fixtures</u>	441
<u>Connector Definitions</u> Error! Bookmark not defined.	
<u>Contact Information</u>	444
<u>Mesh information</u>	445
<u>Sensor Details</u>	446
<u>Resultant Forces</u>	446
<u>Beams</u>	447
<u>Study Results</u>	447
<u>Conclusion</u> Error! Bookmark not defined.	

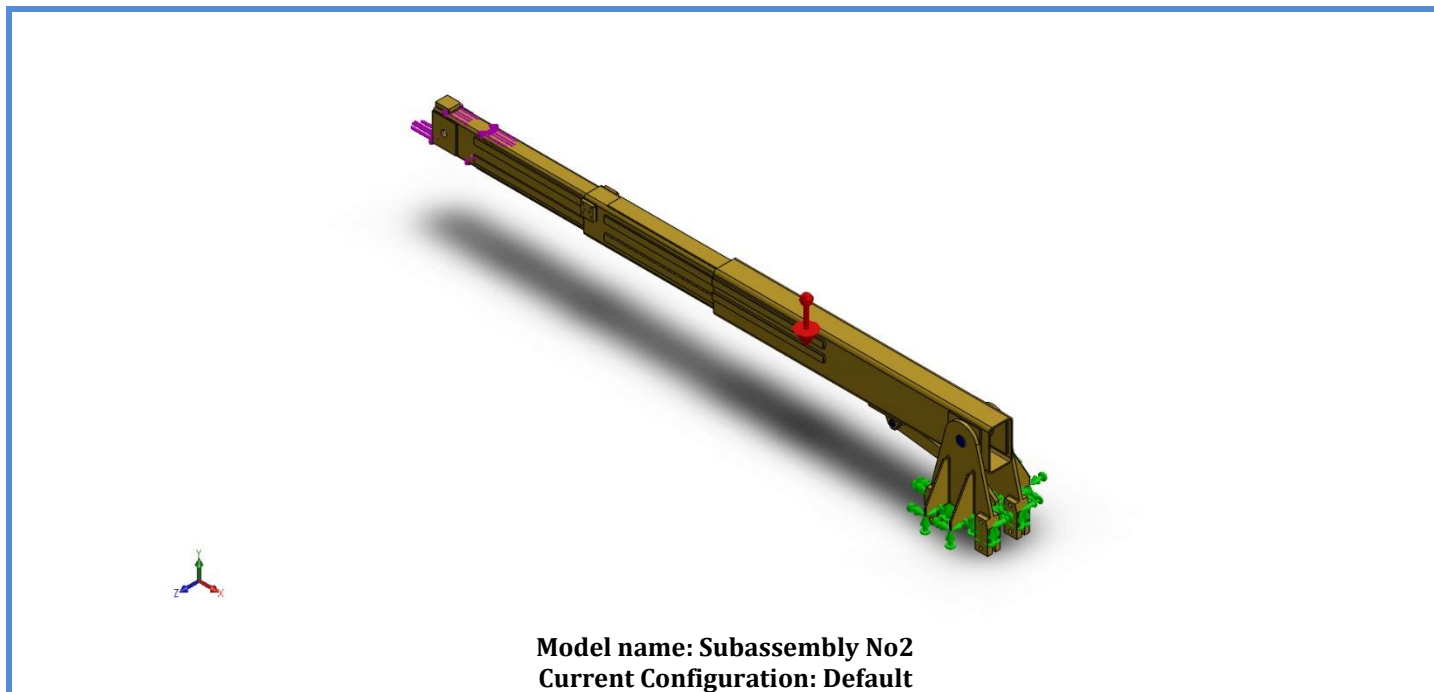




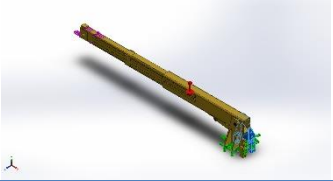
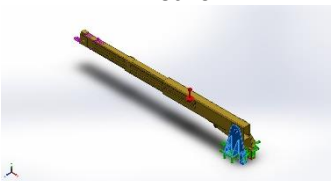

Assumptions

Model Information

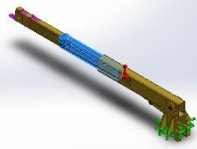
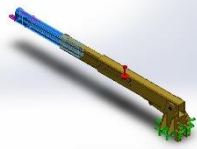
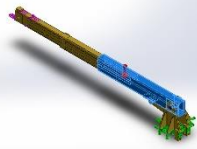
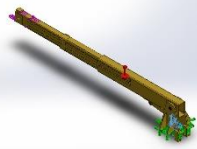




Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Fillet10</p> 	Solid Body	<p>Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:314.823 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
<p>Fillet10</p> 	Solid Body	<p>Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:314.823 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
<p>Boss-Extrude1</p> 	Solid Body	<p>Mass:6.30615 kg Volume:0.000808481 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:61.8003 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy2.SLD PRT



<p>Fillet2</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:60.0338 kg Volume:0.00769664 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:588.331 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION - NEW\crane 2A.SLDPRТ</p>
<p>Fillet4</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:51.0477 kg Volume:0.00654457 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:500.267 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION - NEW\crane 3A.SLDPRТ</p>
<p>Fillet1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:107.011 kg Volume:0.0137193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:1048.7 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION - NEW\crane 89.SLDPRТ</p>
<p>Fillet3</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:9.96303 kg Volume:0.00127731 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:97.6377 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Υδραυλικό Έμβολο 4C.SLDPRТ</p>

Study Properties

Study name	Static 80
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Large Problem Direct Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off

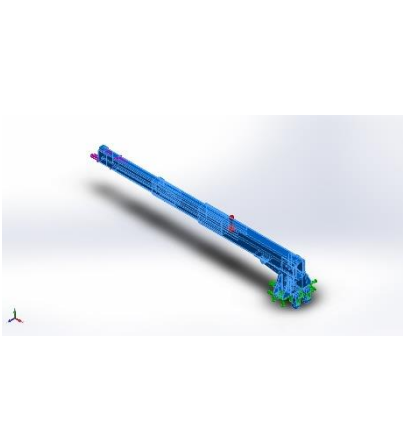


Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	Off
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

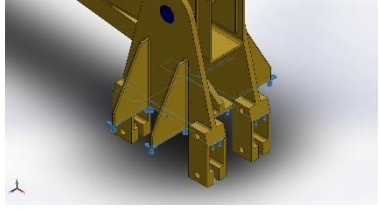
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

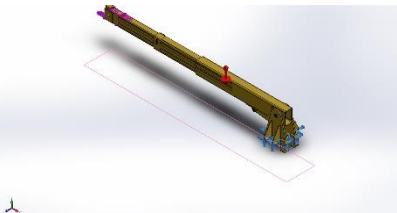
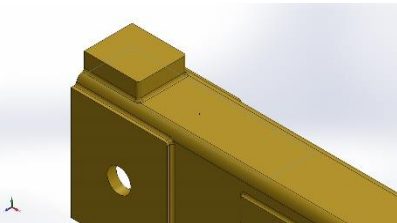
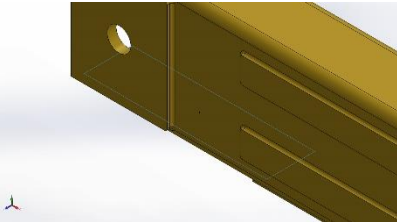
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.28</p> <p>Mass density: 7800 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-2),</p> <p>SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy2-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet2)(crane 2A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet4)(crane 3A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet1)(crane 89-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet3)(Υδραυλικό Έμβολο 4C-2)</p>
Curve Data:N/A		

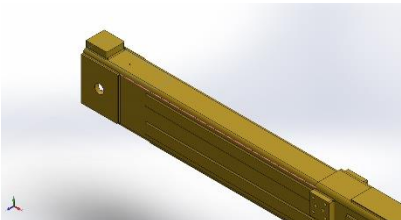
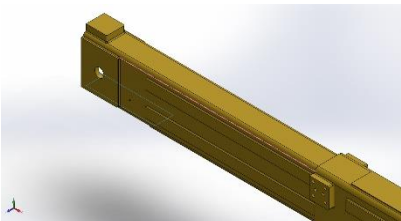


Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-3		Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.151001	10780.6	0.000213623	10780.6
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

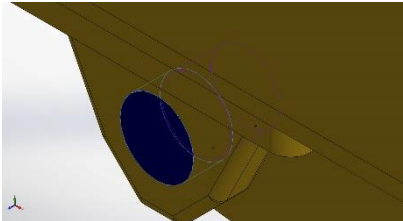
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: SI
Force-8		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: -3790 N
Force-9		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 4050 N



<p>Force-10</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 31900 N</p>
<p>Force-11</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -31900 N</p>

Connector Definitions

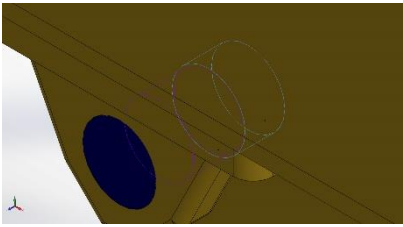
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

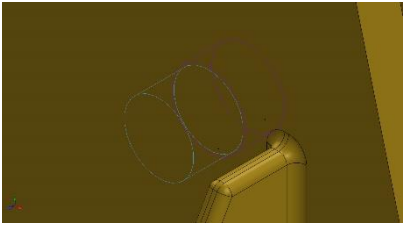
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0059045	-0.0078645	6307.2	6307.2
Shear Force (N)	10577	-1901.8	-0.012273	10747
Torque (N.m)	-1.2687e-026	1.6899e-026	-1.3553e-020	-1.3553e-020
Bending moment (N.m)	65.507	-38.933	-0.00010987	76.203



 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

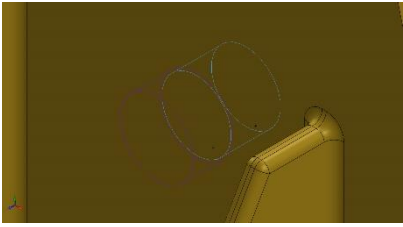
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.0027684	0.0066254	-6273	6273
Shear Force (N)	10707	-1814.6	-0.0066417	10860
Torque (N.m)	-0	0	-0	0
Bending moment (N.m)	-64.058	40.654	7.1208e-005	75.87

 <p>Pin Connector-3</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

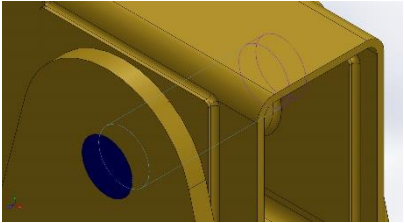
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.00039197	-0.00032485	7262.8	7262.8
Shear Force (N)	12415	-1462.3	-0.00073542	12500
Torque (N.m)	0	-0	0	0
Bending moment (N.m)	-140.14	-253.95	-3.7952e-006	290.06

 <p>Pin Connector-4</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

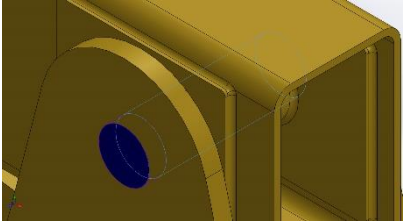
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.004159	-0.0013053	-7460	7460
Shear Force (N)	12522	-519.95	0.007072	12532
Torque (N.m)	7.5557e-027	-2.3713e-027	-1.3553e-020	1.3553e-020
Bending moment (N.m)	129.96	256.29	2.7612e-005	287.35



 <p>Pin Connector-5</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

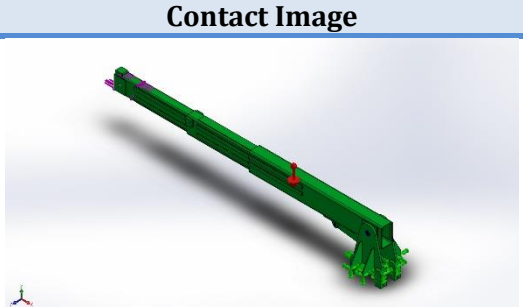
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.00032272	-7.6181e-005	-1627.4	-1627.4
Shear Force (N)	533.03	-1151.1	-5.1816e-005	1268.5
Torque (N.m)	0	0	0	0
Bending moment (N.m)	-182.92	-120.4	4.1911e-005	219

 <p>Pin Connector-6</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.00021438	0.00025217	1589.9	-1589.9
Shear Force (N)	26.296	-1000.1	0.00015508	1000.4
Torque (N.m)	-9.137e-028	-1.0748e-027	-6.7763e-021	6.7763e-021
Bending moment (N.m)	168.26	68.21	-3.3506e-005	181.56

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
<p>Component Contact-16</p>		<p>Type: Bonded Components: 7 component(s) Options: Incompatible mesh</p>



Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	80 mm
Minimum element size	16 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	113183
Total Elements	56242
Maximum Aspect Ratio	17.061
% of elements with Aspect Ratio < 3	49.5
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.832
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:08
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.04358 Element: 43845	17.0611 Element: 14552

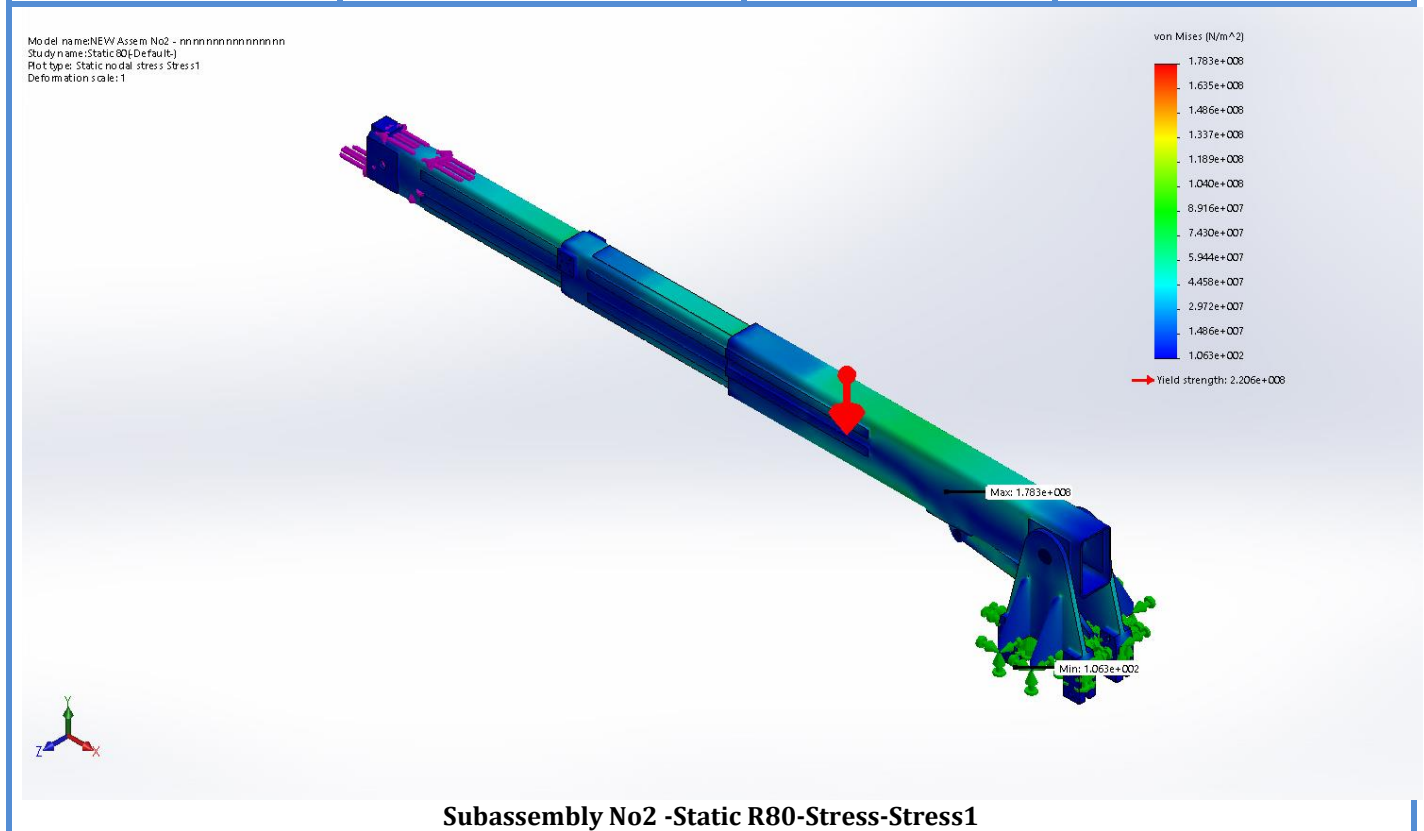


Beams

No Data

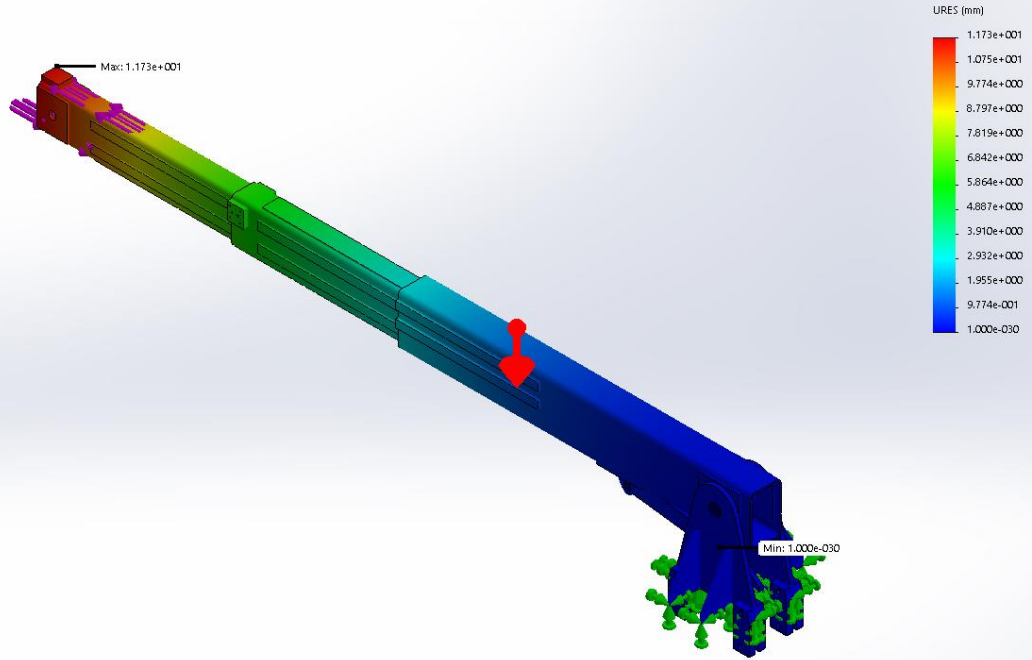
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	106.298 N/m ² Node: 7255	1.78324e+008 N/m ² Node: 70168



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1	11.729 mm Node: 44477

Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnn
Study name: Static 00 (Default)
Plot type: Static displacement: Displacement1

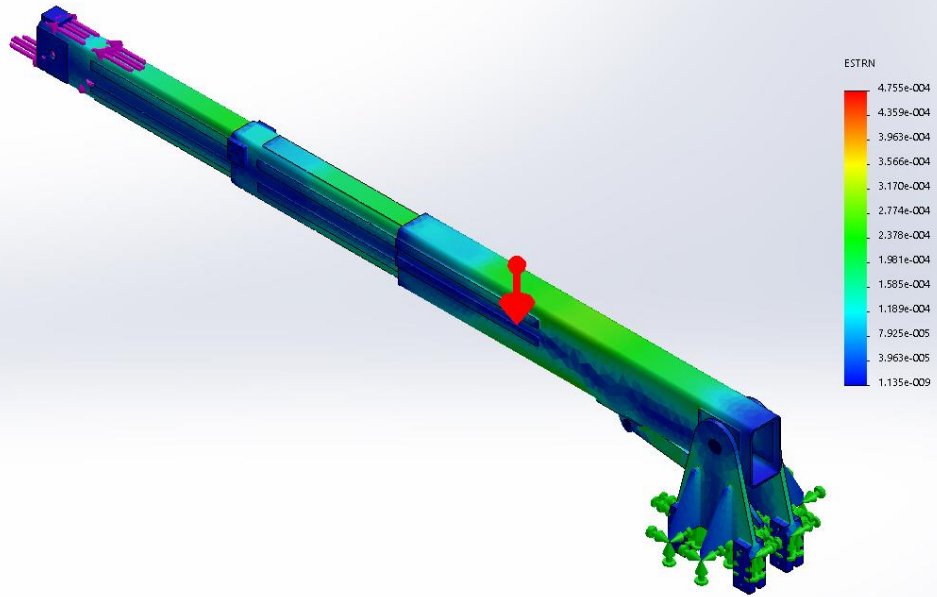


Subassembly No2 -Static R80-Displacement-Displacement1



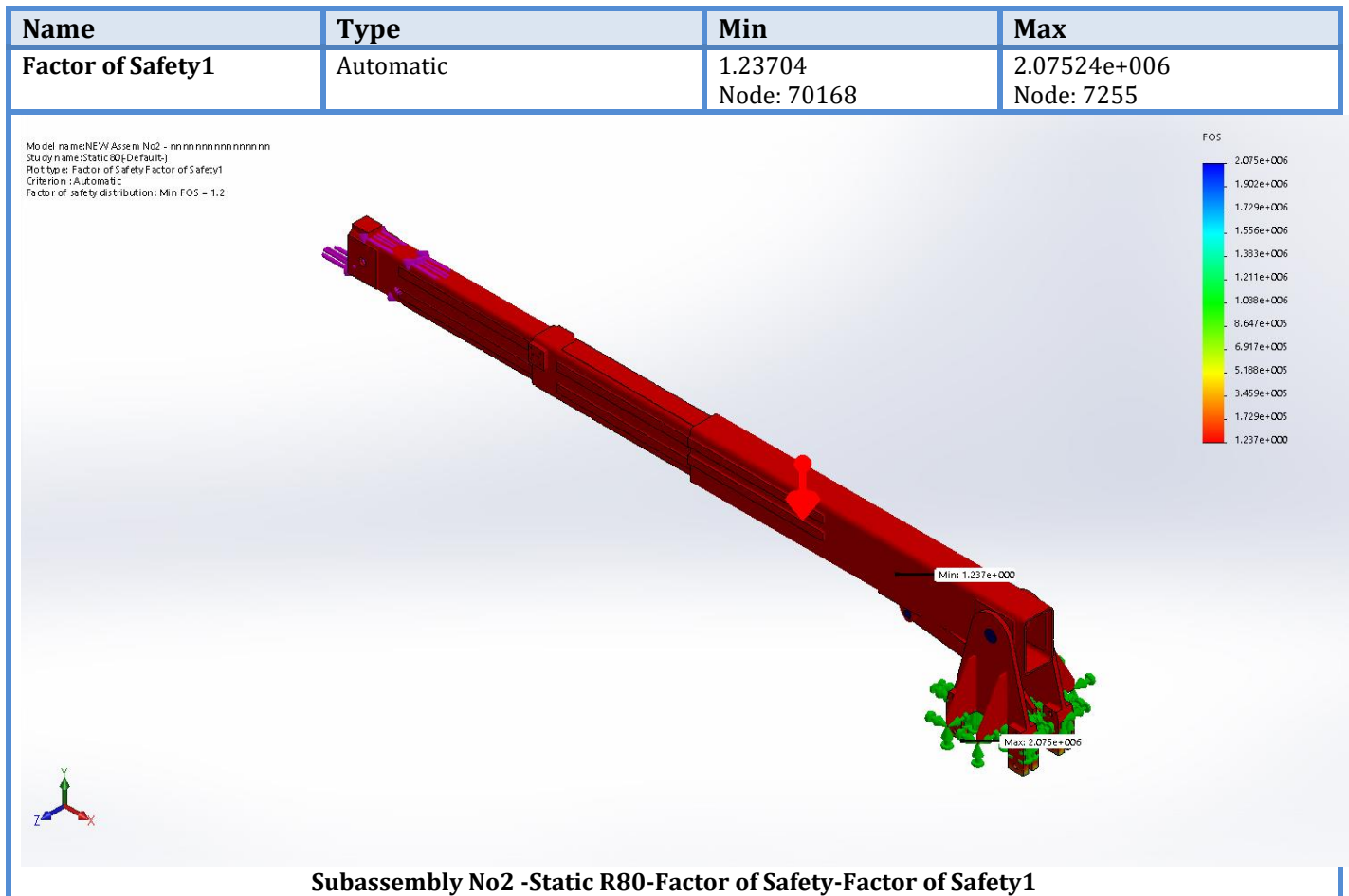
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.13482e-009 Element: 3935	0.00047551 Element: 53780

Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
 Study name: Static 00 (Default)
 Plot type: Static strain Strain1
 Deformation scale: 1



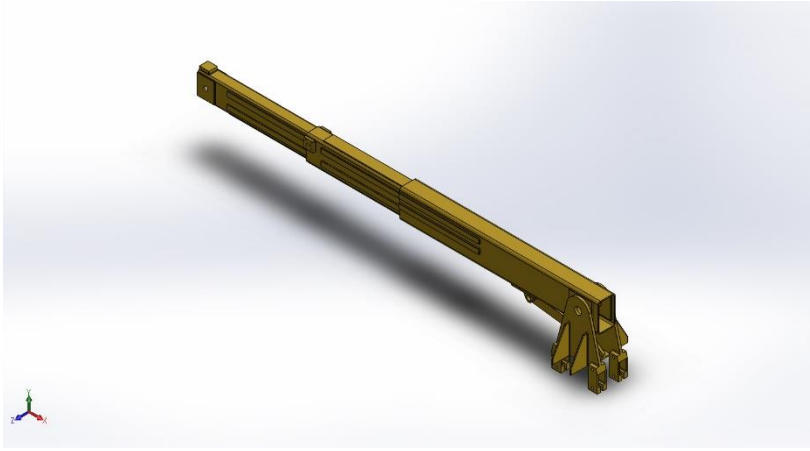
Subassembly No2 -Static R80-Strain-Strain1





Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.



Simulation of Subassembly No2

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R40

Analysis type: Static

Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the crane arm and its base which connects it to the main frame. The static simulation is conducted by the application of a load to the extreme front part of the crane arm. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

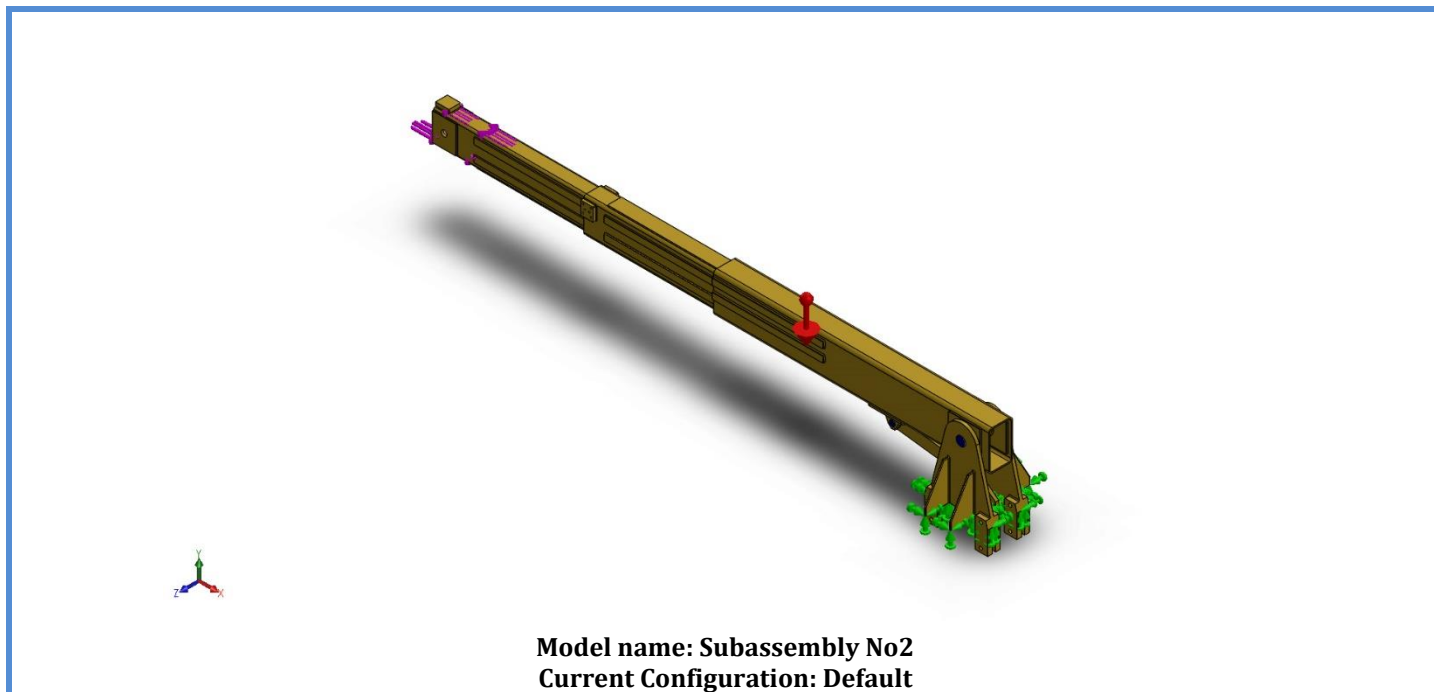
<u>Description</u>	451
<u>Assumptions</u>	452
<u>Model Information</u>	452
<u>Study Properties</u>	454
<u>Units</u>	455
<u>Material Properties</u>	455
<u>Loads and Fixtures</u>	456
<u>Connector Definitions</u> Error! Bookmark not defined.	
<u>Contact Information</u>	459
<u>Mesh information</u>	460
<u>Sensor Details</u>	461
<u>Resultant Forces</u>	461
<u>Beams</u>	462
<u>Study Results</u>	462
<u>Conclusion</u> Error! Bookmark not defined.	



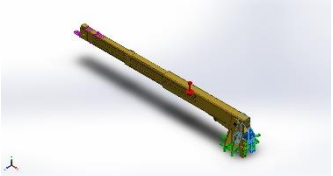
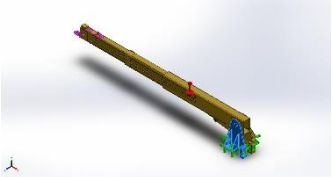
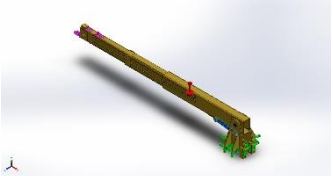
Assumptions

Model Information

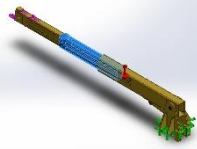
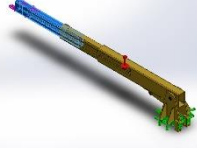
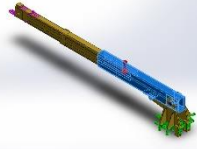
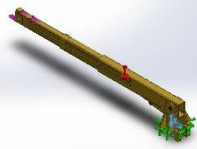




Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Boss-Extrude1</p>	Solid Body	Mass:6.30615 kg Volume:0.000808481 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:61.8003 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy2.SLDPRT



<p>Fillet2</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:60.0338 kg Volume:0.00769664 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:588.331 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 2A.SLDPRT</p>
<p>Fillet4</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:51.0477 kg Volume:0.00654457 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:500.267 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 3A.SLDPRT</p>
<p>Fillet1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:107.011 kg Volume:0.0137193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:1048.7 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW \crane 89.SLDPRT</p>
<p>Fillet3</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:9.96303 kg Volume:0.00127731 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:97.6377 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Υδραυλικό Έμβολο 4C.SLDPRT</p>

Study Properties

Study name	Static 40
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Large Problem Direct Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off

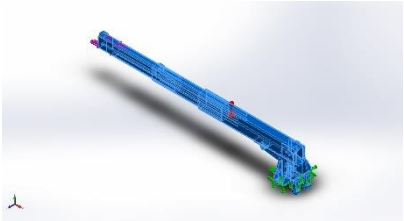


Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	Off
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW)

Units

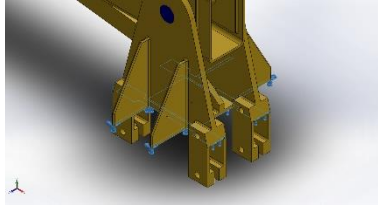
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

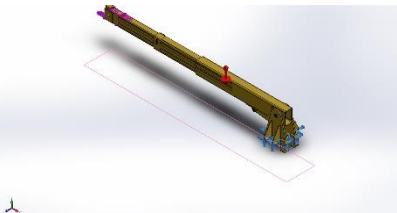
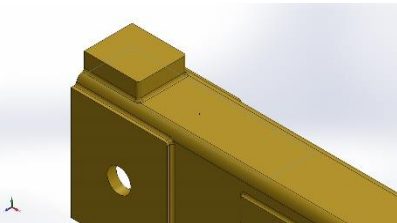
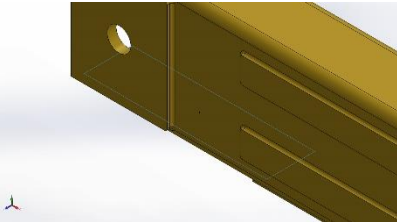
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.28</p> <p>Mass density: 7800 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-2),</p> <p>SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy2-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet2)(crane 2A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet4)(crane 3A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet1)(crane 89-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet3)(Υδραυλικό Έμβολο 4C-2)</p>
Curve Data: N/A		

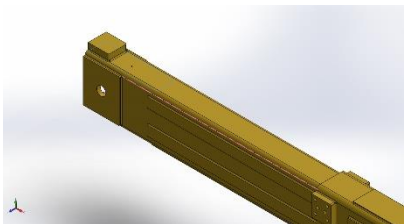
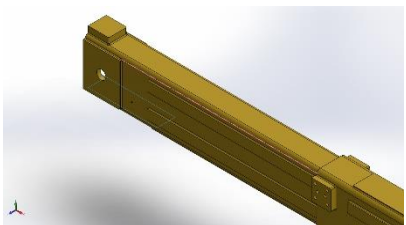


Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-3		Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.190918	10770.7	0.000701904	10770.7
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

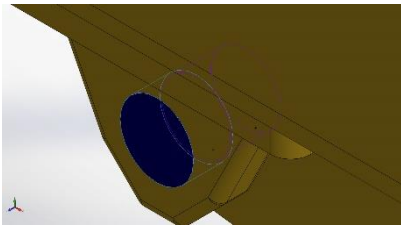
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: SI
Force-8		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: -3790 N
Force-9		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 4050 N



<p>Force-10</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 31900 N</p>
<p>Force-11</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -31900 N</p>

Connector Definitions

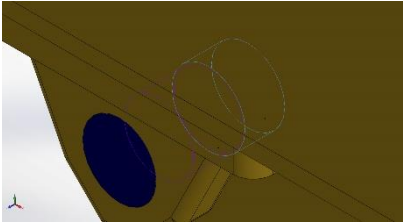
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

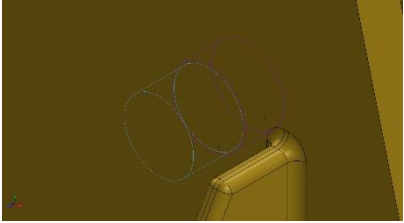
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	9.2652e-006	3.0803e-005	5571.5	5571.5
Shear Force (N)	10625	-1992	-6.6563e-006	10810
Torque (N.m)	0	0	0	0
Bending moment (N.m)	56.922	-36.304	1.0605e-007	67.513



 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

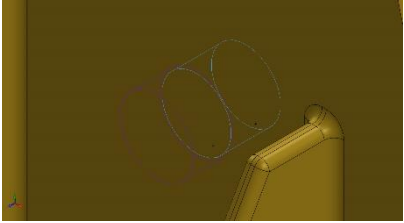
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.00265	-0.0010108	-5410.9	5410.9
Shear Force (N)	10708	-2040.1	0.0056253	10901
Torque (N.m)	0	-0	-0	0
Bending moment (N.m)	-55.26	34.705	-3.3546e-005	65.254

 <p>Pin Connector-3</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

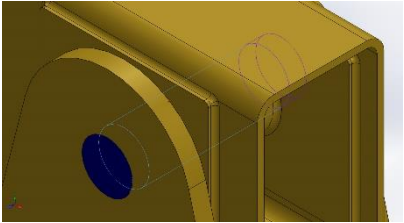
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.019784	0.0056956	9769.5	9769.5
Shear Force (N)	8578.6	626.16	-0.017737	8601.4
Torque (N.m)	-1.0978e-025	-3.1604e-026	-5.421e-020	-5.421e-020
Bending moment (N.m)	-149.1	-165.79	0.00039859	222.97

 <p>Pin Connector-4</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

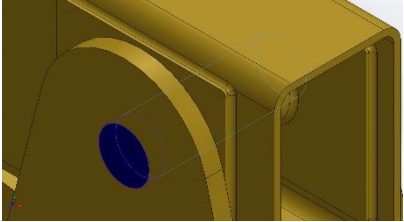
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.014676	-0.0073823	-9324.1	9324.1
Shear Force (N)	11016	-271.31	-0.017124	11019
Torque (N.m)	-0	-0	-0	0
Bending moment (N.m)	153.41	207.74	-0.00040594	258.25



 <p>Pin Connector-5</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

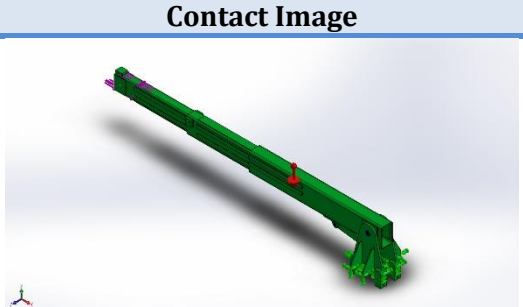
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.00014103	0.00011335	-1343.1	-1343.1
Shear Force (N)	489.38	-881.44	-0.00012578	1008.2
Torque (N.m)	-1.7789e-028	1.4298e-028	-1.6941e-021	-1.6941e-021
Bending moment (N.m)	-161.22	-106.51	7.9387e-006	193.22

 <p>Pin Connector-6</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	8.2344e-005	2.9292e-005	1569.7	-1569.7
Shear Force (N)	-284.9	-855.61	3.0913e-005	901.79
Torque (N.m)	-0	-0	-0	0
Bending moment (N.m)	159.44	46.047	-9.2235e-006	165.96

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
<p>Component Contact-16</p>		<p>Type: Bonded Components: 7 component(s) Options: Incompatible mesh</p>



Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	40 mm
Minimum element size	8 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	269573
Total Elements	139871
Maximum Aspect Ratio	17.809
% of elements with Aspect Ratio < 3	79.1
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.207
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:14
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.04743 Element: 93719	17.8088 Element: 8112

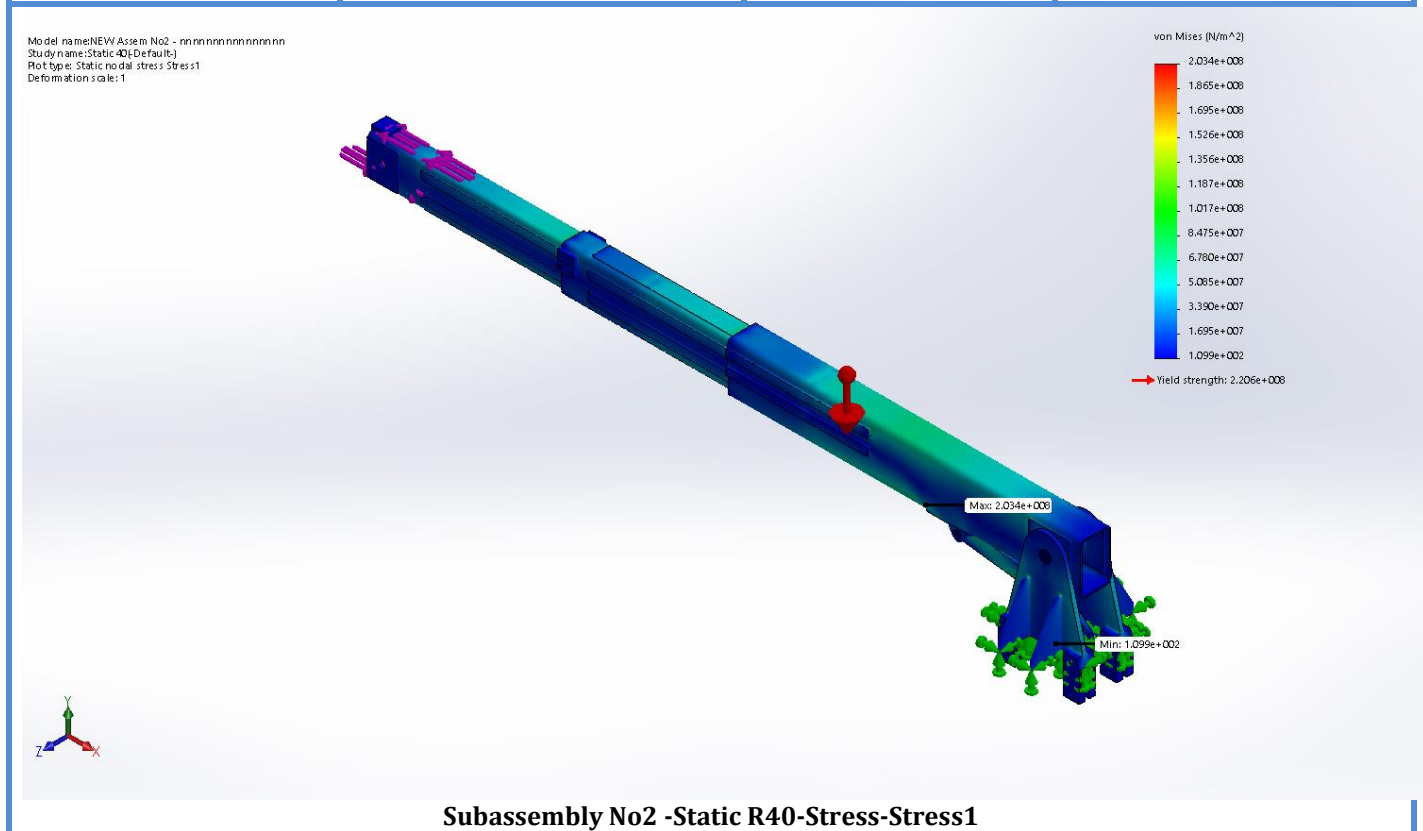


Beams

No Data

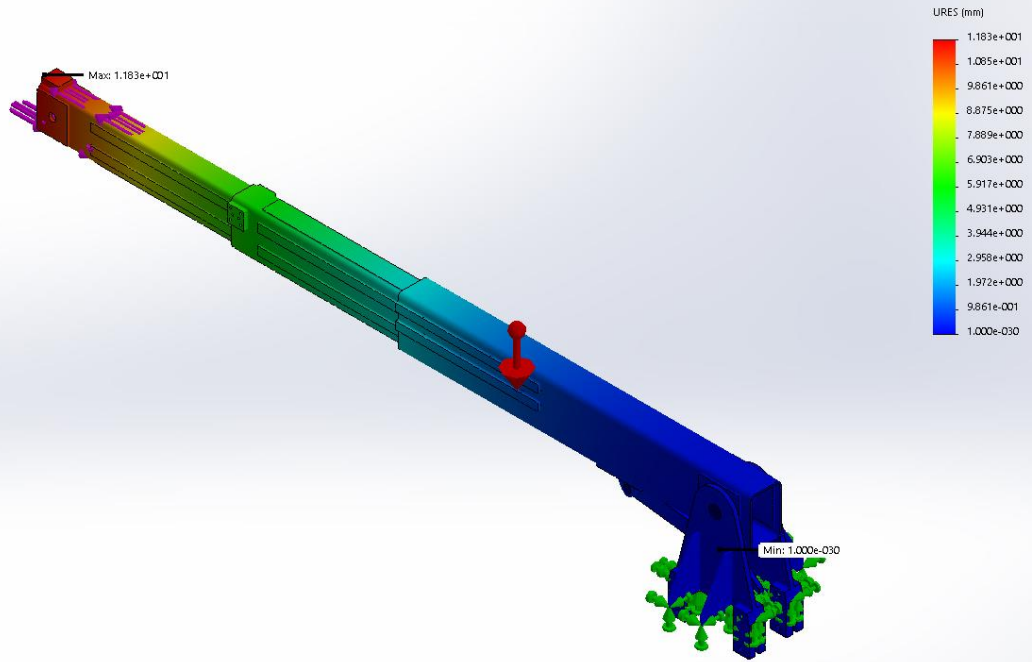
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	109.856 N/m ² Node: 4588	2.03406e+008 N/m ² Node: 200493



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1	11.8333 mm Node: 134880

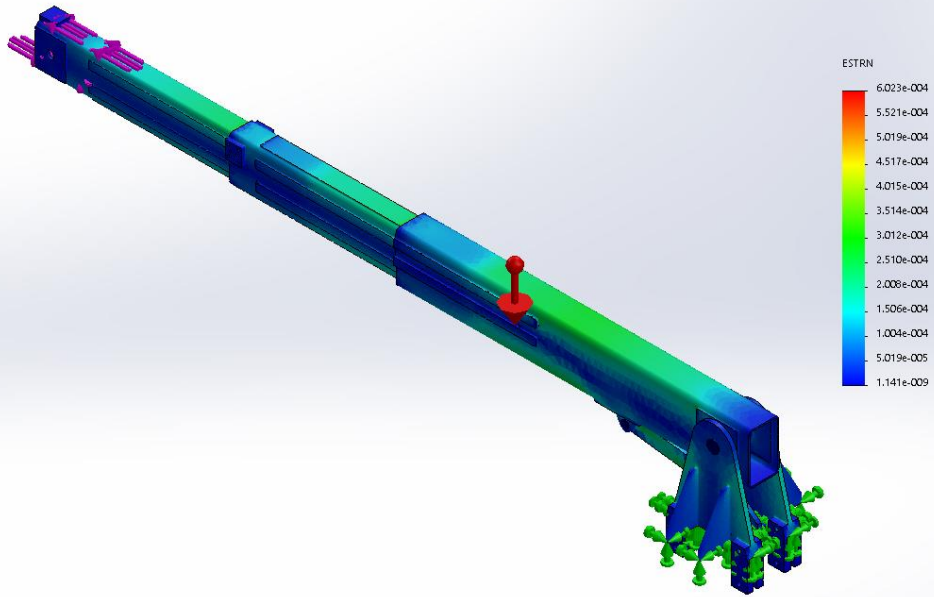
Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name: Static 40 (Default)
Plot type: Static displacement: Displacement1



Subassembly No2 -Static R40-Displacement-Displacement1

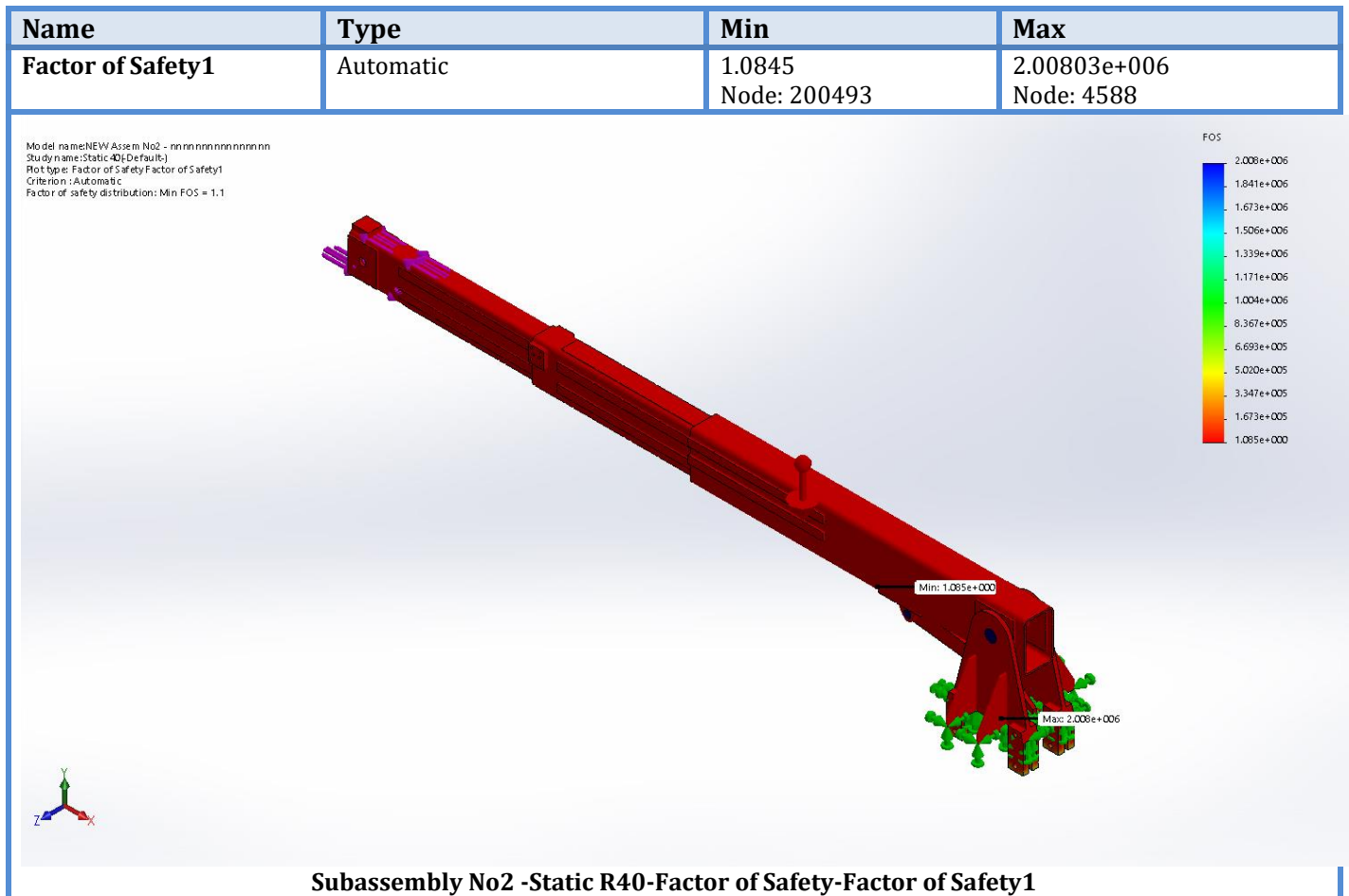
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.1411e-009 Element: 7226	0.000602318 Element: 134886

Model name:NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name:Static 40(Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale:1



Subassembly No2 -Static R40-Strain-Strain1

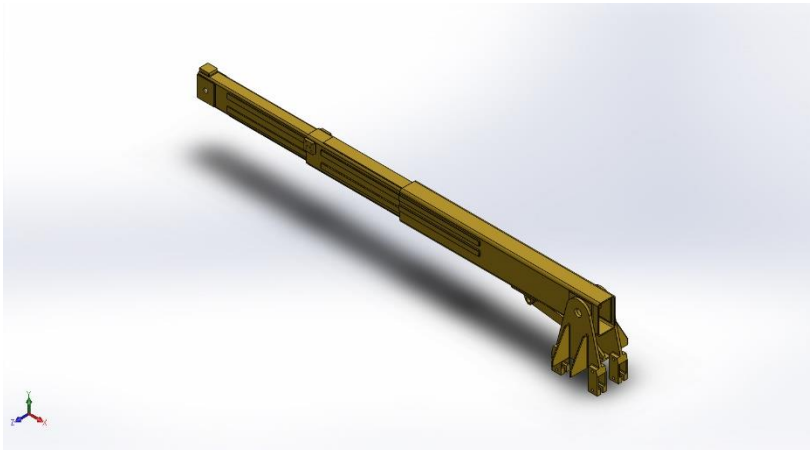




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No2

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R20

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the crane arm and its base which connects it to the main frame. The static simulation is conducted by the application of a load to the extreme front part of the crane arm. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

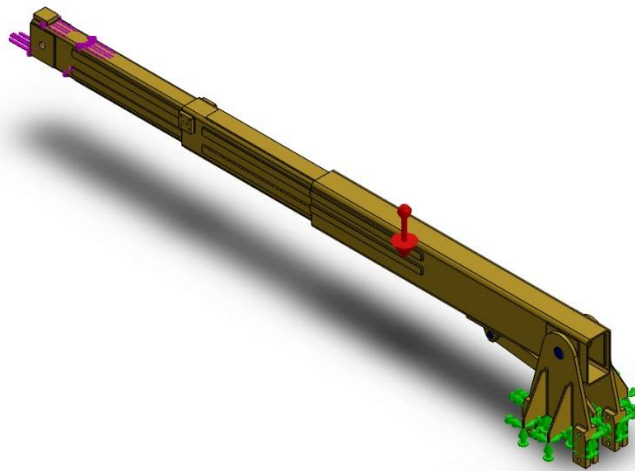
<u>Description</u>	466
<u>Assumptions</u>	467
<u>Model Information</u>	467
<u>Study Properties</u>	469
<u>Units</u>	470
<u>Material Properties</u>	470
<u>Loads and Fixtures</u> Error! Bookmark not defined.	
<u>Connector Definitions</u> Error! Bookmark not defined.	
<u>Contact Information</u>	474
<u>Mesh information</u>	475
<u>Sensor Details</u>	476
<u>Resultant Forces</u>	476
<u>Beams</u>	477
<u>Study Results</u>	477
<u>Conclusion</u> Error! Bookmark not defined.	



Assumptions

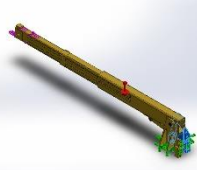
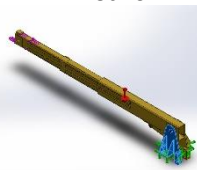

Model Information



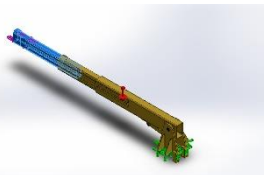
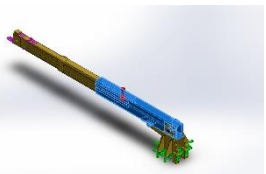


Model name: Subassembly No2
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
 Fillet10	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 Fillet10	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 Boss-Extrude1	Solid Body	Mass:6.30615 kg Volume:0.000808481 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:61.8003 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy2.SLD PRT



<p>Fillet2</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:60.0338 kg Volume:0.00769664 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:588.331 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 2A.SLDPRT</p>
<p>Fillet4</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:51.0477 kg Volume:0.00654457 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:500.267 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 3A.SLDPRT</p>
<p>Fillet1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:107.011 kg Volume:0.0137193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:1048.7 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 89.SLDPRT</p>
<p>Fillet3</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:9.96303 kg Volume:0.00127731 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:97.6377 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Υδραυλικό Έμβολο 4C.SLDPRT</p>

Study Properties

Study name	Static 20
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Large Problem Direct Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off

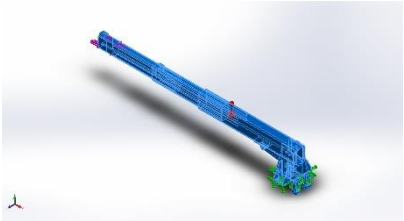


Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	Off
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW)

Units

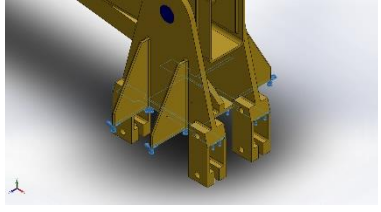
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

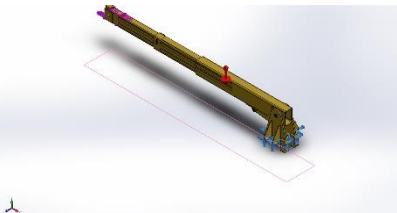
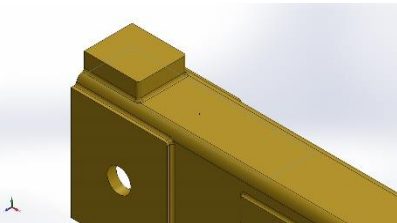
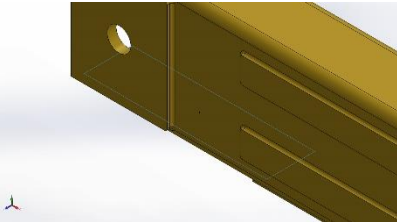
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.28</p> <p>Mass density: 7800 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-2),</p> <p>SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy2-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet2)(crane 2A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet4)(crane 3A-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet1)(crane 89-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet3)(Υδραυλικό Έμβολο 4C-2)</p>
Curve Data: N/A		

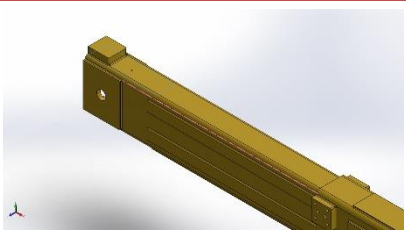
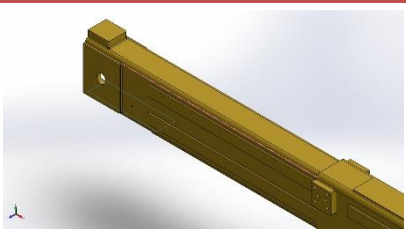


Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-3		Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.154419	10769.4	0.000465393	10769.4
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

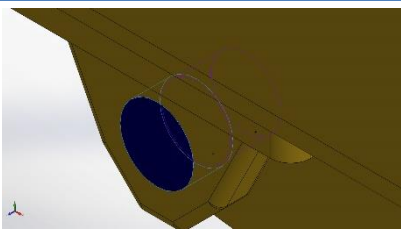
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: SI
Force-8		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: -3790 N
Force-9		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 4050 N



<p>Force-10</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 31900 N</p>
<p>Force-11</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -31900 N</p>

Connector Definitions

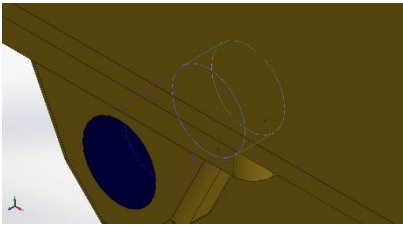
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

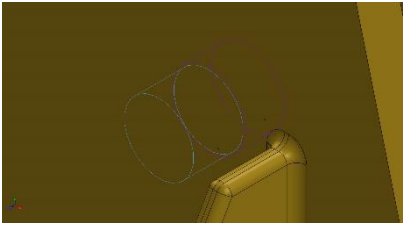
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-5.0932e-005	0.00041975	6029.3	6029.3
Shear Force (N)	9999.7	-1550.2	0.00019239	10119
Torque (N.m)	-0	0	0	0
Bending moment (N.m)	66.323	-24.12	2.2395e-006	70.573



 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

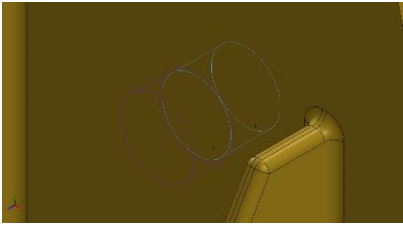
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0027921	-0.0013987	-5667.8	5667.8
Shear Force (N)	10396	-1922	0.0055954	10572
Torque (N.m)	-3.3381e-027	1.6722e-027	6.7763e-021	-6.7763e-021
Bending moment (N.m)	-60.06	23.696	-3.5434e-005	64.565

 <p>Pin Connector-3</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

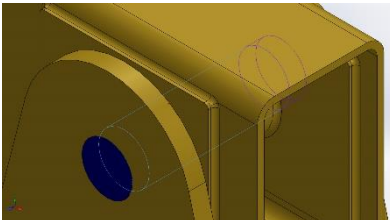
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.0046887	-0.0015848	10108	10108
Shear Force (N)	8636.6	886.35	0.0041452	8682
Torque (N.m)	-6.2865e-027	-2.1248e-027	1.3553e-020	1.3553e-020
Bending moment (N.m)	-150.66	-166.18	-9.5942e-005	224.31

 <p>Pin Connector-4</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

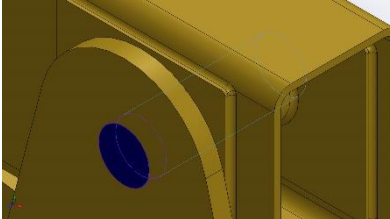
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0085318	-0.0003669	-9172.5	9172.5
Shear Force (N)	11699	546.8	0.010859	11711
Torque (N.m)	-2.5212e-026	1.0842e-027	2.7105e-020	-2.7105e-020
Bending moment (N.m)	150.82	219.19	0.00013152	266.07



	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

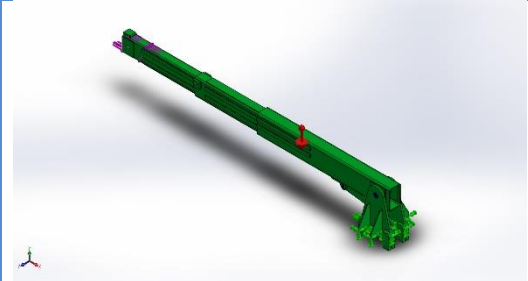
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	3.7119e-005	6.7896e-005	-1404.8	-1404.8
Shear Force (N)	178.12	-1317.2	-5.8955e-005	1329.2
Torque (N.m)	-0	-0	0	0
Bending moment (N.m)	-190.76	-80.354	-8.9242e-006	207

	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.00010362	9.4824e-005	1527.9	-1527.9
Shear Force (N)	-300.68	-997.88	4.1538e-005	1042.2
Torque (N.m)	1.1489e-028	-1.0514e-028	-1.6941e-021	1.6941e-021
Bending moment (N.m)	161.29	35.947	8.7078e-006	165.24

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
<p>Component Contact-16</p>		<p>Type: Bonded Components: 7 component(s) Options: Incompatible mesh</p>



Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	20 mm
Minimum element size	4 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	684133
Total Elements	376067
Maximum Aspect Ratio	11.917
% of elements with Aspect Ratio < 3	86.9
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.00266
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:28
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.03331 Element: 6932	11.9171 Element: 185714

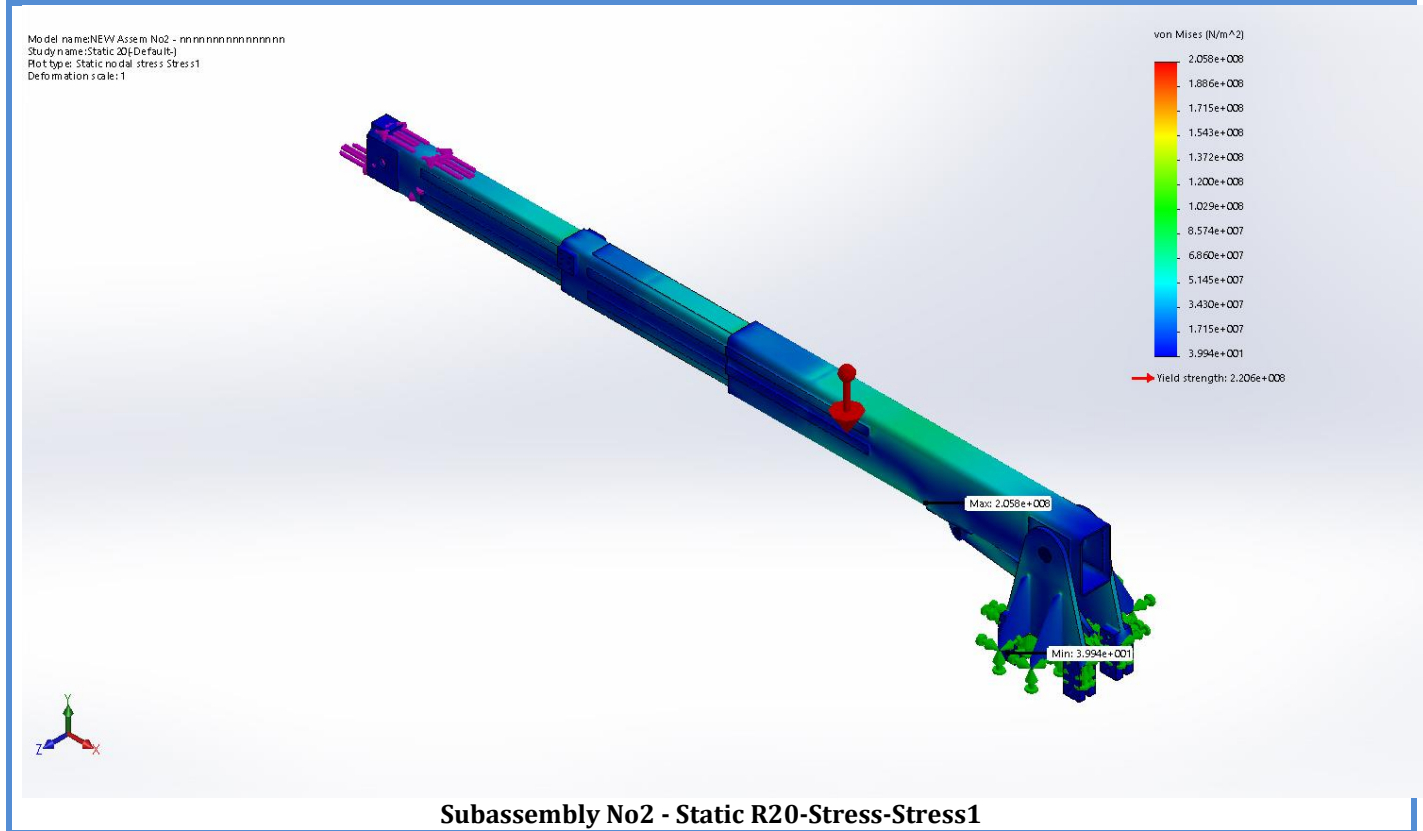


Beams

No Data

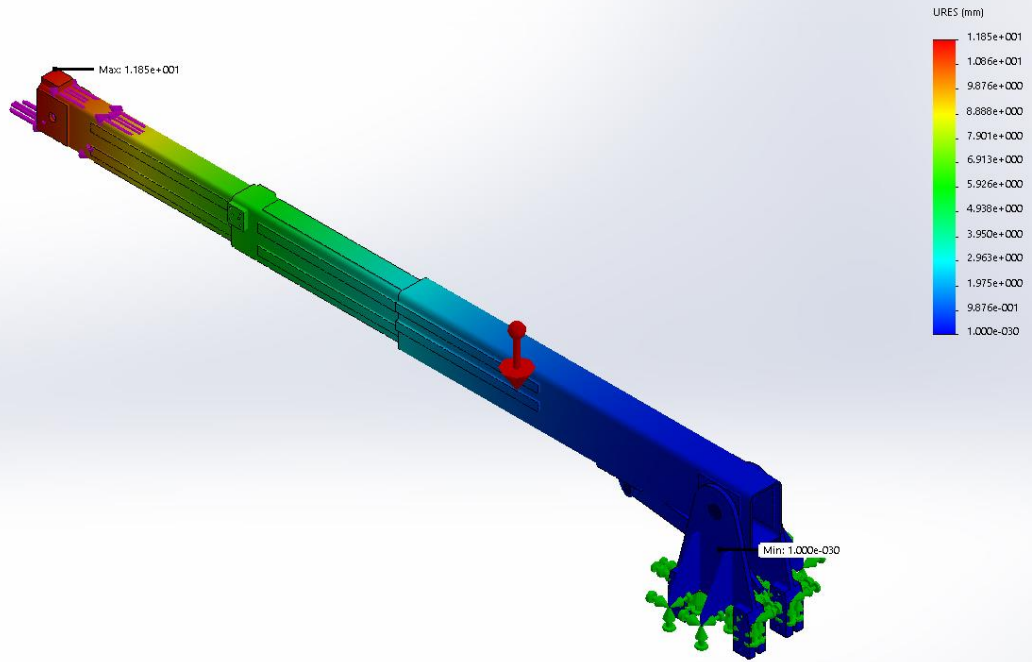
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	39.9404 N/m ² Node: 79073	2.05787e+008 N/m ² Node: 572733



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1	11.8511 mm Node: 352887

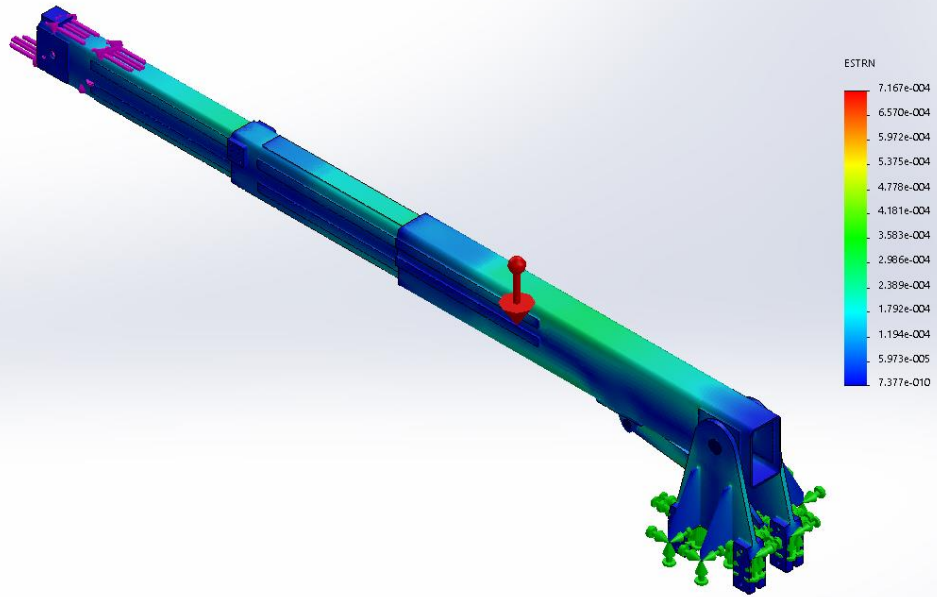
Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name: Static 20 (Default)
Plot type: Static displacement: Displacement1



Subassembly No2 - Static R20-Displacement-Displacement1

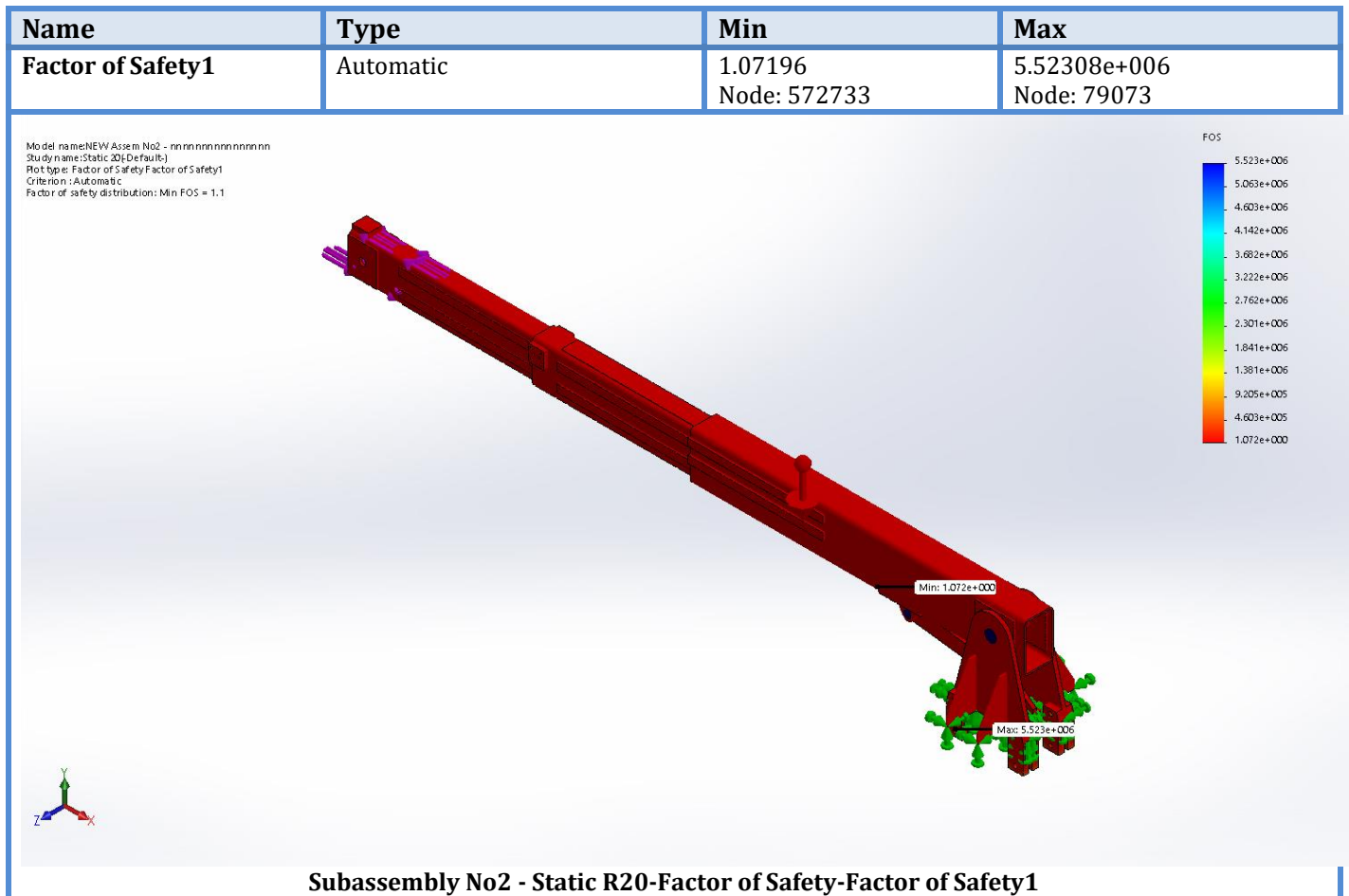
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	7.37714e-010 Element: 19142	0.000716696 Element: 345610

Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name: Static 20 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 1



Subassembly No2 - Static R20-Strain-Strain1

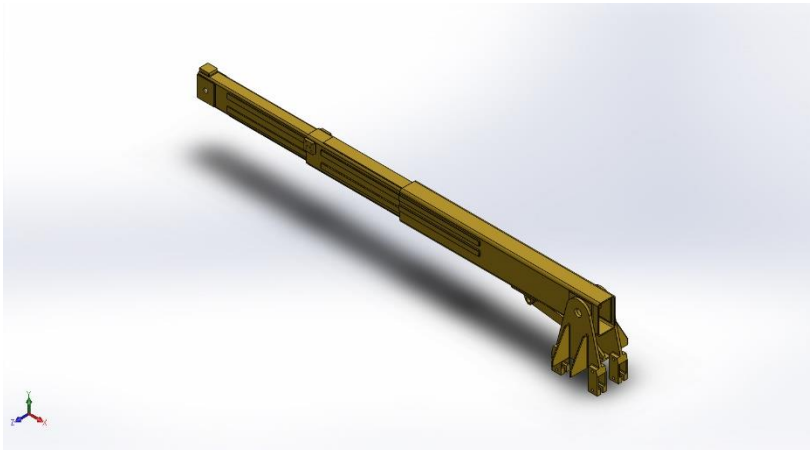




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No2

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R10

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of a part of the crane arm and its base which connects it to the main frame. The static simulation is conducted by the application of a load to the extreme front part of the crane arm. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

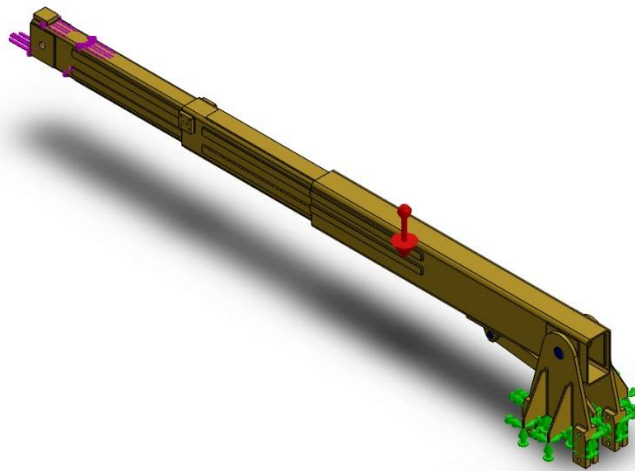
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	482	
<u>Model Information</u>	482	
<u>Study Properties</u>	484	
<u>Units</u>	485	
<u>Material Properties</u>	485	
<u>Loads and Fixtures</u>	486	
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	489	
<u>Mesh information</u>	490	
<u>Sensor Details</u>	491	
<u>Resultant Forces</u>	491	
<u>Beams</u>	492	
<u>Study Results</u>	492	
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark not defined.



Assumptions

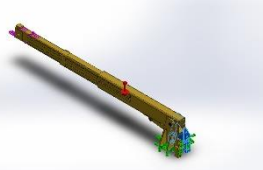
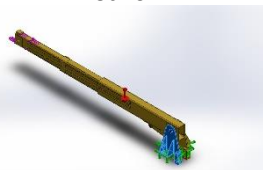
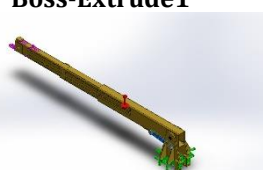
Model Information



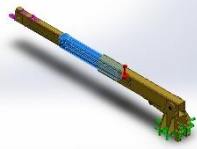
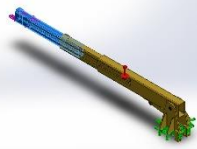
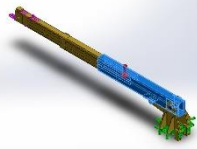
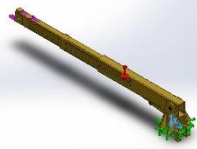


Model name: Subassembly No2
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Fillet10</p>	Solid Body	Mass:32.1248 kg Volume:0.00411857 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:314.823 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Crane base 1A.SLDPRT
 <p>Boss-Extrude1</p>	Solid Body	Mass:6.30615 kg Volume:0.000808481 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:61.8003 N	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\PistonDummy2.SLD PRT



 <p>Fillet2</p>	Solid Body	<p>Mass:60.0338 kg Volume:0.00769664 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:588.331 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 2A.SLDPRТ</p>
 <p>Fillet4</p>	Solid Body	<p>Mass:51.0477 kg Volume:0.00654457 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:500.267 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION - NEW\crane 3A.SLDPRТ</p>
 <p>Fillet1</p>	Solid Body	<p>Mass:107.011 kg Volume:0.0137193 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:1048.7 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\crane 89.SLDPRТ</p>
 <p>Fillet3</p>	Solid Body	<p>Mass:9.96303 kg Volume:0.00127731 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:97.6377 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Υδραυλικό Έμβολο 4C.SLDPRТ</p>

Study Properties

Study name	Static 10
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Large Problem Direct Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off

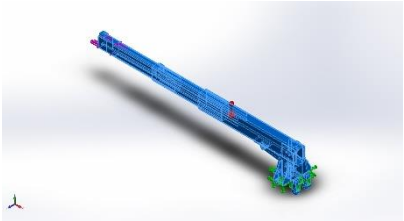


Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	Off
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

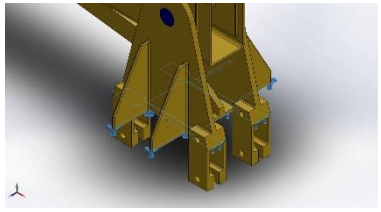
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

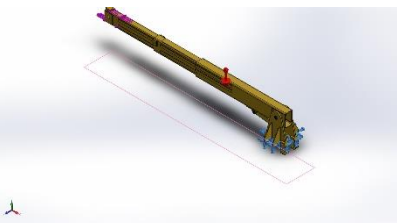
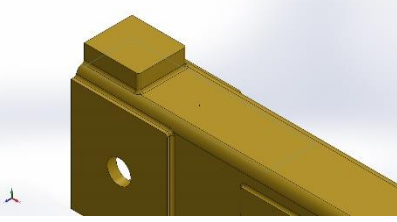
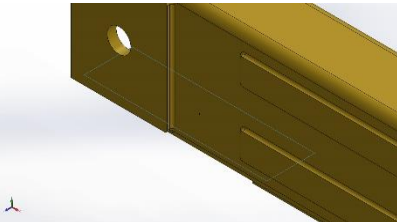
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.28</p> <p>Mass density: 7800 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-1), SolidBody 1(Fillet10)(Crane base 1A-2), SolidBody 1(Boss-Extrude1)(PistonDummy2-1), SolidBody 1(Fillet2)(crane 2A-1), SolidBody 1(Fillet4)(crane 3A-1), SolidBody 1(Fillet1)(crane 89-1), SolidBody 1(Fillet3)(Υδραυλικό Έμβολο 4C-2)</p>
Curve Data: N/A		

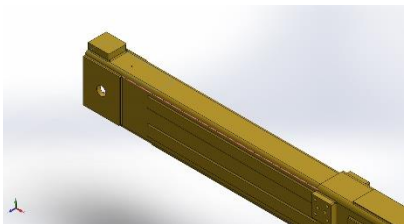
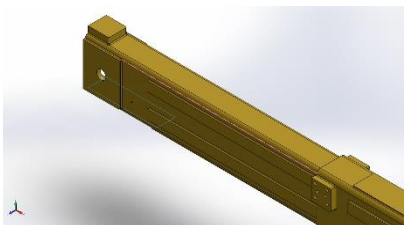


Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-3		Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.0656967	10769.4	0.0139971	10769.4
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

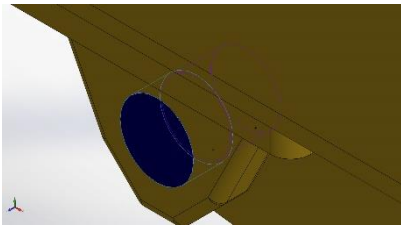
Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: SI
Force-8		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: -3790 N
Force-9		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 4050 N



<p>Force-10</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 31900 N</p>
<p>Force-11</p>		<p>Entities: 1 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -31900 N</p>

Connector Definitions

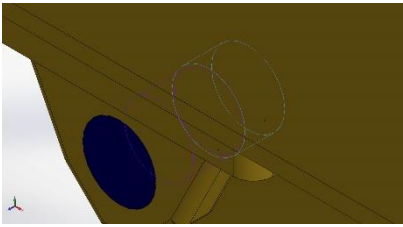
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-1</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>

Connector Forces

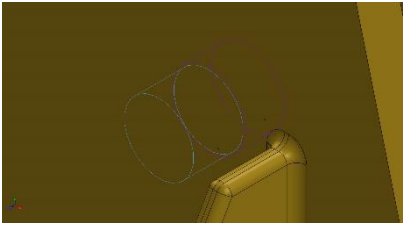
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0012783	0.00040405	6997.6	6997.6
Shear Force (N)	9034.7	-1275.1	-0.0015769	9124.3
Torque (N.m)	-3.0948e-028	-9.7817e-029	-1.6941e-021	-1.6941e-021
Bending moment (N.m)	69.872	-34.69	-1.0761e-005	78.01



 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

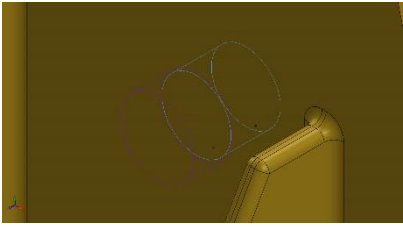
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0014963	-0.0014963	-6890.6	6890.6
Shear Force (N)	9027.4	-1429.6	0.0022707	9139.9
Torque (N.m)	7.3574e-028	-7.3575e-028	-3.3881e-021	3.3881e-021
Bending moment (N.m)	-66.343	35.805	-2.2182e-005	75.388

 <p>Pin Connector-3</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

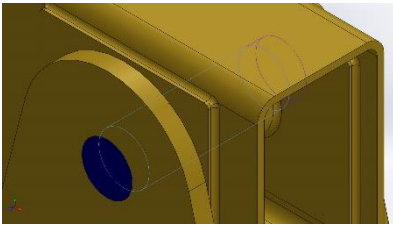
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0.0053466	0.00080166	10284	10284
Shear Force (N)	9559.4	205.4	-0.0049858	9561.6
Torque (N.m)	7.0457e-027	1.0564e-027	1.3553e-020	1.3553e-020
Bending moment (N.m)	-152.43	-187.91	9.3895e-005	241.96

 <p>Pin Connector-4</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

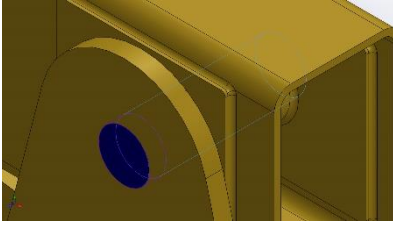
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.00050686	-0.0027406	-9629.4	9629.4
Shear Force (N)	10862	-76.89	-0.00054986	10862
Torque (N.m)	7.1335e-028	3.8571e-027	1.3553e-020	-1.3553e-020
Bending moment (N.m)	157.36	213.07	-6.8923e-005	264.88



 <p>Pin Connector-5</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

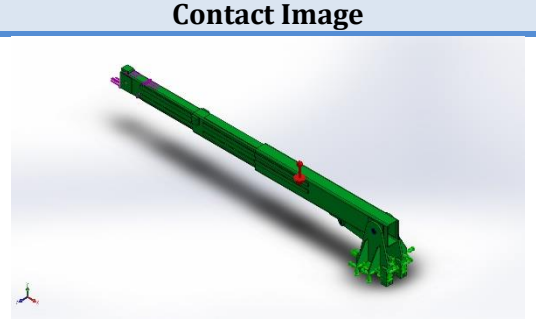
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-7.3618e-005	6.7857e-005	-1313.8	-1313.8
Shear Force (N)	164.53	-1009.3	-6.1349e-005	1022.6
Torque (N.m)	0	-0	0	0
Bending moment (N.m)	-162.62	-76.085	5.1828e-006	179.54

 <p>Pin Connector-6</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	<p>No Data</p>
---	---	----------------

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	9.4681e-006	6.3743e-005	1368.1	-1368.1
Shear Force (N)	92.917	-831.65	3.8104e-005	836.82
Torque (N.m)	-5.8618e-030	-3.9464e-029	-8.4703e-022	8.4703e-022
Bending moment (N.m)	148.43	68.649	-4.2256e-006	163.53

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
<p>Component Contact-16</p>		<p>Type: Bonded Components: 7 component(s) Options: Incompatible mesh</p>



Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	10 mm
Minimum element size	2 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	1270478
Total Elements	735608
Maximum Aspect Ratio	7.8375
% of elements with Aspect Ratio < 3	96.9
% of elements with Aspect Ratio > 10	0
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:57
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.00648 Element: 156540	7.83747 Element: 715385

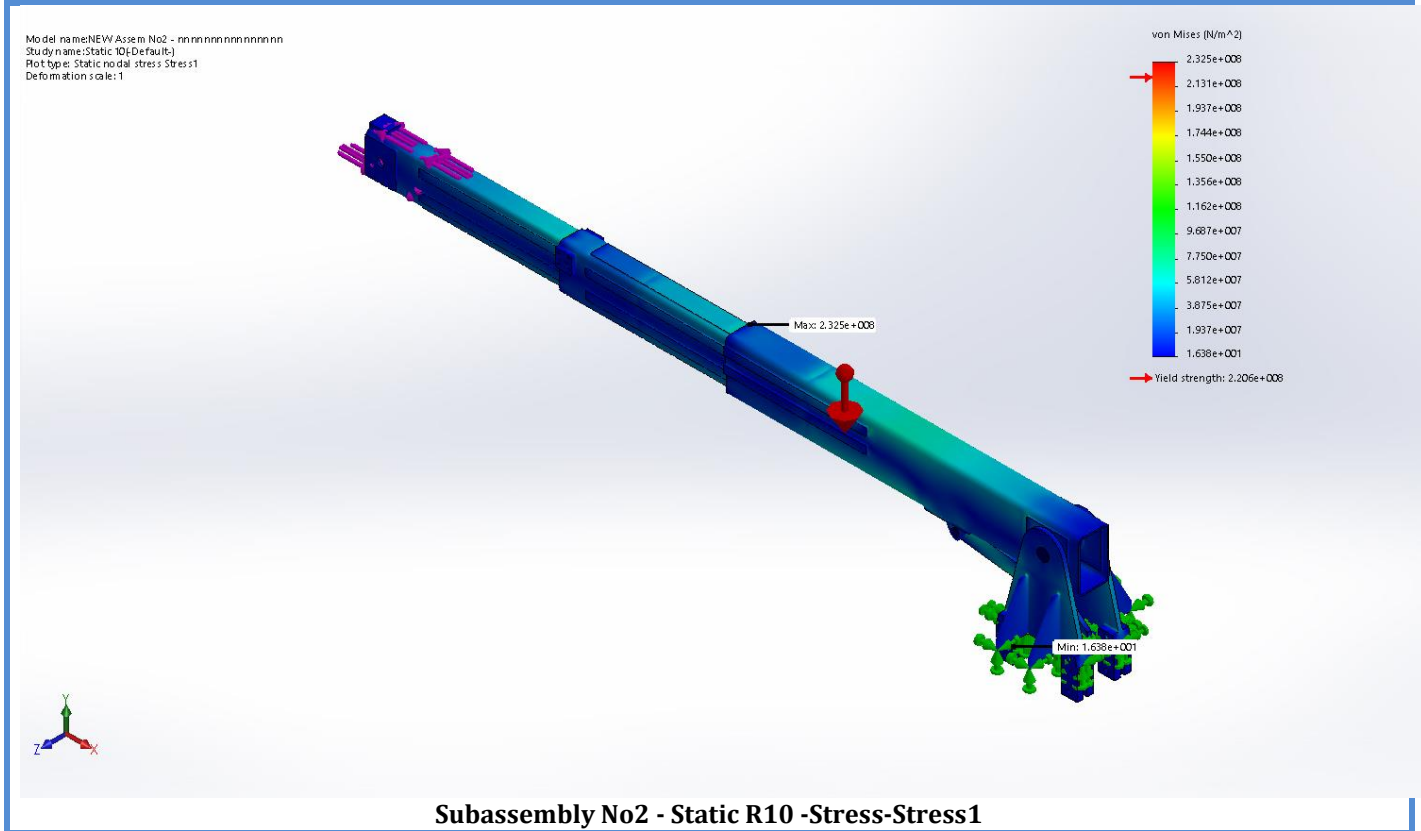


Beams

No Data

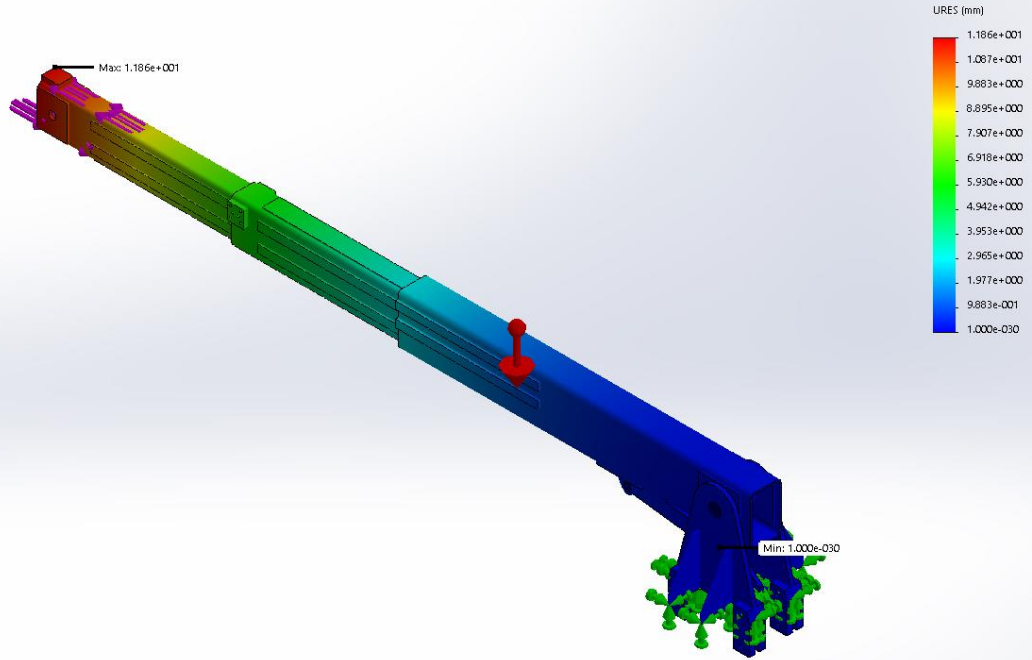
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	16.3823 N/m ² Node: 120373	2.32493e+008 N/m ² Node: 251781



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1	11.8598 mm Node: 623681

Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
Study name: Static 10 (Default)
Plot type: Static displacement: Displacement1

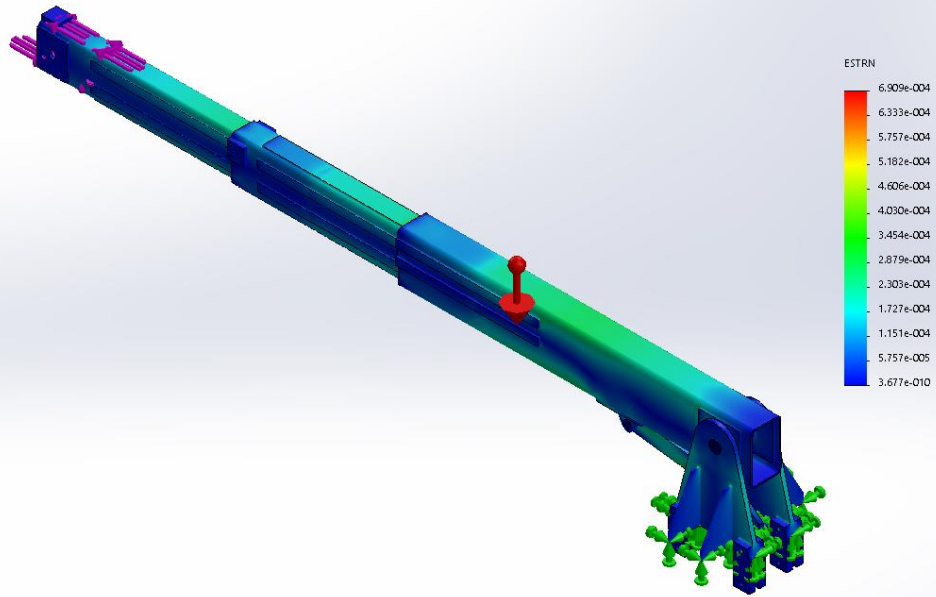


Subassembly No2 - Static R10-Displacement-Displacement1



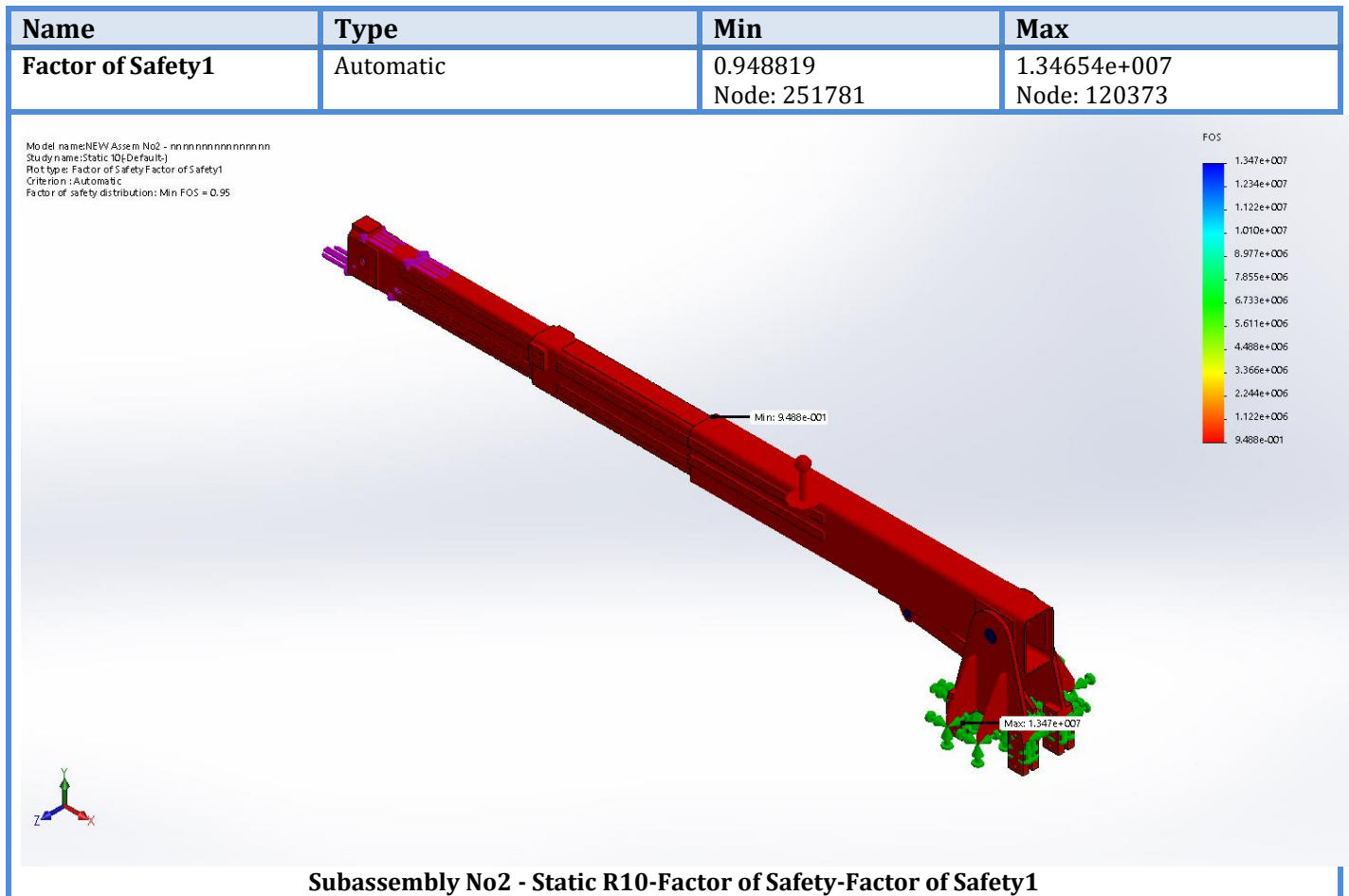
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	3.6772e-010 Element: 120523	0.000690882 Element: 672792

Model name: NEW Assem No2 - nnnnnnnnnnnnnnn
 Study name: Static 10(Default)
 Plot type: Static strain Strain1
 Deformation scale: 1



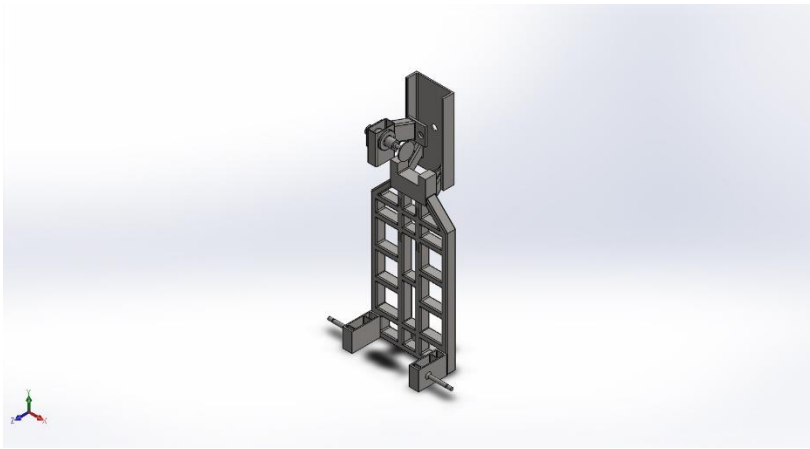
Subassembly No2 - Static R10-Strain-Strain1





Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.



Simulation of Subassembly No3

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R320

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of the main frame, the sub-frame, the rear swing-arm and shaft assembly and the mounts and axels of the front wheels. The static simulation is conducted by the application of a load to the specific surfaces where the base of the crane arm is attached to the main frame. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No2, after receiving data from a similar simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

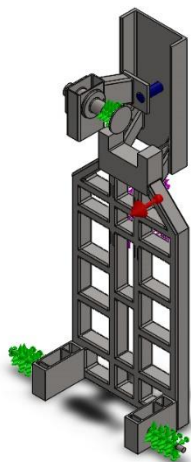
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	497	
<u>Model Information</u>	497	
<u>Study Properties</u>	499	
<u>Units</u>	499	
<u>Material Properties</u>	500	
<u>Loads and Fixtures</u>	500	
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	502	
<u>Mesh information</u>	502	
<u>Sensor Details</u>	504	
<u>Resultant Forces</u>	504	
<u>Beams</u>	505	
<u>Study Results</u>	505	
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark not defined.



Assumptions

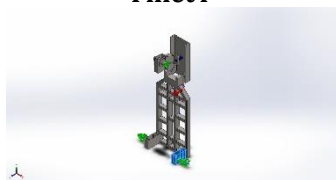
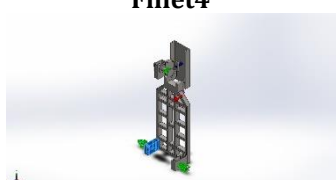
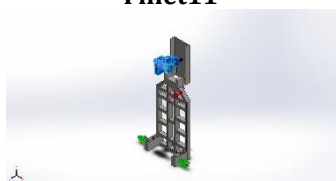
Model Information



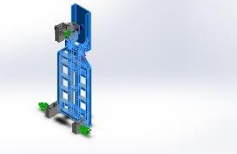


Model name: Subassembly No3
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet11</p> 	Solid Body	<p>Mass:36.0661 kg Volume:0.00462386 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:353.448 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\wheel2 ba.SLDPRT



<p>Split Line9</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:206.233 kg Volume:0.0264402 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:2021.09 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\Βάση 1A2.SLDPRT</p>
---	--------------------------	--	---

Study Properties

Study name	Static 320
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)


Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin

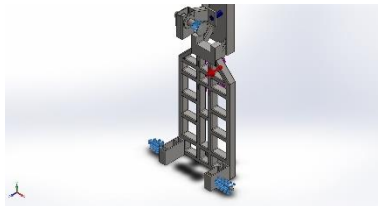


Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

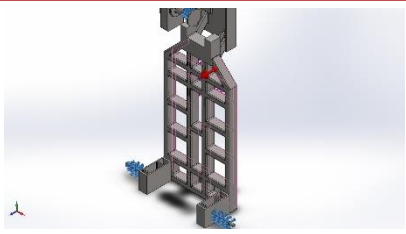
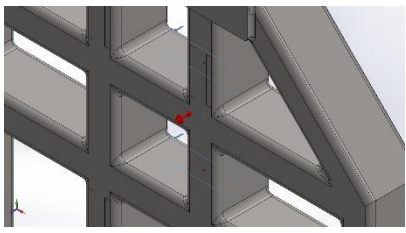
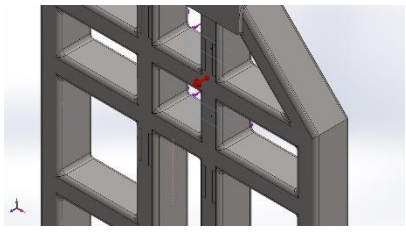
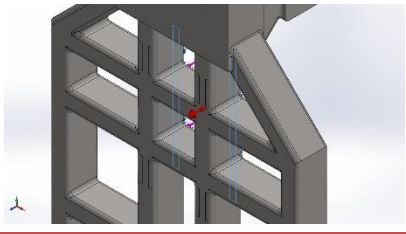
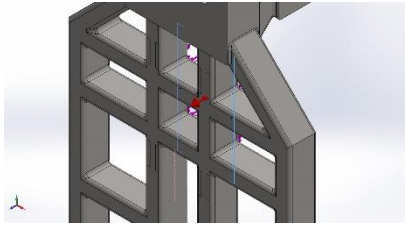
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2.20594e+008 N/m² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240-Βάση τροχού εμπρός-1), SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240-Βάση τροχού εμπρός-2), SolidBody 1(Fillet11)(wheel2 bA-1), SolidBody 1(Split Line9)(Βάση 1A2-1)</p>
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

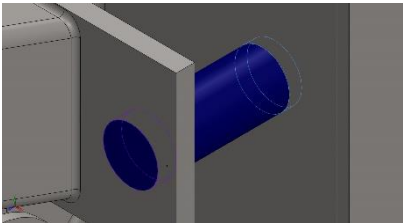
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-2		<p>Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	11.4725	-6.03848	-13495.4	13495.4
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0



Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		<p>Reference: Face< 1 > Values: 0 0 9.81 Units: SI</p>
Force-1		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 15900 N</p>
Force-2		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -68000 N</p>
Force-3		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: -2570 N</p>
Force-4		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 34000 N</p>

Connector Definitions

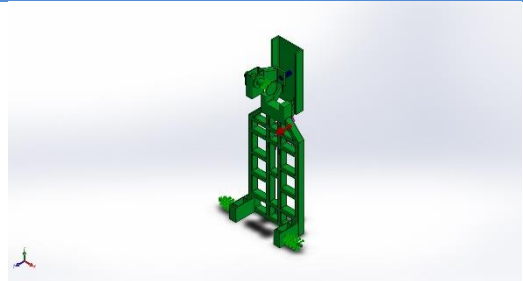
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	No Data

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-0.71876	2.6521	6502.3	-6502.3
Shear Force (N)	1148.3	3305.2	-1.2212	3499
Torque (N.m)	3.0681e-021	-1.1321e-020	-2.7756e-017	2.7756e-017
Bending moment (N.m)	-949.16	94.605	-0.14351	953.86

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Component Contact-4		<p>Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh</p>

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points



Maximum element size	320 mm
Minimum element size	64 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

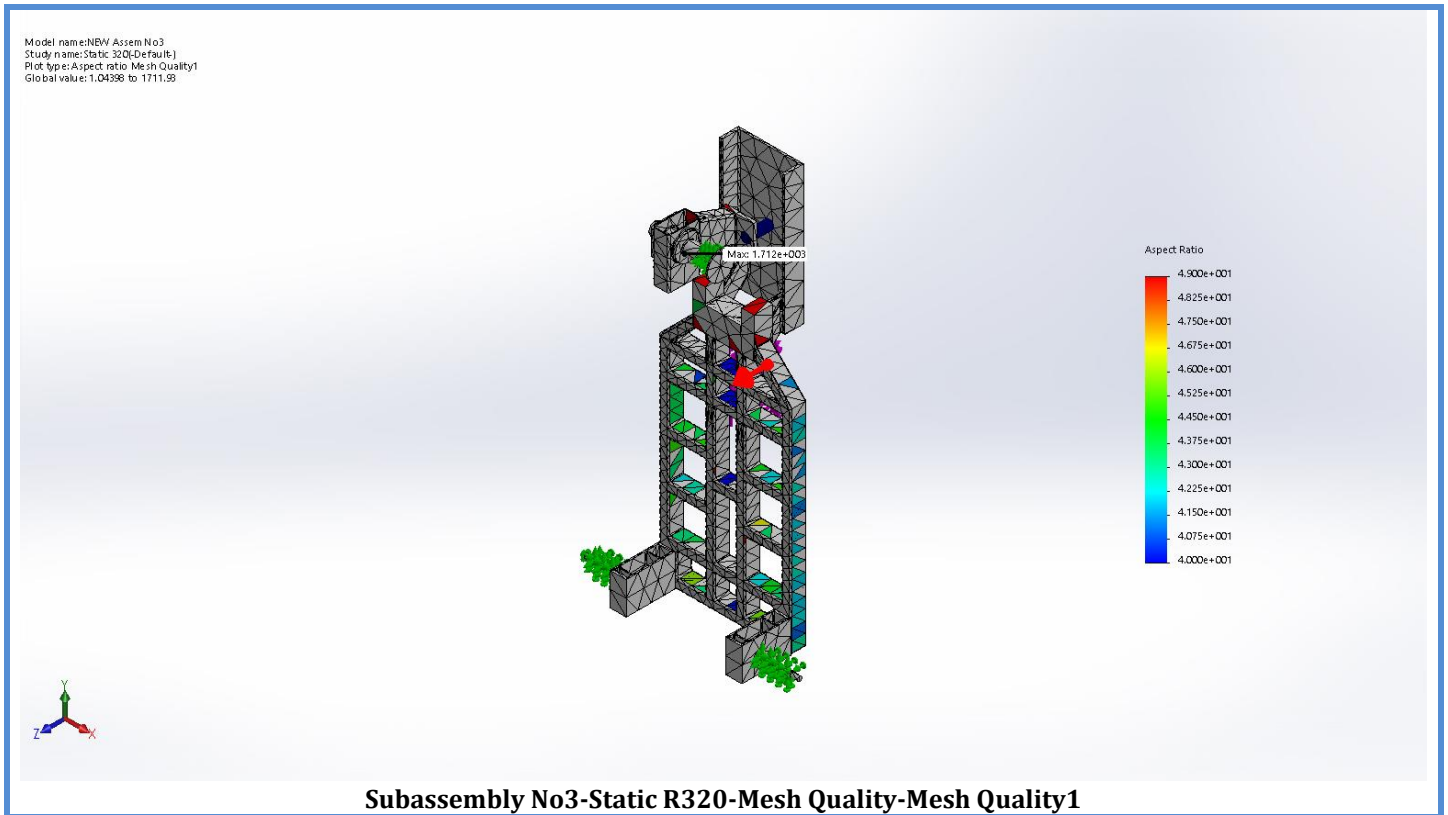
Mesh information - Details

Total Nodes	33807
Total Elements	18311
Maximum Aspect Ratio	1711.9
% of elements with Aspect Ratio < 3	3.44
% of elements with Aspect Ratio > 10	59.1
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:12
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.04398 Element: 44	1711.93 Element: 1914





Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	11.4725	-6.03848	-13495.4	13495.4

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0



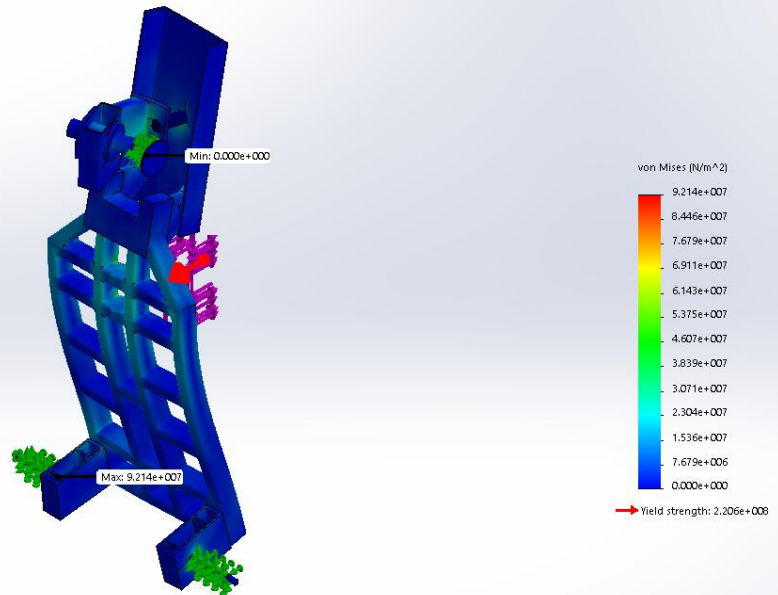
Beams

No Data

Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0 N/m ² Node: 2526	9.21422e+007 N/m ² Node: 1620

Model name: NW Assem No3
Study name: Static R320-Default1
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 354.105

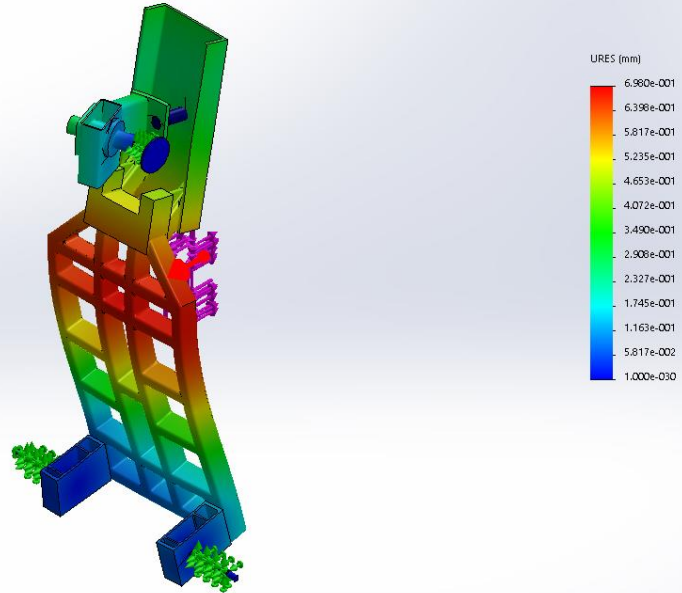


Subassembly No3-Static R320-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 15	0.697984 mm Node: 7829

Model name: NW Assem No3
Study name: Static R320(Default)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 354.105

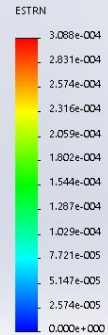
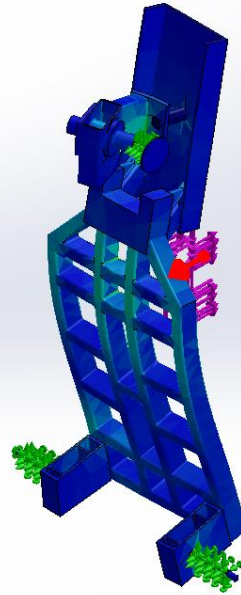


Subassembly No3-Static R320-Displacement-Displacement1



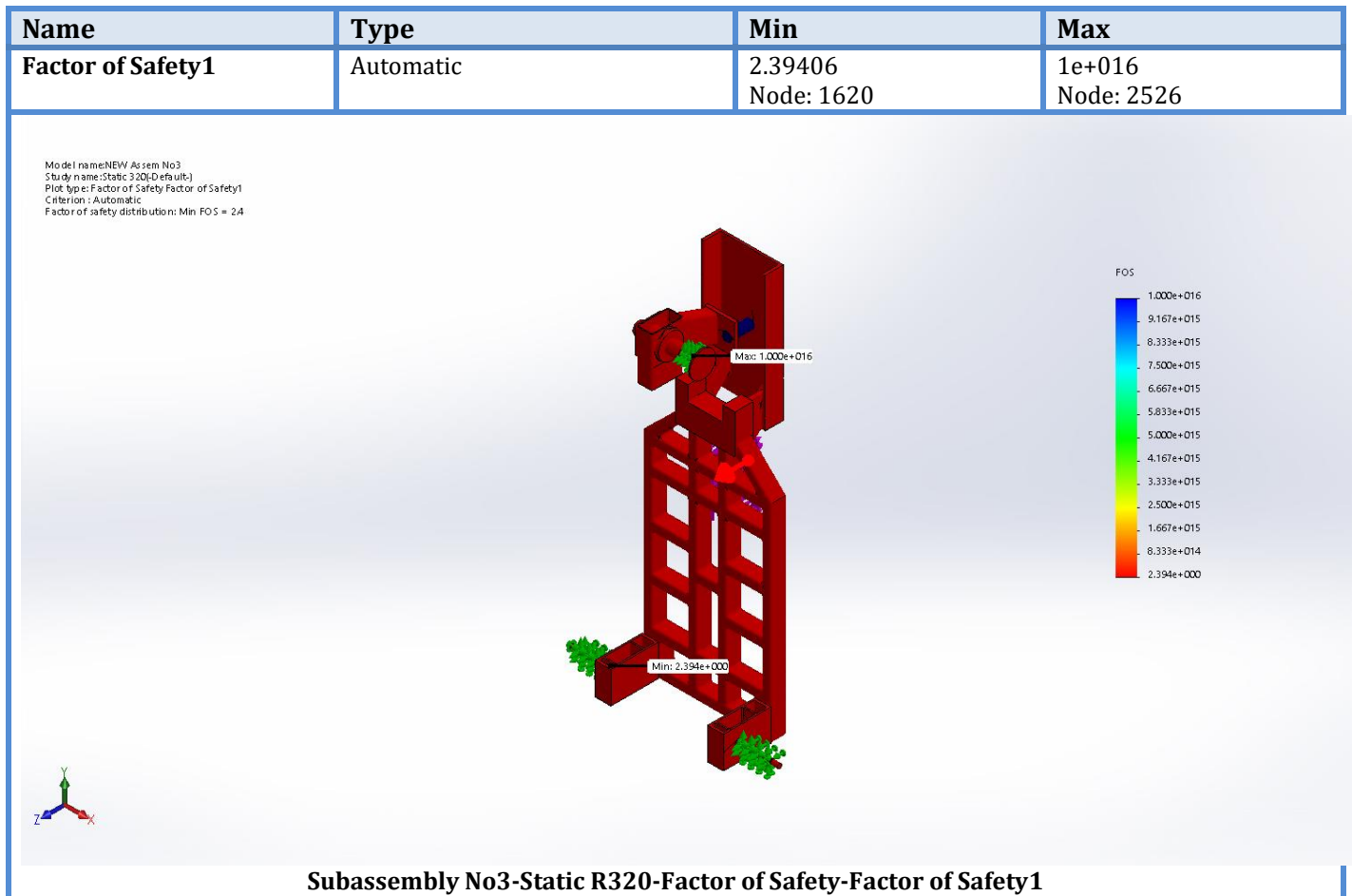
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	0 Element: 1391	0.000308848 Element: 9979

Model name:NBW Assem No3
Study name:Static R320(Default)
Plot type:Static strain Strain1
Deformation scale: 354.105



Subassembly No3-Static R320-Strain-Strain1

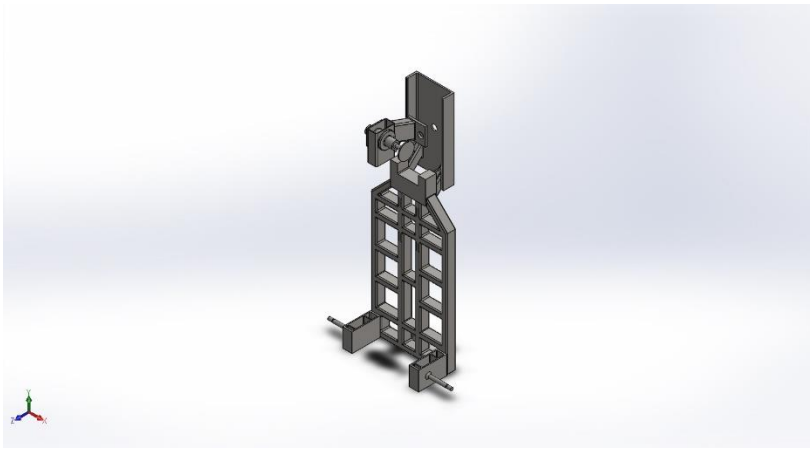




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No3

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R160

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of the main frame, the sub-frame, the rear swing-arm and shaft assembly and the mounts and axels of the front wheels. The static simulation is conducted by the application of a load to the specific surfaces where the base of the crane arm is attached to the main frame. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No2, after receiving data from a similar simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

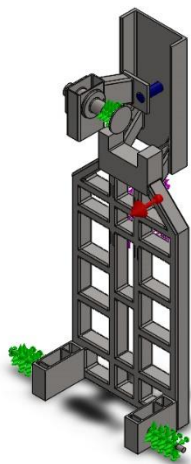
<u>Description</u>	Error!	Bookmark	not defined.
<u>Assumptions</u>	.....		510
<u>Model Information</u>	.....		510
<u>Study Properties</u>	.....		512
<u>Units</u>	.....		512
<u>Material Properties</u>	.....		513
<u>Loads and Fixtures</u>	.....		513
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark	not defined.
<u>Contact Information</u>	.....		515
<u>Mesh information</u>	.....		515
<u>Sensor Details</u>	.....		517
<u>Resultant Forces</u>	.....		517
<u>Beams</u>	.....		518
<u>Study Results</u>	.....		518
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark	not defined.



Assumptions




Model Information



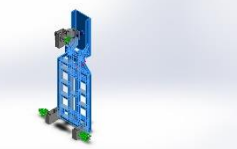


Model name: Subassembly No3
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet11</p> 	Solid Body	<p>Mass:36.0661 kg Volume:0.00462386 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:353.448 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\wheel2 ba.SLDPRT



<p>Split Line9</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:206.233 kg Volume:0.0264402 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:2021.09 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Βάση 1A2.SLDPRT</p>
---	--------------------------	--	--

Study Properties

Study name	Static 160
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW)

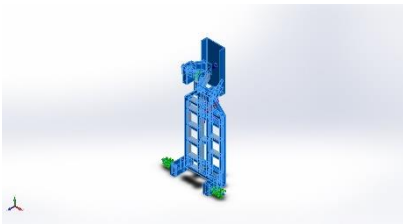
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin

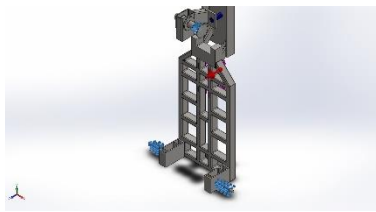


Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

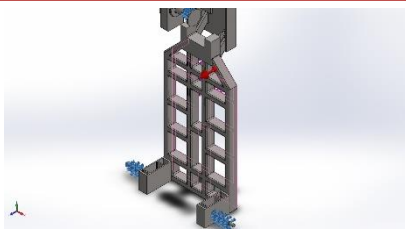
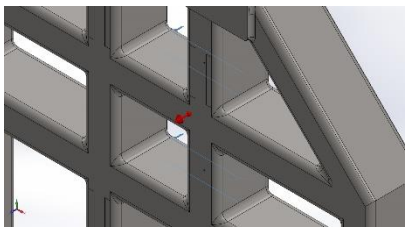
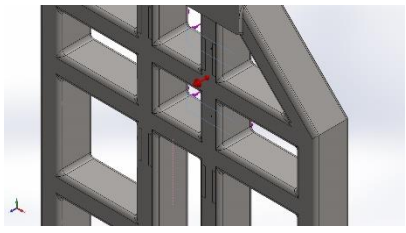
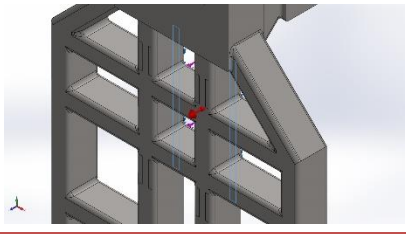
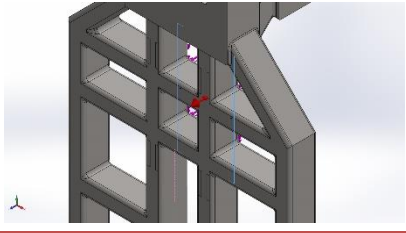
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Unknown</p> <p>Yield strength: 2.20594e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 3.99826e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.1e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.28</p> <p>Mass density: 7800 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.9e+010 N/m²</p> <p>Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240-Βάση τροχού εμπρός-1),</p> <p>SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240-Βάση τροχού εμπρός-2),</p> <p>SolidBody 1(Fillet11)(wheel2 bA-1),</p> <p>SolidBody 1(Split Line9)(Βάση 1A2-1)</p>
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

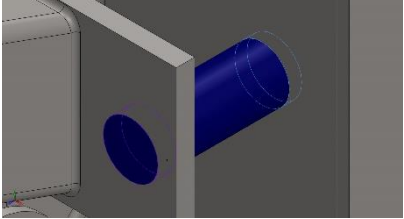
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-2		<p>Entities: 3 face(s)</p> <p>Type: Fixed Geometry</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0.282237	1.0775	-13490.5	13490.5
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0



Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		<p>Reference: Face< 1 > Values: 0 0 9.81 Units: SI</p>
Force-1		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 15900 N</p>
Force-2		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -68000 N</p>
Force-3		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: -2570 N</p>
Force-4		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 34000 N</p>

Connector Definitions

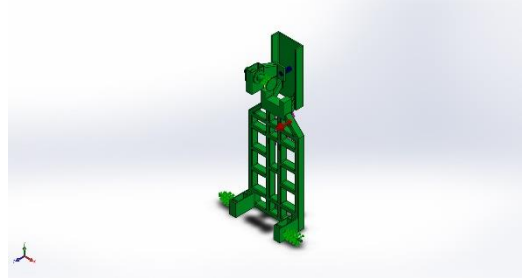
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	No Data

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-1.6398	1.8399	6598.6	-6598.6
Shear Force (N)	578.47	2636.3	-0.59133	2699
Torque (N.m)	0	-0	-0	0
Bending moment (N.m)	-608.27	87.539	-0.17556	614.53

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Component Contact-4		<p>Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh</p>

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh



Jacobian points	4 Points
Maximum element size	160 mm
Minimum element size	32 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

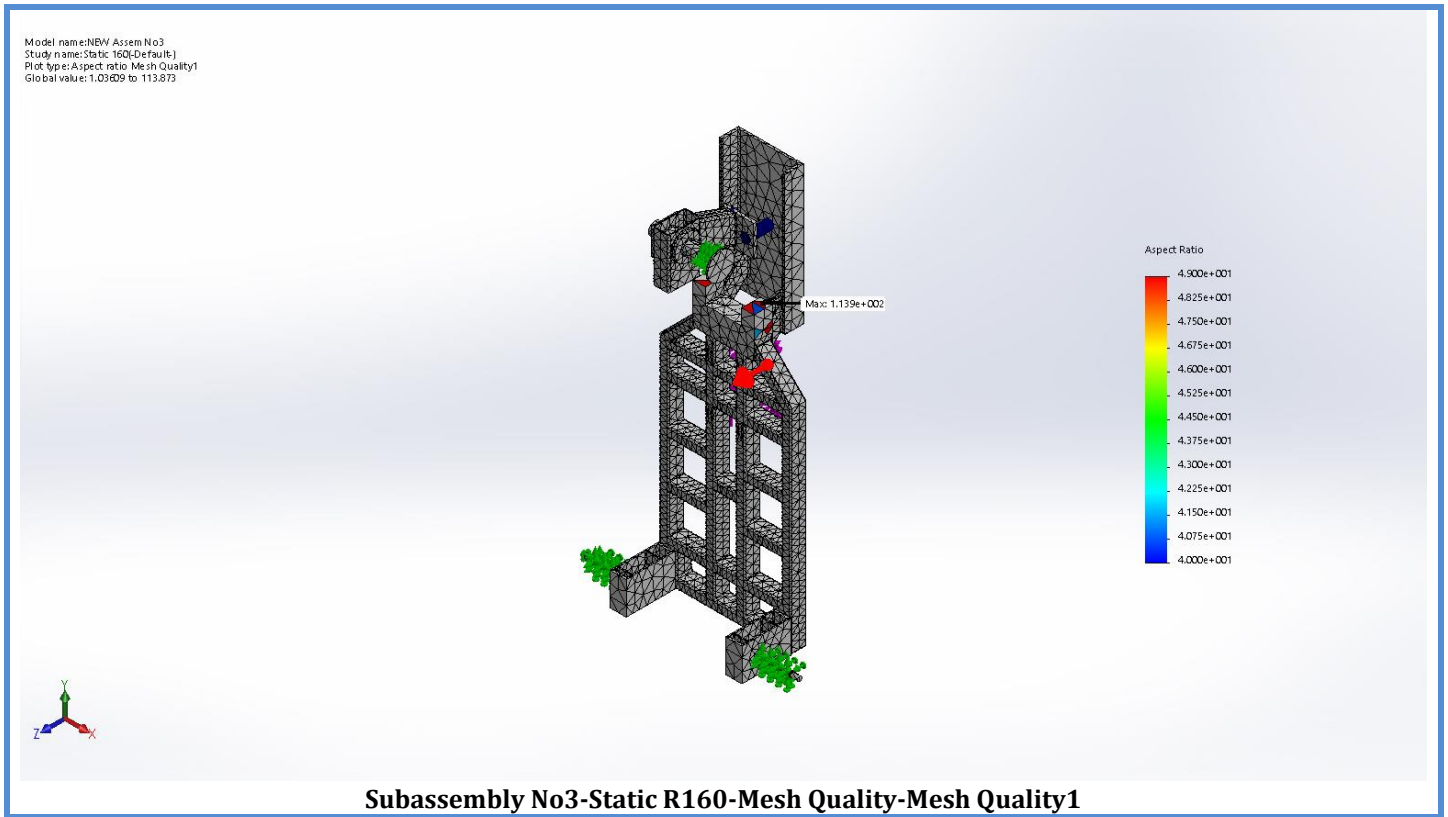
Mesh information - Details

Total Nodes	62998
Total Elements	32718
Maximum Aspect Ratio	113.87
% of elements with Aspect Ratio < 3	7.78
% of elements with Aspect Ratio > 10	22
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:13
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.03609 Element: 2592	113.873 Element: 22844





Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0.282237	1.0775	-13490.5	13490.5

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0



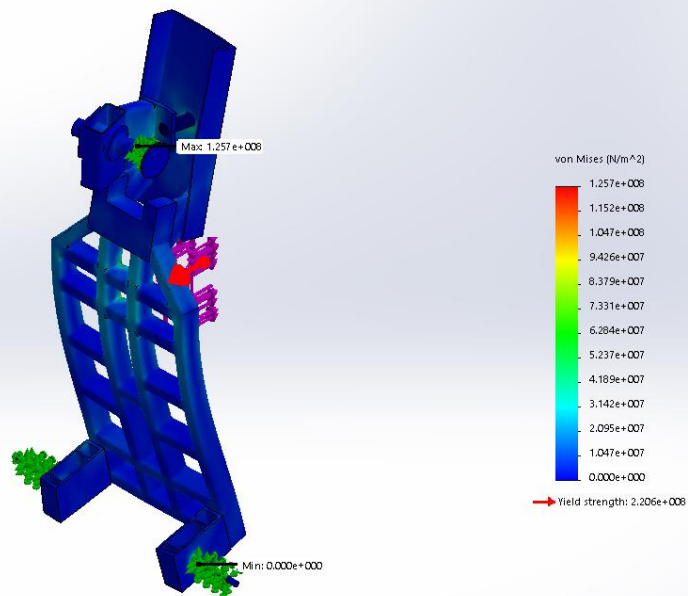
Beams

No Data

Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0 N/m ² Node: 744	1.25681e+008 N/m ² Node: 5153

Model name: NBV Assem No3
Study name: Static R160-Default
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 300.805

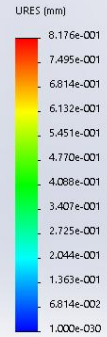
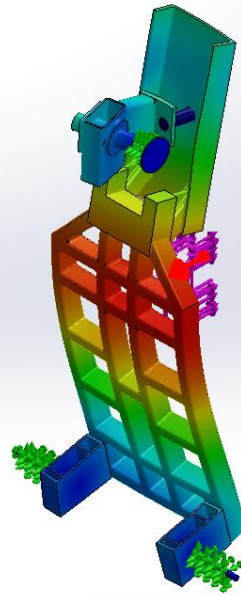


Subassembly No3-Static R160-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 15	0.81764 mm Node: 53091

Model name:NBW Assem No3
Study name:Static 160(Default)
Plot type:Static displacement Displacement1
Deformation scale:300.805

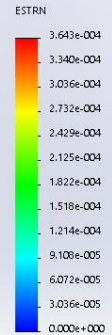
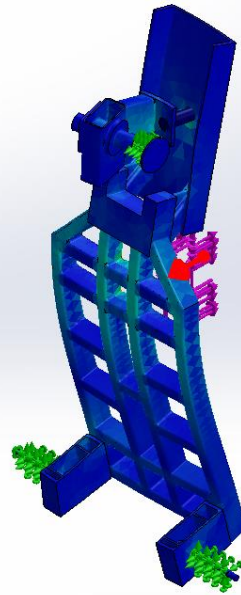


Subassembly No3-Static R160-Displacement-Displacement1



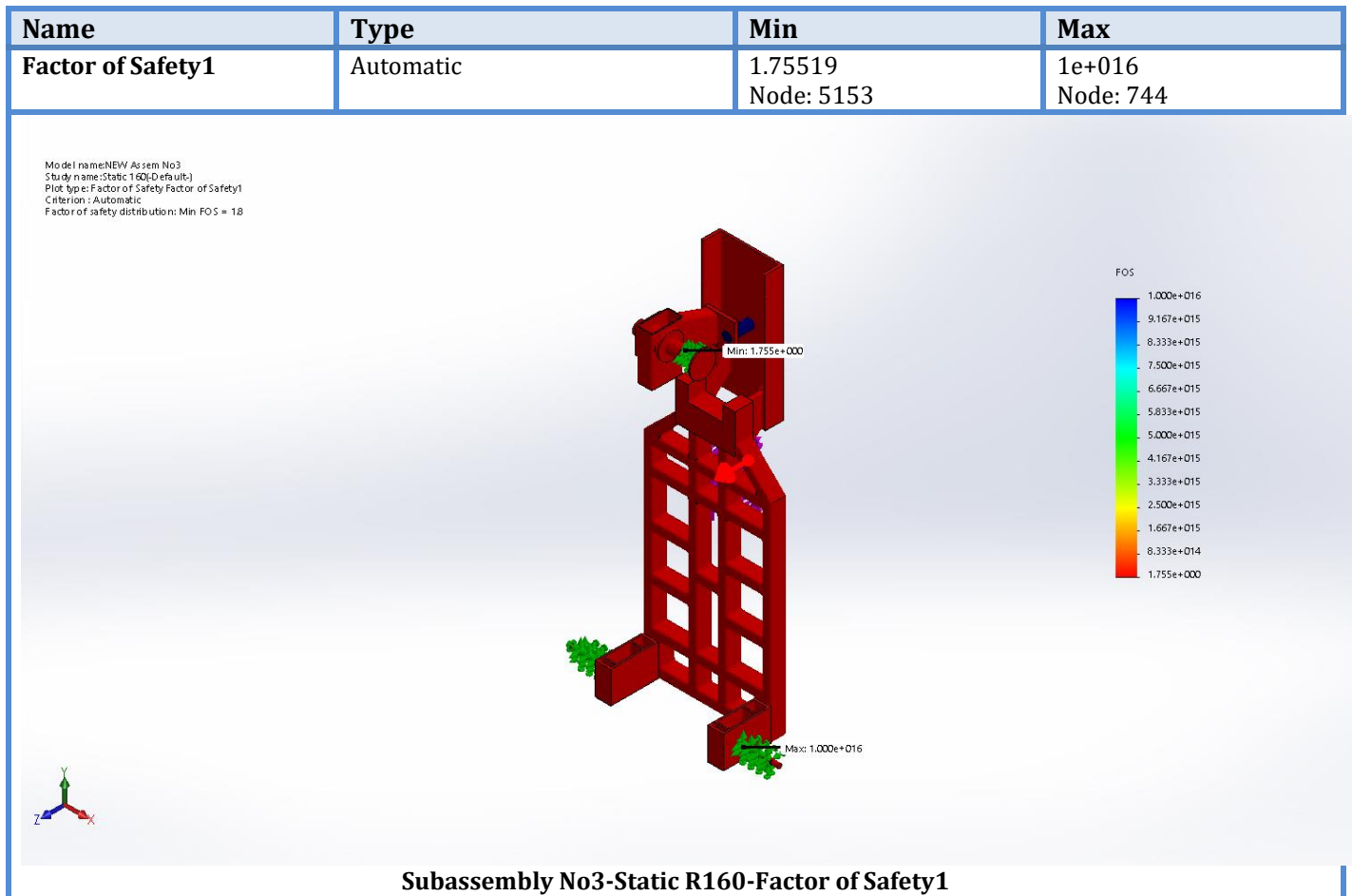
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	0 Element: 259	0.000364318 Element: 29052

Model name:NBW Assem No3
Study name:Static 160(Default)
Plot type:Static strain Strain1
Deformation scale: 300.805



Subassembly No3-Static R160-Strain-Strain1

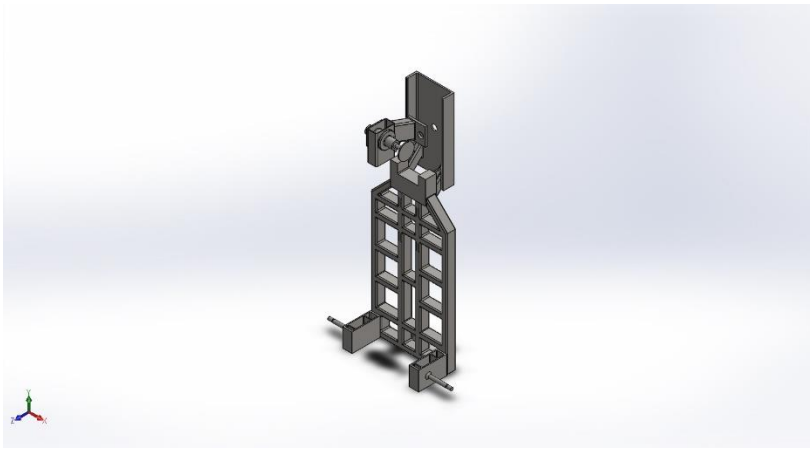




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No3

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R80

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of the main frame, the sub-frame, the rear swing-arm and shaft assembly and the mounts and axels of the front wheels. The static simulation is conducted by the application of a load to the specific surfaces where the base of the crane arm is attached to the main frame. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No2, after receiving data from a similar simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

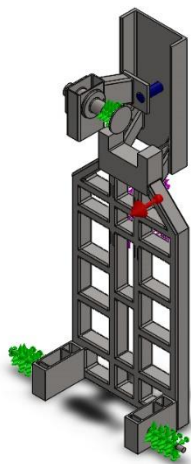
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	.....	523
<u>Model Information</u>	.....	523
<u>Study Properties</u>	.....	525
<u>Units</u>	.....	525
<u>Material Properties</u>	.....	526
<u>Loads and Fixtures</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	.....	528
<u>Mesh information</u>	.....	528
<u>Sensor Details</u>	.....	530
<u>Resultant Forces</u>	.....	530
<u>Beams</u>	.....	531
<u>Study Results</u>	.....	531
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark not defined.



Assumptions

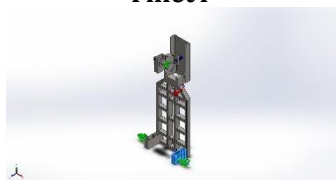
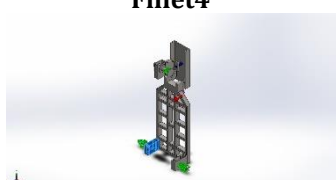
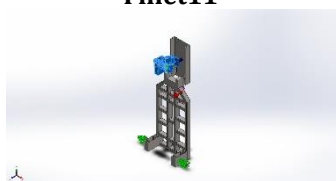
Model Information



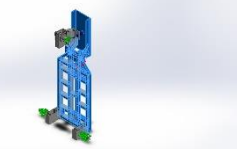


Model name: Subassembly No3
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet11</p> 	Solid Body	<p>Mass:36.0661 kg Volume:0.00462386 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:353.448 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\wheel2 ba.SLDPRT



<p>Split Line9</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:206.233 kg Volume:0.0264402 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:2021.09 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Βάση 1A2.SLDPRT</p>
---	--------------------------	--	--

Study Properties

Study name	Static 80
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW)

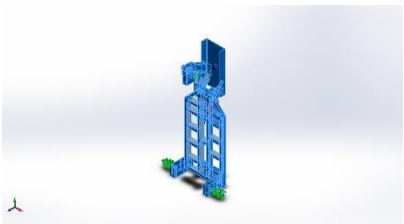
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin

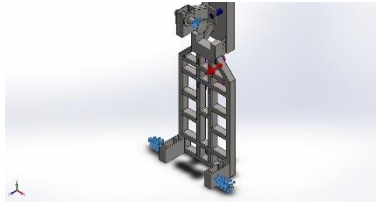


Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

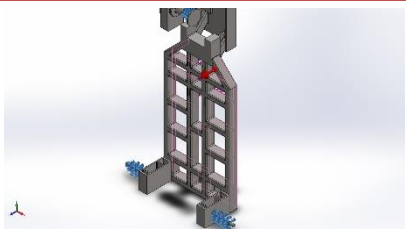
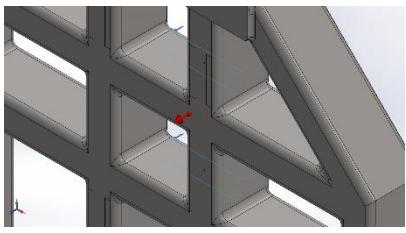
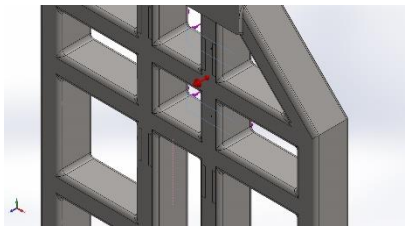
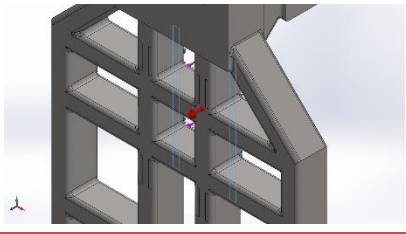
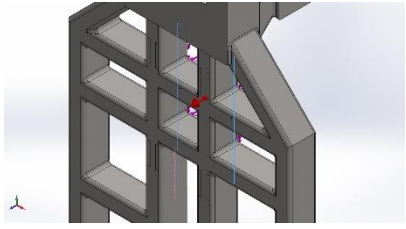
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2.20594e+008 N/m² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240- Βάση τροχού εμπρός-1), SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240- Βάση τροχού εμπρός-2), SolidBody 1(Fillet11)(wheel2 bA-1), SolidBody 1(Split Line9)(Βάση 1A2-1)</p>
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

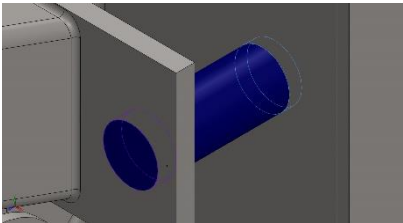
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-2		<p>Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-2.34473	-1.33693	-13494.6	13494.6
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0



Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		<p>Reference: Face< 1 > Values: 0 0 9.81 Units: SI</p>
Force-1		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 15900 N</p>
Force-2		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -68000 N</p>
Force-3		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: -2570 N</p>
Force-4		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 34000 N</p>

Connector Definitions

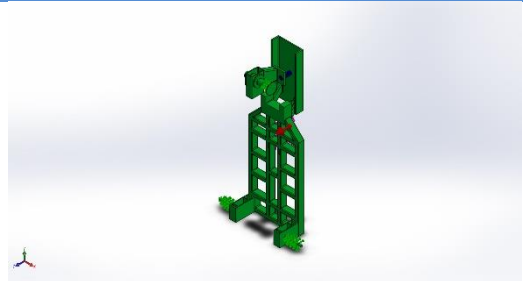
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 Pin Connector-2	Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI	No Data

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-2.4462	1.6591	6644.5	-6644.5
Shear Force (N)	224.8	2406.5	-0.51812	2416.9
Torque (N.m)	-1.0218e-020	6.9304e-021	2.7756e-017	-2.7756e-017
Bending moment (N.m)	-513.52	115.1	-0.21779	526.26

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points



Maximum element size	80 mm
Minimum element size	16 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

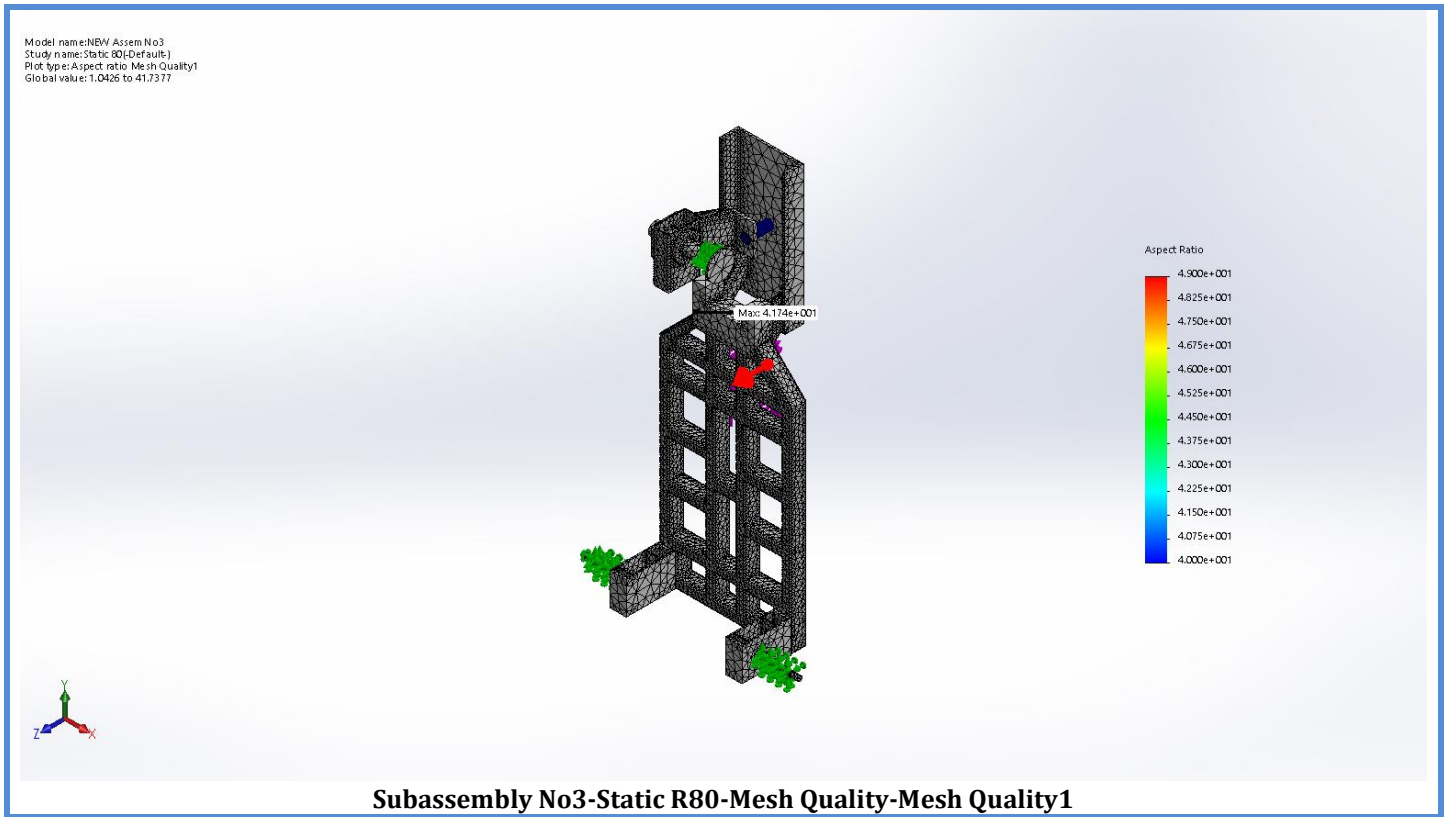
Mesh information - Details

Total Nodes	150407
Total Elements	77354
Maximum Aspect Ratio	41.738
% of elements with Aspect Ratio < 3	33.4
% of elements with Aspect Ratio > 10	1.64
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:20
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.0426 Element: 9865	41.7377 Element: 13213





Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-2.34473	-1.33693	-13494.6	13494.6

Reaction Moments

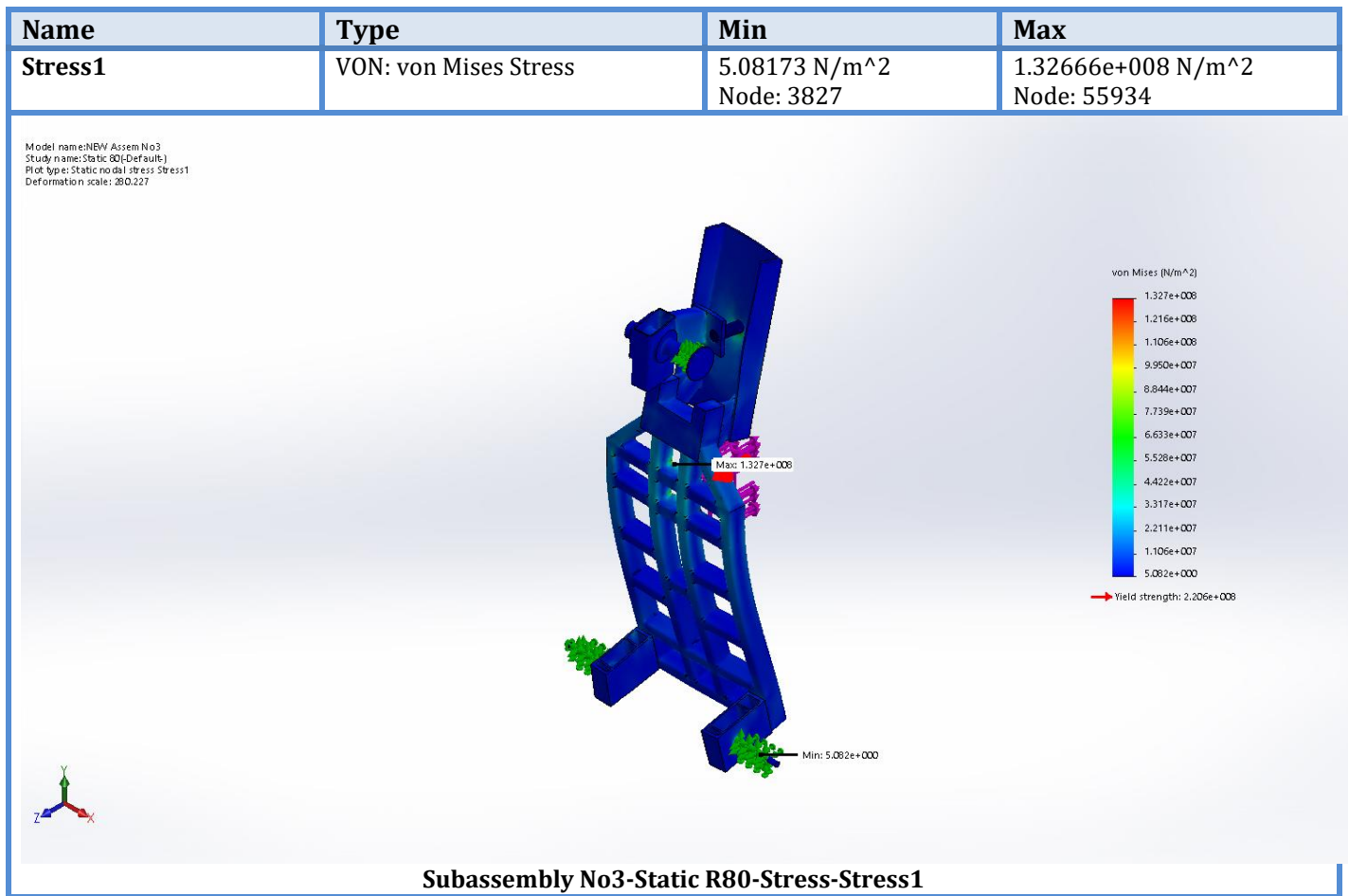
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0



Beams

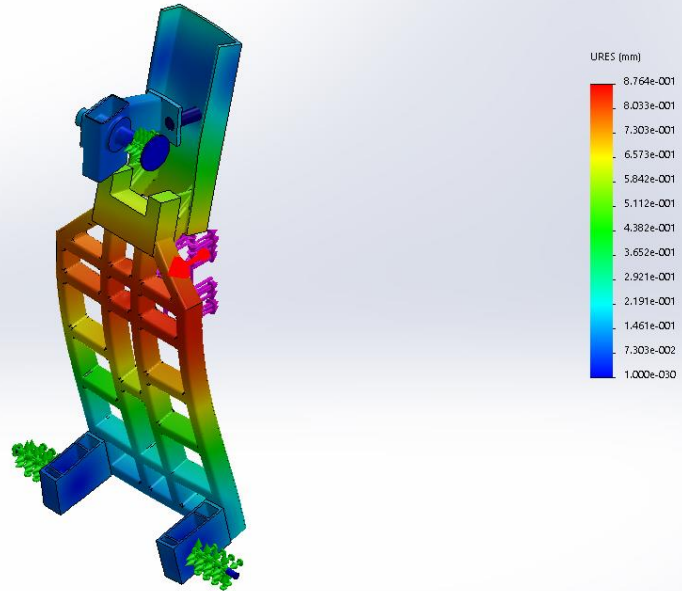
No Data

Study Results



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 15	0.876373 mm Node: 42029

Model name:NBW Assem No3
Study name:Static R0(Default)
Plot type:Static displacement Displacement1
Deformation scale:280.227

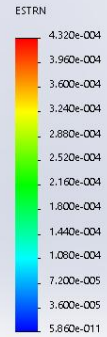
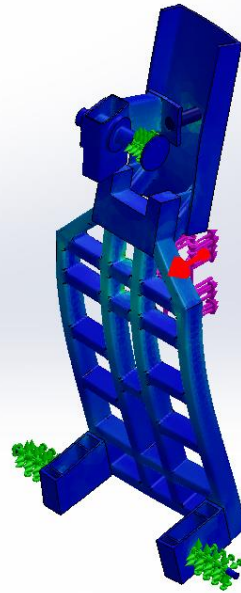


Subassembly No3-Static R80-Displacement-Displacement1



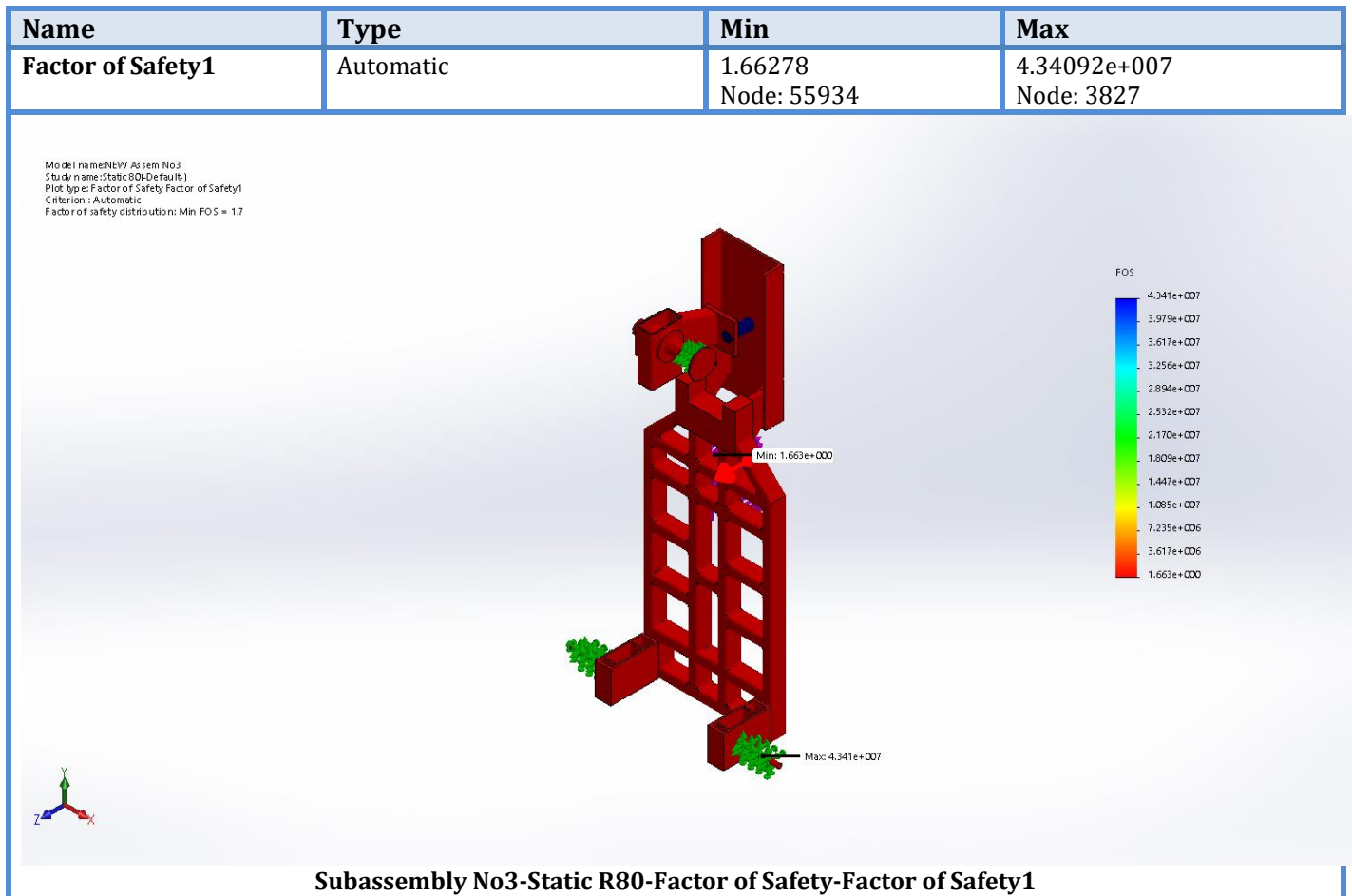
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	5.85978e-011 Element: 1459	0.000432011 Element: 17213

Model name: NW Assem No3
Study name: Static R0 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 280.227



Subassembly No3-Static R80-Strain-Strain1

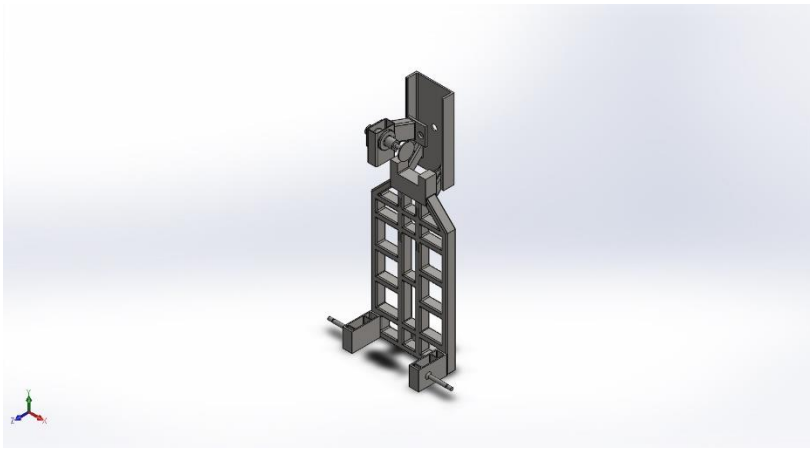




Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No3

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R40

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of the main frame, the sub-frame, the rear swing-arm and shaft assembly and the mounts and axels of the front wheels. The static simulation is conducted by the application of a load to the specific surfaces where the base of the crane arm is attached to the main frame. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No2, after receiving data from a similar simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

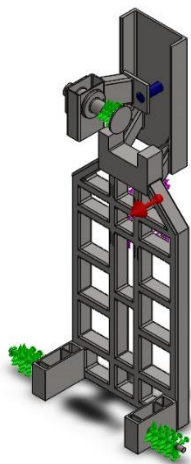
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	536	
<u>Model Information</u>	536	
<u>Study Properties</u>	538	
<u>Units</u>	538	
<u>Material Properties</u>	539	
<u>Loads and Fixtures</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	541	
<u>Mesh information</u>	541	
<u>Sensor Details</u>	543	
<u>Resultant Forces</u>	543	
<u>Beams</u>	544	
<u>Study Results</u>	544	
<u>Conclusion</u>	Error!	Bookmark not defined.



Assumptions

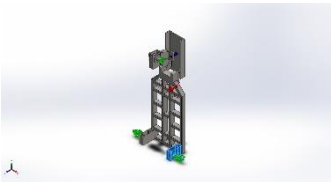
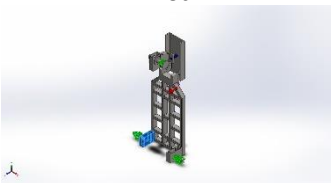
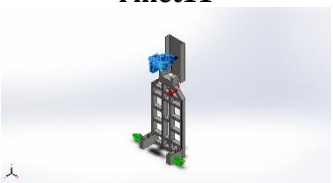
Model Information






Model name: Subassembly No3
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet4</p> 	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet11</p> 	Solid Body	<p>Mass:36.0661 kg Volume:0.00462386 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:353.448 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\wheel2 bA.SLDPRT



<p>Split Line9</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:206.233 kg Volume:0.0264402 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:2021.09 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Bάση 1A2.SLDPRT</p>
---	--------------------------	---	--

Study Properties

Study name	Static 40
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

Units

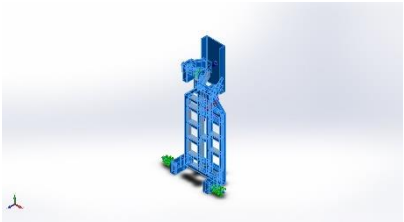
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec



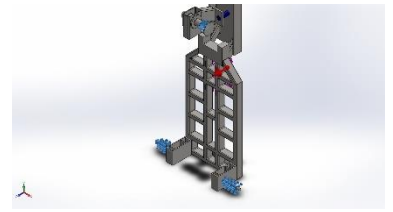
Pressure/Stress

N/m²

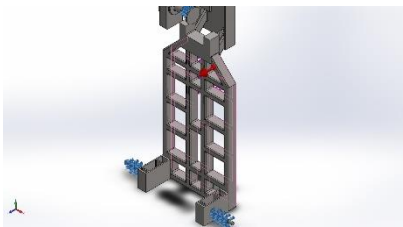
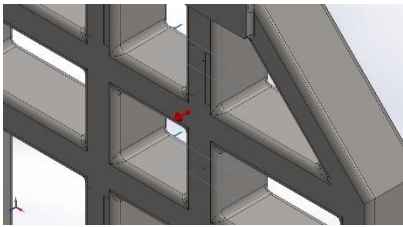
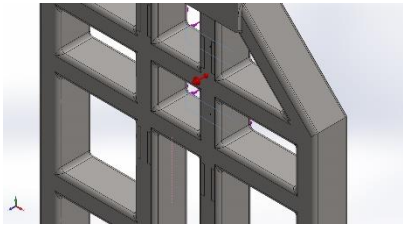
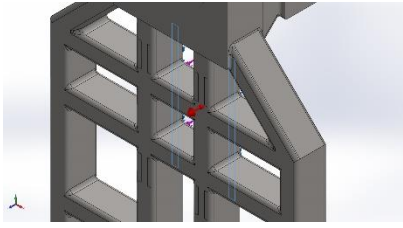
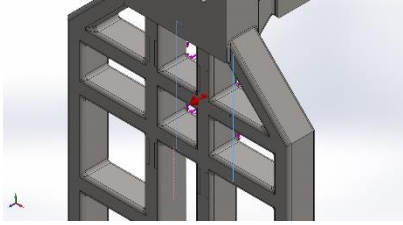
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2.20594e+008 N/m² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240- Βάση τροχού εμπρός-1), SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240- Βάση τροχού εμπρός-2), SolidBody 1(Fillet11)(wheel2 bA-1), SolidBody 1(Split Line9)(Βάση 1A2-1)</p>
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

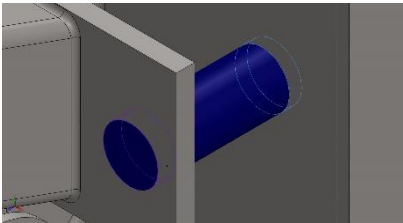
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-2		<p>Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	2.22244	-0.9147	-13476.6	13476.6
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0



Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		<p>Reference: Face< 1 > Values: 0 0 9.81 Units: SI</p>
Force-1		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 15900 N</p>
Force-2		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -68000 N</p>
Force-3		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: -2570 N</p>
Force-4		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 34000 N</p>

Connector Definitions

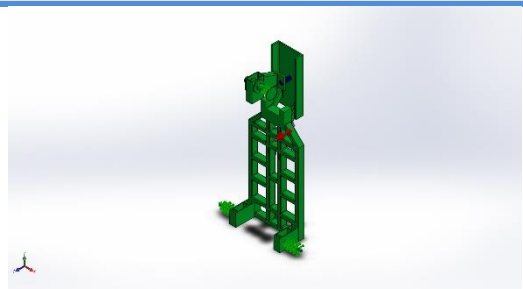
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 Pin Connector-2	Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI	No Data

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-2.5293	1.5607	6665.7	-6665.7
Shear Force (N)	257.52	2357.6	-0.45428	2371.6
Torque (N.m)	1.0532e-020	-6.4985e-021	-2.7756e-017	2.7756e-017
Bending moment (N.m)	-483.48	107.19	-0.20855	495.22

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	40 mm



Minimum element size	8 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

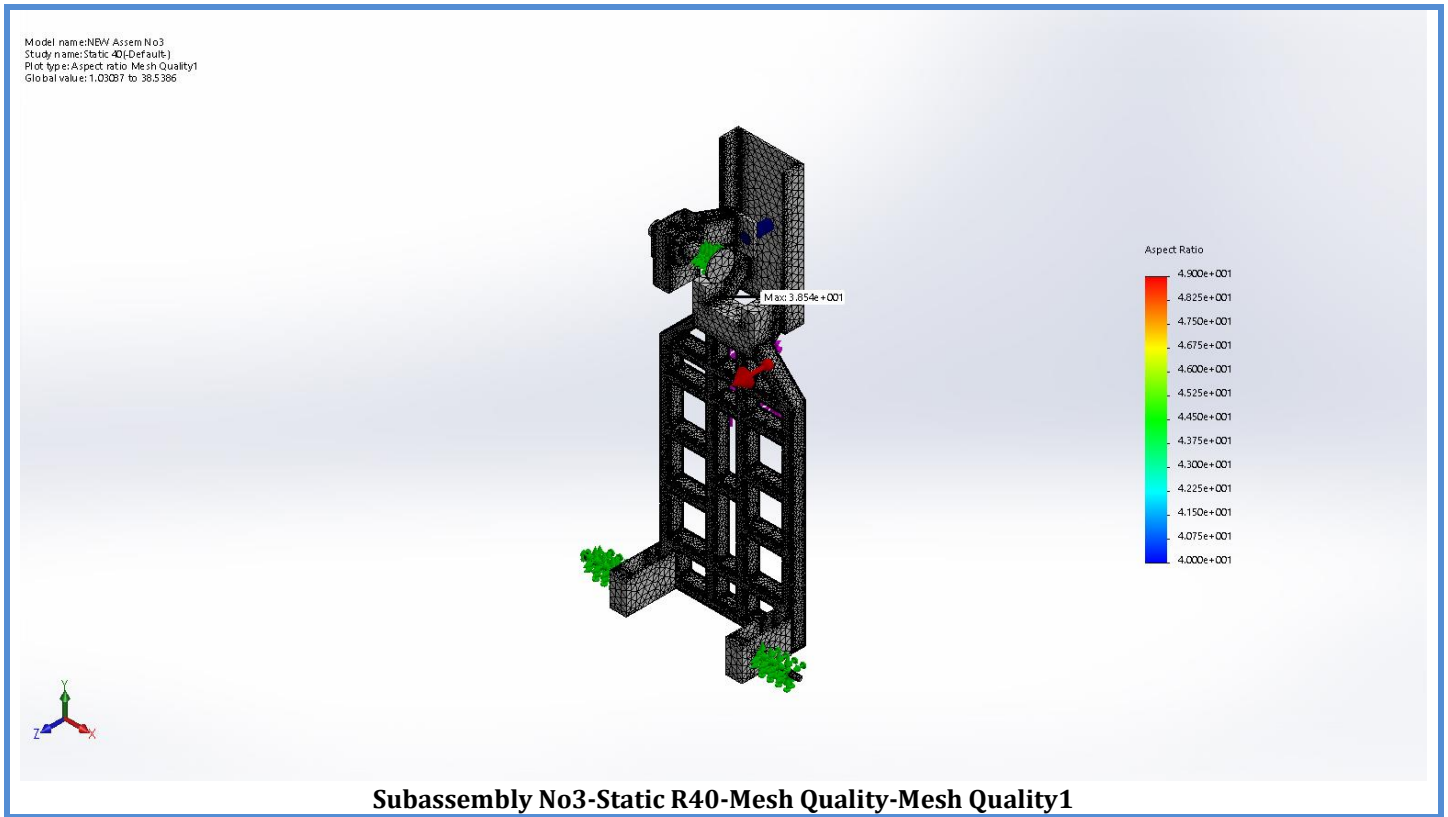
Mesh information - Details

Total Nodes	405621
Total Elements	211872
Maximum Aspect Ratio	38.539
% of elements with Aspect Ratio < 3	76.6
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.463
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:36
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.03087 Element: 163341	38.5386 Element: 54489





Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	2.22244	-0.9147	-13476.6	13476.6

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0



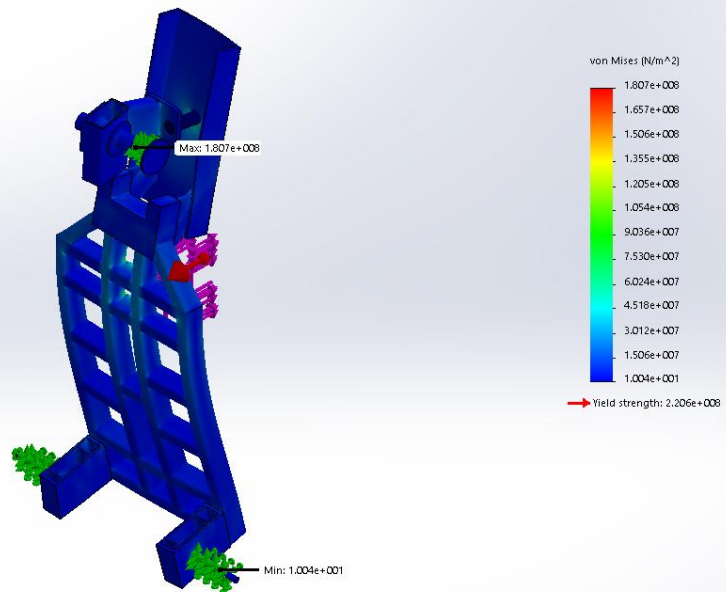
Beams

No Data

Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	10.0404 N/m ² Node: 9517	1.80711e+008 N/m ² Node: 33449

Model name: NBW Assem No3
Study name: Static 40 (Default)
Plot type: Static modal stress Stress1
Deformation scale: 0.63312

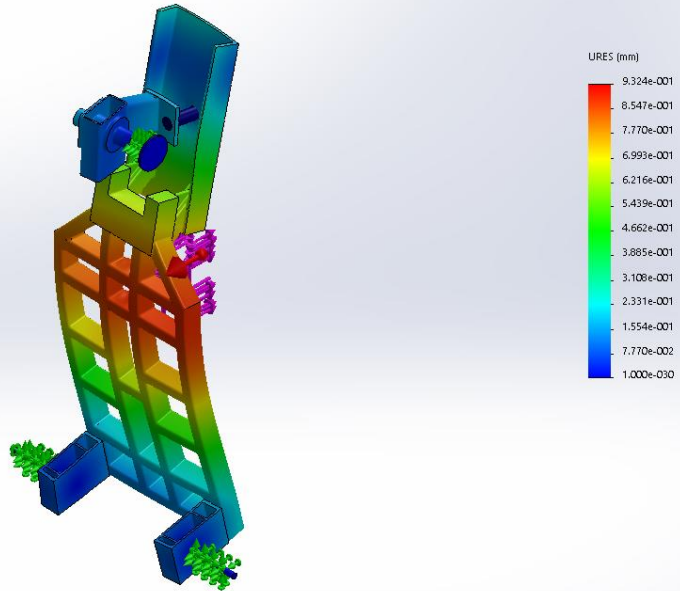


Subassembly No3-Static R40-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 15	0.932394 mm Node: 366423

Model name:NBW Assem No3
Study name:Static 40(Default)
Plot type:Static displacement Displacement1
Deformation scale: 263.312

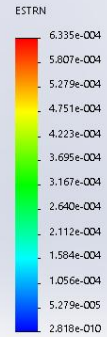
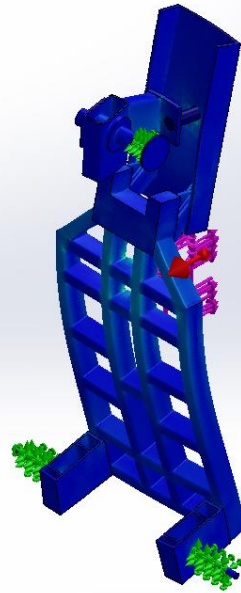


Subassembly No3-Static R40-Displacement-Displacement1

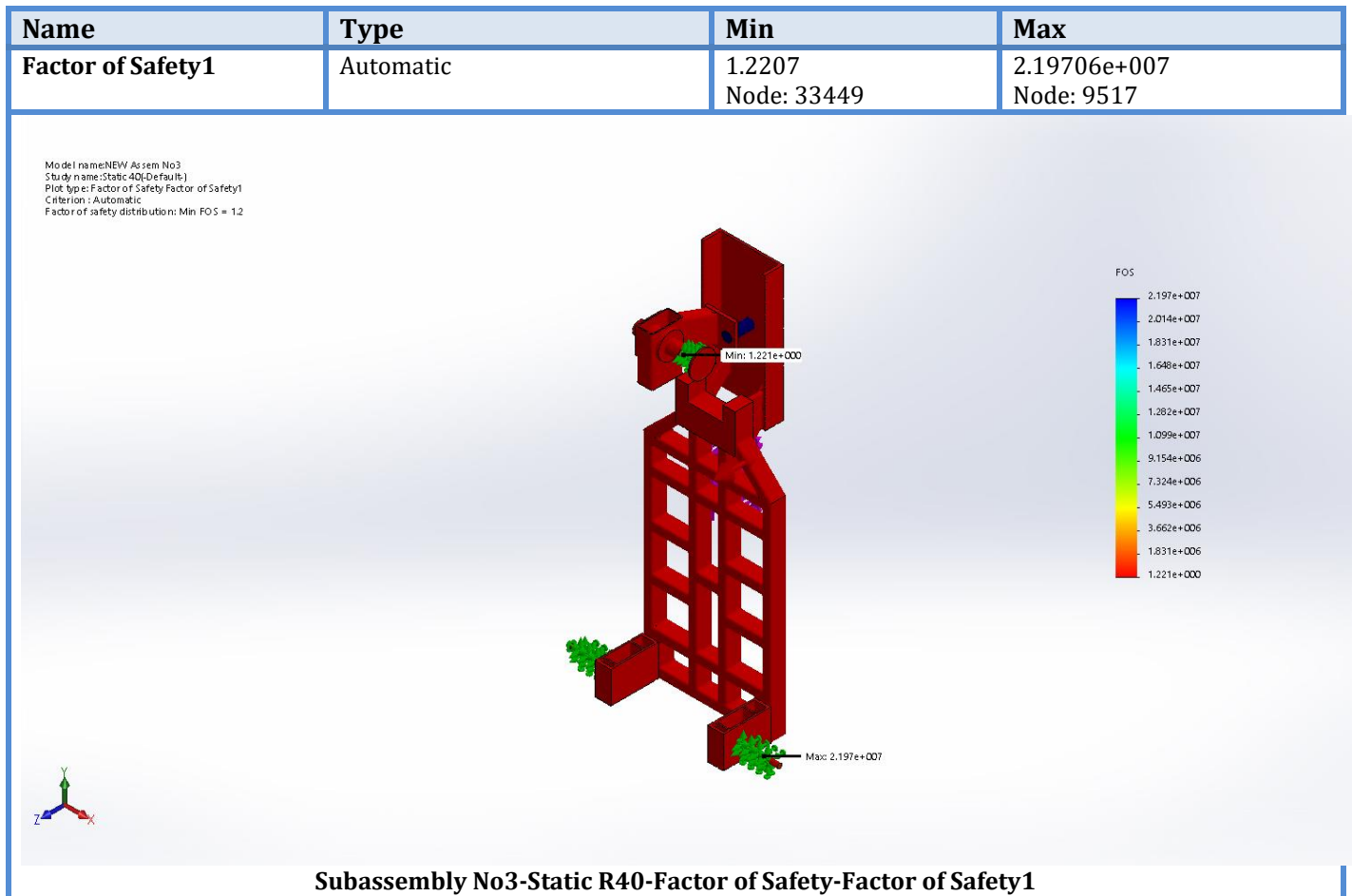


Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	2.81754e-010 Element: 6587	0.000633496 Element: 20917

Model name: NW Assem No3
Study name: Static 40 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 263.312



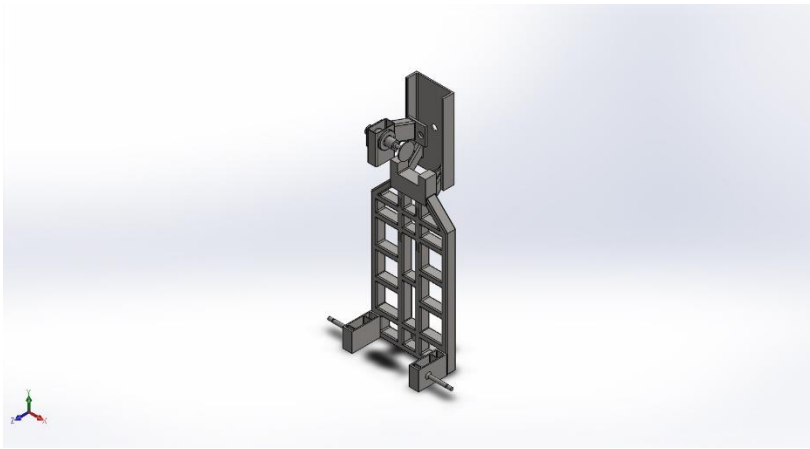
Subassembly No3-Static R40-Strain-Strain1



Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No3

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R20

Analysis type: Static



Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of the main frame, the sub-frame, the rear swing-arm and shaft assembly and the mounts and axels of the front wheels. The static simulation is conducted by the application of a load to the specific surfaces where the base of the crane arm is attached to the main frame. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No2, after receiving data from a similar simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

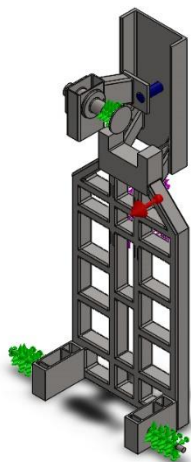
<u>Description</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	.....	549
<u>Model Information</u>	.....	549
<u>Study Properties</u>	.....	551
<u>Units</u>	.....	551
<u>Material Properties</u>	.....	552
<u>Loads and Fixtures</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error!	Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	.....	554
<u>Mesh information</u>	.....	554
<u>Sensor Details</u>	.....	556
<u>Resultant Forces</u>	.....	556
<u>Beams</u>	.....	557
<u>Study Results</u>	.....	557
<u>Conclusion</u>	.....	560



Assumptions

Model Information



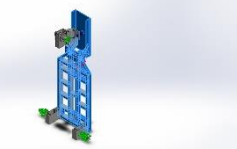


Model name: Subassembly No3
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Fillet4</p>	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet4</p>	Solid Body	<p>Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:168.977 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
<p>Fillet11</p>	Solid Body	<p>Mass:36.0661 kg Volume:0.00462386 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:353.448 N</p>	C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW\wheel2 ba.SLDPRT



<p>Split Line9</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:206.233 kg Volume:0.0264402 m³ Density:7800 kg/m³ Weight:2021.09 N</p>	<p>C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION- NEW\Βάση 1A2.SLDPRT</p>
---	--------------------------	---	--

Study Properties

Study name	Static 20
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION-NEW)

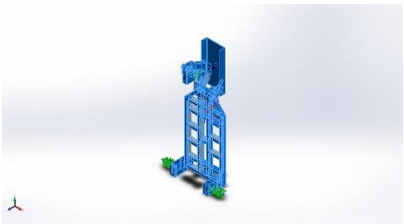
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin

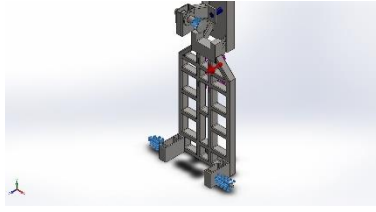


Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

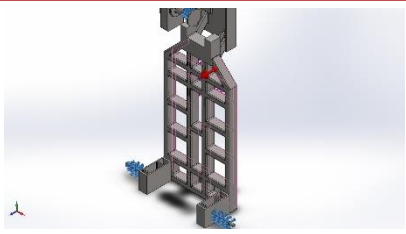
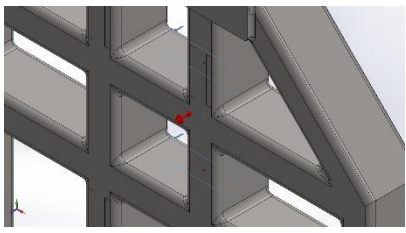
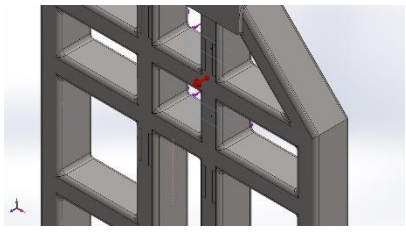
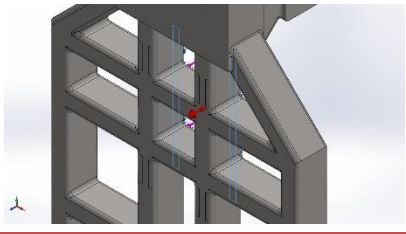
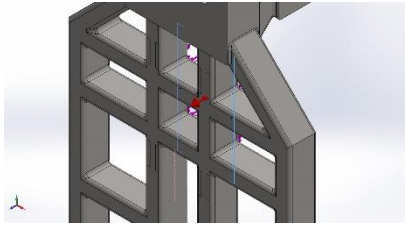
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2.20594e+008 N/m² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240- Βάση τροχού εμπρός-1), SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240- Βάση τροχού εμπρός-2), SolidBody 1(Fillet11)(wheel2 bA-1), SolidBody 1(Split Line9)(Βάση 1A2-1)</p>
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

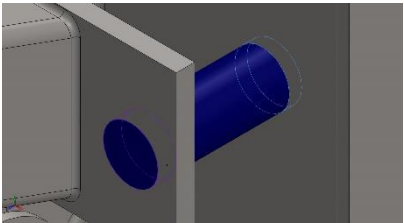
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-2		<p>Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry</p>		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.621507	-0.578799	-13475.8	13475.8
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0



Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		<p>Reference: Face< 1 > Values: 0 0 9.81 Units: SI</p>
Force-1		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 15900 N</p>
Force-2		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -68000 N</p>
Force-3		<p>Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: -2570 N</p>
Force-4		<p>Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 34000 N</p>

Connector Definitions

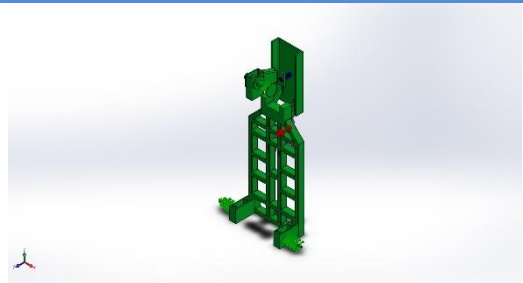
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 <p>Pin Connector-2</p>	<p>Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI</p>	No Data

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-2.5946	1.5286	6660.5	-6660.5
Shear Force (N)	250.2	2325.6	-0.43627	2339
Torque (N.m)	-1.0812e-020	6.37e-021	2.7756e-017	-2.7756e-017
Bending moment (N.m)	-468.77	107.62	-0.20731	480.96

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Component Contact-4		<p>Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh</p>

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points



Maximum element size	20 mm
Minimum element size	4 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

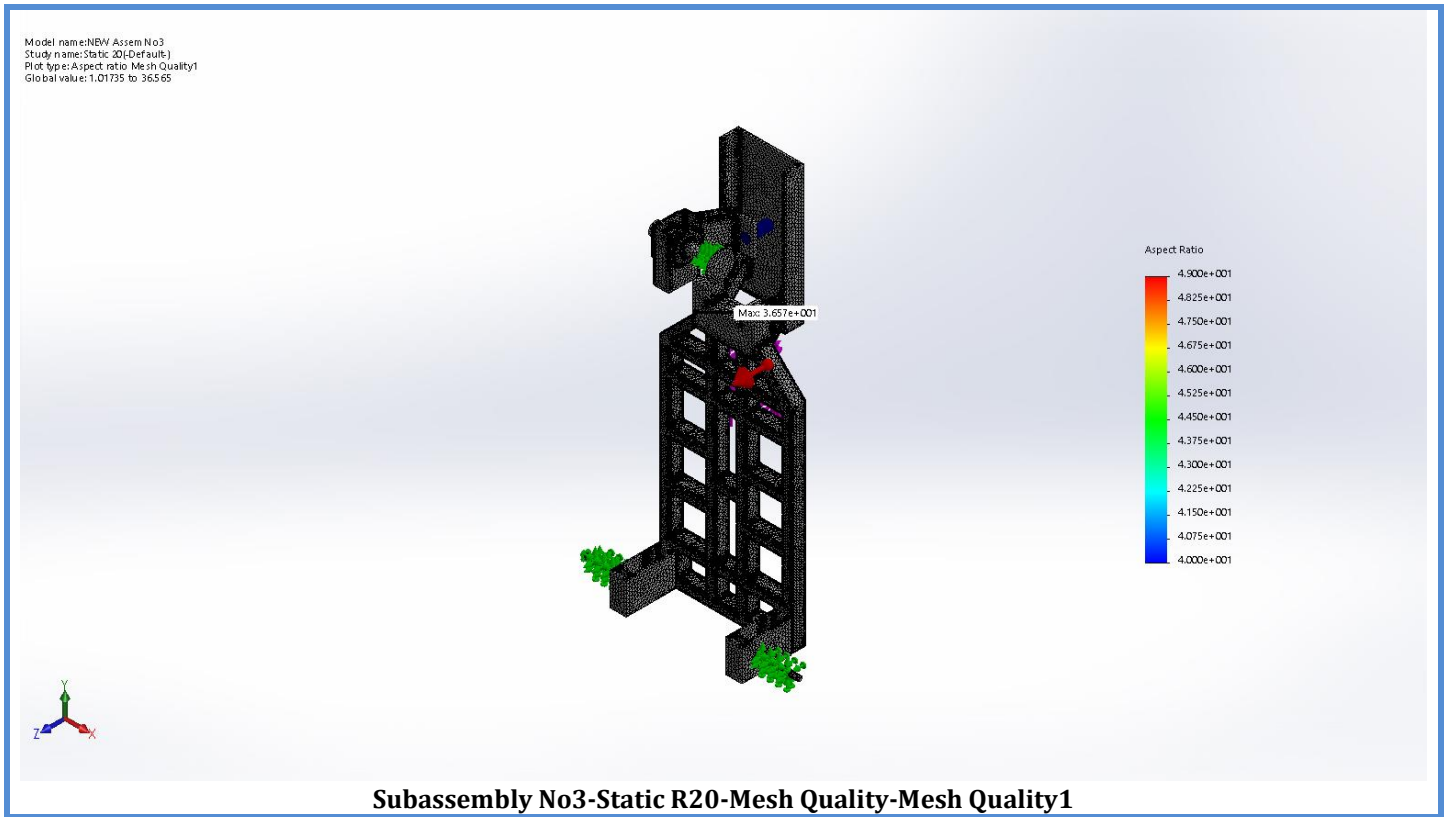
Mesh information - Details

Total Nodes	908336
Total Elements	500271
Maximum Aspect Ratio	36.565
% of elements with Aspect Ratio < 3	87.4
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.0156
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:01:02
Computer name:	

Mesh Quality Plots

Name	Type	Min	Max
Mesh Quality1	Aspect Ratio	1.01735 Element: 333754	36.565 Element: 170354





Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0.621507	-0.578799	-13475.8	13475.8

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0



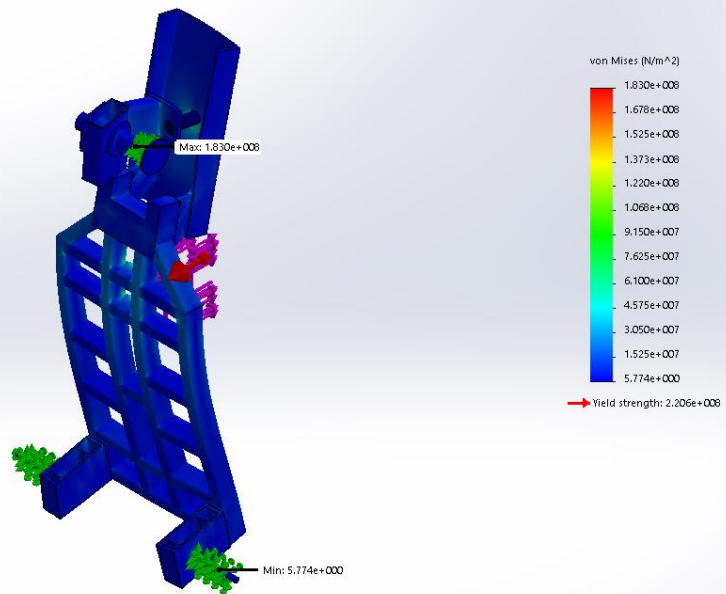
Beams

No Data

Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	5.77351 N/m ² Node: 21308	1.83008e+008 N/m ² Node: 81694

Model name:NBW Assem No3
Study name:Static 20(Default)
Plot type:Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 259.603

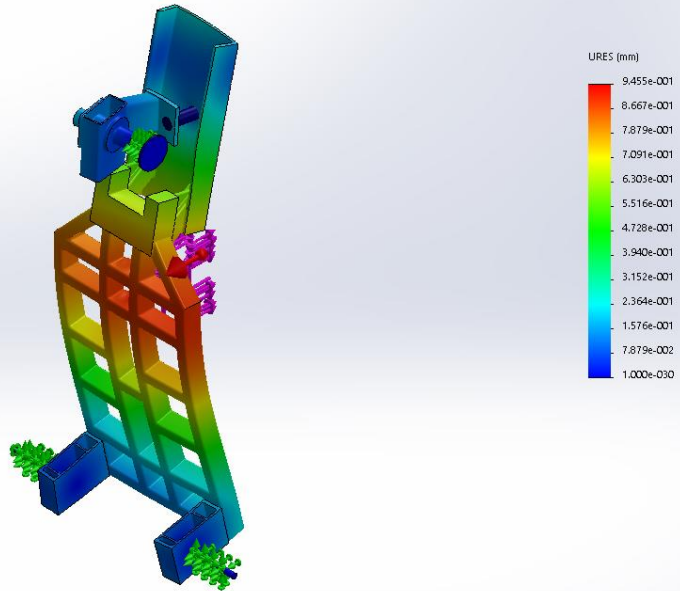


Subassembly No3-Static R20-Stress-Stress1



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 15	0.945525 mm Node: 476618

Model name: NW Assem No3
Study name: Static 20 (Default)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 259.603

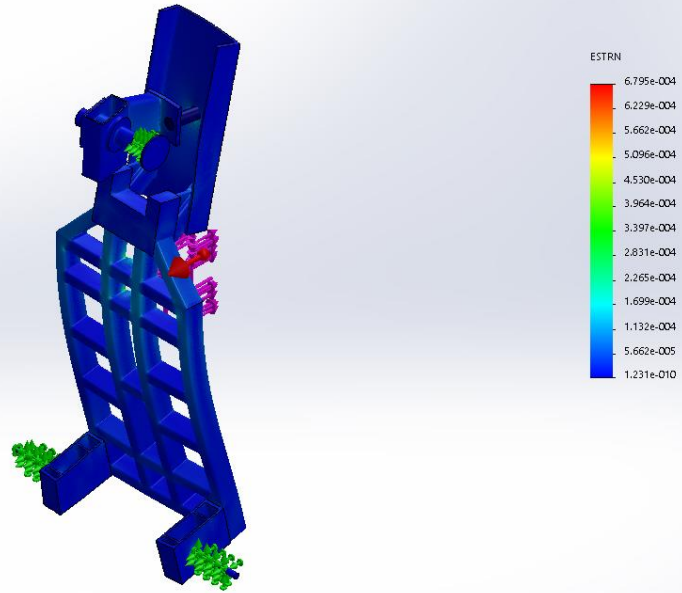


Subassembly No3-Static R20-Displacement-Displacement1

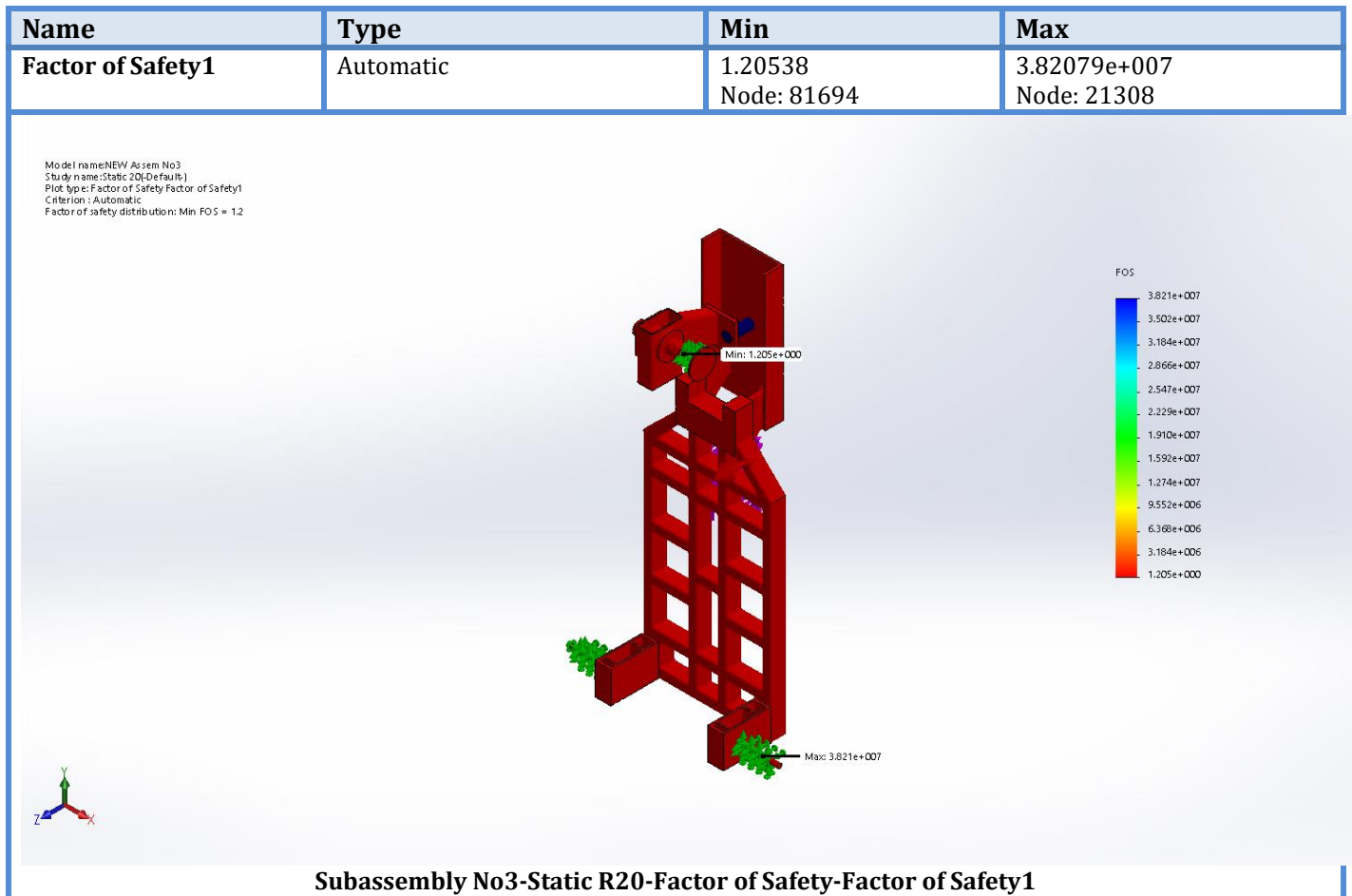


Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.2307e-010 Element: 28447	0.000679477 Element: 65372

Model name: NW Assem No3
Study name: Static 20 (Default)
Plot type: Static strain Strain1
Deformation scale: 259.603



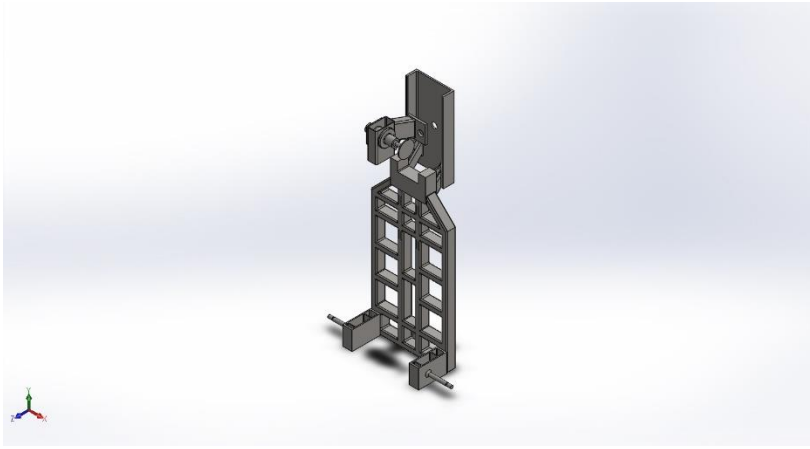
Subassembly No3-Static R20-Strain-Strain1



Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.





Simulation of Subassembly No3

Date: Saturday, September 12, 2020

Designer: MAVRIDIS EFSTRATIOS

Study name: Static R10

Analysis type: Static

Description

Simplified model of the crane assembly. This subassembly is comprised of the main frame, the sub-frame, the rear swing-arm and shaft assembly and the mounts and axels of the front wheels. The static simulation is conducted by the application of a load to the specific surfaces where the base of the crane arm is attached to the main frame. This load was determined by the reaction forces calculated in a previous simulation of Subassembly No2, after receiving data from a similar simulation of Subassembly No1.

Table of Contents

<u>Description</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Assumptions</u>	562
<u>Model Information</u>	562
<u>Study Properties</u>	564
<u>Units</u>	564
<u>Material Properties</u>	565
<u>Loads and Fixtures</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Connector Definitions</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Contact Information</u>	567
<u>Mesh information</u>	567
<u>Sensor Details</u>	568
<u>Resultant Forces</u>	569
<u>Beams</u>	569
<u>Study Results</u>	569
<u>Conclusion</u>	572

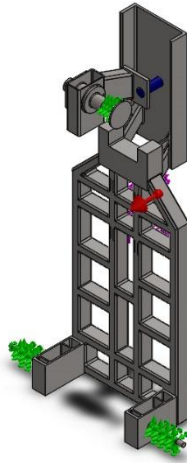


Assumptions

Model Information





Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών





Model name: Subassembly No3
Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Fillet4 	Solid Body	Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:168.977 N	C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
Fillet4 	Solid Body	Mass:17.2426 kg Volume:0.00221059 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:168.977 N	C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION-NEW\UPE 240- Βάση τροχού εμπρός.SLDPRT
Fillet11 	Solid Body	Mass:36.0661 kg Volume:0.00462386 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:353.448 N	C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION-NEW\wheel2 ba.SLDPRT
Split Line9 	Solid Body	Mass:206.233 kg Volume:0.0264402 m ³ Density:7800 kg/m ³ Weight:2021.09 N	C:\Users\stratos\Desktop \ ASSEMBLY SIMULATION - NEW\Βάση 1A2.SLDPRT

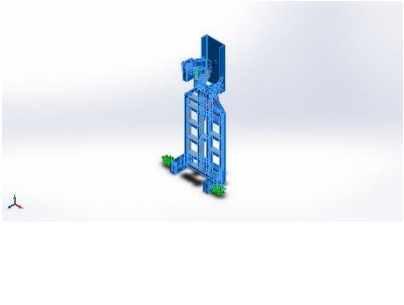
Study Properties

Study name	Static 10
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	On
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\stratos\Desktop\ASSEMBLY SIMULATION- NEW)

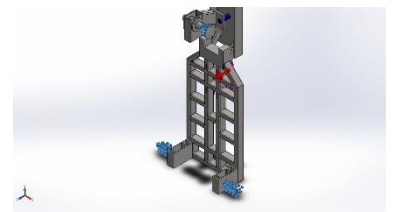
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

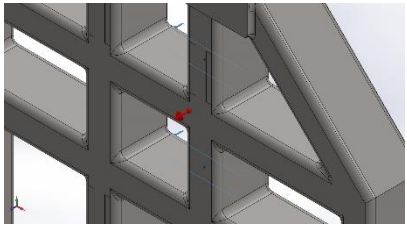
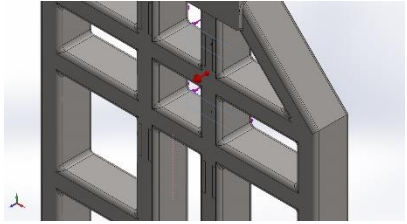
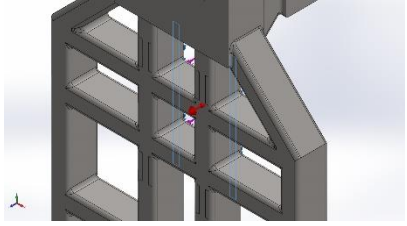
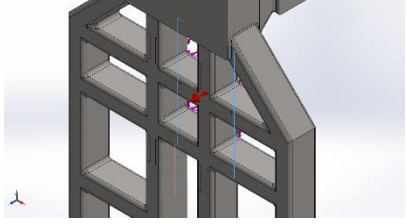
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: Plain Carbon Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2.20594e+008 N/m ² Tensile strength: 3.99826e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.1e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7800 kg/m ³ Shear modulus: 7.9e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.3e-005 /Kelvin	SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240-Βάση τροχού εμπρός-1), SolidBody 1(Fillet4)(UPE 240-Βάση τροχού εμπρός-2), SolidBody 1(Fillet11)(wheel2 bA-1), SolidBody 1(Split Line9)(Βάση 1A2-1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

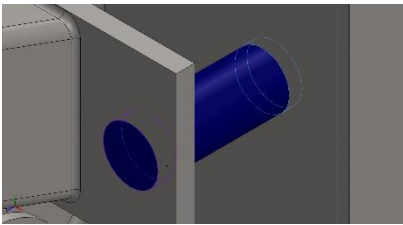
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-2		Entities: 3 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0.00127506	0.298514	-13475.9	13475.9
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Face< 1 > Values: 0 0 9.81 Units: SI

Force-1		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 15900 N
Force-2		Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, -68000 N
Force-3		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: -2570 N
Force-4		Entities: 2 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 34000 N

Connector Definitions

Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details
 Pin Connector-2	Entities: 2 face(s) Type: Pin Connection type: With retaining ring (No translation) Rotational stiffness value: 0 Units: SI	No Data

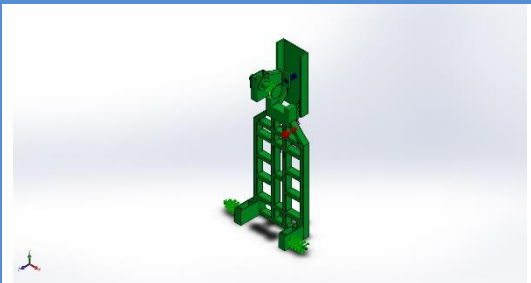
Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	-2.6147	1.4994	6666.1	-6666.1
Shear Force (N)	248.45	2315.9	-0.42344	2329.2
Torque (N.m)	-1.0887e-020	6.2429e-021	2.7756e-017	-2.7756e-017
Bending moment (N.m)	-461.43	107.08	-0.20508	473.69

Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Component Contact-4		Type: Bonded Components: 4 component(s) Options: Incompatible mesh

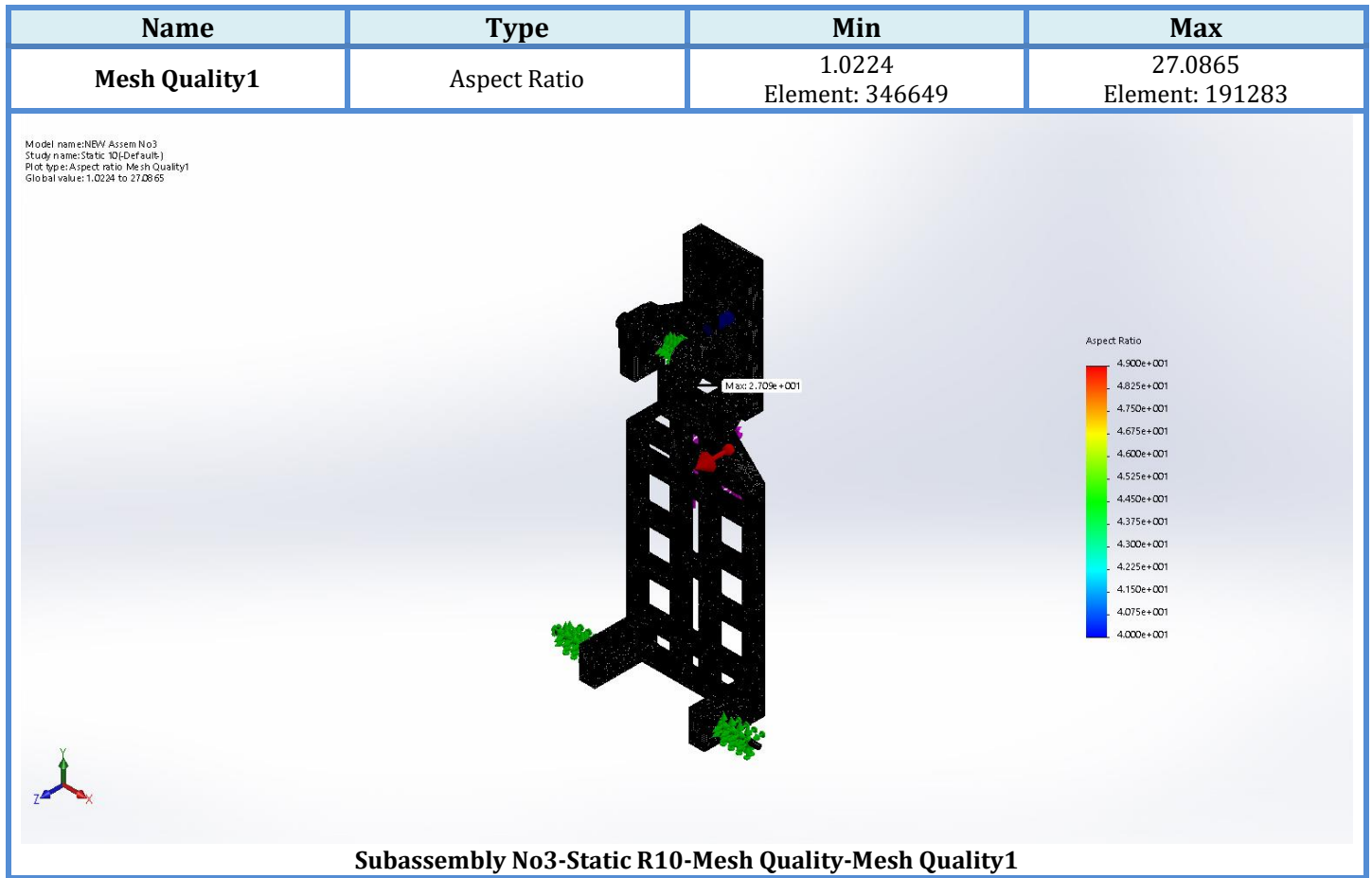
Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	10 mm
Minimum element size	2 mm
Mesh Quality	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	1593017
Total Elements	915152
Maximum Aspect Ratio	27.087
% of elements with Aspect Ratio < 3	96.7
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.00426
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:01:37
Computer name:	

Mesh Quality Plots



Sensor Details

No Data

Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0.00127506	0.298514	-13475.9	13475.9

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

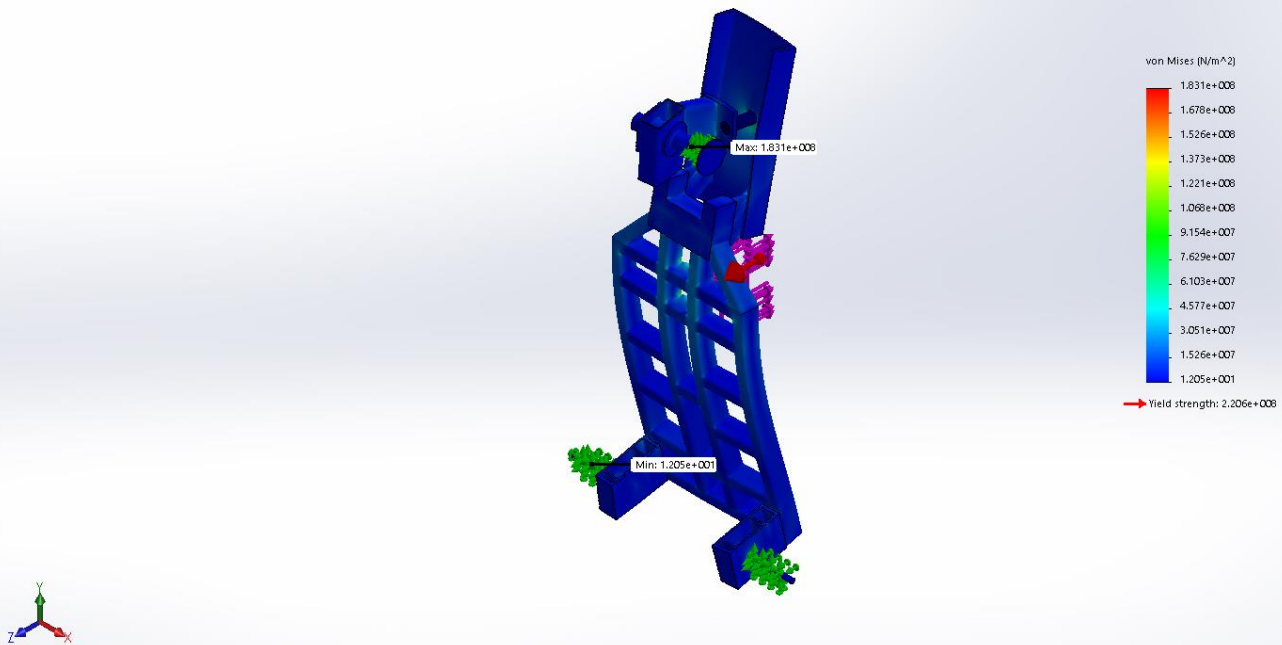
Beams

No Data

Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	12.0549 N/m ² Node: 118624	1.8309e+008 N/m ² Node: 147952

Model name: NBW Assem No3
Study name: Static 10(-Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 25.7859

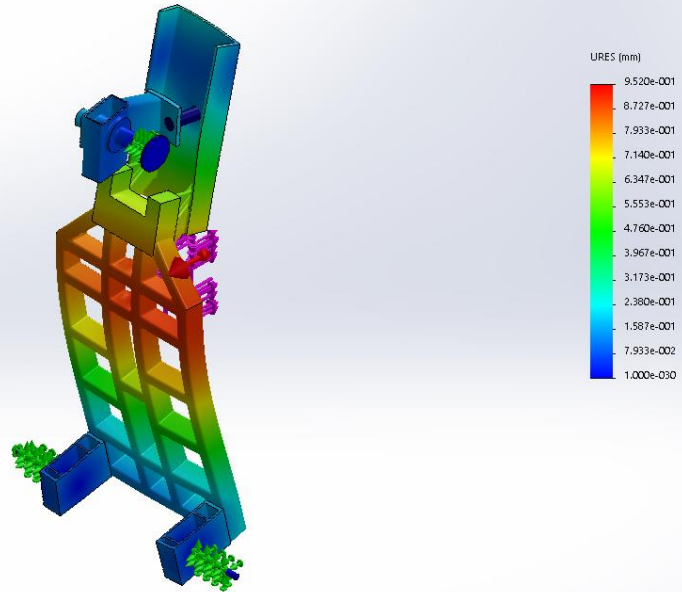


Subassembly No3-Static R10-Stress-Stress1

Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 15	0.951984 mm Node: 1367417

Model name:NRW Assem No3
Study name:Static 10(Default)
Plot type: Static displacement: Displacement1
Deformation scale: 257.859



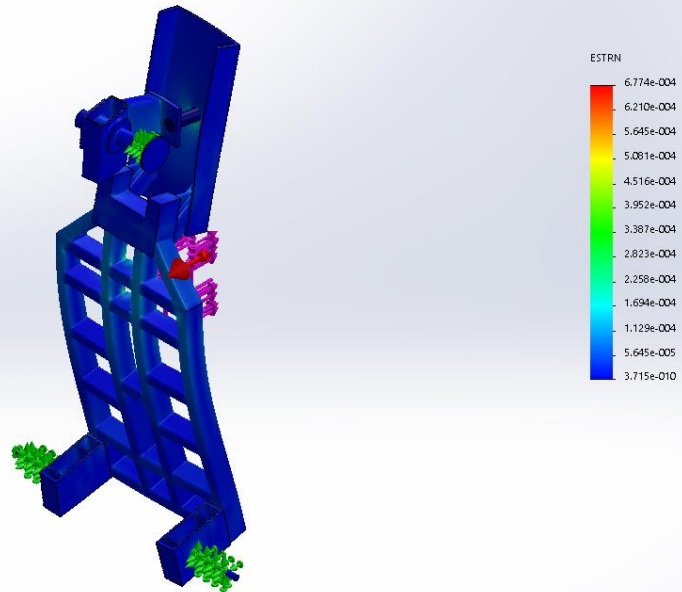
Subassembly No3-Static R10-Displacement-Displacement1

Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	3.71478e-010 Element: 15042	0.000677407 Element: 125891

Model name: NBW Assem No3
 Study name: Static 10 (Default)
 Plot type: Static strain (Strain1)
 Deformation scale: 257.859



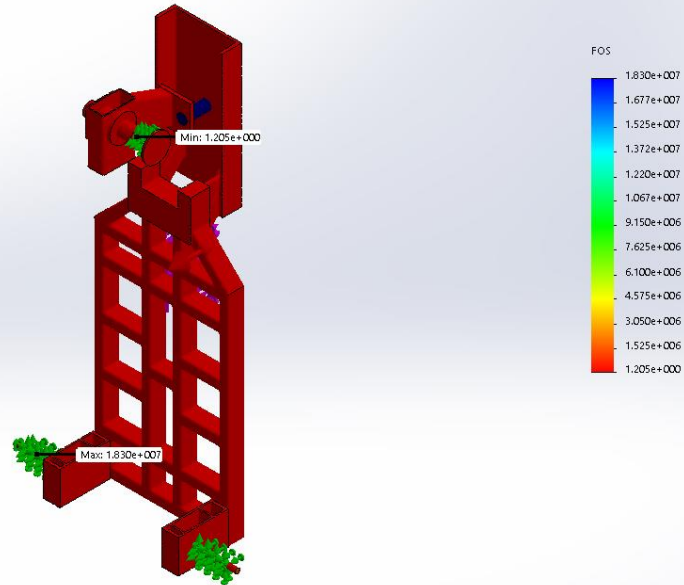
Subassembly No3-Static R10-Strain-Strain1

Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	1.20484 Node: 147952	1.82991e+007 Node: 118624

Model name: NEW As sem No3
Study name: Static 10(-Default)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion: Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 1.2



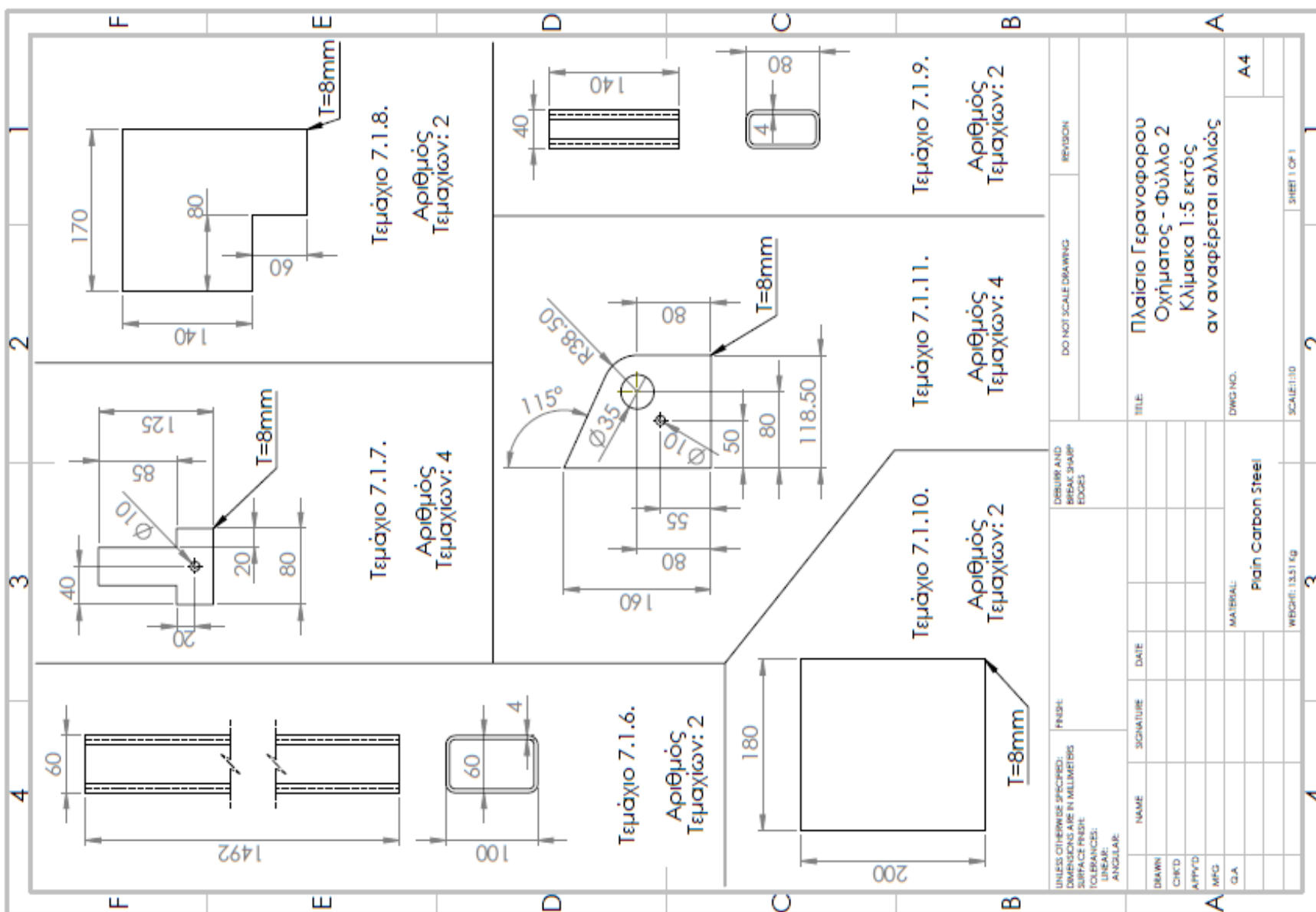
Subassembly No3-Static R10-Factor of Safety-Factor of Safety1

Conclusion

The results of the simulation indicate that the model should be able to withstand the expected stresses occurring during the intended use of the crane.

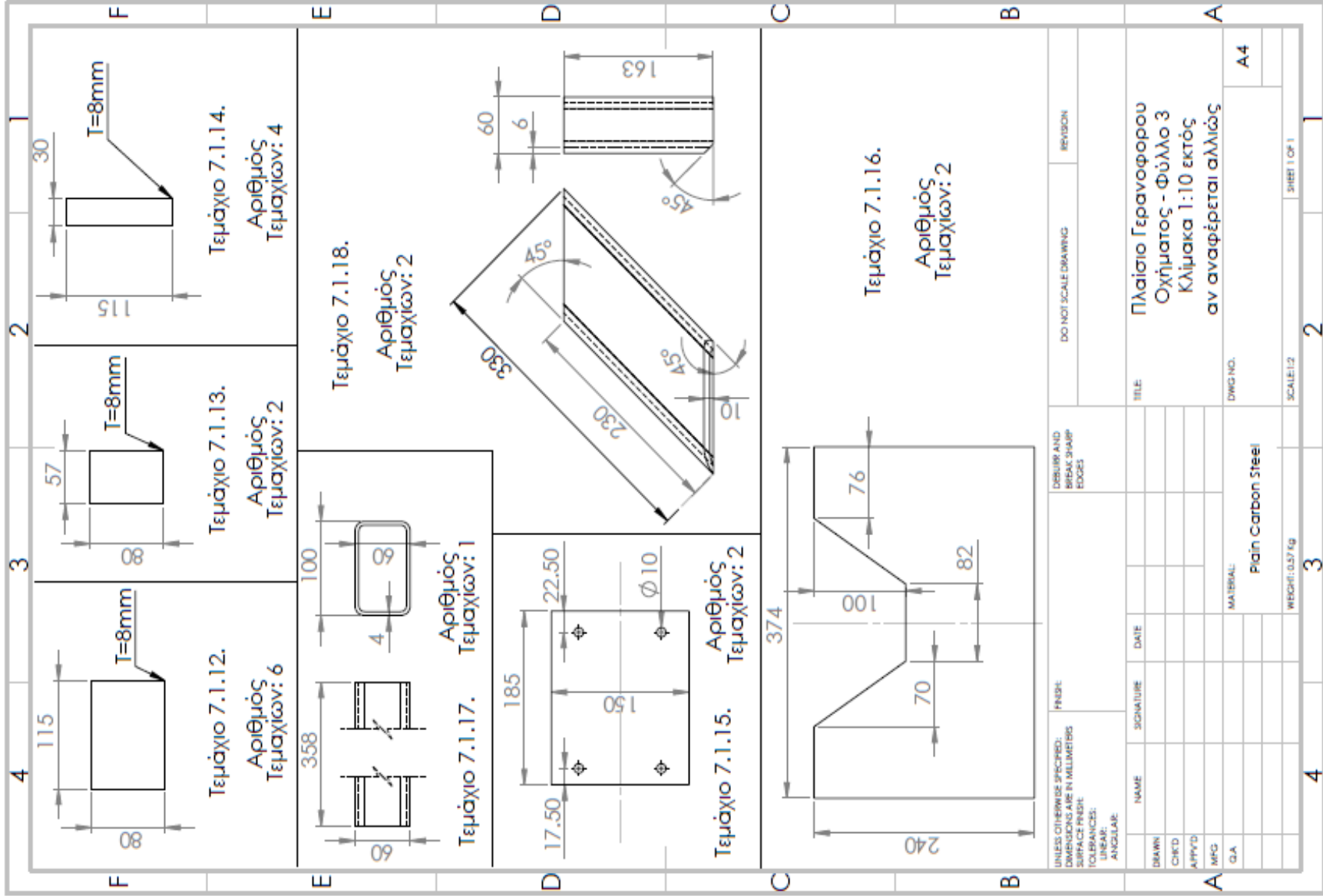
Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

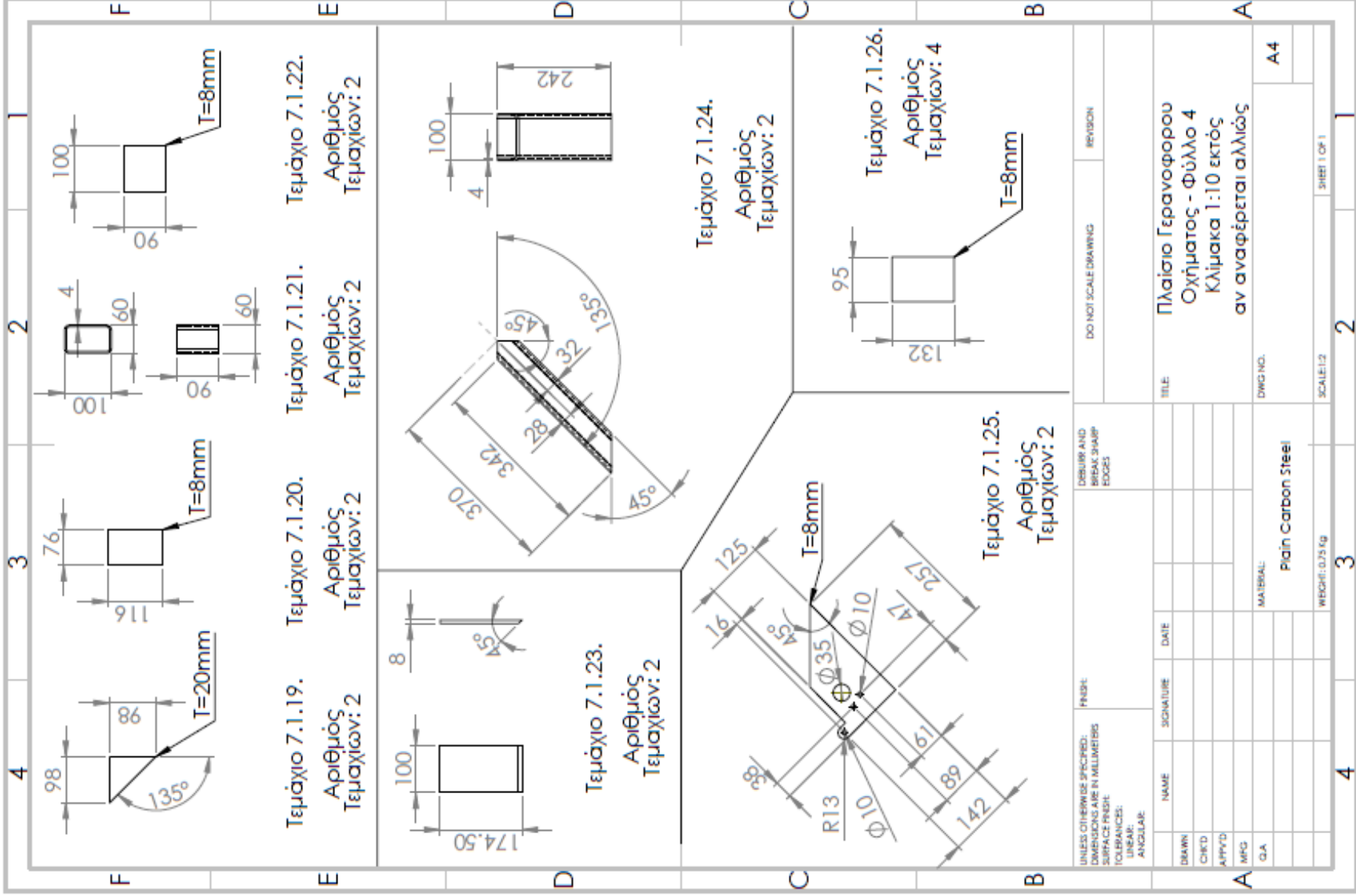




Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

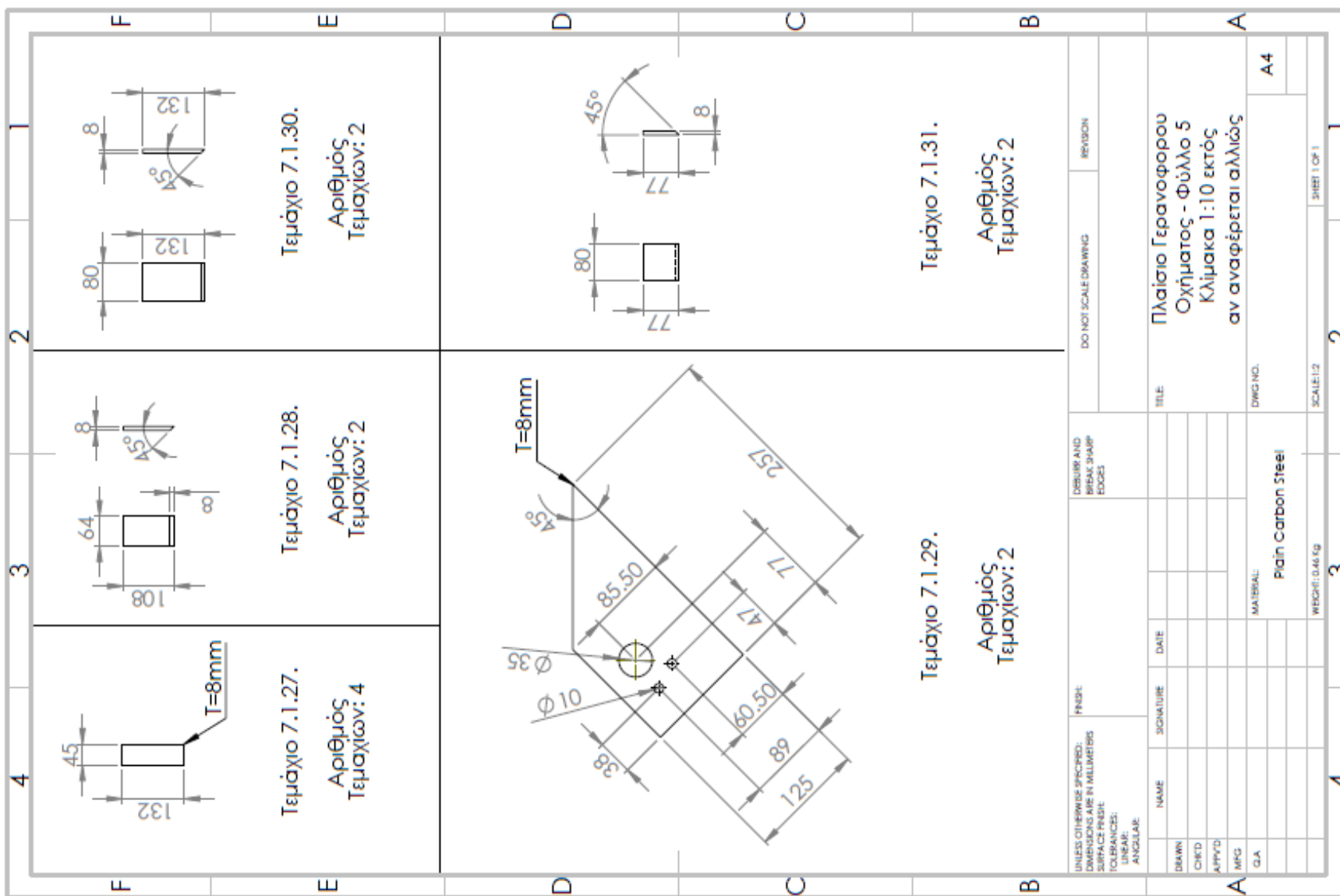




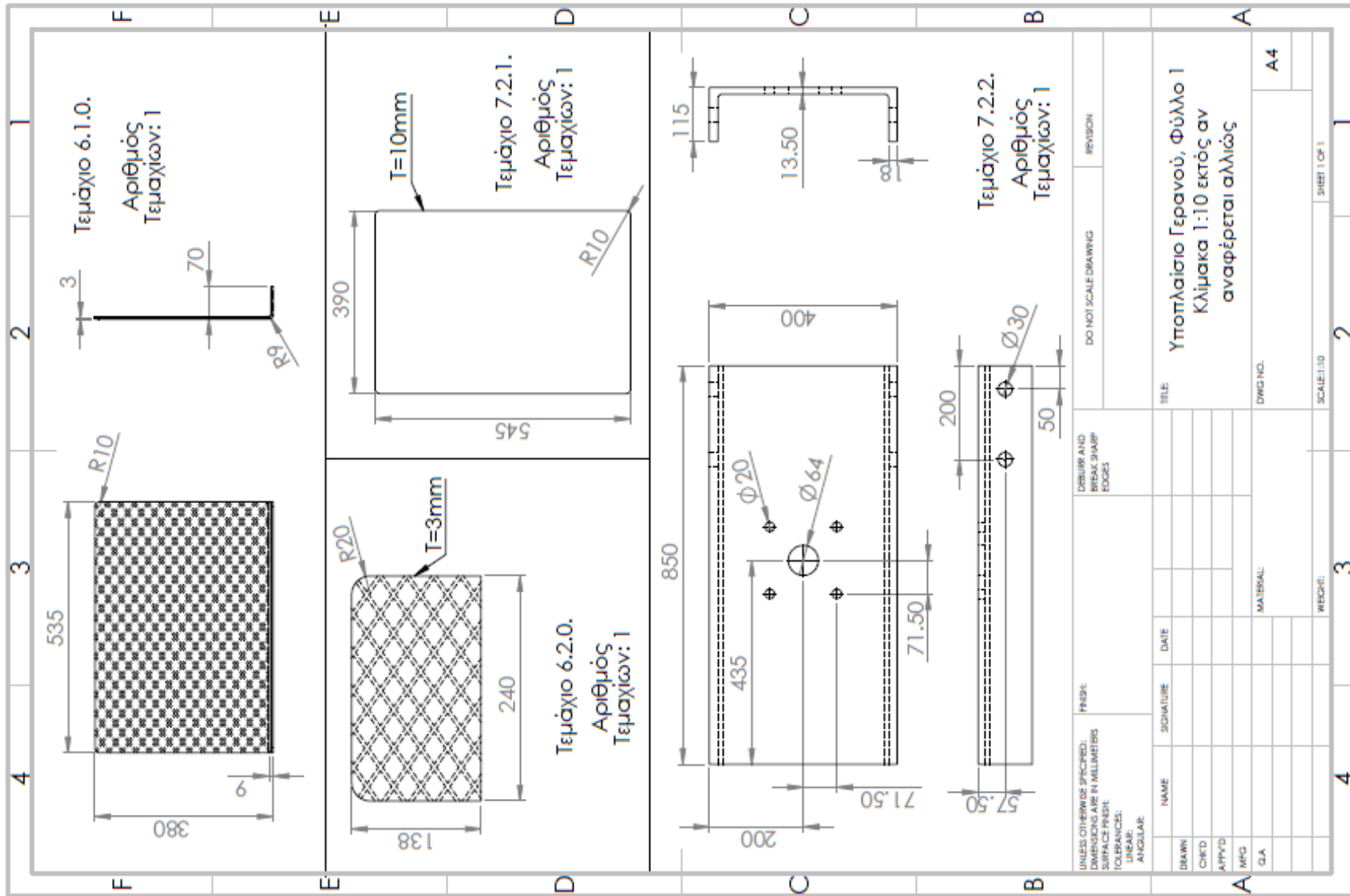


Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



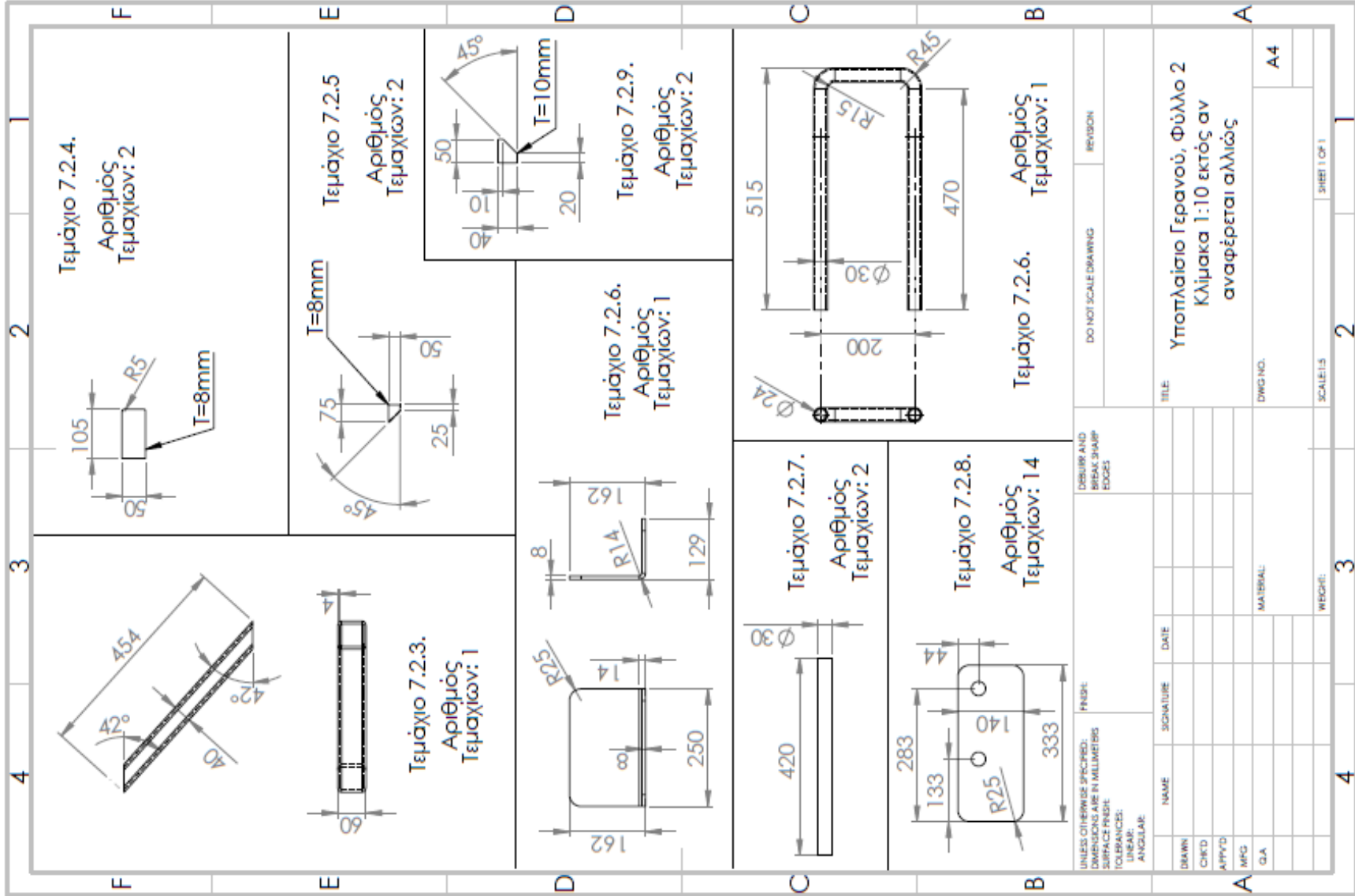


Α2. Υποπλαίσιο



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

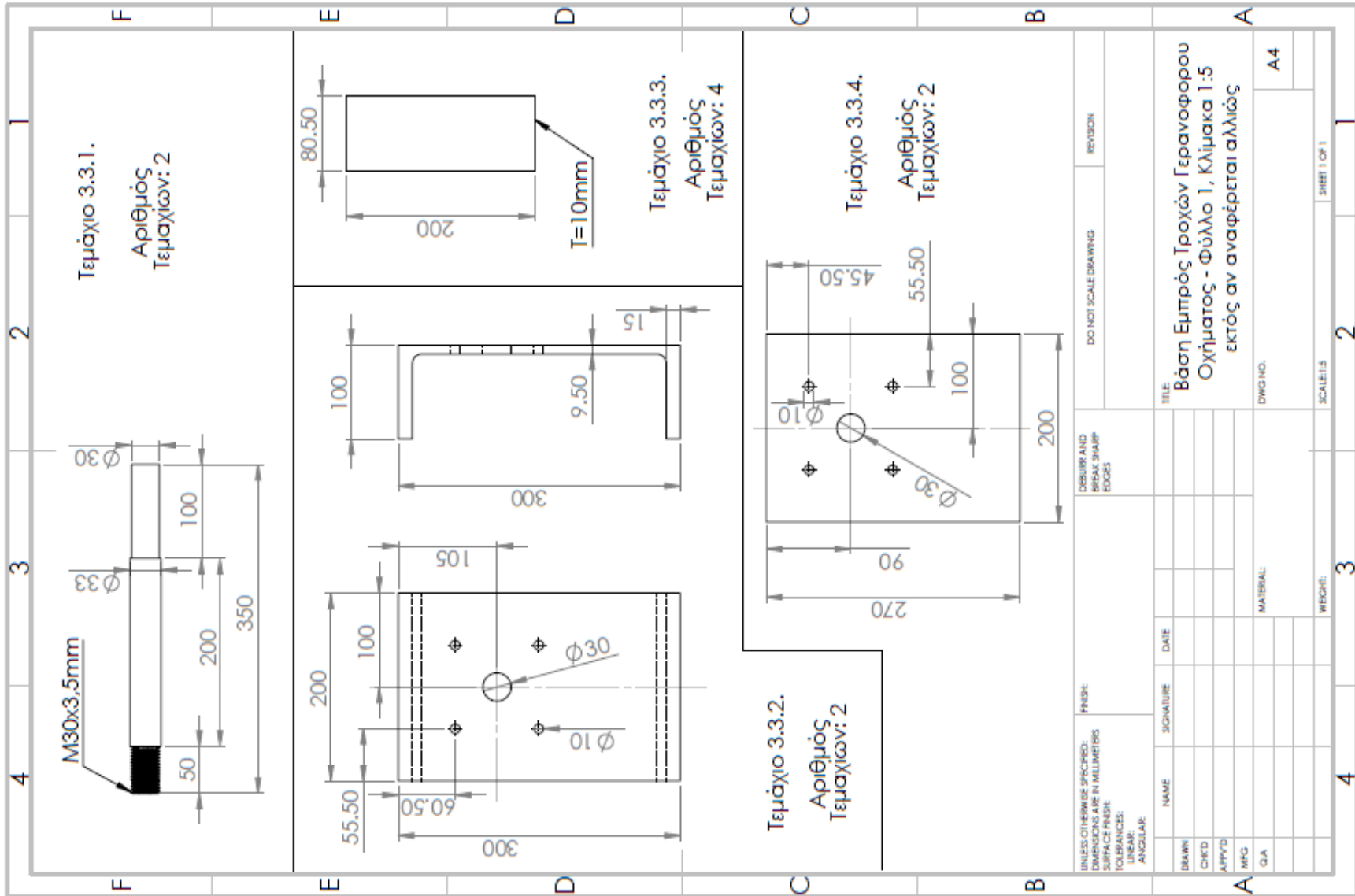




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		FINISH:		DEBURR AND	
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		COMPLY WITH		CHECK SHARP	
TOLERANCES:		SURFACES:		EDGES	
LINEAR:		ANGULAR:			
DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	NAME	SIGNATURE	DATE	
TITLE: Υποπλαίσιο Γερανού, Φύλλο 2					
Κλίμακα 1:10 εκτός αν αναφέρεται αλλιώς					
DWG NO. A4					
SCALE: 1:10					
SHEET 1 OF 1					



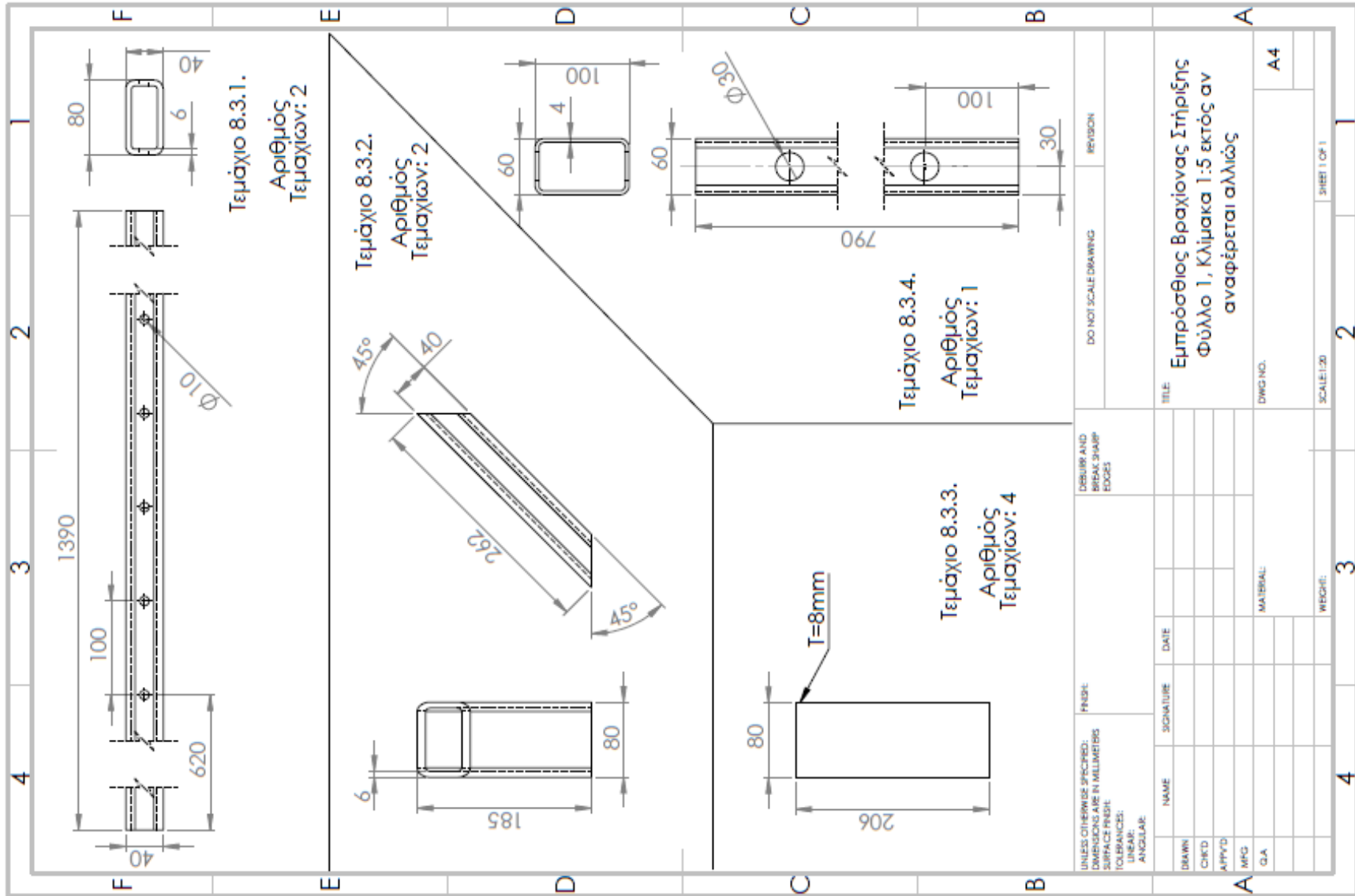
A3. Βάσεις εμπρόσθιων τροχών



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



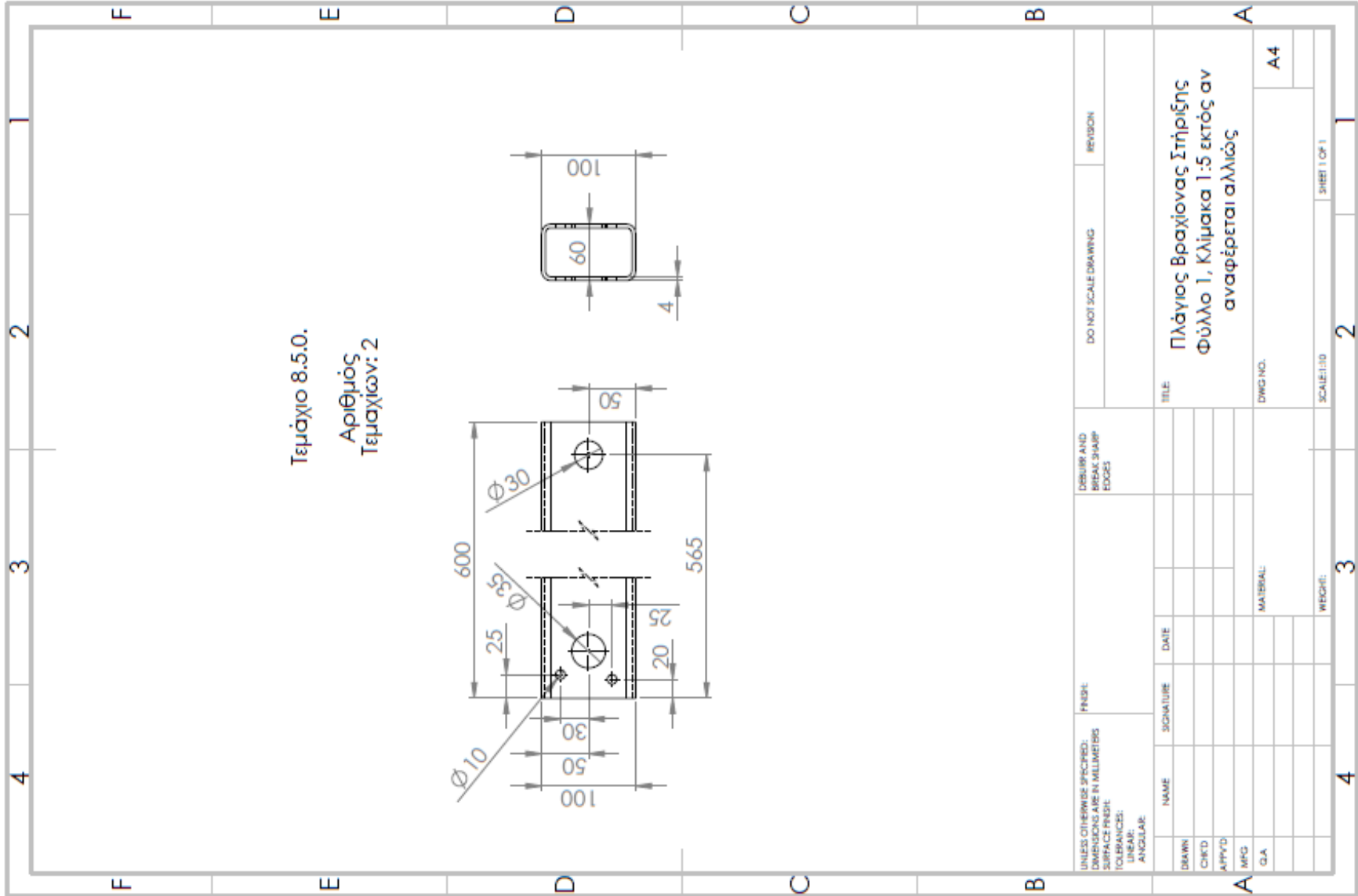
A4. Εμπρόσθιος βραχίονας στήριξης



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Α5. Πλάγιος βραχίονας στήριξης

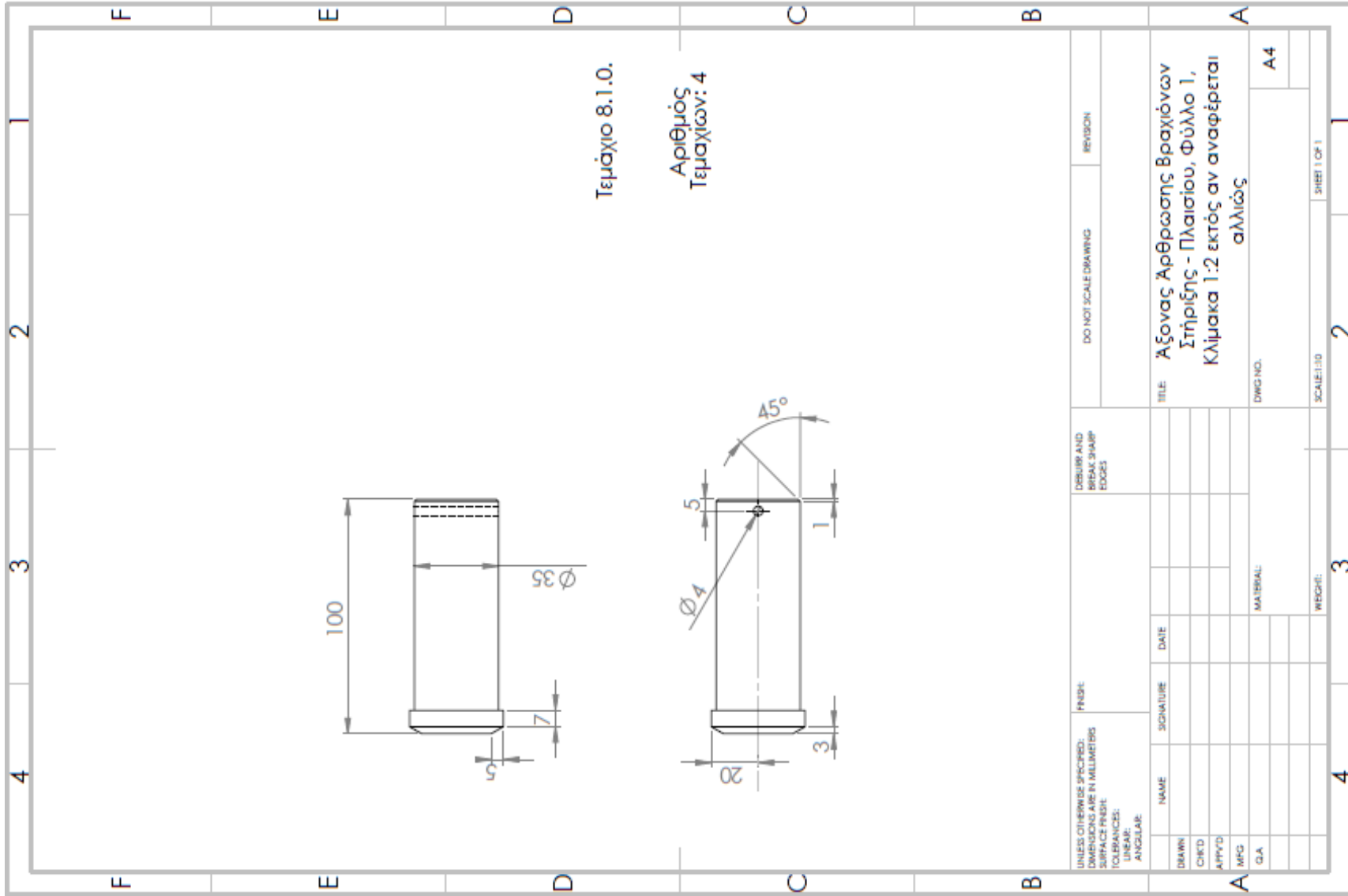


Τεμάχιο 8.5.0.
Αριθμός
Τεμαχίων: 2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: ANGULAR:		FINISH: DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION			
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Πλάγιος Βραχίονας Στήριξης Φύλλο 1, Κλίμακα 1:5 εκτός αν αναφέρεται αλλιώς					
CHK'D									
APP'Y'D									
MPC									
CLA									
MATERIAL:				DWG NO.:	A4				
WEIGHT:				SCALE: 1:10	2				
4				3				SHEET 1 OF 1	



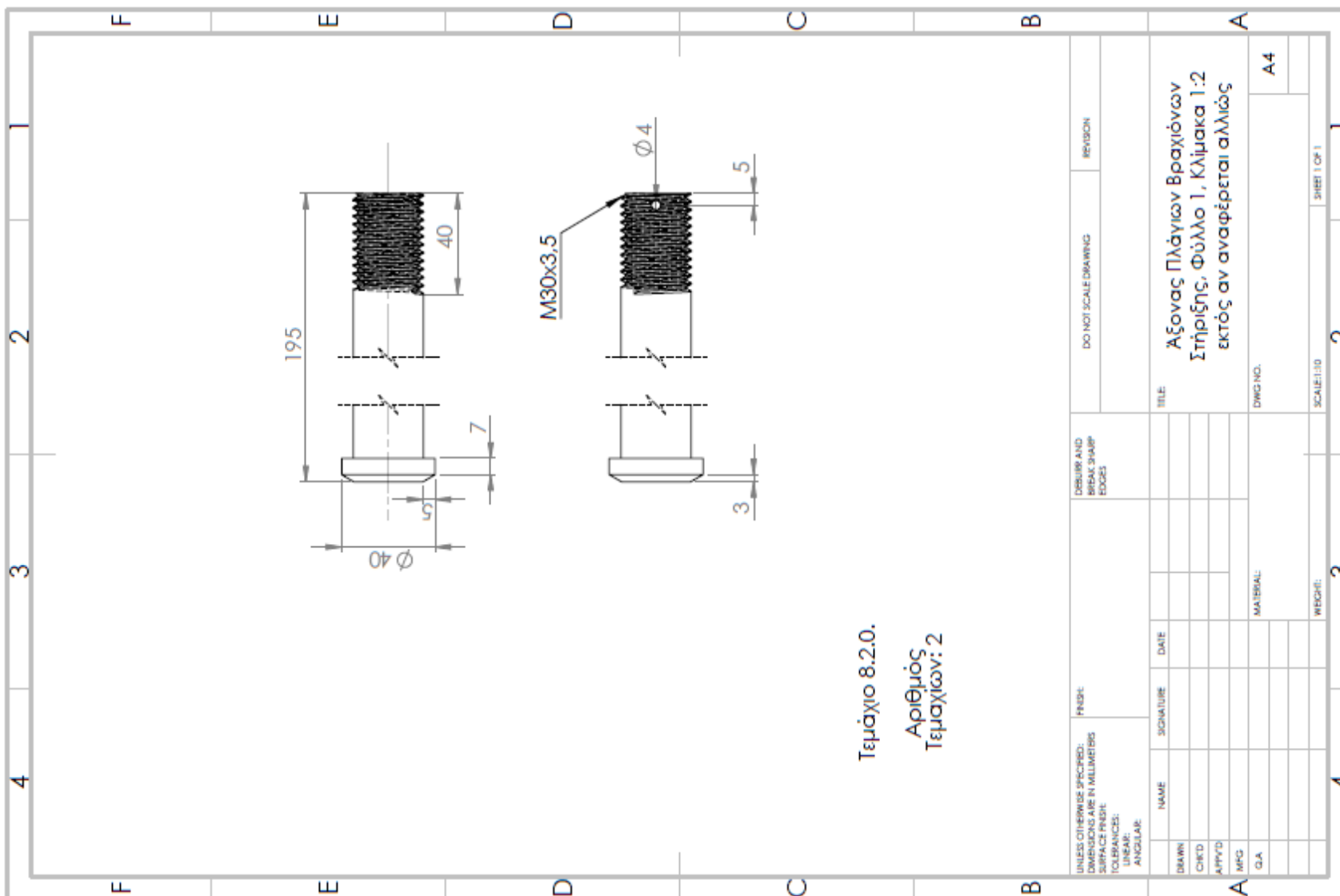
Α6. Άξονας άρθρωσης βραχιόνων στήριξης - πλαισίου



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Α7. Άξονας πλάγιου βραχίονα στήριξης

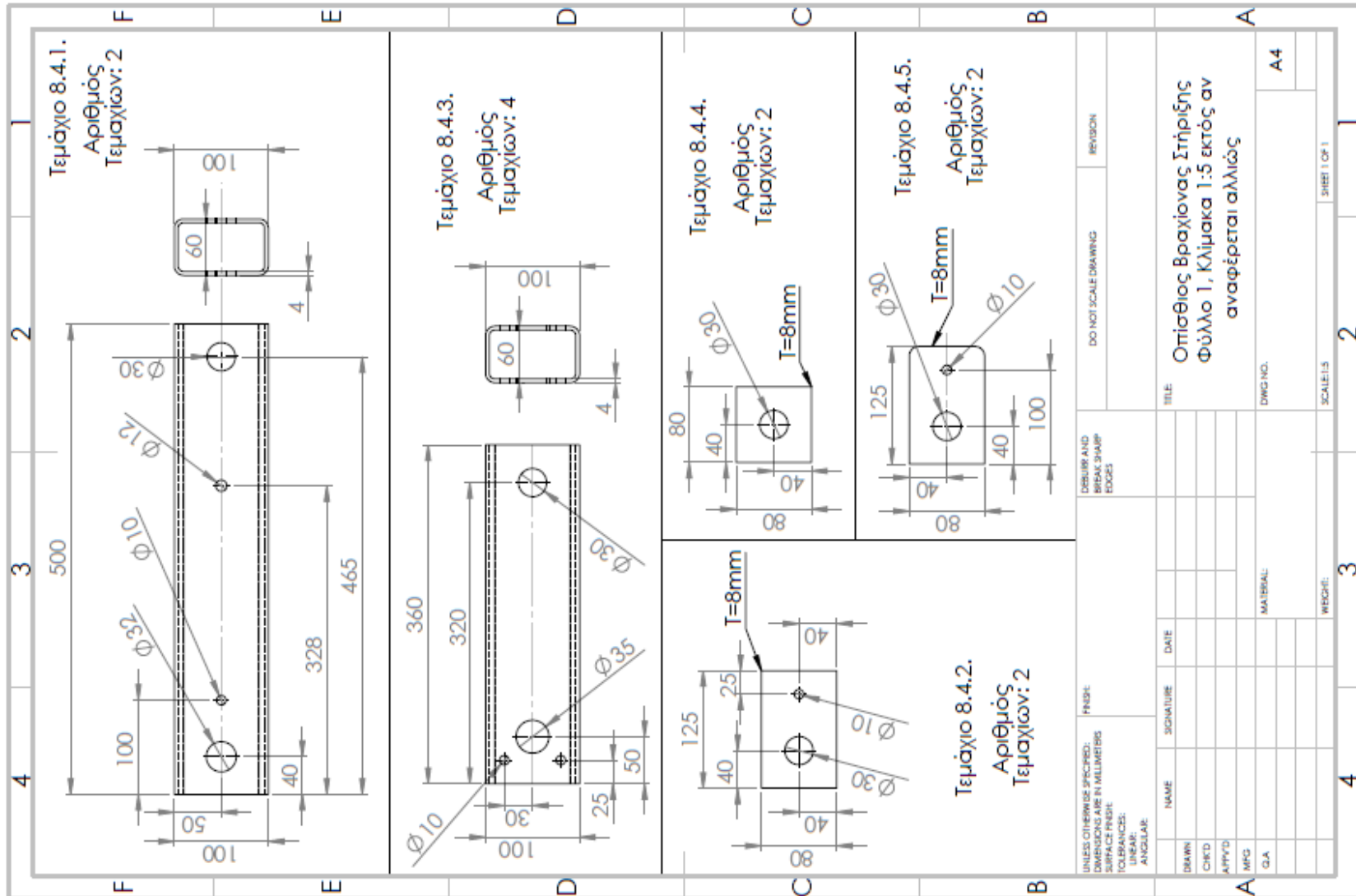


Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

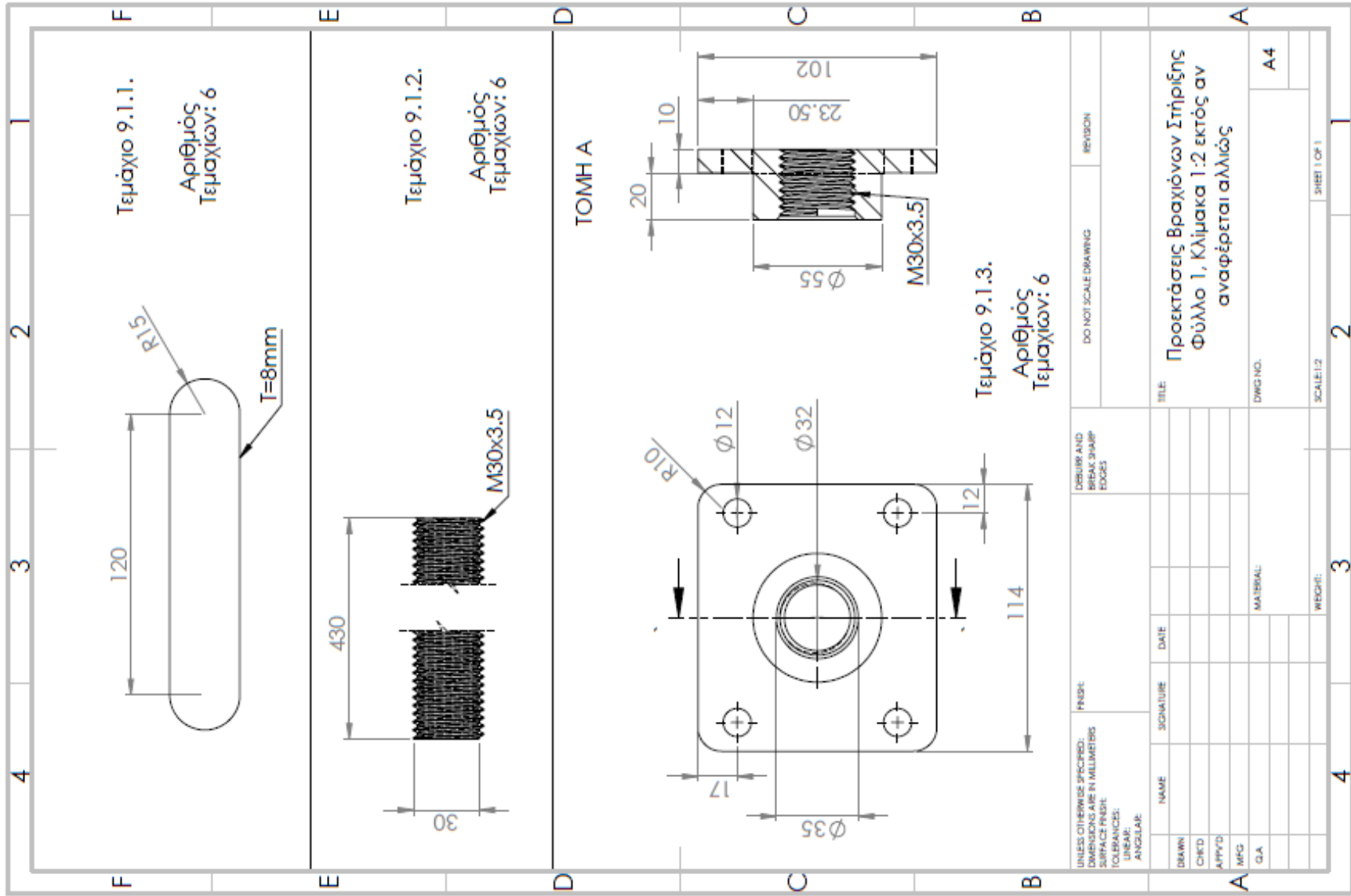


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE		
CHECKED				Άξονας Πλάγιων Βραχιόνων Στήριξης, Φύλλο 1, Κλίμακα 1:2 εκτός αν αναφέρεται αλλιώς		
APPROVED						
MFG						
G.A.						
				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE: 1:10	SHEET 1 OF 1

Α8. Οπίσθιος βραχίονας στήριξης



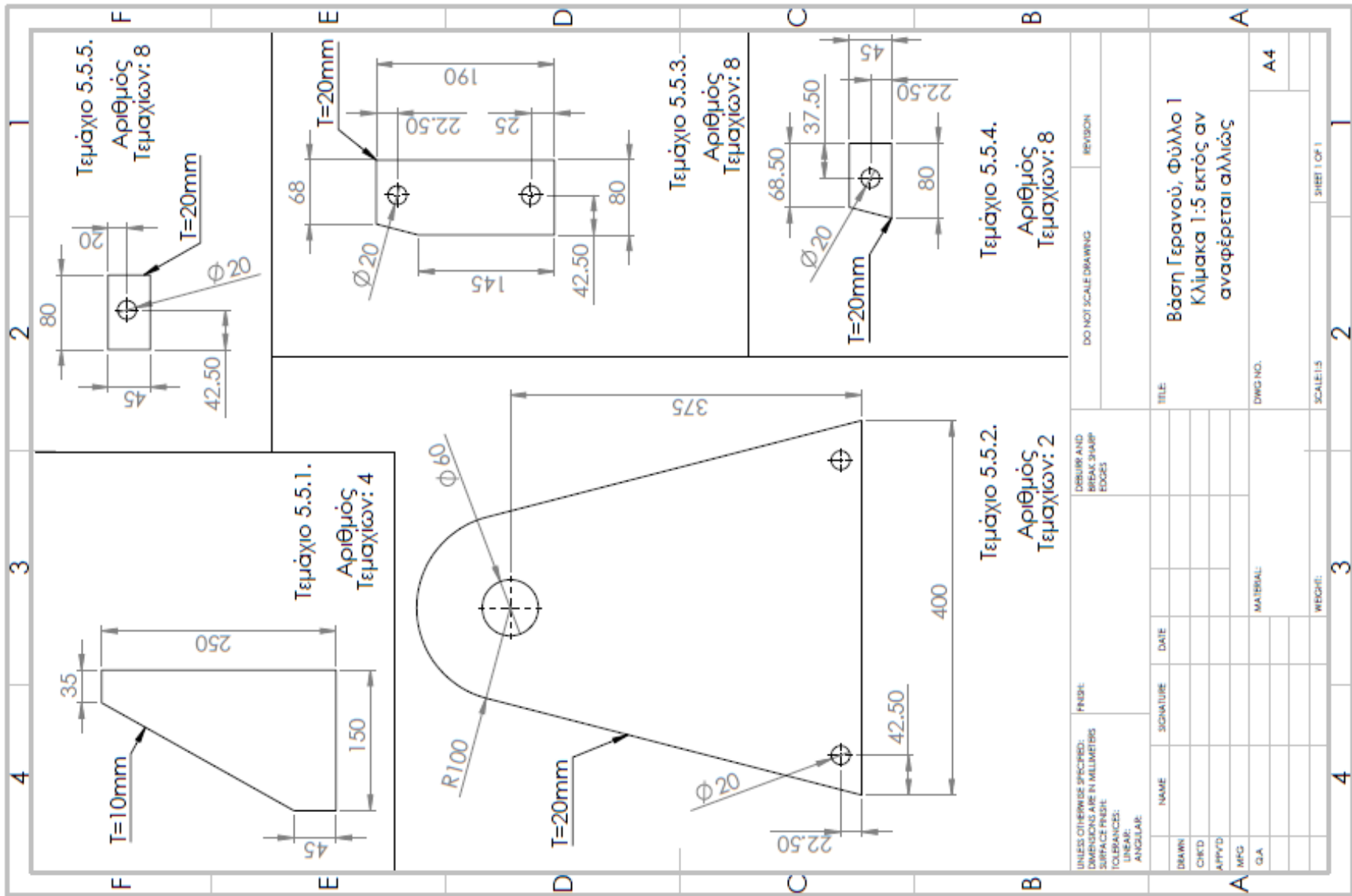
Α9. Προεκτάσεις βραχιόνων στήριξης



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



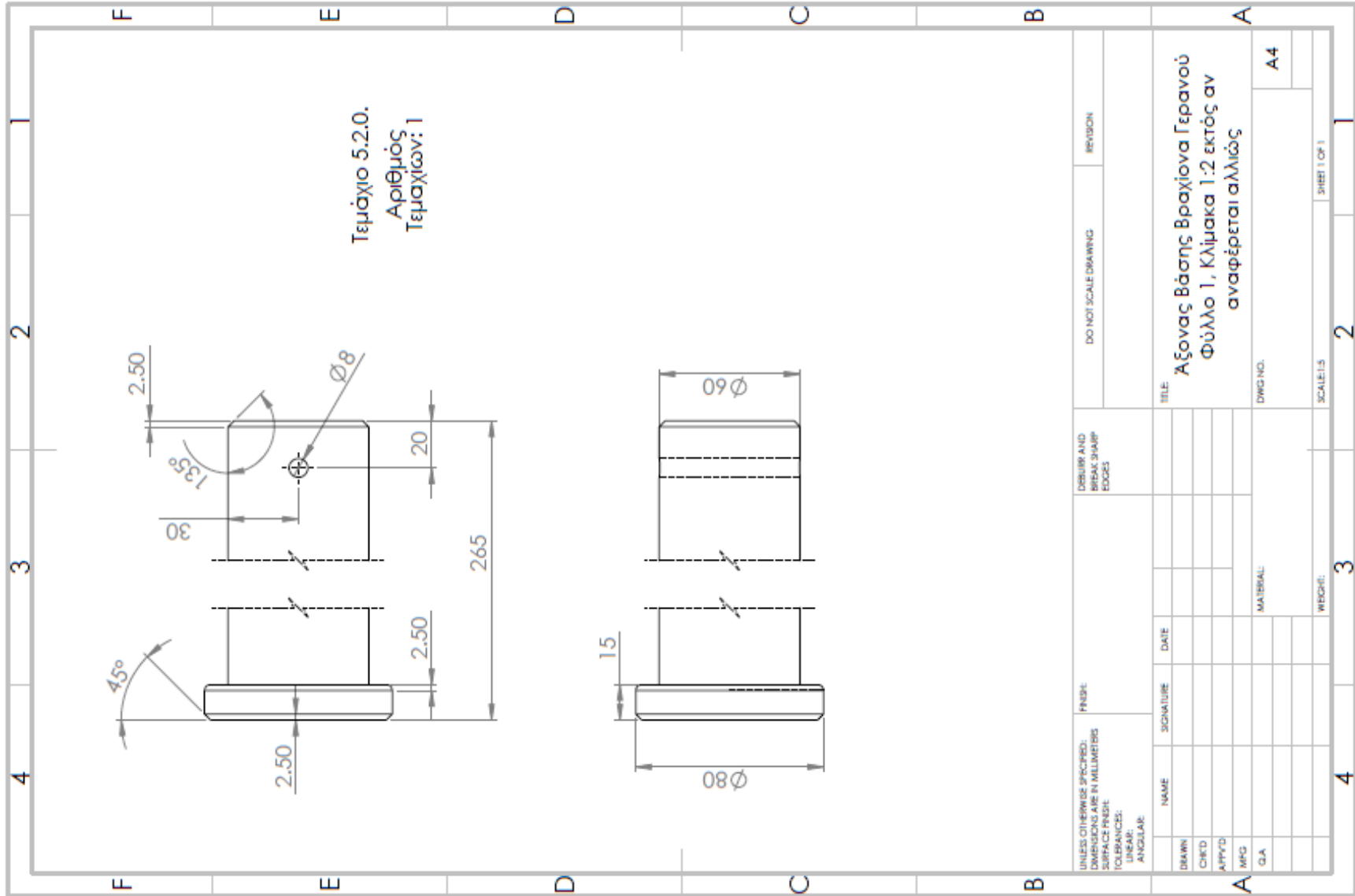
B1. Βάση βραχίονα ανύψωσης



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



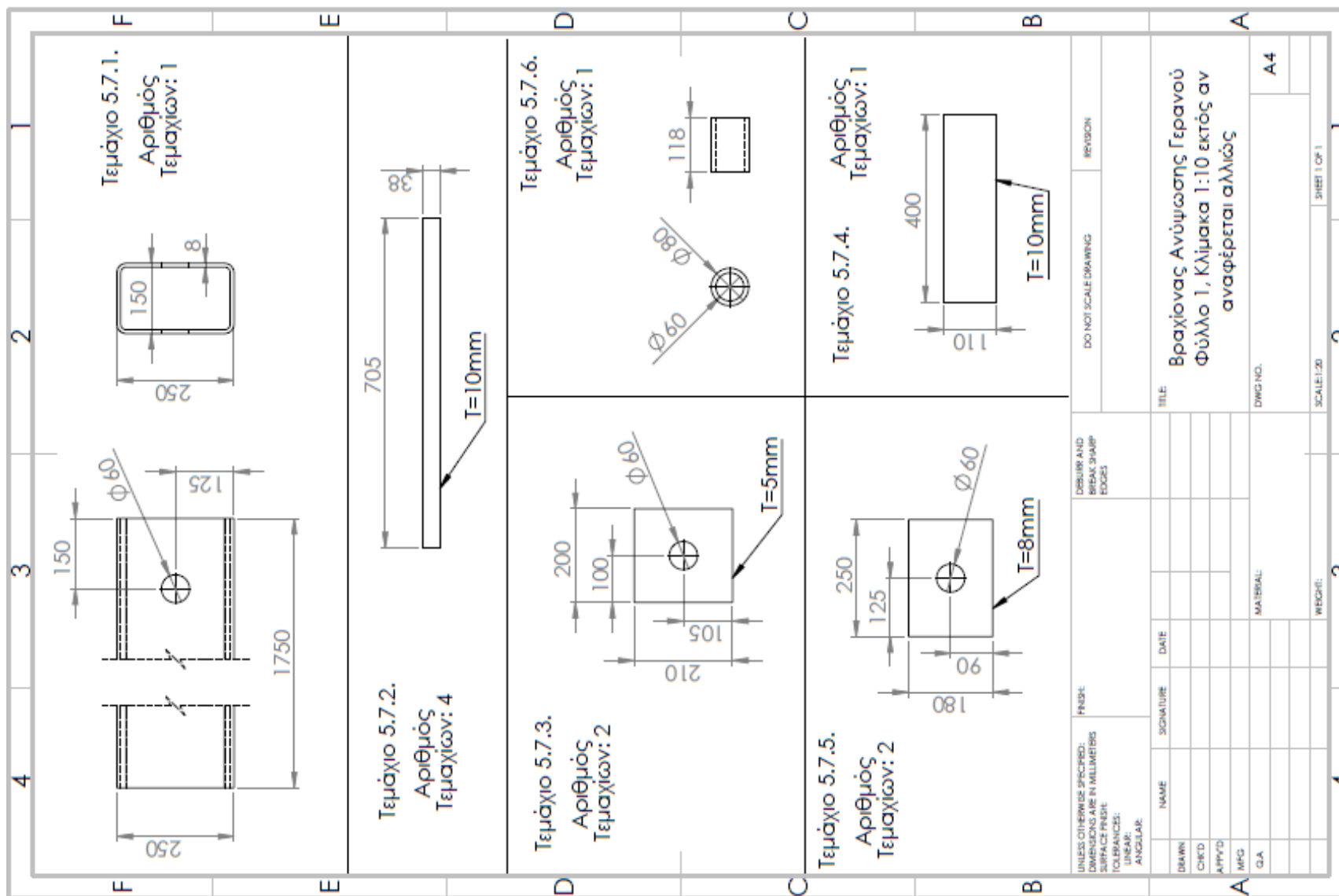
B2. Άξονας βάσης βραχίονα ανύψωσης



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



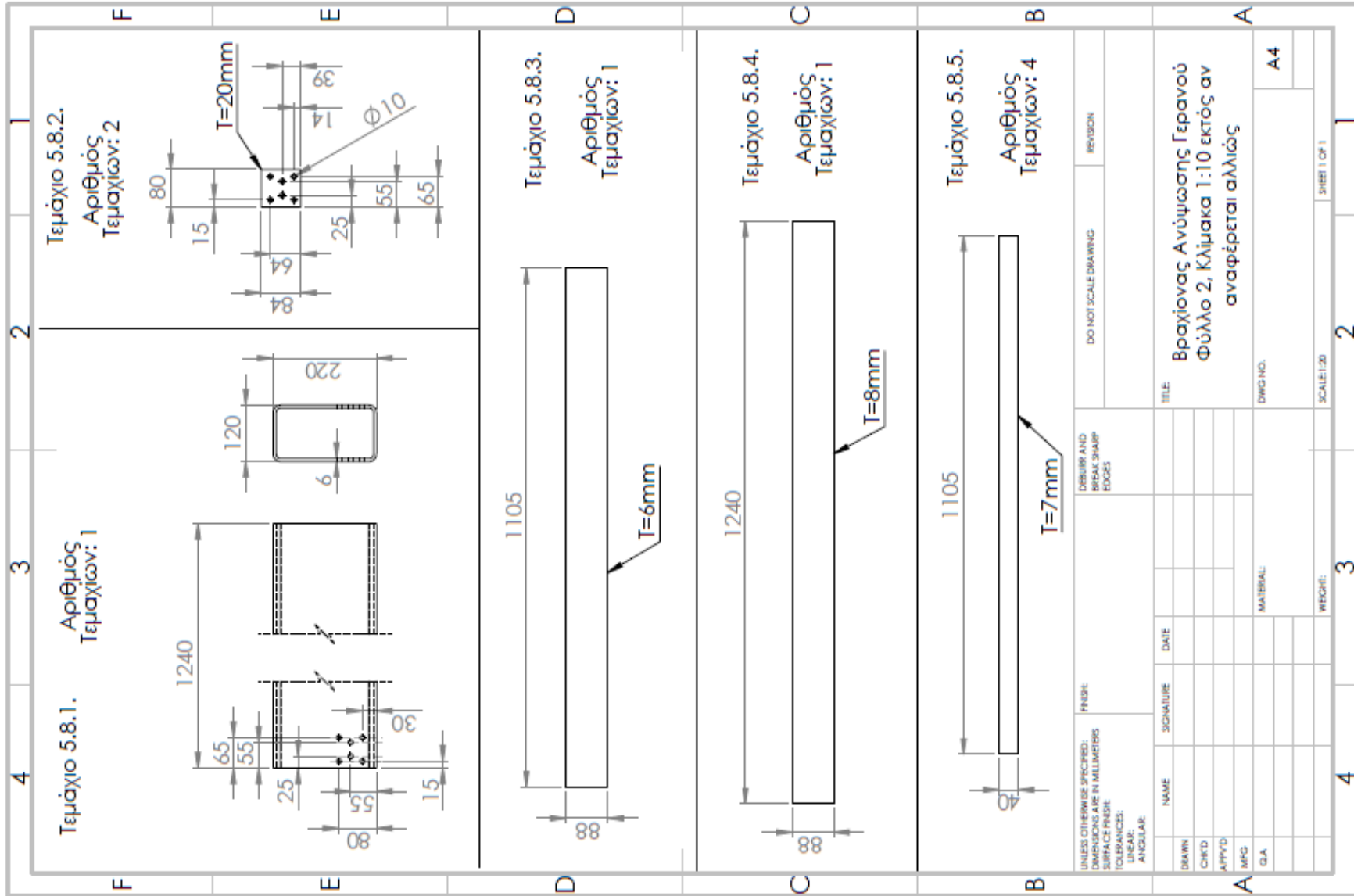
Β3. Πρώτο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



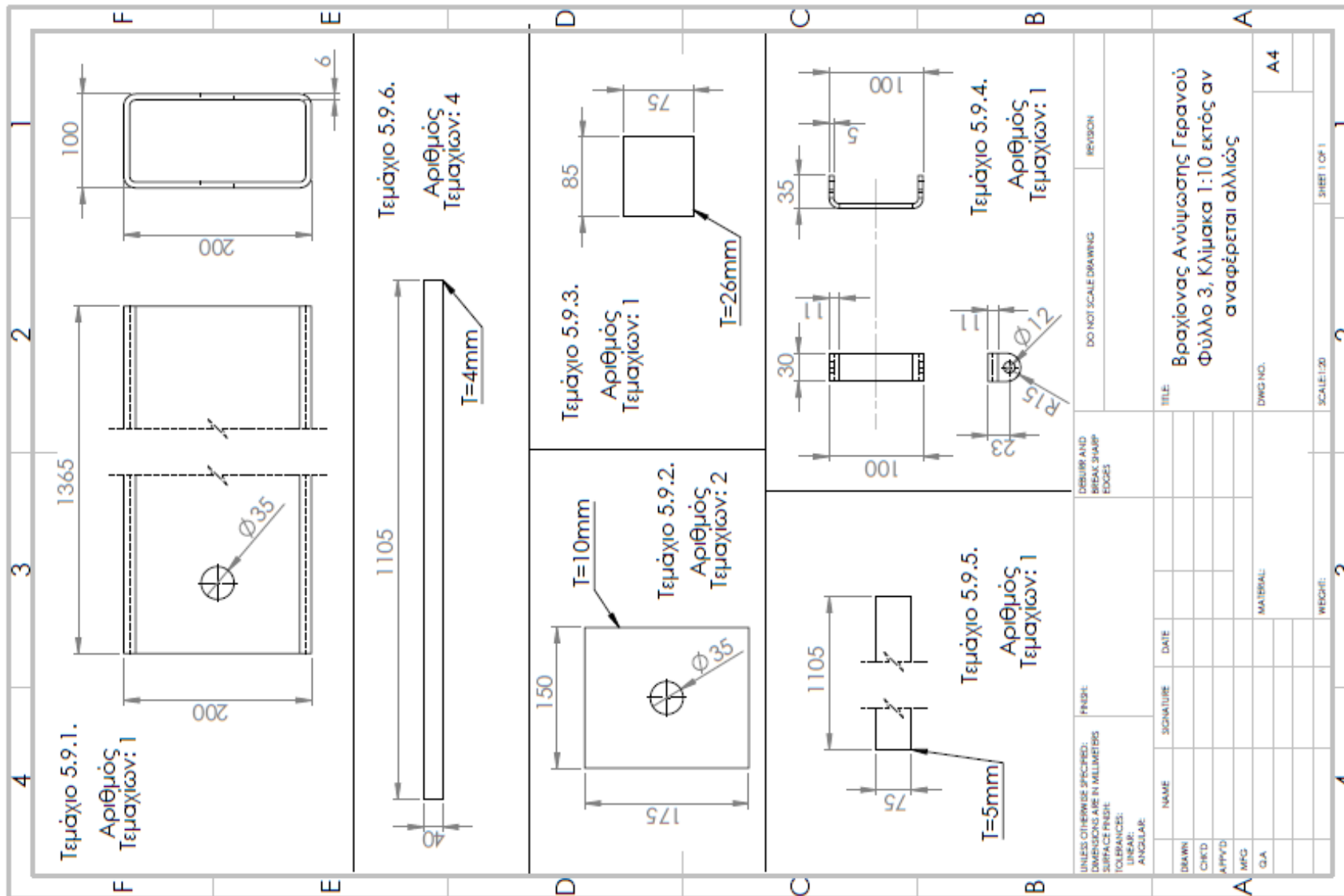
B4. Δεύτερο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



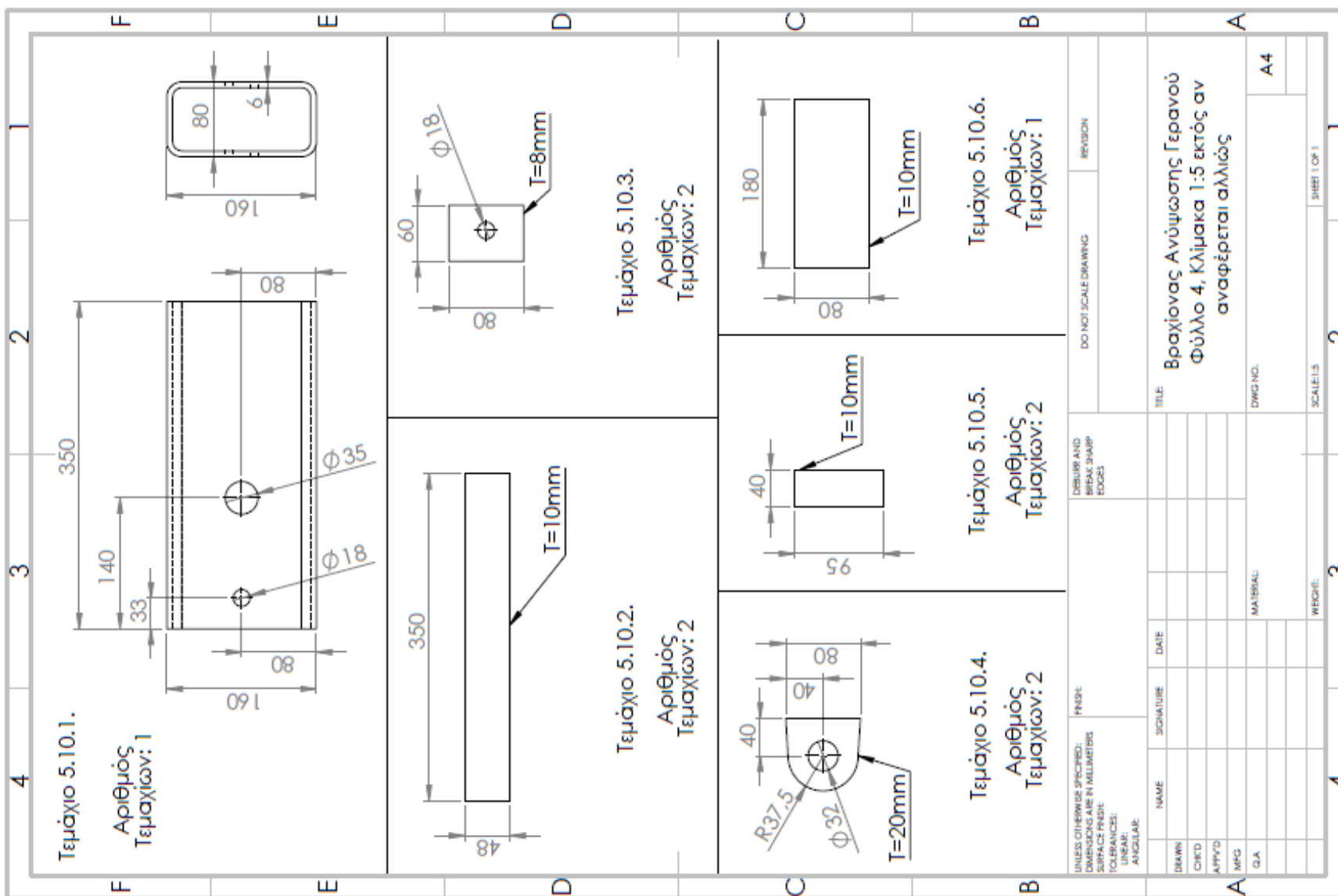
Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



B5. Τρίτο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



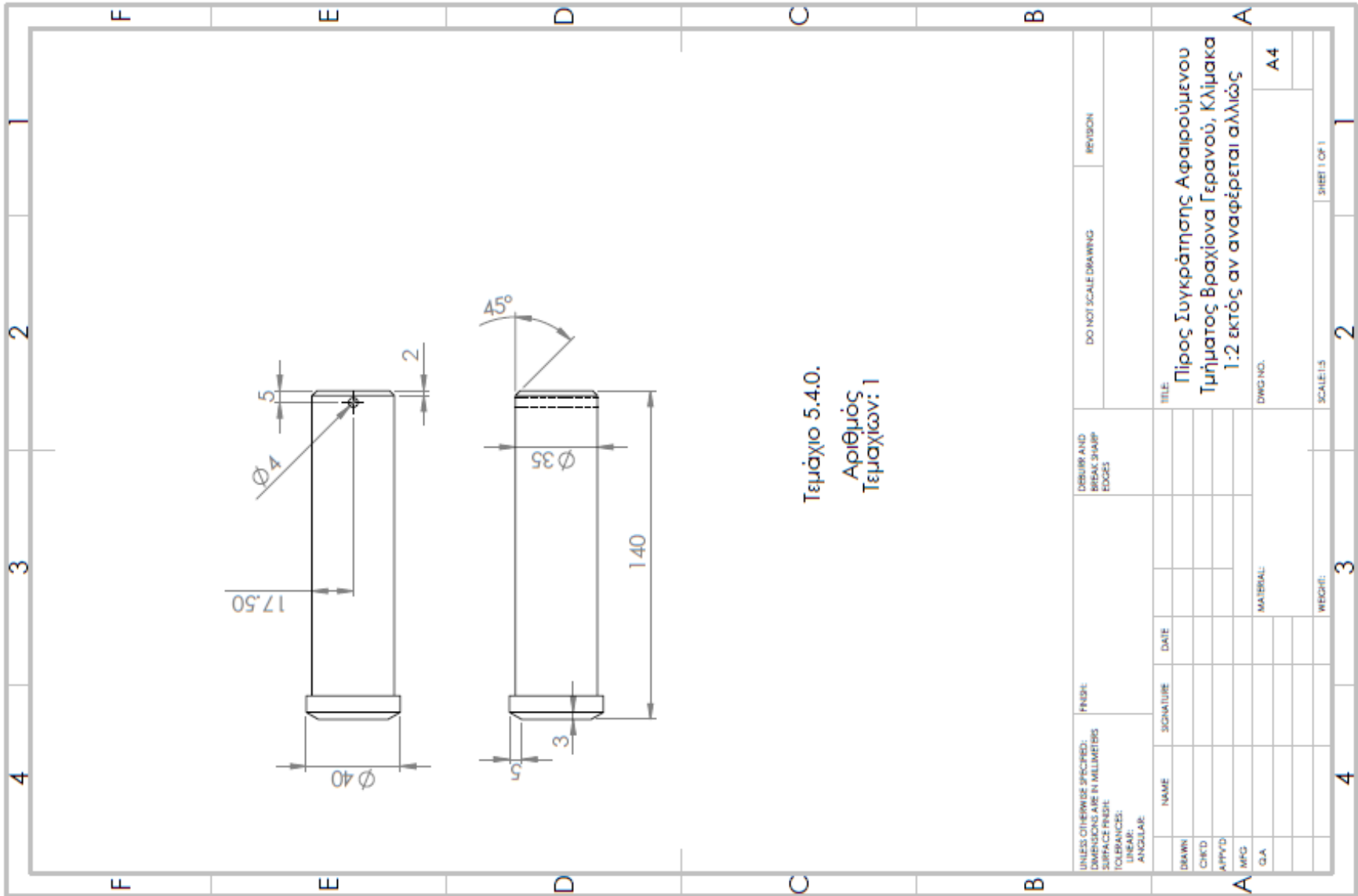
B6. Τέταρτο τμήμα βραχίονα ανύψωσης



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



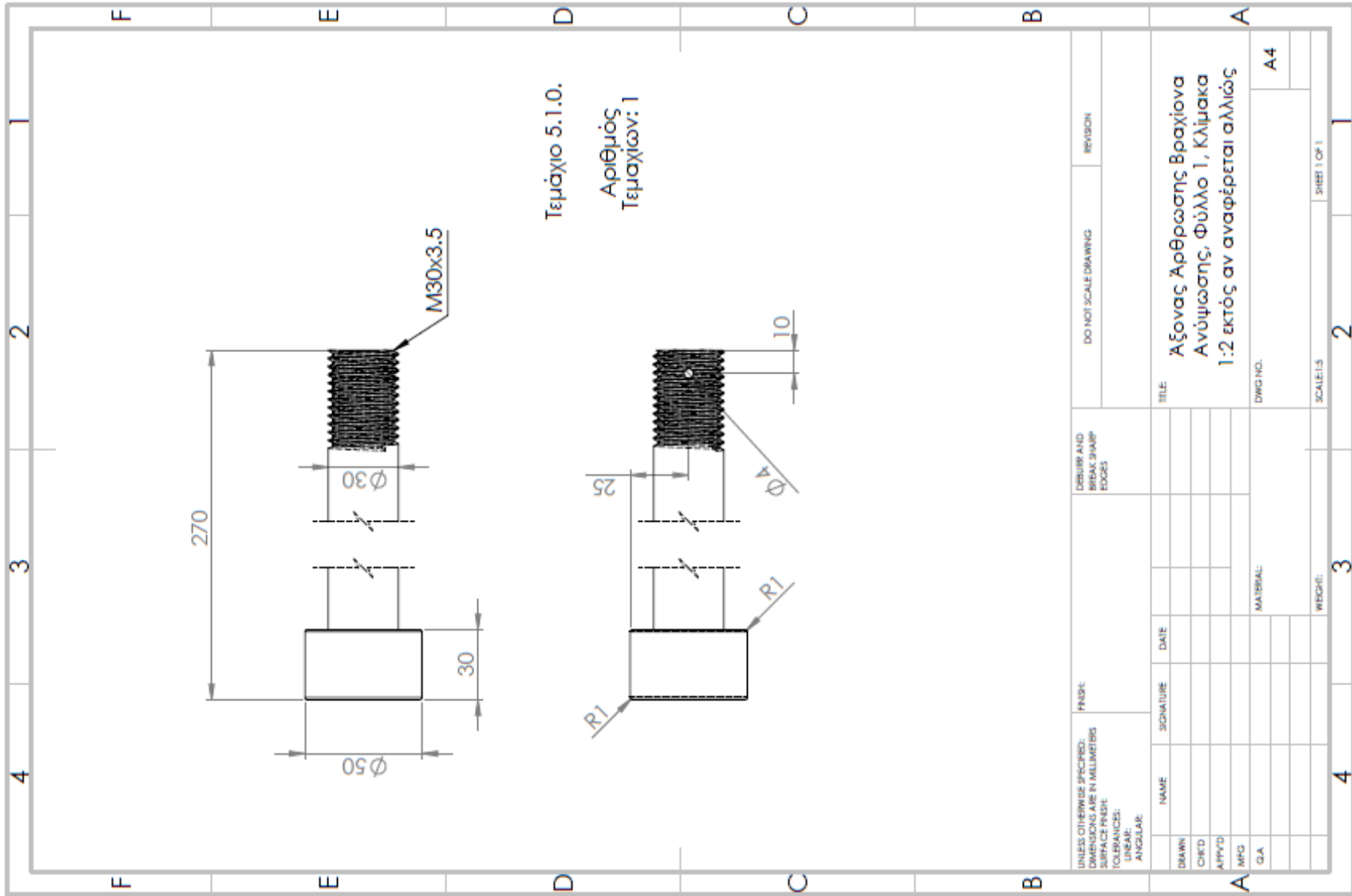
B7. Άξονας ασφάλισης αφαιρούμενου τμήματος βραχίονα ανύψωσης και εμβόλου πλαισίου



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



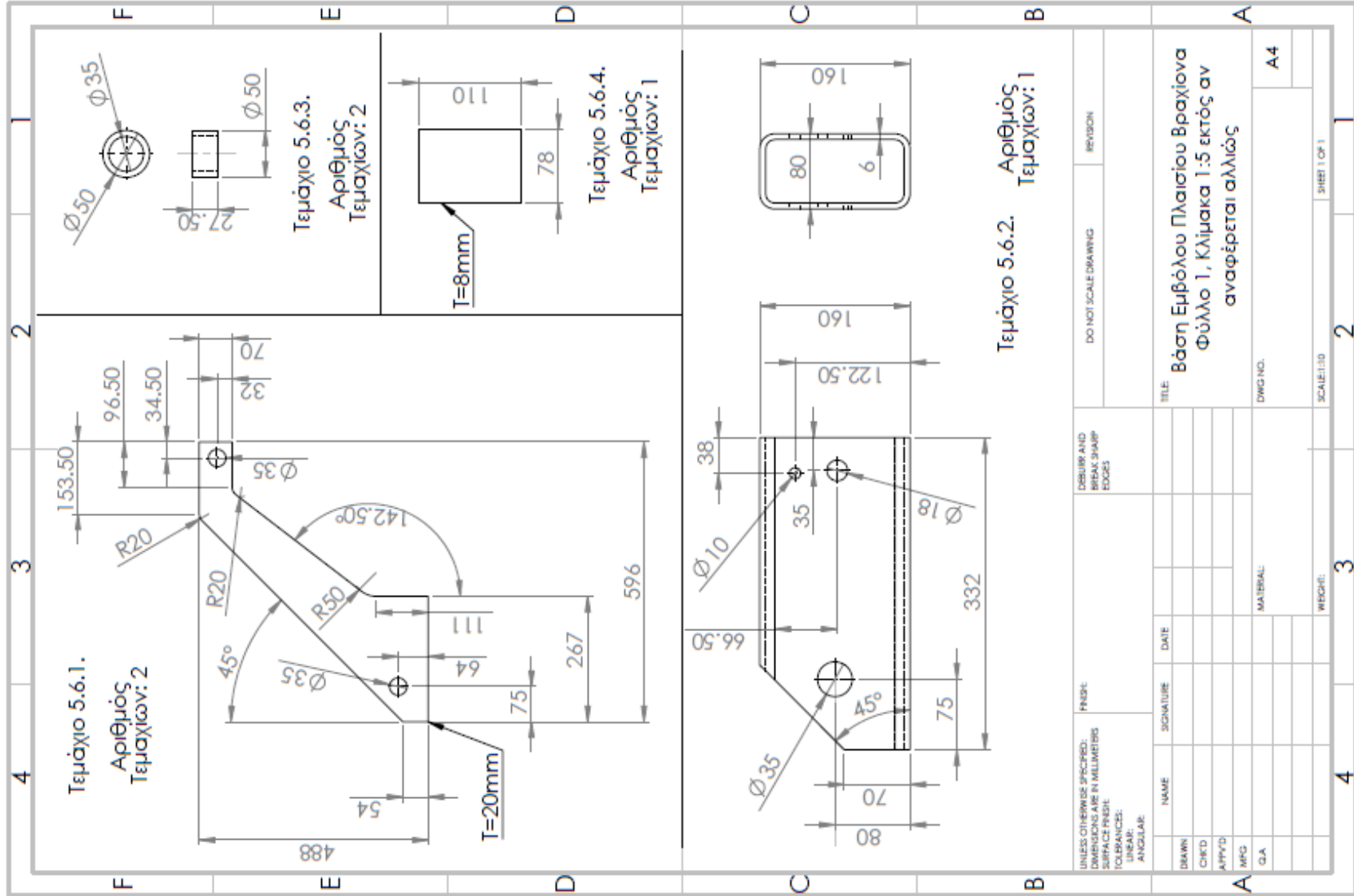
B8. Άξονας άρθρωσης βραχίονα



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

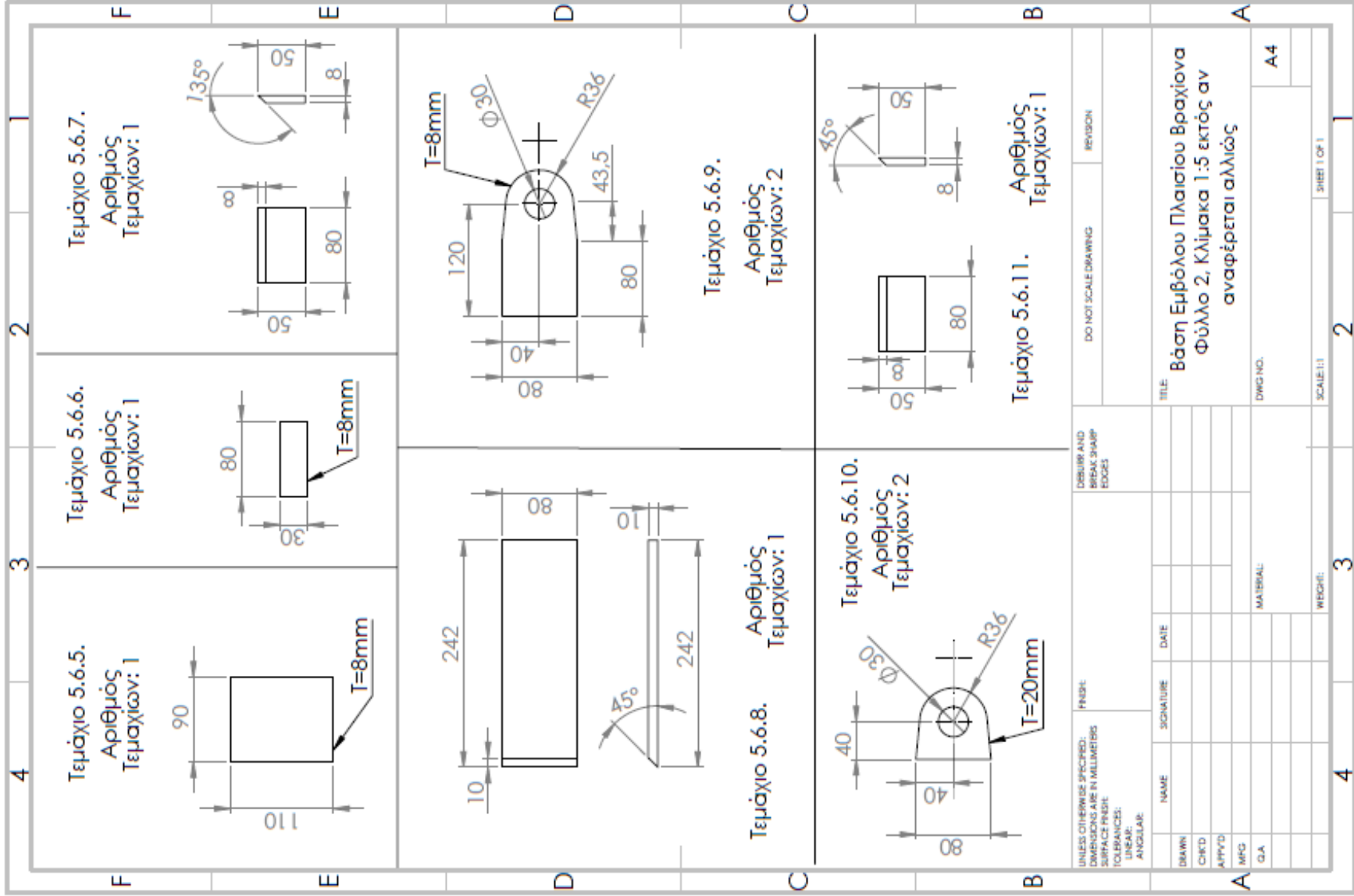


B9. Βάση εμβόλου πλαισίου συγκράτησης υαλοπινάκων



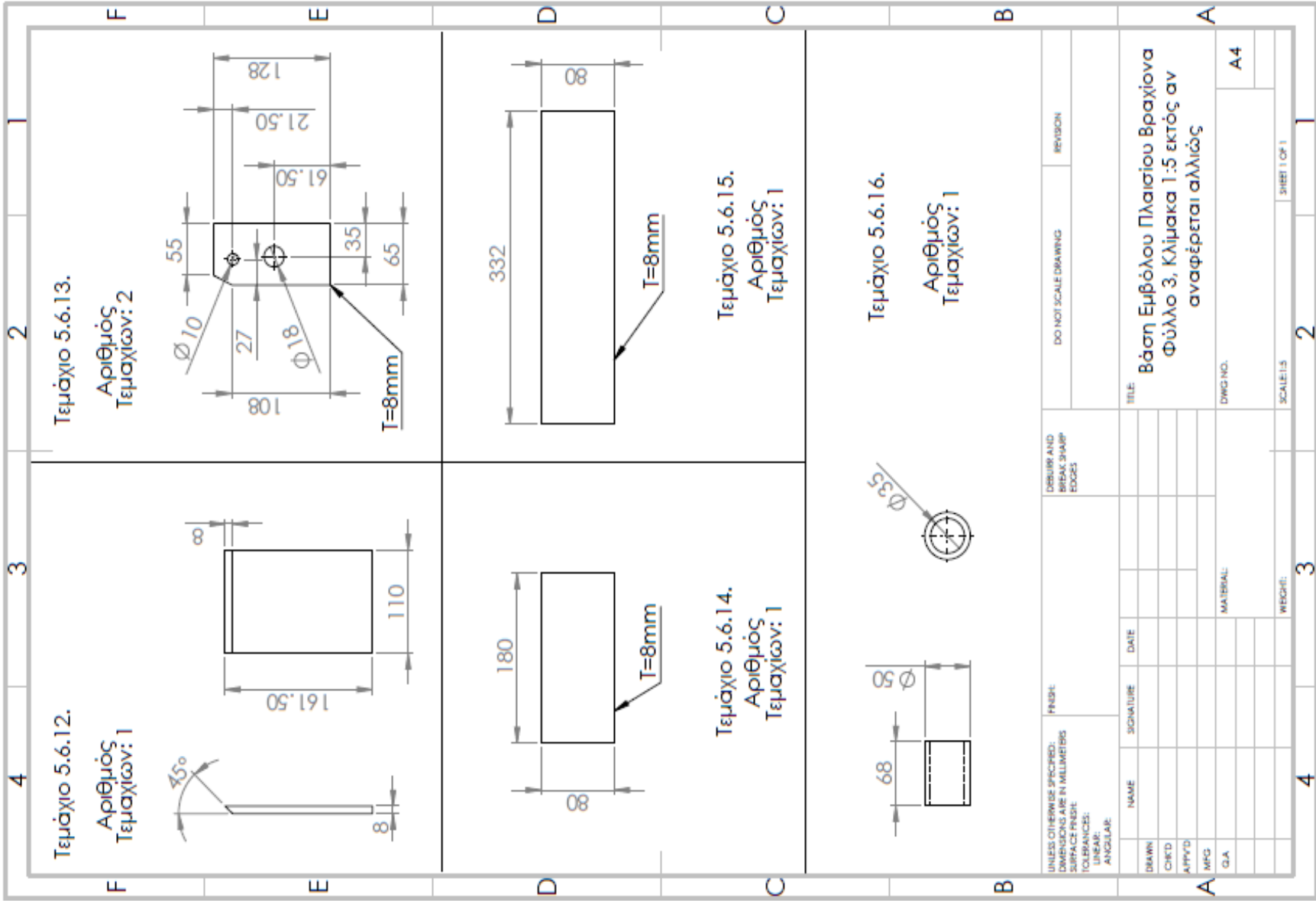
Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



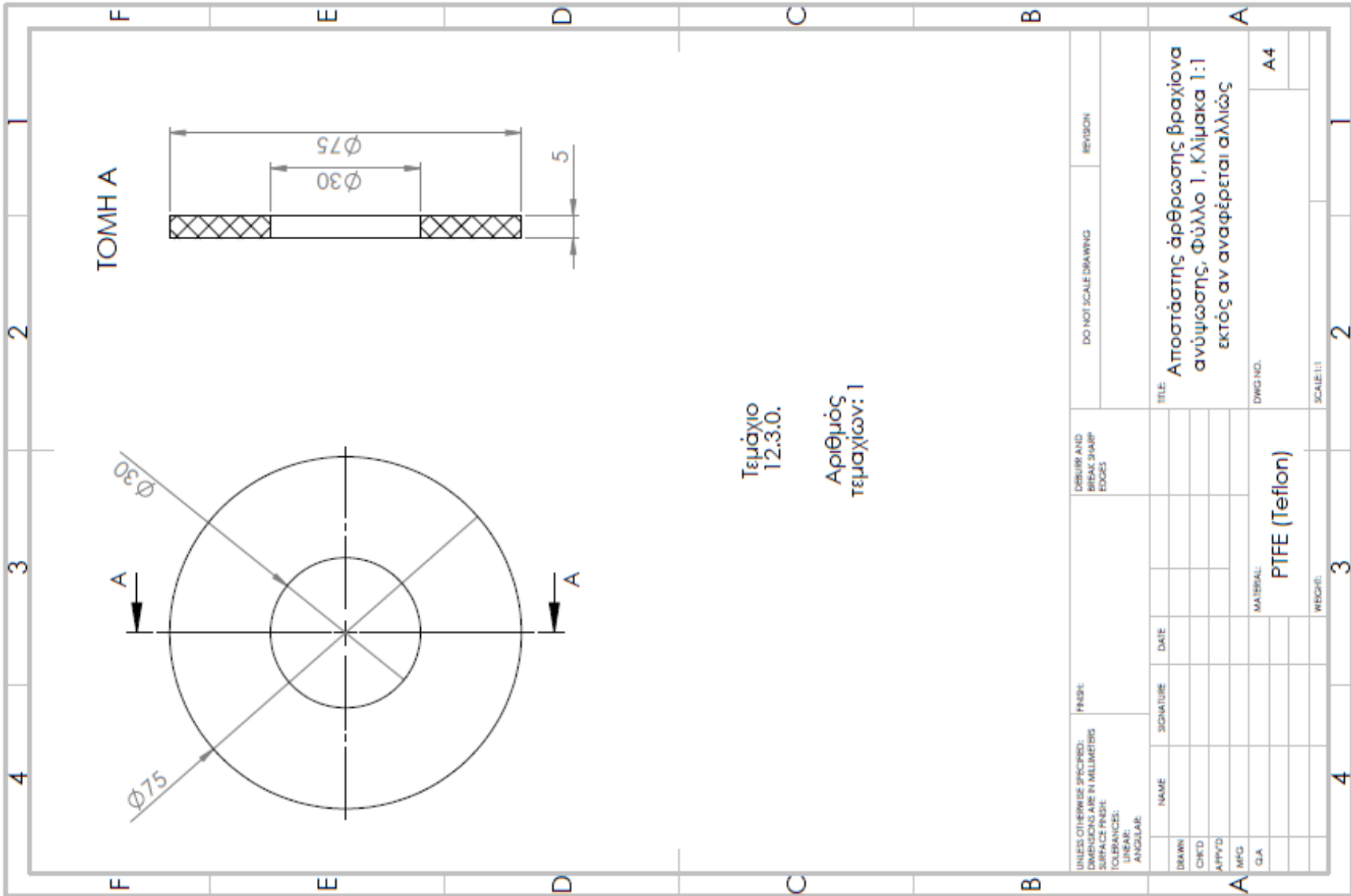


Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών





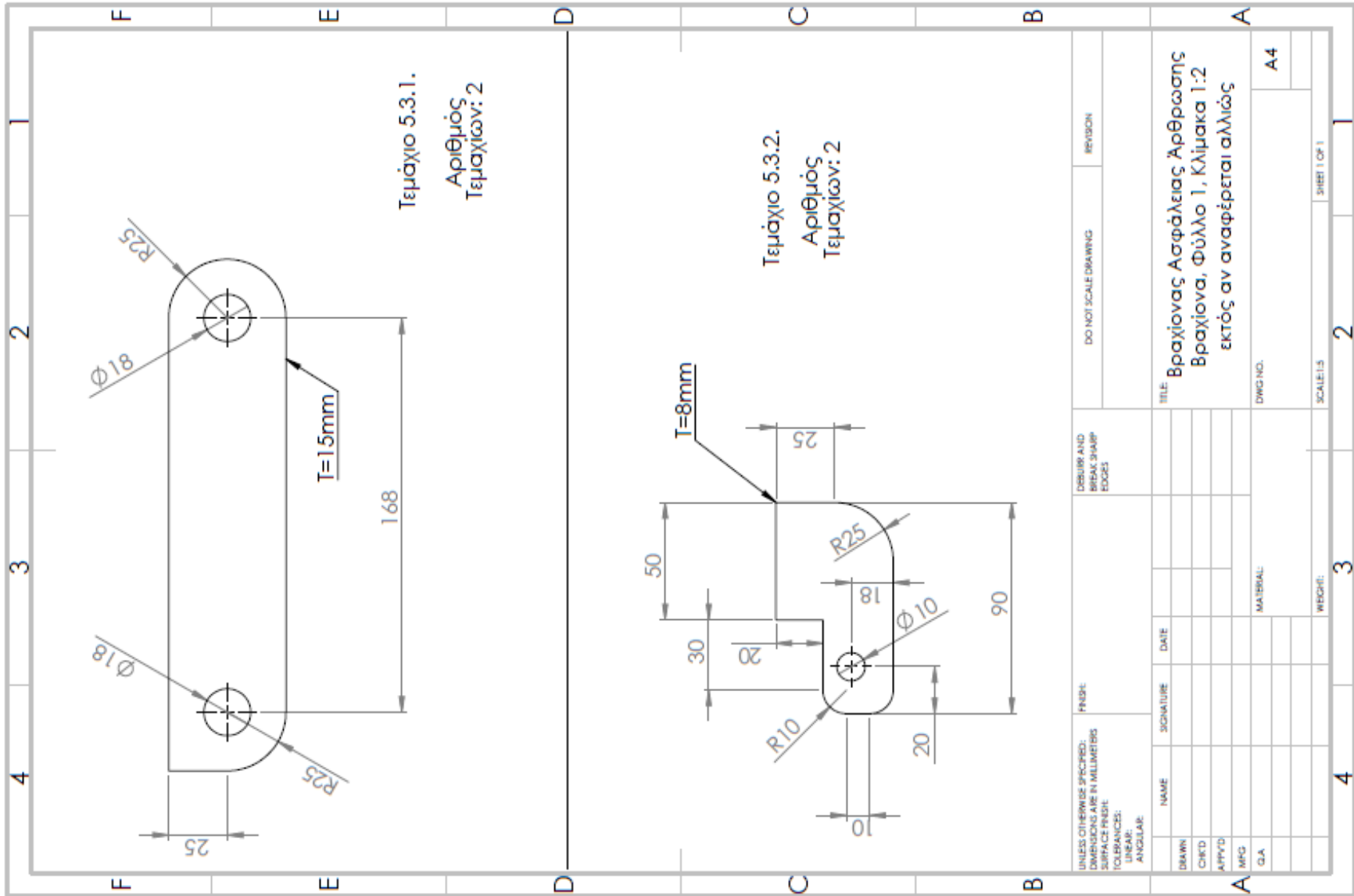
B10. Αποστάτης άρθρωσης ανυψωτικού βραχίονα



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



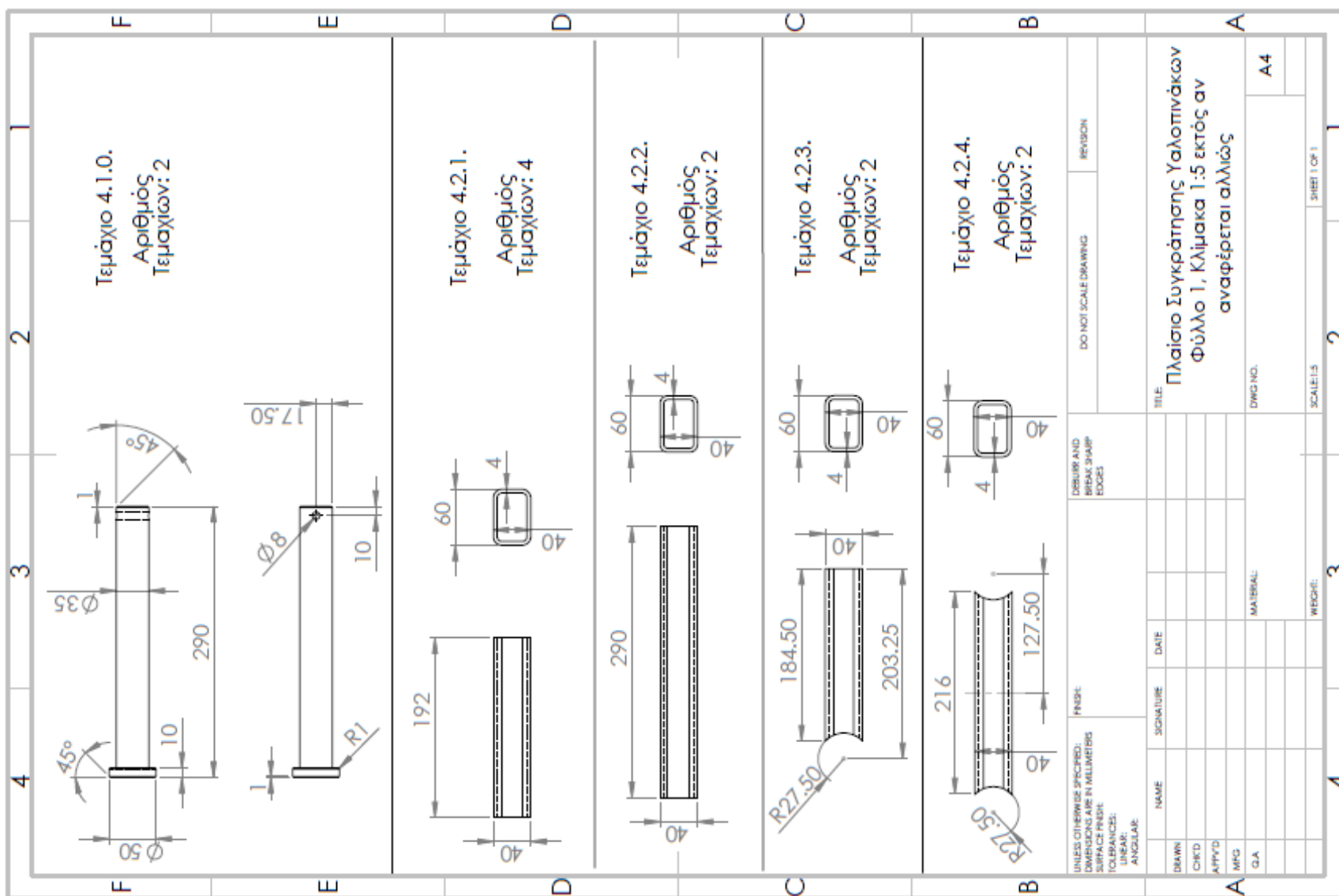
B11. Βραχίονας ασφάλειας άρθρωσης ανυψωτικού βραχίονα



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

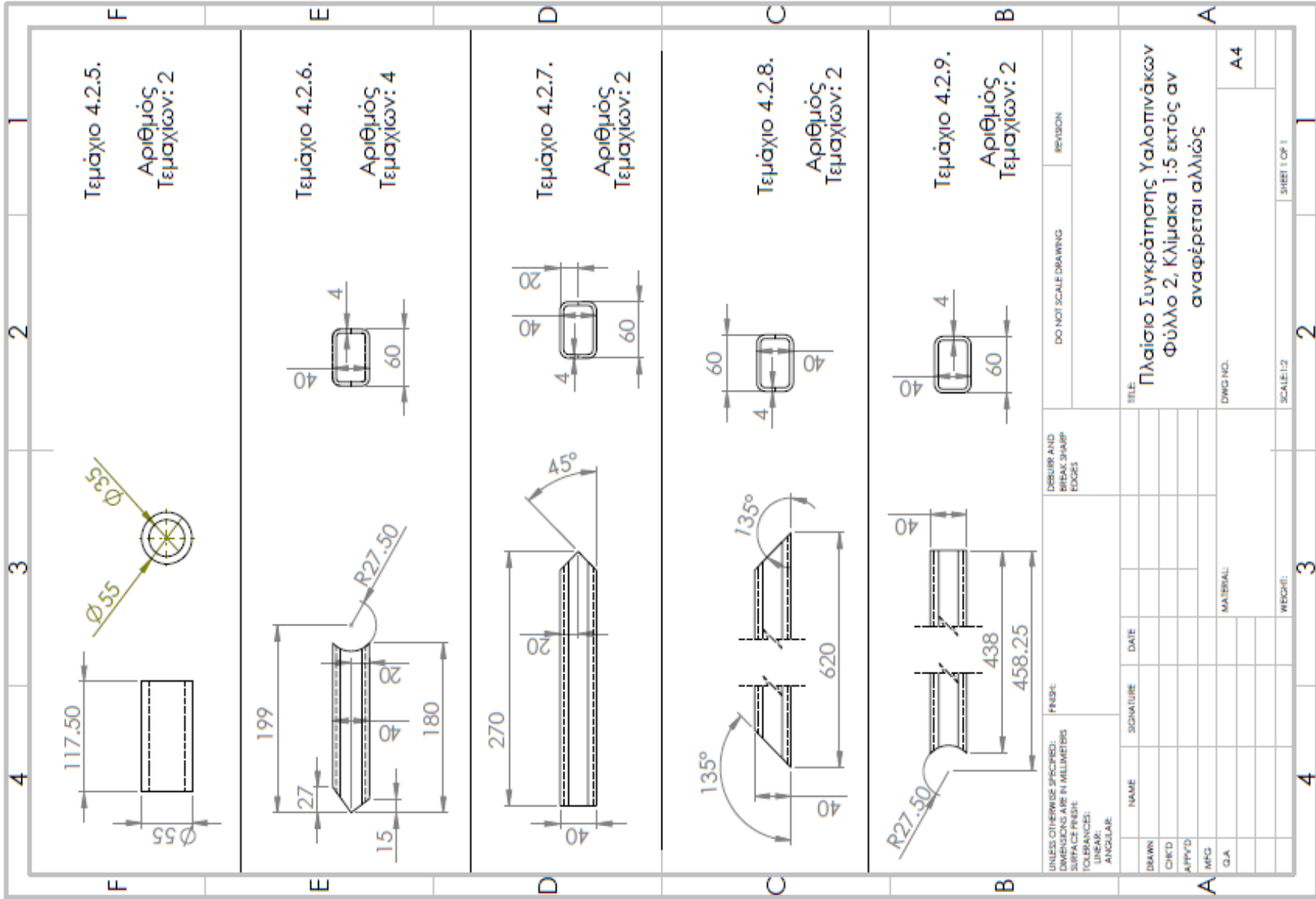


B12. Πλαίσιο συγκράτησης υαλοπινάκων



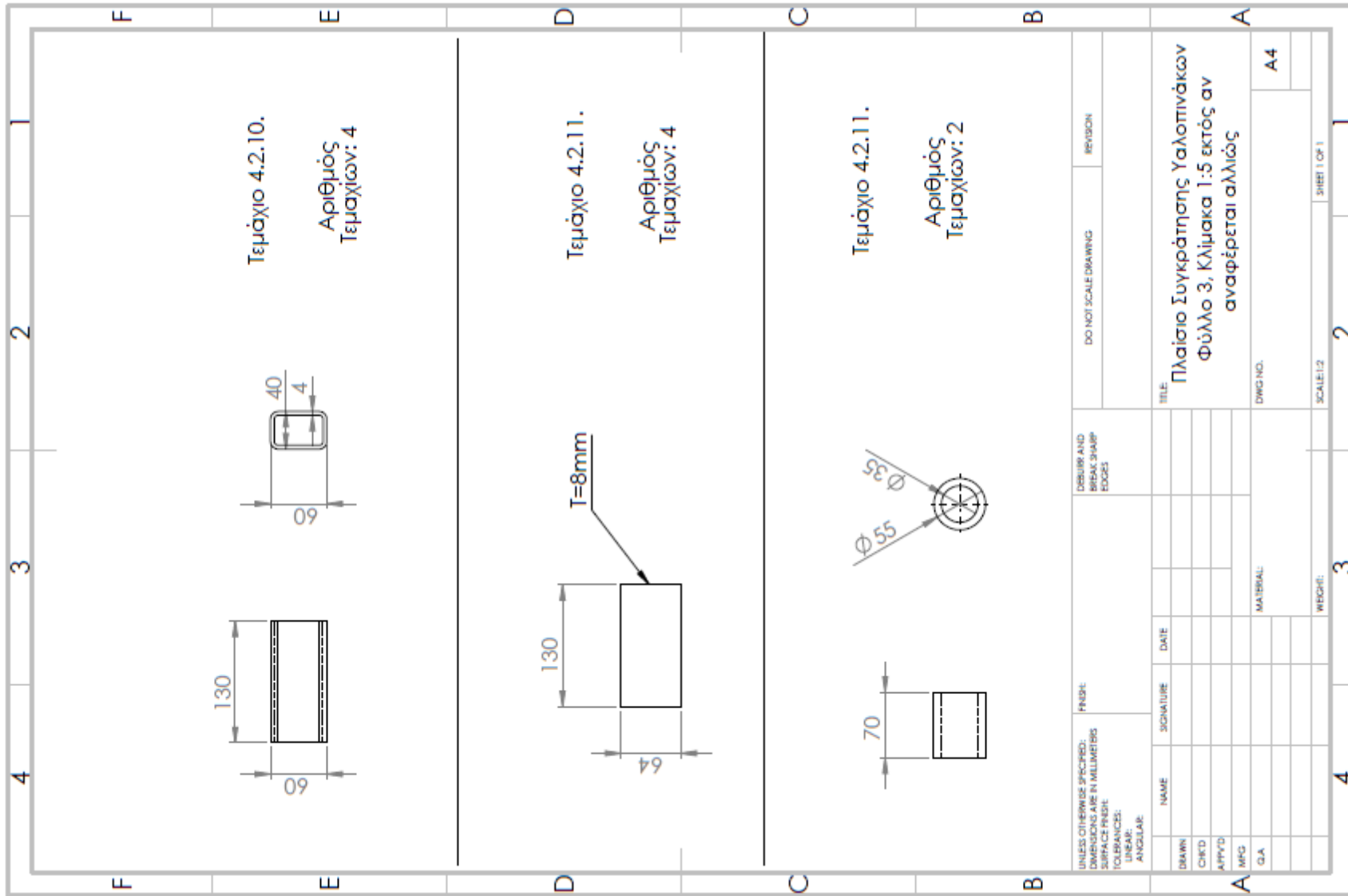
Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών





Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

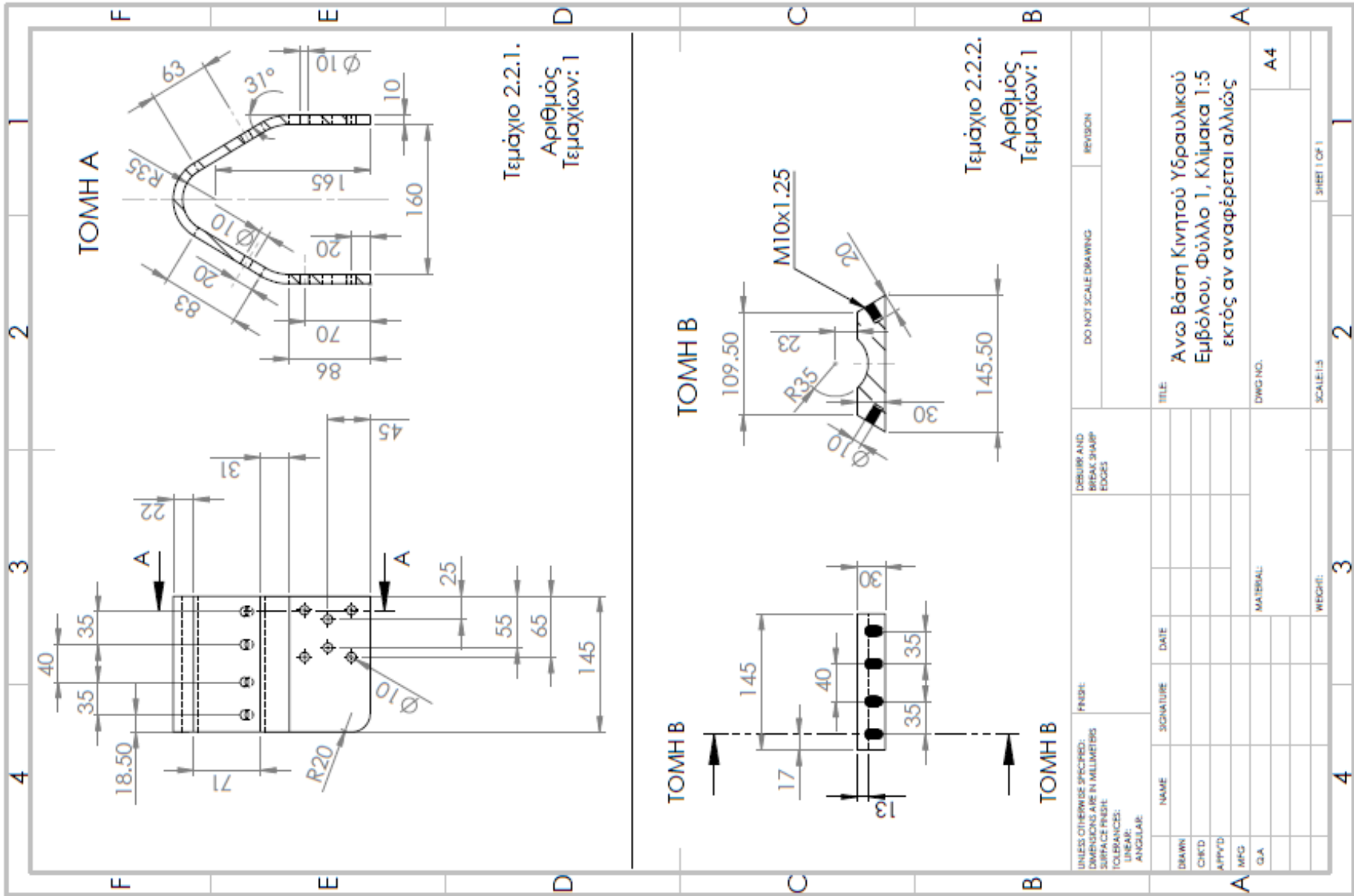




Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



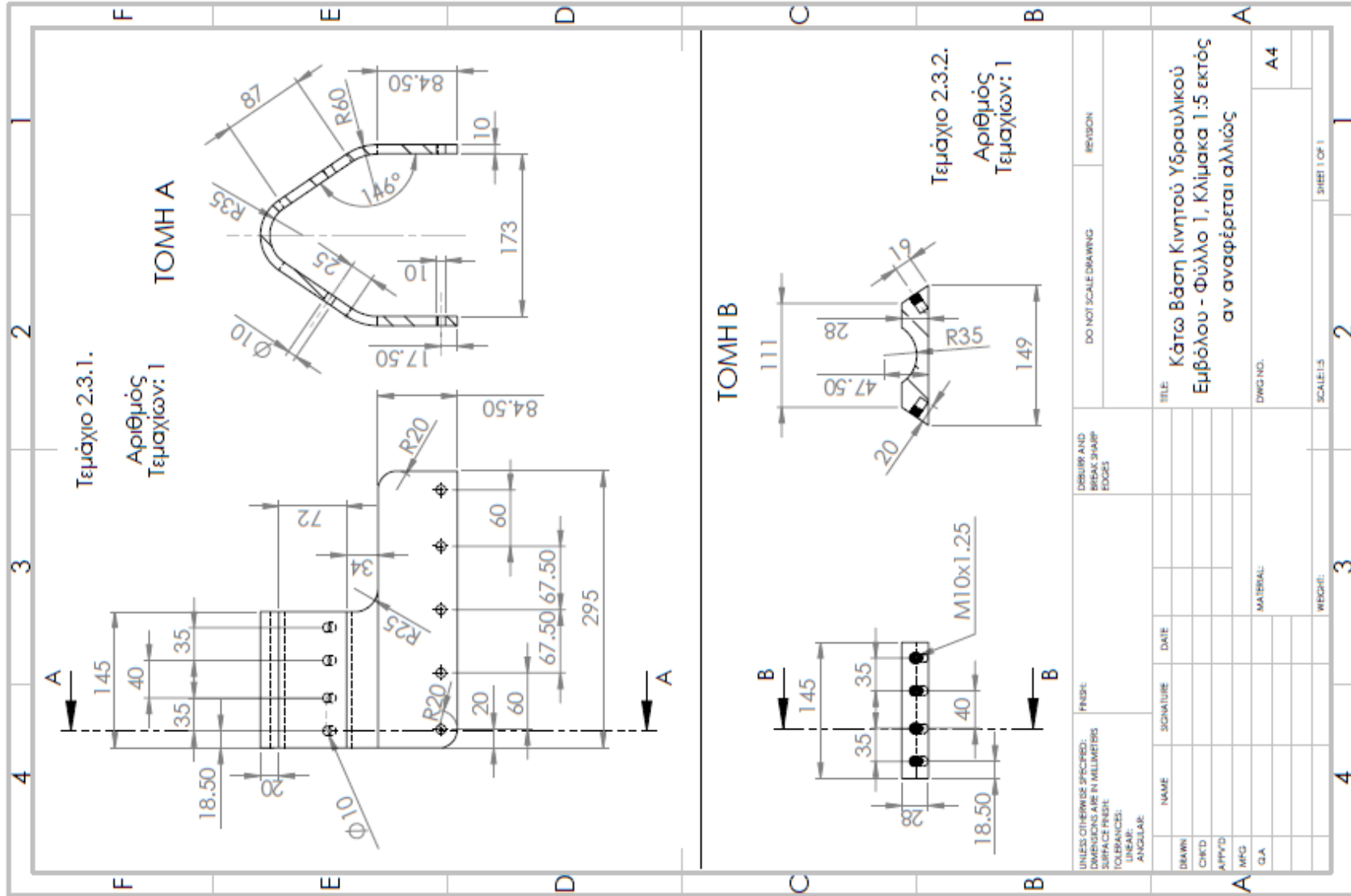
Γ1. Άνω βάση κινητού υδραυλικού εμβόλου



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



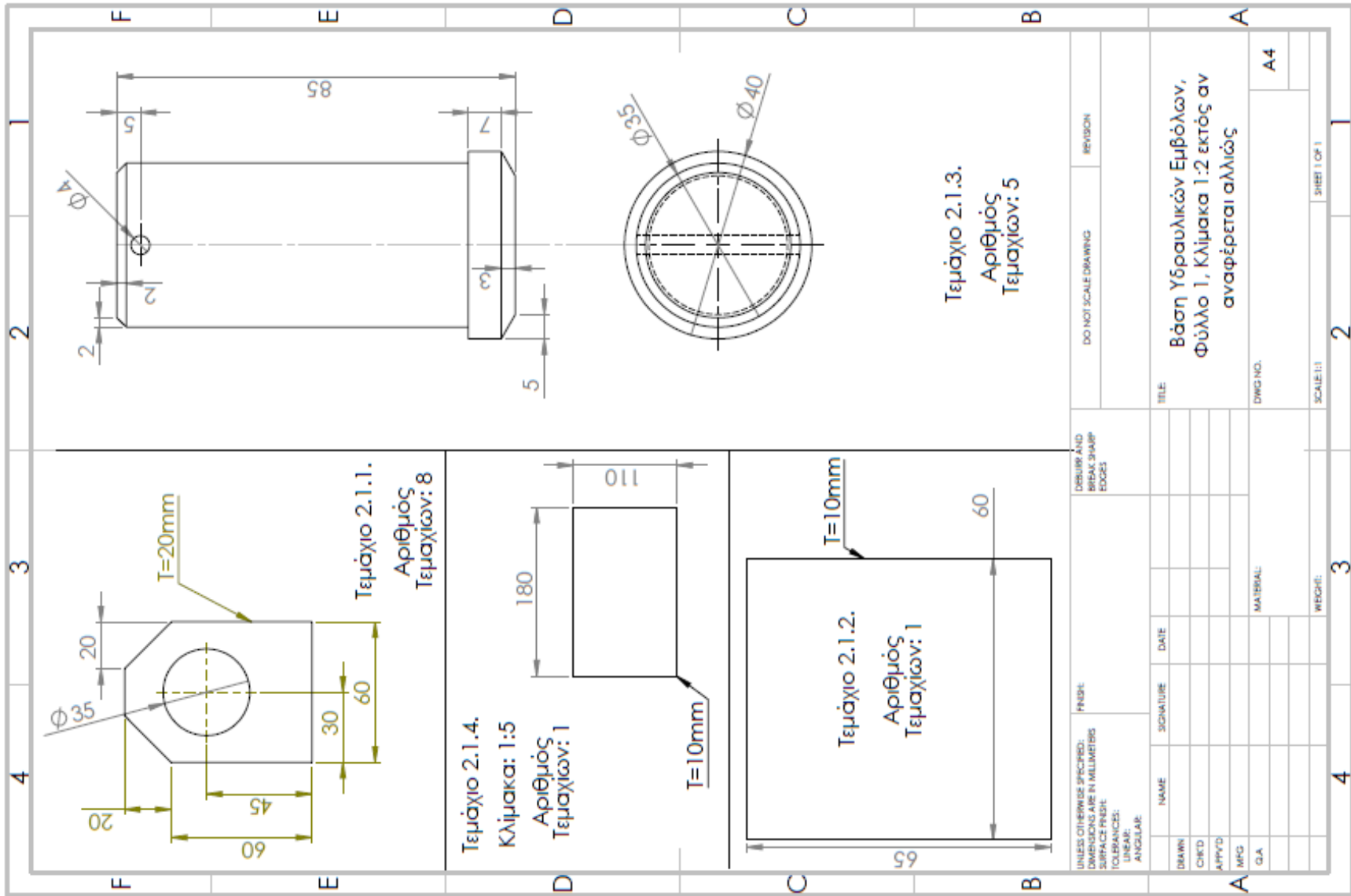
Γ2. Κάτω βάση κινητού υδραυλικού εμβόλου



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



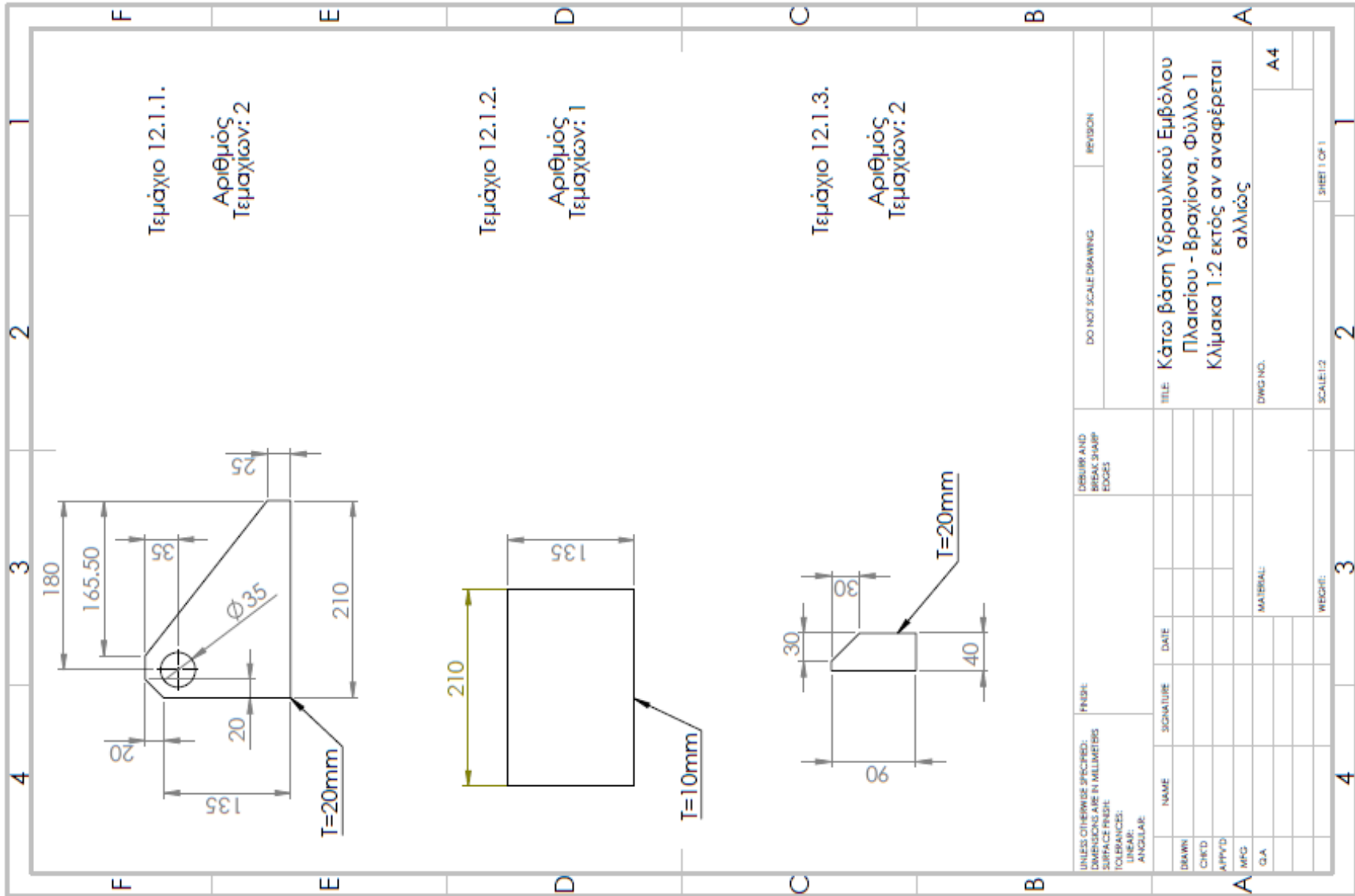
Γ3. Βάσεις υδραυλικών εμβόλων



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

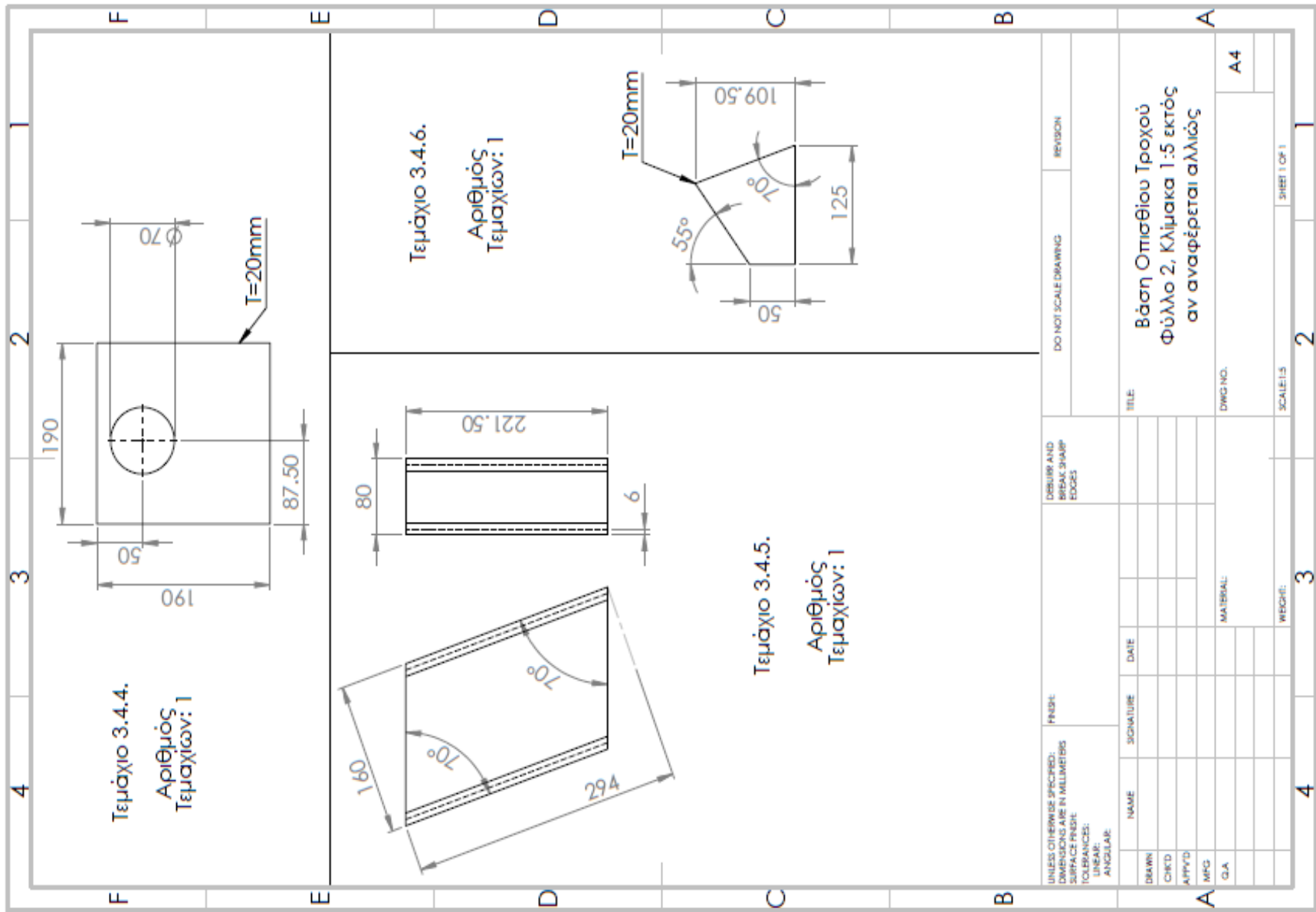


Γ4. Κάτω βάση υδραυλικού εμβόλου πλαισίου-βραχίονα



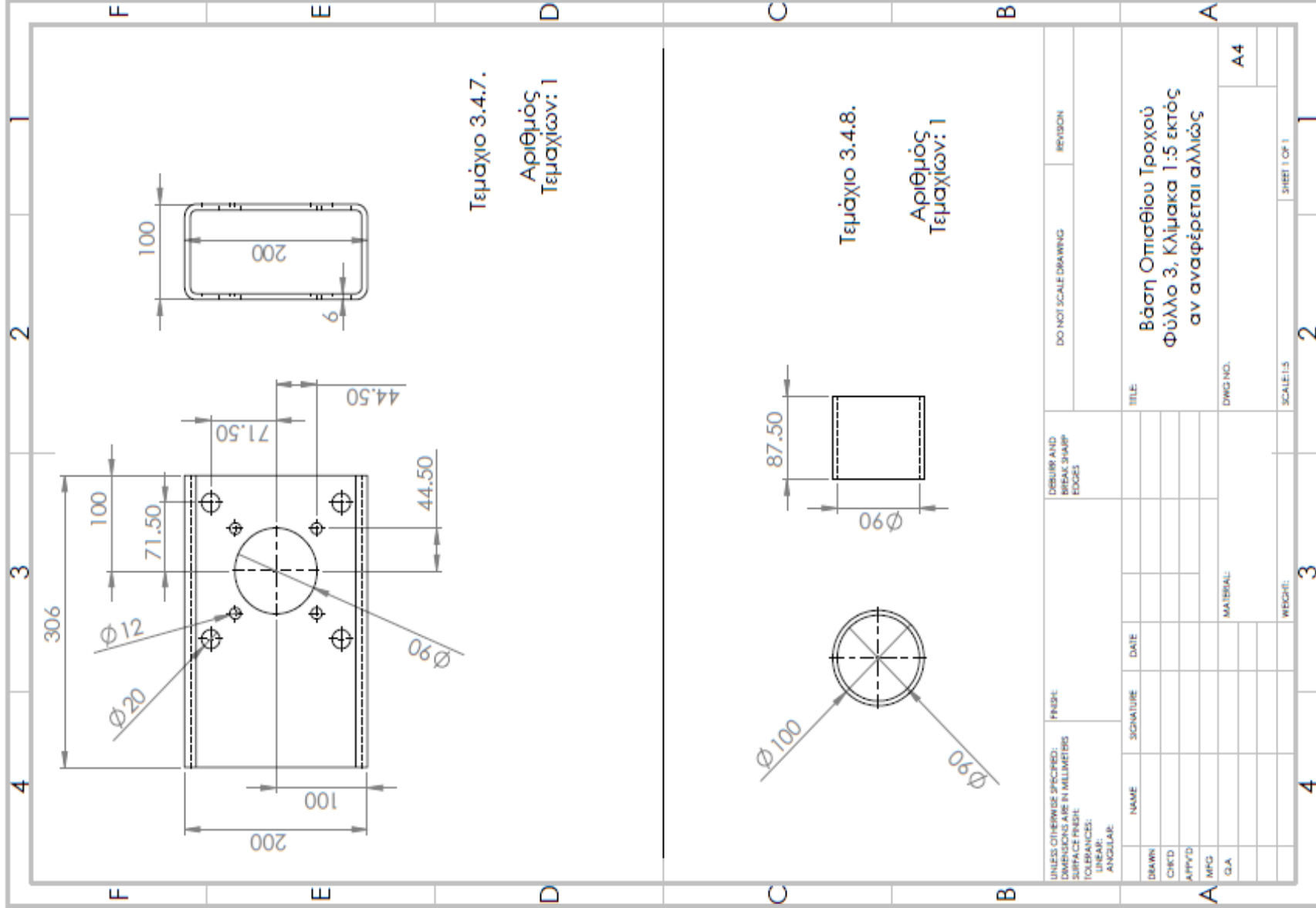
Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών





Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

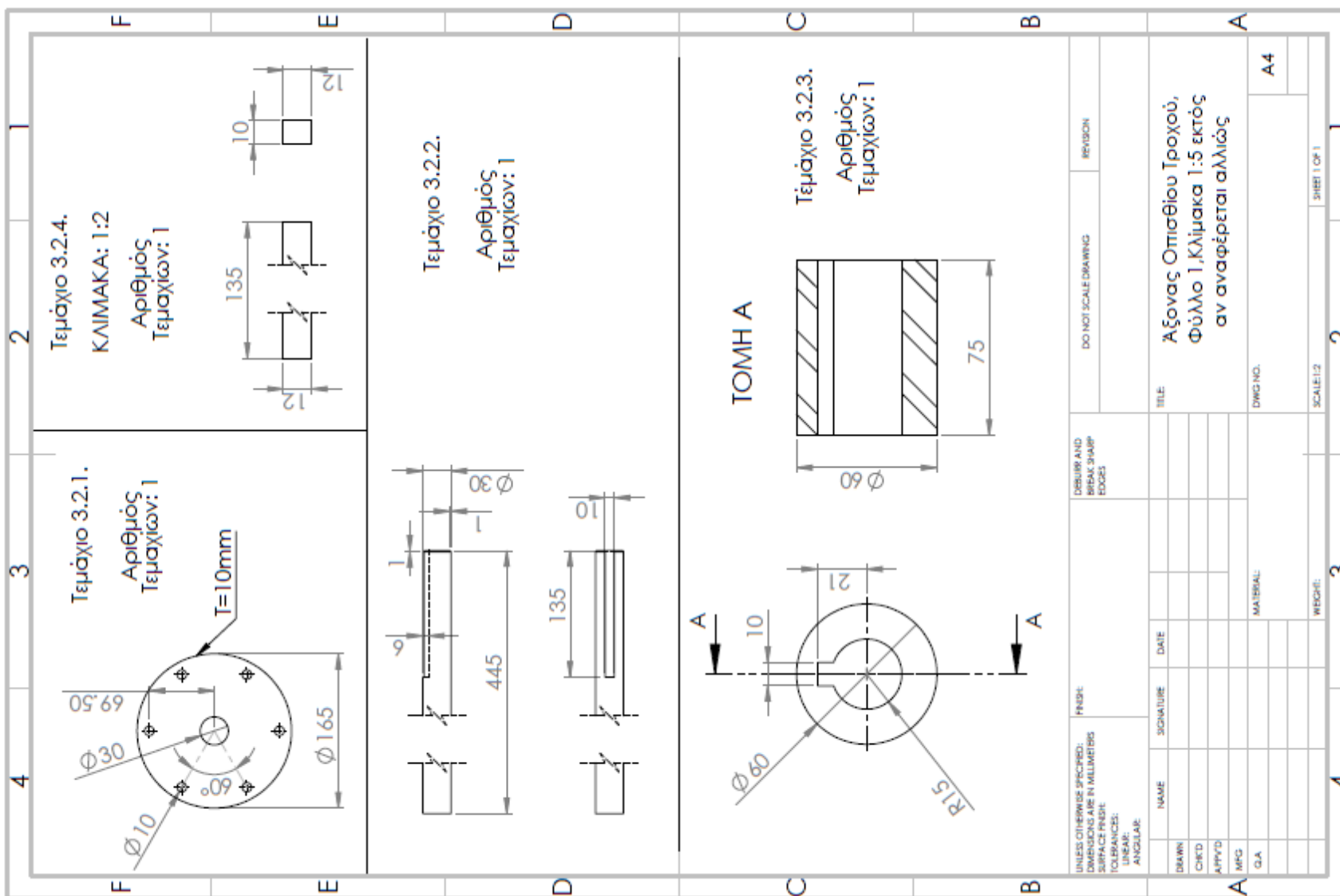




Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



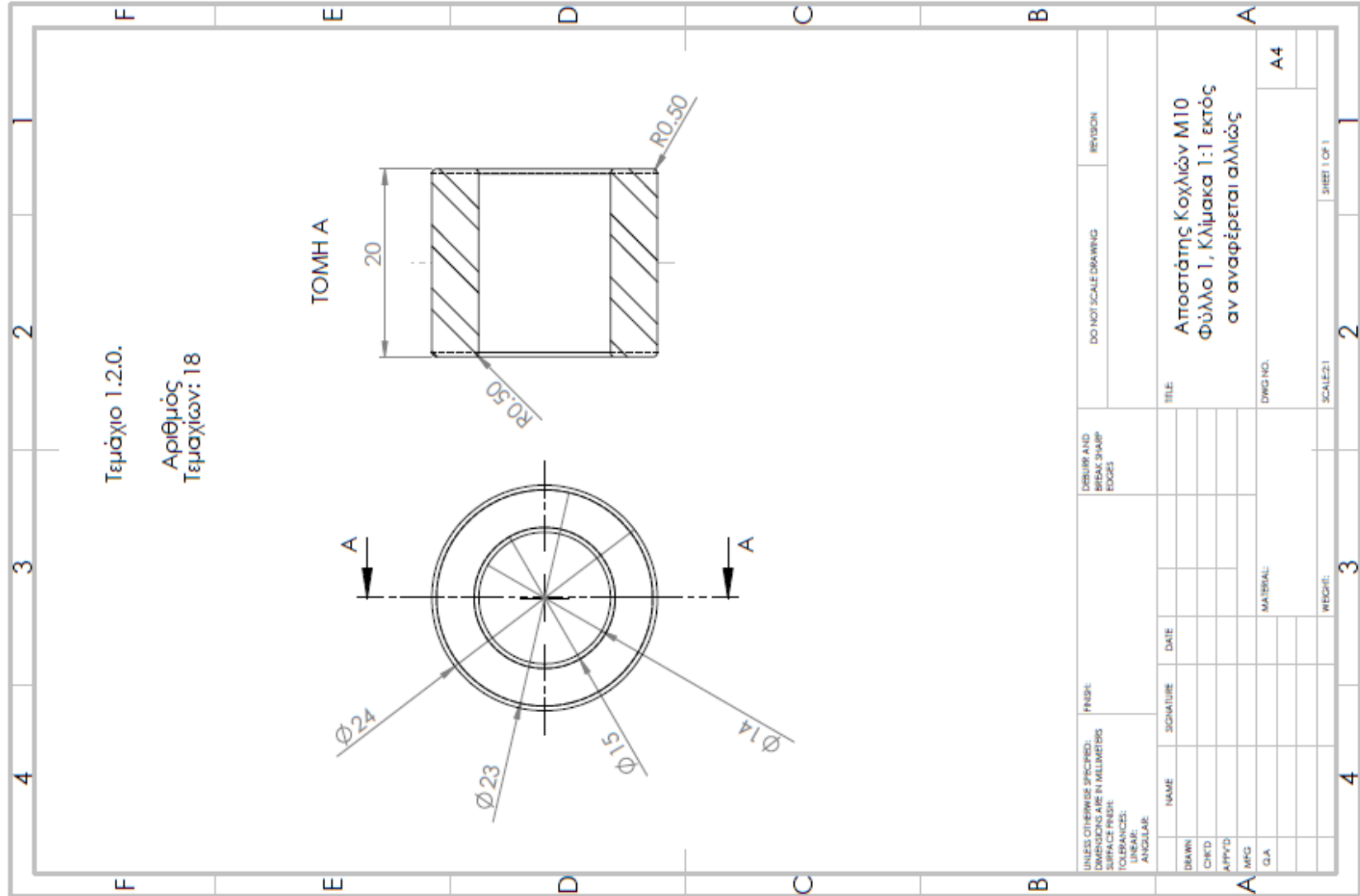
Δ4. Άξονας οπίσθιου τροχού



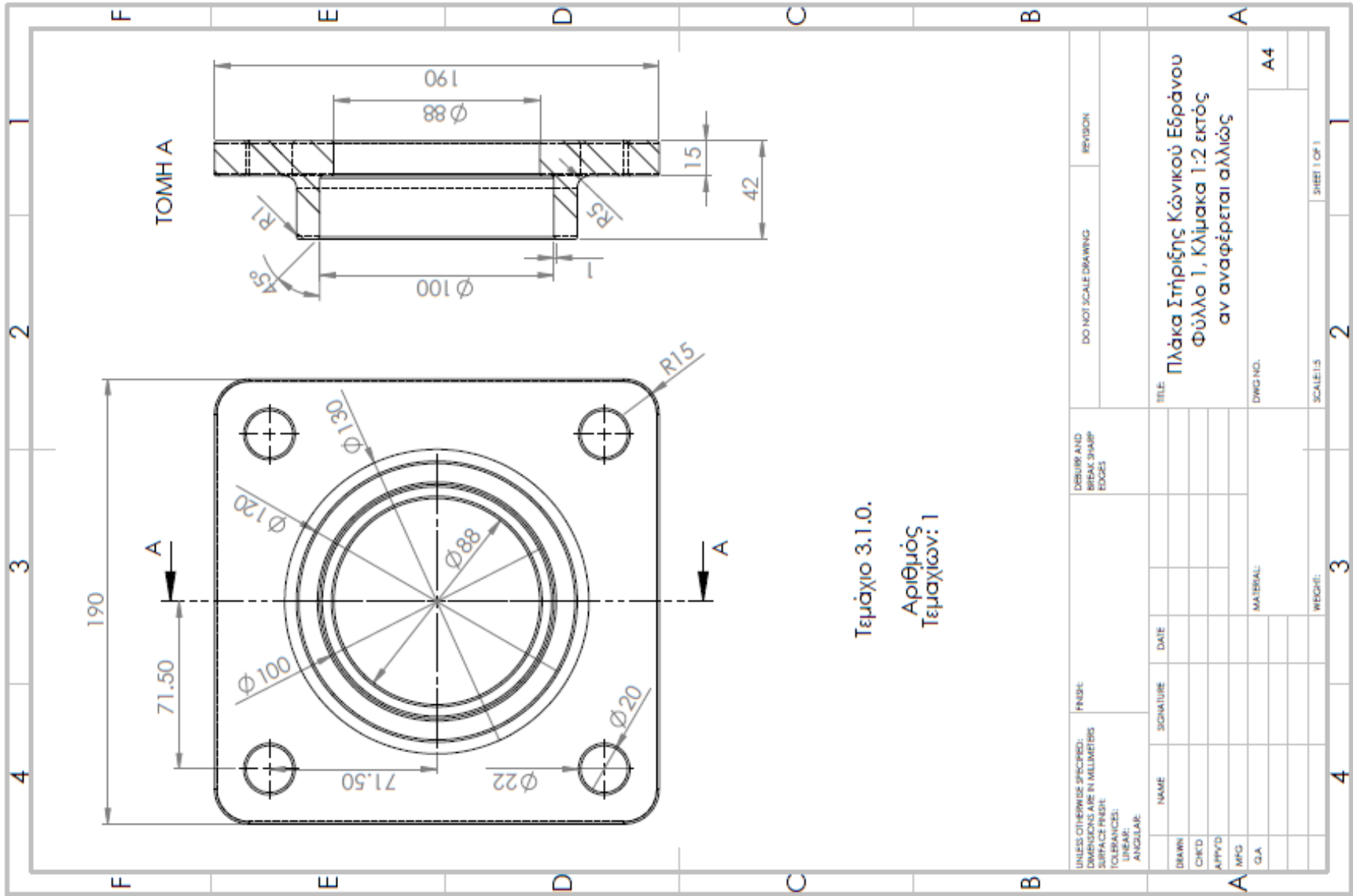
Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Δ5. Αποστάτες κοχλιών M10 πλημνών τροχών



Δ6. Πλάκα στήριξης κωνικού εδράνου

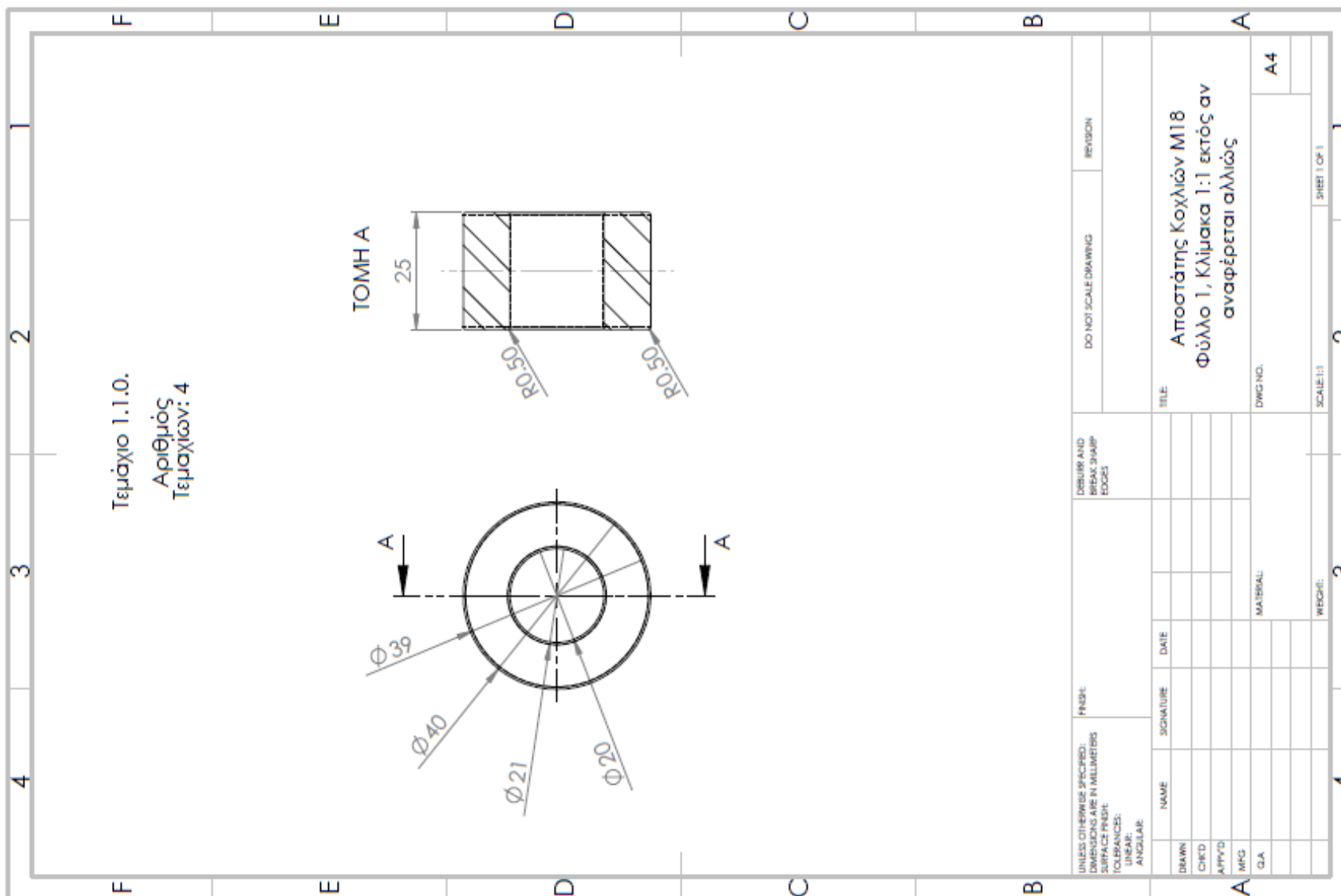


Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

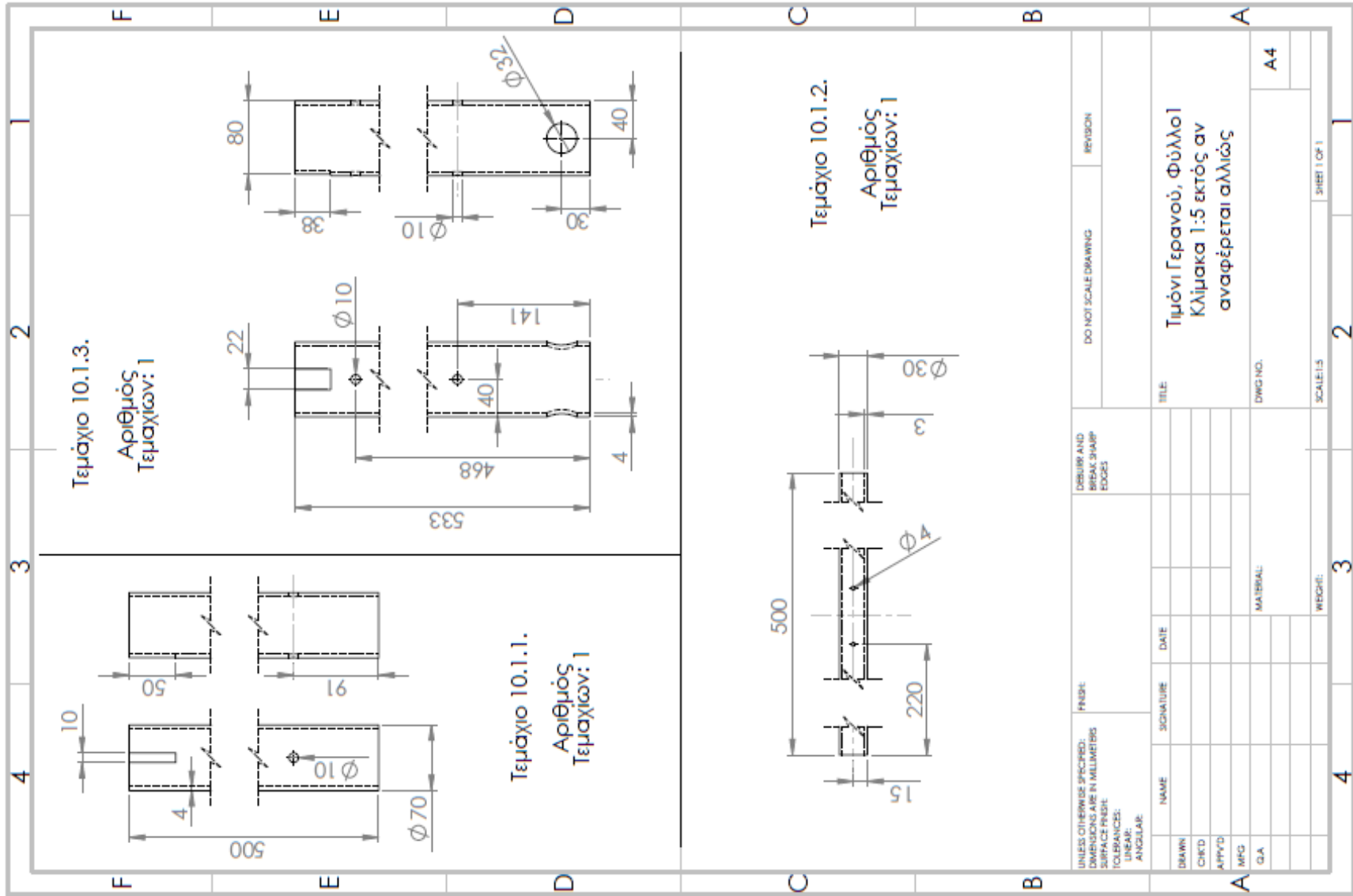


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH: DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		TITLE: Πλάκα Στήριξης Κωνικού Εδράνου Φύλλο 1, Κλίμακα 1:2 εκτός αν αναφέρεται αλλιώς		DWG NO. A4	
DRAWN	SIGNATURE	DATE			
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
QA					
MATERIAL:		WEIGHT:		SCALE/S	
				2	
				3	
				4	
				SHEET 1 OF 1	

Δ7. Αποστάτες κοχλιών M18 πλάκας στήριξης κωνικού εδράνου



Δ8. Τιμόνι γερανοφόρου οχήματος



Μαυρίδης Ευστράτιος – Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



