



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ
ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ (FRAME) ΜΕ ΤΟ INVENTOR

ΜΥΚΩΝΙΑΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΤΟΥ ΙΩΑΝΝΗ , Α.Μ: 42999
ΜΠΑΣΟΥΚΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΤΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ , Α.Μ: 38873

Επιβλέπον Καθηγητής :Φιλήμων Σκιττίδης
Σαγιάς Βασίλειος

Αιγάλεω 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Αριστερά φαίνεται το πιθανό φορτίο που μπορεί να έχει το A400M σε περίπτωση στρατιωτικών επεμβάσεων και δεξιά σε περίπτωση ανθρωπιστικής βοήθειας.....	9
Εικόνα 1.2 Σύστημα προσγείωσης του Airbus A400M. Φαίνονται τα 3 ζεύγη τροχών τα οποία προσφέρουν ομαλή οδήγηση σε ανώμαλα ή ανομοιογενή εδάφη και κατανέμουν ομοιόμορφα το βάρος του φορτίου στη δομή της ατράκτου.	10
Εικόνα 1.3 Διάφορες διαστάσεις για το Airbus A400M Atlas.....	12
Εικόνα 1.4 Οι διαφορετικοί κατασκευαστές του F-22.....	14
Εικόνα 1.5 Lockheed Martin F-22 Raptor.....	19
Εικόνα 1.6 Σταθερά σκέλη σε ένα U-17.	21
Εικόνα 1.7 Τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης. Αριστερά το STOL Maule MX-7-235 Super Rocket με ουραίο τροχό. Δεξιά το στρατιωτικό F-16 με ριναίο τροχό.	23
Εικόνα 1.8 Δίκυκλο σύστημα προσγείωσης. Αριστερά το στρατιωτικό Harrier και δεξιά το Boeing B-47 με δύο κύρια σκέλη και βοηθητικά σκέλη κάτω από τις πτέρυγες.	23
Εικόνα 1.9 Αριστερά το αμερικανικό Lockheed U-2 με δίκυκλο σύστημα και δεξιά το Boeing B-52 με τετράκυκλο σύστημα προσγείωσης.....	24
Εικόνα 1.10 Σύστημα προσγείωσης με τροχοφορέα.....	24
Εικόνα 2.1 Διαστάσεις αεροσκάφους AIRBUS A400M	29
Εικόνα 2.2 Σύστημα προσγείωσης Airbus A400M Atlas.....	30
Εικόνα 2.3 F-22 Raptor Front Bulkhead (Εμπρόσθιο διάφραγμα)	31
Εικόνα 2.4 F-22 Raptor Center Keel (Κεντρικό διάφραγμα)	31

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	7
1.1 AIRBUS A400M ATLAS	7
1.1.1 Περιγραφή του αεροσκάφους	7
1.1.2 Προέλευση	7
1.1.3 Δοκιμαστικές πτήσεις.....	8
1.1.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά και επιδόσεις.....	8
1.2 LOCKHEED MARTIN F-22 RAPTOR	13
1.2.1 Ιστορία.....	13
1.2.2 Παραγωγή και Προμήθεια	14
1.2.3 Απαγόρευση εξαγωγών	15
1.2.4 Τερματισμός Παραγωγής.....	16
1.2.5 Σχεδιασμός.....	18
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ.....	20
1.3.1 Τύποι συστημάτων προσγείωσης.....	20
1.4 REVERSE ENGINEERING	25
1.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD-CAM	26
1.5.1 Εισαγωγή στα συστήματα CAD/CAM.....	26
2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	28
3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ.....	32
3.1 Airbus A400M Atlas - Άτρακτος τροχών - ταφ	32
3.2 Airbus A400M Atlas - Πέταλο	72
3.3 Airbus A400M Atlas - Κύριος βραχίονας	83
3.4 F22 Raptor – Κεντρικό διάφραγμα (Center Keel).....	94
3.5 F22 Raptor – Εμπρόσθιο Διάφραγμα (Front Bulkhead).....	115

4	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	125
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	127
6	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	129

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Σχεδίαση ενός μεγάλου μεγέθους εξαρτήματος αεροσκάφους (Frame) με το Inventor», παρουσιάζεται ο σχεδιασμός του συστήματος προσγείωσης του αεροσκάφους Airbus A400M Atlas, το οποίο απαρτίζεται από τρία επιμέρους μέρη, και δύο διαφράγματα από την άτρακτο του μαχητικού αεροσκάφους Lockheed Martin F-22 Raptor, με την χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Autodesk Inventor. Τα προαναφερθείσα μηχανολογικά στοιχεία παρουσιάζονται σε συμπαγή μορφή (Solid) και σε μηχανολογικό σχέδιο.

ABSTRACT

In this graduation thesis, entitled “Design of a large aircraft structural part (FRAME) using the CAD system Inventor”, are presented by using Autodesk Inventor designing program, the drawings of the landing gear of Airbus A400M Atlas airplane, which is composed of three parts, and two bulkheads of the fuselage of Lockheed Martin F-22 Raptor fighter aircraft. The aforementioned structural components are presented in solid form and also in mechanical sketches.

1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 AIRBUS A400M ATLAS

1.1.1 Περιγραφή του αεροσκάφους

Το Airbus A400M Atlas είναι τετρακινητήριο turboprop αεροσκάφος που χρησιμοποιείται για την μεταφορά στρατιωτικού υλικού. Κατασκευάστηκε από την εταιρεία Airbus Military σαν τακτικό μεταγωγικό με πολεμικές δυνατότητες και αποτελεί δημιουργία πολυεθνικής συνεργασίας. Ωστόσο, η αποδοτικότητά του το συνιστά κατάλληλο και για παροχή ανθρωπιστικής βοήθειας.

Το συγκεκριμένο αεροπλάνο εξοπλίστηκε με όλες τις τελευταίες τεχνολογίες και στην κατασκευή του εφαρμόστηκαν όλες οι εξελιγμένες πρακτικές της αεροναυπηγικής. Αποτελεί ένα ισχυρό και αξιόπιστο μέσο, κατάλληλο για την μεταφορά βαρέων φορτίων σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

1.1.2 Προέλευση

Η δημιουργία του A400M ξεκίνησε το 1892 από τον όμιλο FIMA (Future International Military Airlifter) ο οποίος αποτελούνταν από τις εταιρείες Aérospatiale, British Aerospace (BAe), Lockheed και Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB), και προοριζόταν για αντικαταστάτης του C-130 Hercules και του Transall C-160. Ωστόσο, λόγω των μεταβαλλόμενων απαιτήσεων και των επιπλοκών της διεθνούς πολιτικής, το έργο καθυστέρησε σημαντικά. Το 1989 ο όμιλος FIMA αντικατέστησε την εταιρεία Lockheed, η οποία εγκατέλειψε το έργο, με την Alenia της Ιταλίας και CASA της Ισπανίας. Τότε ο όμιλος μετονομάστηκε σε EUROFLAG (EUROpean Future Large Aircraft Group) με στόχο το αναμενόμενο αεροσκάφος να τεθεί σε λειτουργία μέσα στο 2000.

Εκείνη την χρονική περίοδο βρισκόταν υπό μελέτη το θέμα του κινητήρα που θα χρησιμοποιούσαν για το αεροσκάφος. Το 1995 το πρόγραμμα του σχεδιασμού του αεροσκάφους ανέλαβε η εταιρεία Airbus Military και του δόθηκε επίσημο όνομά του, A400M. Στη συνέχεια, αποφασίστηκε η κατασκευή του αεροπλάνου να ξεκινήσει στην Σεβίλλη της Ισπανίας από την εταιρεία EADS (European Aeronautic Defence and Space). Τον Μάιο του 2003

η εταιρεία Airbus Military σε συμφωνία με τις εταιρείες Rolls-Royce, SNECMA, MTU, FiatAvio, ITP και Techspace επέλεξε την χρησιμοποίηση του κινητήρα TP400-D6 για το αεροσκάφος A400M. Τότε ο όμιλος EUROFLAG αποτελούνταν από 8 χώρες: Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Ισπανία, Τουρκία και Ηνωμένο Βασίλειο, οι οποίες αιτήθηκαν χρηματοδότηση από τον οργανισμό OCCAR (Organisation for Joint Armament Cooperation) προκειμένου να αποκτήσουν το A400M. Ωστόσο η Ιταλία αποχώρησε λίγο αργότερα.

Σήμερα, έχουν παραγγελθεί συνολικά 174 αεροσκάφη A400M για τις χώρες Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Λουξεμβούργο, Ισπανία, Τουρκία, Ηνωμένο Βασίλειο και Μαλαισία. Το πρώτο αεροσκάφος παραδόθηκε στη Γαλλική Πολεμική Αεροπορία, τον Αύγουστο του 2013.

1.1.3 Δοκιμαστικές πτήσεις

Το αεροσκάφος είχε προγραμματιστεί αρχικά να πραγματοποιήσει την παρθενική του πτήση το 2008, ωστόσο αυτό έγινε στις 11 Δεκεμβρίου του 2009 στη Σεβίλλη της Ισπανίας. Μέχρι το Μάρτιο του 2010, το πρώτο A400M είχε ολοκληρώσει 39 ώρες δοκιμαστικών πτήσεων.

Το δεύτερο A400M πέταξε για πρώτη φορά στις 8 Απριλίου του 2010, ενώ τον Ιούλιο του 2010 έφτασε στον αέρα και ένα τρίτο A400M. Μέχρι τον Οκτώβριο του 2010, το A400M είχε πετάξει 672 ώρες από τις 2.700 ώρες που απαιτούνταν για να λάβει την πιστοποίηση. Το Δεκέμβριο του 2010, ο συνολικός χρόνος πτήσης των A400M είχε φτάσει τις 965 ώρες, ενώ τον ίδιο χρόνο το τέταρτο A400M πραγματοποίησε την πρώτη του πτήση.

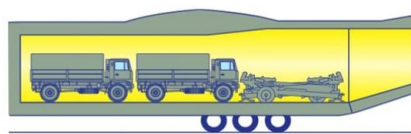
Μέχρι τον Απρίλιο του 2011, είχαν πραγματοποιηθεί συνολικά 1.400 ώρες πτήσεων και πάνω από 450 πτήσεις. Τον Μάιο του 2011, ο κινητήρας EPI TP400-D6 του A400M έλαβε πιστοποίηση από τον EASA (European Aviation Safety Agency). Έως τον Σεπτέμβριο του 2011, οι συνολικές ώρες πτήσεων έφτασαν τις 2.100 ώρες και οι πτήσεις τις 684. Τελικά, το A400M έλαβε την πιστοποίηση τύπου από τον EASA στις 14 Μαρτίου του 2013.

1.1.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά και επιδόσεις

Το μεγάλο μειονέκτημα των παλαιότερων στρατιωτικών αεροσκαφών είναι ότι ενώ είχαν καλές στρατηγικές επιδόσεις, δεν είχαν την ικανότητα φόρτωσης μεγάλου βάρους λόγω του μικρού φορτίου των αεροσκαφών.

Το A400M υπερέχει από τα αεροσκάφη προηγούμενης γενιάς σε μέγεθος, τεχνολογία, προσαρμοστικότητα και έχει σχεδιαστεί για να καλύπτει και τις μελλοντικές απαιτήσεις. Εξαιτίας των καλών στρατηγικών επιδόσεών του και της δυνατότητας μεταφοράς πολύ μεγάλων φορτίων σε μεγάλες αποστάσεις, το A400M συμπληρώνει το σημερινό κενό δυσλειτουργικότητας και στρατηγικής ικανότητας. Το φορτίο του έχει ένα εσωτερικό εύρος πλάτους 4 μέτρων, ύψος μέχρι και 4 μέτρα, και χρησιμοποιήσιμο μήκος 17,70 μέτρα.

Έχει μέγιστο ωφέλιμο φορτίο έως 37 τόνους και όγκο 340 τετραγωνικών μέτρων, γεγονός που το καθιστά ικανό να μεταφέρει πολυάριθμα φορτία, τα οποία αδυνατούν να μεταφέρουν τα προηγούμενης γενιάς τακτικά αεροσκάφη. Τα φορτία μπορεί να είναι ανθρώπινο δυναμικό ή βαριά οχήματα όπως φορτηγά και ελικόπτερα. Για παράδειγμα μπορεί να φιλοξενήσει έως 116 πλήρως εξοπλισμένους στρατιώτες ή αλεξιπτωτιστές. Μπορεί επίσης, να μεταφέρει ένα σκάφος διάσωσης ή μεγάλες ανυψωτικές συσκευές, όπως εκσκαφείς ή κινητούς γεραμούς που χρειάζονται για βοήθεια σε περιοχές που έχουν πληγεί από (φυσικές) καταστροφές.



Δύο φορτηγά 5 τόνων και δύο όπλα των 105 mm



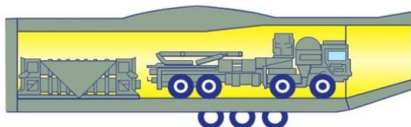
Έξι οχήματα τύπου Land Rover με τρέιλερ



Τρία τεθωρακισμένα μεταφορικά M113



Όχημα με φορτίο-τρέιλερ 25 τόνων



Όχημα με σύστημα πυραύλων



Εκσκαφέας και όχημα συλλογής-μεταφοράς σπορριμμάτων



Δύο επιθετικά ελικόπτερα

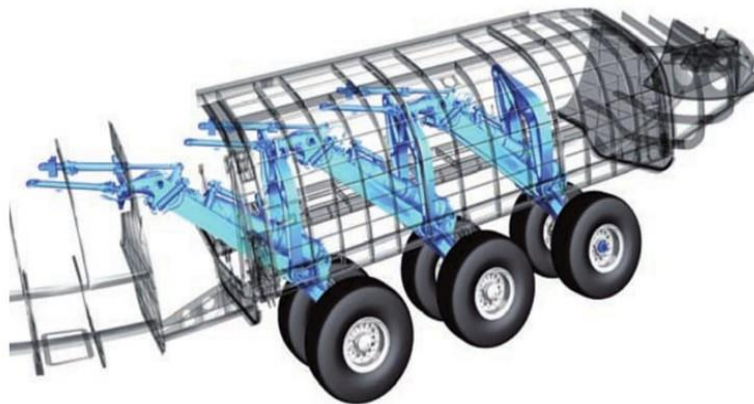


Κινητός γεραμός

Εικόνα 1.1 Αριστερά φαίνεται το πιθανό φορτίο που μπορεί να έχει το A400M σε περίπτωση στρατιωτικών επεμβάσεων και δεξιά σε περίπτωση

Επιπρόσθετα, ένα άλλο πλεονέκτημα του A400M είναι το εξαιρετικό σύστημα προσγείωσης του, το οποίο είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί αποτελεσματικά σε ομαλά, ανώμαλα και ανομοιόμορφα εδάφη, σε μικρούς διαδρόμους, περιορισμένο χώρο για στάθμευση ή ελιγμούς και χωρίς εγκαταστάσεις προσγείωσης/απογείωσης. Δηλαδή σε συνθήκες που θα δυσκόλευαν οποιοδήποτε τακτικό μεταγωγικό αεροσκάφος. Το A400M είναι ικανό να προσγειωθεί και να απογειωθεί από οποιοδήποτε μικρού μήκους, μαλακό ή και σκληρό διάδρομο, που δεν υπερβαίνει τα 750 μέτρα, ενώ μεταφέρει έως και 25 τόνους ωφέλιμου φορτίου και με αρκετό καύσιμο για ταξίδι 930 χιλιομέτρων με επιστροφή.

Ακόμα, χάρη στους τέσσερις κινητήρες EuroProp International (EPI) TP 400 το A400M έχει τη δυνατότητα να πετάει αποστάσεις πάνω από 4.800 nm / 8.900 km, σε υψόμετρο έως 37.000 πόδια (11.300 m) και με ταχύτητα μέχρι 0,72 Mach. Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις μπορεί να πετάξει έως και τα 40.000 πόδια. Η δυνατότητα του A400M να πετάει με μεγάλη ταχύτητα και σε μεγάλο υψόμετρο, το καθιστά ικανό να ανταποκρίνεται γρήγορα σε περιπτώσεις κρίσεων, αφού μέσα σε διάστημα μίας μέρας μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις. Επιπρόσθετα, καθώς μπορεί να πετάξει ψηλότερα, μπορεί να ταξιδέψει πάνω από τυχόν κακές καιρικές συνθήκες και πιθανές αναταράξεις που συναντώνται στα μεσαία υψόμετρα και να διατηρήσει σχετικά άνετες συνθήκες πτήσης για τους επιβάτες. (Wikipedia, 2018)

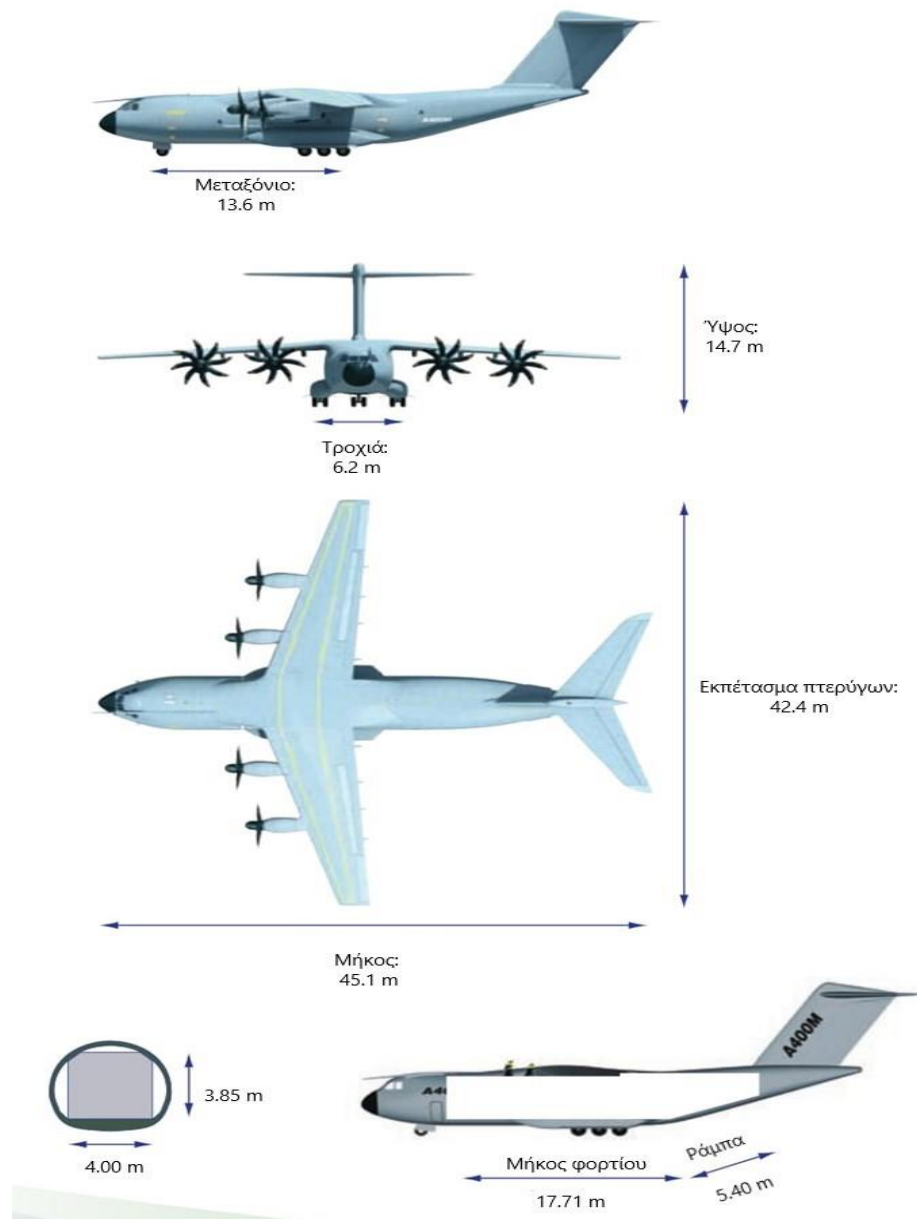


Εικόνα 1.2 Σύστημα προσγείωσης του Airbus A400M. Φαίνονται τα 3 ζεύγη τροχών τα οποία προσφέρουν ομαλή οδήγηση σε ανώμαλα ή ανομοιογενή εδάφη και κατανέμουν ομοιόμορφα το βάρος του φορτίου στη

Τέλος στους παρακάτω δύο πίνακες αναφέρονται συγκεντρωτικά όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι επιδόσεις του Airbus A400M Atlas.

Τεχνικά χαρακτηριστικά	
Πλήρωμα	3 ή 4 (2 χειριστές, 3ος προαιρετικά, 1 υπεύθυνος φορτώσεων)
Χωρητικότητα	37.000 kg <ul style="list-style-type: none"> • 116 πλήρως εξοπλισμένοι στρατιώτες/αλεξιπτωτιστές • Περισσότερα από 66 φορεία συνοδευόμενα από 25 άτομα ιατρικό προσωπικό
Θάλαμος φορτίου	Μήκος 17,71 m x Πλάτος 4 m x Ύψος 3,85 m
Μήκος	45,1 m
Εκπέτασμα πτερύγων	42,4 m
Ύψος	14,7 m
Κενό βάρος	76.500 kg
Μεικτό βάρος	120.000 kg
Μέγιστο βάρος απογείωσης	141.000 kg
Μέγιστο βάρος προσγείωσης	122.000 kg
Χωρητικότητα καυσίμων	50.500 kg
Κινητήρες	4 x Europrop TP400-D6 turboprop, 8.250kW (11.060hp) το καθένα

Επιδόσεις	
Μέγιστη ταχύτητα	781 km/h (Mach 0.68-0.72)
Επιχειρησιακή εμβέλεια	<ul style="list-style-type: none"> • 3.298 χιλιόμετρα (2.049 μί, 1.781 ναυτικά μίλια) με μέγιστο φορτίο • 30 τόνους ωφέλιμο φορτίο: 4.540 χιλιόμετρα (2.450 ναυτικά μίλια) • 20 τόνους ωφέλιμο φορτίο: 6.390 χιλιόμετρα (3.450 ναυτικά μίλια)
Εμβέλεια	8.710 km
Ανώτατο υψόμετρο	12.200 m (40.000 ft)
Απόσταση απογείωσης	980 m (βάρος αεροσκάφους 100 τόνους, μαλακός διάδρομος, στο επίπεδο της θάλασσας)
Απόσταση προσγείωσης	770 m (όπως παραπάνω)



Εικόνα 1.3 Διάφορες διαστάσεις για το Airbus A400M Atlas

1.2 LOCKHEED MARTIN F-22 RAPTOR

Το F22 Raptor είναι ένα μαχητικό αεροσκάφος 5ης γενιάς το οποίο κατασκευάστηκε για λογαριασμό της Αμερικάνικης Πολεμικής Αεροπορίας από την εταιρεία Lockheed Martin , σε συνεργασία με την Boeing. Η κύρια αποστολή του είναι επίτευξη υπεροχής στον εναέριο χώρο , ωστόσο μπορεί να συνεισφέρει σε επιθέσεις εδάφους , ηλεκτρονικό πόλεμο και κατασκοπία.

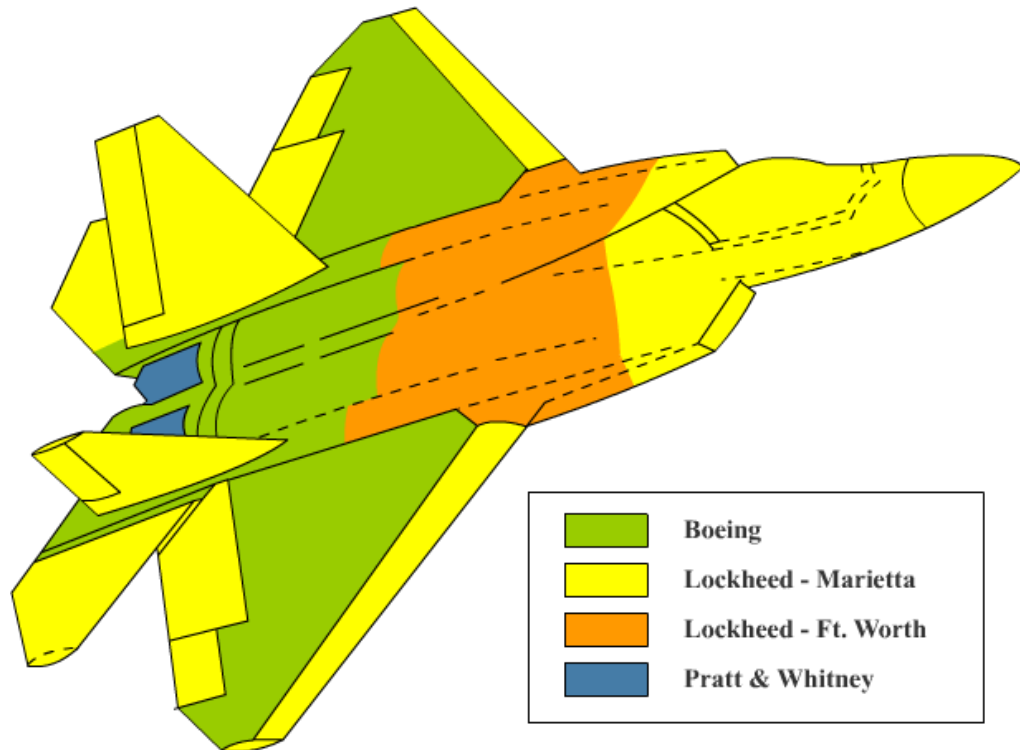
1.2.1 Ιστορία

Στις αρχές του 80' η Αμερικανική Πολεμική Αεροπορία ζήτησε, μέσω του προγράμματος ATF ,την κατασκευή ενός νέου μαχητικού αεροσκάφους το οποίο θα αντικαθιστούσε τα F-15 Eagle και F-16 Fighting Falcon και θα αποτελούσε την “απάντηση” στα υπό εξέλιξη τότε Σοβιετικά μαχητικά Su-27 και Mig-29. Στο νέο αυτό αεροσκάφος θα έβρισκαν εφαρμογή όλες οι νέες τεχνολογίες στον τομέα της αεροναυπηγικής όπως συνθετικά υλικά, ελαφρότερα κράματα αλουμινίου , εξελιγμένο σύστημα ελέγχου πτήσης , δυνατότερους προωθητήρες και τεχνολογία stealth. Η υποβολή προτάσεων ξεκίνησε τον Ιούλιο του 1986 και στις 31 Οκτωβρίου 1986 επελέγησαν δύο κοινοπραξίες εταιριών, η Lockheed / Boeing / General Dynamics και η Northrop / McDonnell Douglas , για να κατασκευάσουν μέσα σε διάστημα 50 μηνών, δύο πρωτότυπα προς επίδειξη, το YF-22 και το YF-23 .

Κάθε ομάδα κατασκεύασε δύο μοντέλα με διαφορετικούς κινητήρες το καθένα. Η ομάδα που συμμετείχε η Lockheed , εξόπλισε με ακροφύσια κατευθυνόμενης ώσης το YF-22 με σκοπό την αυξημένη ευκινησία στις αερομαχίες. Λόγο του συνεχώς αυξανόμενου κόστους του προγράμματος ATF ,κατά τη διάρκεια της εξέλιξης, κάποιες από τις αρχικές απαιτήσεις έπαψαν να ισχύουν. Τα πλευρικά ραντάρ καταργήθηκαν, και το σύστημαIRST αρχικά υποβαθμίστηκε από πολύχρωμο σε μονόχρωμο , και τελικά καταργήθηκε και αυτό. Ωστόσο, διατηρήθηκαν οι υποδομές και οι ψυκτικές διατάξεις με σκοπό να μπορούν να προστεθούν τα κατηρημένα στοιχεία στο μέλλον. Το εκτοξευόμενο κάθισμα, ενώ είχε ζητηθεί να σχεδιασθεί από το μηδέν, τελικώς χρησιμοποιήθηκε το υπάρχον μοντέλο McDonnell Douglas ACES II.

Μετά την δοκιμαστική πτήση και την πιστοποίηση των πρωτοτύπων , στις 23 Απριλίου του 1991 , ο Γενικός Γραμματέας της Αμερικάνικης Πολεμικής Αεροπορίας , Donald Rice ,

ανακοίνωσε ότι νικητής του διαγωνισμού ήταν το YF-22. Το μοντέλο YF-23 θεωρούνταν γρηγορότερο και περισσότερο απαρατήρητο ενώ το YF-22 ήταν πιο ευέλικτο.



Εικόνα 1.4 Οι διαφορετικοί κατασκευαστές του F-22

1.2.2 Παραγωγή και Προμήθεια

Η Lockheed Martin Aeronautics, ως κύριος εργολάβος, κατασκεύασε το μεγαλύτερο μέρος του σκελετού του αεροσκάφους και και πραγματοποίησε την τελική συναρμολόγηση στην βάση Dobbins Air Reserve στη Marietta της Τζόρτζια. Ο εταίρος του προγράμματος Boeing Defense, Space & Security παρείχε πρόσθετα εξαρτήματα του αεροσκάφους, καθώς και συστήματα ενοποίησης και εκπαίδευσης αεροηλεκτρονικών. Η παραγωγή του F-22 διαμοιράστηκε σε υπεργολάβους σε 46 πολιτείες για να αυξηθεί η υποστήριξη του Κογκρέσου, αν και αυτή η κίνηση μπορεί να συνέβαλε στην αύξηση του κόστους και των καθυστερήσεων. Πολλές δυνατότητες του αεροσκάφους προχώρησαν στην παραγωγή, αλλά παρέμειναν διαθέσιμες για αναβάθμιση στο μέλλον, μειώνοντας έτσι το αρχικό κόστος αλλά αυξάνοντας το συνολικό κόστος του προγράμματος. Η παραγωγή υποστηρίχθηκε από περισσότερους από 1.000 υπεργολάβους και προμηθευτές και έως 95.000 θέσεις εργασίας.

Το F-22 είχε πολλές αλλαγές στον σχεδιασμό από το YF-22. Η γωνία σάρωσης της πρόσθιας ακμής μειώθηκε από 48 ° σε 42 °, ενώ οι κατακόρυφοι σταθεροποιητές μετατοπίστηκαν προς τα πίσω και μειώθηκε η επιφάνεια τους κατά 20%. Για να βελτιωθεί η ορατότητα του πιλότου, ο θόλος κινήθηκε προς τα εμπρός κατά 7 ίντσες (18 cm), και η εισαγωγή του κινητήρα μετατοπίστηκε προς τα πίσω κατά 14 ίντσες (36 cm). Τα σχήματα των φτερών και των σταθεροποιητικών άκρων επανασχεδιάστηκαν για να βελτιωθεί η αεροδυναμική, η αντοχή και τα χαρακτηριστικά stealth. Η αύξηση του βάρους κατά την εξέλιξη προκάλεσε ελαφρές μειώσεις στην εμβέλεια και την αεροδυναμική απόδοση. Το πρώτο F-22, παρουσιάστηκε στην Μαριέτα της Τζόρτζια, στις 9 Απριλίου του 1997, και πέταξε για πρώτη φορά στις 7 Σεπτεμβρίου του 1997. Το 2006, η ομάδα εξέλιξης του Raptor, η οποία αποτελούταν από περισσότερους από 1000 εργολάβους και την Αμερικάνικη Πολεμική Αεροπορία, νίκησε το κύπελλο Collier, ένα βραβείο με το μεγαλύτερο κύρος στον τομέα της Αμερικάνικης Αεροπορίας. Το F-22 ήταν στην παραγωγή για 15 χρόνια, με ρυθμό περίπου δύο αεροσκάφη τον μήνα, την περίοδο με την μέγιστη παραγωγή.

Αρχικά είχε προγραμματιστεί η παραγγελία 750 αεροσκαφών με κόστος 26.2 δισεκατομμυρίων δολαρίων, με την παραγωγή να ξεκινάει το 1994. Το 1990 η επιθεώρηση του Major Aircraft Review, με αρχηγό τον Dick Cheney, μείωσε τον αριθμό της παραγγελίας σε 648 αεροσκάφη και μετέθεσε την έναρξη παραγωγής για το 1996. Το 1997, η οικονομική ανισορροπία οδήγησε μείωση του αριθμού σε 339, ο οποίος μειώθηκε ξανά το 2003 σε 277. Το 2004, το Υπουργείο Αμύνης, μείωσε περαιτέρω τον αριθμό των F22 σε 183, παρά το αίτημα της USAF για 381. Το 2006, εφαρμόστηκε ένα πολυετές σχέδιο προμηθειών για εξοικονόμηση 15 δισεκατομμυρίων δολαρίων, αλλά οδήγησε σε αύξηση του κόστους κάθε αεροσκάφους. Εκείνο το έτος το συνολικό κόστος του προγράμματος αναμενόταν να είναι 62 δισεκατομμύρια δολάρια για 183 F-22 που διανεμήθηκαν σε επτά μαχητικές μοίρες. Το 2007, η Lockheed Martin υπέγραψε σύμβαση ύψους 7,3 δισεκατομμυρίων δολαρίων για την αύξηση της παραγγελίας σε 183 μονάδες παραγωγής F-22 και επέκταση της κατασκευής έως το 2011.

1.2.3 Απαγόρευση εξαγωγών

Το F-22 δεν μπορεί να εξαχθεί σύμφωνα με την αμερικανική ομοσπονδιακή νομοθεσία για την προστασία της τεχνολογίας μυστικότητας (stealth) και άλλων χαρακτηριστικών υψηλής

τεχνολογίας. Οι πελάτες που θέλουν να αποκτήσουν αμερικάνικα αεροσκάφη στρέφονται σε παλαιότερα σχέδια όπως το F-15 Eagle και το F-16 Fighting Falcon ή το νεότερο F-35 Lightning II , το οποίο περιέχει τεχνολογία από το F-22 αλλά σχεδιάστηκε για να είναι φθηνότερο, πιο ευέλικτο και διαθέσιμο για εξαγωγή. Το Σεπτέμβριο του 2006, το Κογκρέσο επιβεβαίωσε την απαγόρευση των πωλήσεων F-22 στο εξωτερικό. Παρά την απαγόρευση, το νομοσχέδιο έγκρισης για την άμυνα του 2010 περιελάμβανε διατάξεις που απαιτούσαν από το Υπουργείο Αμύνης να εκπονήσει έκθεση σχετικά με το κόστος και τη σκοπιμότητα μιας παραλλαγής εξαγωγής του F-22 και μια άλλη έκθεση σχετικά με τις επιπτώσεις των εξαγωγών F-22 στις αεροδιαστημικές βιομηχανίες των ΗΠΑ .

Ορισμένοι Αυστραλοί πολιτικοί και σχολιαστές πρότειναν ότι η Αυστραλία θα πρέπει να επιχειρήσει να αγοράσει τα F-22 αντί των σχεδιαζόμενων F-35 επικαλούμενοι τις γνωστές δυνατότητες του F-22 και τις καθυστερήσεις και αναπτυξιακές αβεβαιότητες του F-35. Ωστόσο, η Βασιλική Αυστραλιανή Πολεμική Αεροπορία (RAAF) διαπίστωσε ότι το F-22 δεν μπορούσε να συναγωνιστεί την ικανότητα του F-35 στην μάχη σώμα με σώμα και την εκτελεστική του ικανότητα. Η ιαπωνική κυβέρνηση έδειξε επίσης ενδιαφέρον για το F-22. Η Πολεμική Αεροπορία της Ιαπωνίας (JASDF) θα απαιτούσε λιγότερα μαχητικά για την αποστολή της εάν έλαβε το F-22, μειώνοντας έτσι το μηχανικό κόστος και το κόστος προσωπικού. Ωστόσο, το 2009 αναφέρθηκε ότι η απόκτηση του F-22 θα απαιτούσε αύξηση του αμυντικού προϋπολογισμού πέραν του ιστορικού 1% του ΑΕΠ Με το τέλος της παραγωγής του F-22, η Ιαπωνία επέλεξε το F-35 το Δεκέμβριο του 2011. Το Ισραήλ εξέφρασε επίσης ενδιαφέρον, αλλά τελικά επέλεξε το F-35 λόγω τιμής και μη διαθεσιμότητας του F-22.

1.2.4 Τερματισμός Παραγωγής

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 2000, η ανάγκη για F-22 αμφισβητήθηκε λόγω της αύξησης του κόστους και της έλλειψης συναφών ανταγωνιστών. Το 2006, ο Γενικός Διευθυντής των Ηνωμένων Πολιτειών, David Walker, διαπίστωσε ότι "Το Υπουργείο Αμύνης δεν έχει καταδείξει την ανάγκη" για παραπάνω επενδύσεις στο F-22 και η περαιτέρω εναντίωση στο πρόγραμμα εκφράστηκε από τον Υπουργό Άμυνας Donald Rumsfeld , τον υπουργό Άμυνας Gordon R. England , τον γερουσιαστή John McCain και τον πρόεδρο της Επιτροπής Γερουσίας των ΗΠΑ για τις ένοπλες δυνάμεις , γερουσιαστή John Warner . Το πρόγραμμα F-22 έχασε

υποστηρικτές με σημαντική επιρροή το 2008 μετά τις αναγκαστικές παραιτήσεις του Γραμματέα της Πολεμικής Αεροπορίας Michael Wynne και του αρχηγού του προσωπικού του Γενικού Επιτελείου Πολεμικού Αεροπορίας T. Michael Moseley . Ωστόσο, το 2008, το Κογκρέσο ενέκρινε νομοσχέδιο για τις αμυντικές δαπάνες για τη χρηματοδότηση της συνεχούς παραγωγής του F-22 και το Πεντάγωνο εξέδωσε 50 εκατομμύρια δολάρια από τα 140 εκατομμύρια δολάρια για τέσσερα επιπλέον αεροσκάφη, αυξάνοντας τις συνολικές παραγγελίες για αεροσκάφη παραγωγής στα 187 και αφήνοντας το πρόγραμμα στα χέρια της επόμενης διοίκησης.

Τον Νοέμβριο του 2008, ο Υπουργός Άμυνας Robert Gates δήλωσε ότι το Raptor δεν είχε θέση σε συγκρούσεις μετά το Ψυχρό Πόλεμο όπως στο Ιράκ και το Αφγανιστάν και τον Απρίλιο του 2009, υπό τη νέα κυβέρνηση Ομπάμα , ζήτησε να τερματιστεί η παραγωγή F-22 το οικονομικό έτος 2011, αφήνοντας το USAF με 187 αεροσκάφη παραγωγής. Τον Ιούλιο, ο στρατηγός James Cartwright , Αντιπρόεδρος των Μικτών Αρχηγών Προσωπικού , δήλωσε στην Επιτροπή Γερουσίας για τις Ένοπλες Δυνάμεις τους λόγους για τους οποίους υποστήριξε τον τερματισμό της παραγωγής F-22. Περιλάμβαναν μετατοπίσεις πόρων στο multirole F-35 για να επιτρέψουν την εξάπλωση μαχητικών πέμπτης γενιάς για τρεις κλάδους υπηρεσιών και τη διατήρηση της γραμμής παραγωγής F / A-18 για να διατηρήσουν τις δυνατότητες ηλεκτρονικού πολέμου (EW) του στρατού στο Boeing EA-18G Growler . Ζητήματα σχετικά με την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα του F-22 δημιούργησαν επίσης ανησυχίες. Αφού ο Πρόεδρος Obama απείλησε να ασκήσει βέτο σε περαιτέρω παραγωγή, η Γερουσία ψήφισε τον Ιούλιο του 2009 υπέρ του τερματισμού της παραγωγής και το Σώμα συμφώνησε στη συνέχεια να συμμορφωθεί με το όριο παραγωγής 187 αεροσκαφών. Ο Gates δήλωσε ότι η απόφαση ελήφθη υπό το πρίσμα των δυνατοτήτων του F-35 και το 2010 καθόρισε την απαίτηση για F-22 σε 187 αεροσκάφη μειώνοντας τον αριθμό των μεγάλων περιφερειακών συγκρούσεων από δύο σε ένα.

Το 2010, η USAF ξεκίνησε μια μελέτη για να καθορίσει το κόστος διατήρησης των εργαλείων συντήρησης του F-22 για ένα μελλοντικό πρόγραμμα επέκτασης ζωής (SLEP). Ένα έγγραφο της RAND Corporation από τη μελέτη αυτή εκτίμησε ότι η επανεκκίνηση της παραγωγής και η κατασκευή επιπλέον 75 F-22 θα κόστιζε 17 δισεκατομμύρια δολάρια, δηλαδή

227 εκατομμύρια δολάρια ανά αεροσκάφος, ή 54 εκατομμύρια δολάρια υψηλότερα από το κόστος πετάγματος Lockheed Martin δήλωσε ότι η μόνο η επανεκκίνηση της ίδιας της γραμμής παραγωγής θα κοστίσει περίπου 200 εκατομμύρια δολάρια. Τα εργαλεία παραγωγής θα αποτυπώνονταν σε εικονογραφημένα ηλεκτρονικά εγχειρίδια που θα αποθηκεύονταν στο Sierra Army Depot . Τα αποθηκευμένα εργαλεία θα χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή πρόσθετων εξαρτημάτων.

1.2.5 Σχεδιασμός

Το F-22 Raptor είναι ένα 5ης γενιάς μαχητικό που θεωρείται 4ης γενιάς όσον αφορά την τεχνολογία stealth, από τον USAF. Είναι το πρώτο επιχειρησιακό αεροσκάφος που συνδυάζει τεχνολογίες supercruise, supermaneuverability, stealth και σύντηξη των αισθητήρων σε μια ενιαία πλατφόρμα όπλων. Το Raptor έχει φτερά Delta με ανάποδη κλίση στο πίσω μέρος , ουρά αποτελούμενη από τέσσερα πτερύγια και ανακλινόμενο τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης. Οι επιφάνειες ελέγχου πτήσης του αεροπλάνου συντελούνται από πτερύγια καμπυλότητας, πριονωτά χείλη προσβολής, πηδάκια κλίσης και πηδάκια διεύθυνσης στους κεκλυμένους κάθετους σταθεροποιητές. Οι επιφάνειες αυτές λειτουργούν και ως φρένα.

Οι διπλοί κινητήρες Pratt & Whitney F119-PW-100 turbofan μετακαύσεως του αεροσκάφους βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους και ενσωματώνουν ακροφύσια κατευθυνόμενης ώσης, δύο αξόνων, με εύρος ± 20 μοίρες. Κάθε κινητήρας έχει μέγιστη ώση στην κατηγορία των 35.000 lbf (156 kN). Ο λόγος ώσης-βάρους του F-22 είναι σχεδόν 1 στη μέγιστη στρατιωτική ισχύ και 1,25 σε πλήρη μετάκαυση. Η μέγιστη ταχύτητα εκτιμάται ότι είναι 1,82 Mach σε λειτουργία supercruise και μεγαλύτερη από Mach 2 σε λειτουργία μετάκαυσης.

Το F-22 είναι ένα από τα λίγα αεροσκάφη που έχουν χρησιμοποιούν τεχνολογία supercruise ή να πραγματοποιήσουν υπερηχητική πτήση χωρίς να χρησιμοποιούν μετακαυστήρες. Μπορεί να παρεμποδίσει στόχους στους οποίους τα υποηχητικά αεροσκάφη δεν θα είχαν την ταχύτητα να ακολουθήσουν και ένα αεροσκάφος που εξαρτάται από τους μετακαυστήρες θα στερείται του καυσίμου για να το φτάσει. Το υψηλό λειτουργικό υψόμετρο του Raptor είναι επίσης ένα σημαντικό τακτικό πλεονέκτημα έναντι των προηγούμενων μαχητικών. Η χρήση εσωτερικών θυρίδων για όπλα επιτρέπει στο αεροσκάφος να διατηρεί συγκριτικά υψηλότερες επιδόσεις σε σχέση με τα περισσότερα μαχητικά που έχουν

διαμορφωθεί για μάχη λόγω έλλειψης αεροδυναμικής έλξης από εξωτερικά καταστήματα. Η δομή του F-22 περιέχει μια σημαντική ποσότητα υλικών υψηλής αντοχής για να αντέξει την καταπόνηση και τη θερμικά φορτία που αποφέρει η παρατεταμένη υπερηχητική πτήση. Αντίστοιχα, τα κράματα τιτανίου και τα σύνθετα υλικά αποτελούν το 39% και το 24% του δομικού βάρους του αεροσκάφους.

Το F-22 είναι εξαιρετικά ευέλικτο τόσο στις υπερηχητικές όσο και στις υποηχητικές ταχύτητες. Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου πτήσης και ο πλήρης ψηφιακός έλεγχος κινητήρα (FADEC) καθιστούν το αεροσκάφος εξαιρετικά ευσταθές και ελέγξιμο. Η ευελιξία του Raptor και οι ισχυροί κινητήρες ώσης επιτρέπουν στο αεροσκάφος να στρίβει απότομα και να εκτελεί ελιγμούς με πολύ μεγάλο άλφα (γωνίας επίθεσης), όπως ο ελιγμός του Herbst (J-turn) και Pugachev's Cobra.

Η αεροδυναμική επίδοση του Raptor, η σύντηξη των αισθητήρων και η τεχνολογία stealth συνεργάζονται για αυξημένη αποτελεσματικότητα. Το ύψος, η ταχύτητα και οι προηγμένοι ενεργητικοί και παθητικοί αισθητήρες επιτρέπουν στο αεροσκάφος να εντοπίζει στόχους σε σημαντικές εμβέλειες και να αυξάνει το εύρος των όπλων. Το υψηλό λειτουργικό υψόμετρο και η ταχύτητα ενισχύουν επίσης την ικανότητα ενός αεροσκάφους stealth, όπως το F-22, να αυξάνει την επιβιωσιμότητά του αεροσκάφους ενάντια σε επίγεια άμυνα, όπως βλήματα εδάφους-αέρος. (Pace, 1999), (Wikipedia, 2018)



Εικόνα 1.5 Lockheed Martin F-22 Raptor

1.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ

Ως σύστημα προσγείωσης ενός αεροσκάφους ορίζεται η μηχανική διάταξη που λειτουργεί μέσω ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων -στα αεροσκάφη με ανασυρόμενα σκέλη- η οποία εξασφαλίζει στο αεροσκάφος μια ασφαλή προσγείωση. Το σύστημα αυτό πέρα από τη χρησιμότητά του στη φάση της προσγείωσης, χρησιμεύει τόσο στην απογείωση όσο και στην συγκράτηση του αεροσκάφους σε ένα συγκεκριμένο χώρο.

Κύριος σκοπός του συστήματος προσγείωσης είναι:

- Η απορρόφηση της κρουστικής ενέργειας του αεροσκάφους κατά την προσγείωση.
- Η απορρόφηση της κινητικής ενέργειας του αεροσκάφους από το σύστημα πέδησης, που είναι εγκατεστημένο πάνω στο σύστημα προσγείωσης.
- Η πηδαλιούχηση του αεροσκάφους στη φάση της προσγείωσης και της τροχοδρόμησης.
- Η παρεμπόδιση και αποφυγή ολίσθησης των ελαστικών του αεροσκάφους σε συνεργασία με το σύστημα αντιολίσθησης που διαθέτει.
- Η στήριξη του αεροσκάφους στο έδαφος κατά τη στάθμευση, τη ρυμούλκηση και την τροχοδρόμησή του.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι συστημάτων προσγείωσης. Επιπλέον, συνηθισμένος είναι και ο συνδυασμός περισσότερων του ενός συστημάτων προσγείωσης. Από την άλλη μεριά, δεν έχουν όλα τα αεροσκάφη σύστημα προσγείωσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τα υδροπλάνα τα οποία προσ- ή απο- θαλασώνονται μέσω της ατράκτου που έχει σχήμα καρίνας πλοίου. Για παράδειγμα, τα αμφίβια αεροσκάφη διαθέτουν σύστημα προσγείωσης που τους επιτρέπει να προσ- ή από- θαλασώνονται αλλά και επεκτάσιμους τροχούς για την απογείωση και την προσγείωση σε σκληρές επιφάνειες όπως το έδαφος.

1.3.1 Τύποι συστημάτων προσγείωσης

Τα συστήματα προσγείωσης ανάλογα με τη δυνατότητα ανάσυρσης των σκελών ή όχι διακρίνονται σε:

α) σταθερά/μη ανασυρόμενα σκέλη: είναι μόνιμα εκτεταμένα σε όλες τις φάσεις πτήσης ενός αεροσκάφους. Τα πλεονεκτήματά τους είναι το μειωμένο κόστος κατασκευής και

εγκατάστασης και η ευκολία συντήρησης. Μειονεκτούν όμως, στο ότι αυξάνουν την ολική οπισθέλκουσα του αεροσκάφους στη διάρκεια μιας πτήσης. Βρίσκουν χρήση κυρίως στα ελαφρά πολιτικά αεροσκάφη.

β) ανασυρόμενα σκέλη: τα σκέλη αυτά αμέσως μετά την απογείωση αναδιπλώνονται, ανασύρονται και φωλιάζουν σε υποδοχές που βρίσκονται είτε στην άτρακτο, είτε στις πτέρυγες, είτε στα ατρακτίδια των κινητήρων, μειώνοντας με το τρόπο αυτό την οπισθέλκουσα κατά τη διάρκεια της πτήσης. Έχουν αυξημένο βάρος κατασκευής και είναι πιο πολύπλοκα τόσο στην εγκατάσταση όσο και στη συντήρηση σε σχέση με τα σταθερά. Χρησιμοποιούνται κυρίως στα περισσότερα σύγχρονα αεροσκάφη καθώς και στα αεροσκάφη με αυξημένες επιδόσεις.



Εικόνα 1.6 Σταθερά σκέλη σε ένα U-17.

Επιπλέον, τα συστήματα προσγείωσης με βάση τη διάταξη και τη θέση τους στο αεροσκάφος διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

α) τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης με ριναίο τροχό: Η διάταξη αυτή περιλαμβάνει 2 κύρια σκέλη που είναι εγκατεστημένα πίσω από το κέντρο βάρους του αεροσκάφους και το ριναίο σκέλος μπροστά από το κέντρο βάρους. Βασικό πλεονέκτημα αυτού είναι ότι διασφαλίζει στο αεροσκάφος ευστάθεια στο έδαφος και δυνατότητα προσγείωσης με μεγάλη κλίση προς το διάδρομο. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στα περισσότερα σύγχρονα μεσαία και μεγάλα αεροσκάφη.

β) τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης με ουραίο τροχό: Το συγκεκριμένο σύστημα προσγείωσης ονομάζεται και συμβατικό επειδή χρησιμοποιήθηκε κυρίως στα πρώτα αεροσκάφη παραγωγής. Η διάταξή του περιλαμβάνει 2 κύρια σκέλη μπροστά από το κέντρο

βάρους του αεροσκάφους και έναν βοηθητικό τροχό στο ουραίο. Ο ουραίος τροχός είναι μικρός και ελαφρύς με αποτέλεσμα το συγκρότημα ουράς- τροχού να είναι σχετικά ελαφρύ και να προσδίδει το πλεονέκτημα της εξοικονόμησης βάρους στα αεροσκάφη που το έχουν. Παρόλο λοιπόν που σαν σύστημα θεωρείται απαρχαιωμένο, τα περισσότερα ελαφρά αεροσκάφη ακόμη και σήμερα χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα.

γ) δίκυκλο σύστημα προσγείωσης:

Το συγκεκριμένο σύστημα προσγείωσης χωρίζεται στις εξής υποκατηγορίες:

Δίκυκλο σύστημα με κύριο μονό σκέλος: Αποτελείται από ένα μεγάλο κύριο σκέλος και ένα μικρό βοηθητικό ουραίο σκέλος που είναι τοποθετημένα στο επίπεδο συμμετρίας του αεροσκάφους. Το κύριο μονό σκέλος έχει αρκετά απλή κατασκευή και είναι τοποθετημένο στο εμπρόσθιο τμήμα της ατράκτου. Η διάταξη αυτή έχει χρήση κυρίως στα ανεμόπτερα και γενικότερα στα υπέρ-ελαφρά αεροσκάφη. Ωστόσο, το συναντάμε και σε μερικά στρατιωτικά βομβαρδιστικά αεροσκάφη όπως τα B-47, τα B-52 και το αμερικανικό κατασκοπευτικό U-2.

Δίκυκλο σύστημα με δύο κύρια σκέλη και βοηθητικά σκέλη. Οι κύριοι τροχοί είναι τοποθετημένοι στο επίπεδο συμμετρίας του αεροσκάφους και οι βοηθητικοί κάτω από τις πτέρυγες. Τα κύρια σκέλη έχουν διπλούς τροχούς και τα βοηθητικά σκέλη παρέχουν πρόσθετη ευστάθεια κατά την τροχοδρόμηση, καθώς επίσης και ευελιξία στις πτέρυγες. Σαν διάταξη χρησιμοποιείται σε αεροσκάφη με μειωμένο μήκος ατράκτου και μεγάλο λόγο διατάματος και το κέντρο βάρους οφείλει να είναι λίγο πίσω από το μέσο της απόστασης των σκελών.

Τετράκυκλο σύστημα προσγείωσης: Ουσιαστικά αποτελεί το κλασικό δίκυκλο σύστημα προσγείωσης με βοηθητικά σκέλη με τη διαφορά ότι έχει 4 κύρια σκέλη που είναι εγκατεστημένα στην άτρακτο συμμετρικά προς το διαμήκη άξονα του αεροσκάφους. Χρησιμοποιήθηκε σε ελάχιστα αεροσκάφη, αφού το βασικό του μειονέκτημα αυτού του συστήματος προσγείωσης είναι ότι το αεροσκάφος πρέπει να προσγειώνεται και να απογειώνεται σχεδόν οριζόντια. Σαν διάταξη είναι κατάλληλη για βαριά και ογκώδη βομβαρδιστικά και μεταγωγικά αεροσκάφη.



Εικόνα 1.7 Τρίκυκλο σύστημα προσγείωσης. Αριστερά το STOL Maule MX-7-235 Super Rocket με ουραίο τροχό. Δεξιά το στρατιωτικό F-16 με ριναίο τροχό.



Εικόνα 1.8 Δίκυκλο σύστημα προσγείωσης. Αριστερά το στρατιωτικό Harrier και δεξιά το Boeing B-47 με δύο κύρια σκέλη και βοηθητικά σκέλη κάτω από τις πτέρυγες.



Εικόνα 1.9 Αριστερά το αμερικανικό Lockheed U-2 με δίκυκλο σύστημα και δεξιά το Boeing B-52 με τετράκυκλο σύστημα προσγείωσης.

ε) Σύστημα προσγείωσης με τροχοφορέα:

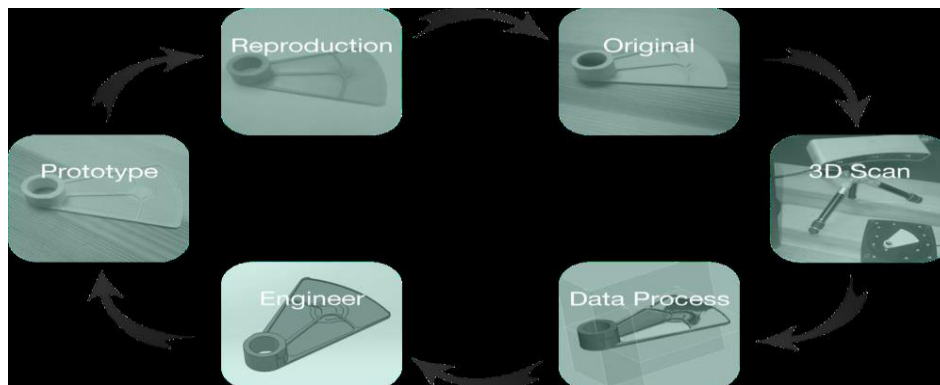
Το συγκεκριμένο σύστημα προσγείωσης αποτελεί ουσιαστικά μία παραλλαγή των προαναφερθέντων συστημάτων. Εφαρμόζεται κυρίως σε βαριά αεροσκάφη, στα οποία χρησιμοποιούνται και άλλοι τροχοί σε κάθε κύριο σκέλος. Η διάταξη αυτή λοιπόν των τροχών ονομάζεται τροχοφορέας και συνήθως έχει 4 ή περισσότερους τροχούς εν σειρά κατά ζεύγη. Το σύστημα προσγείωσης των σύγχρονων μεγάλων αεροσκαφών περιλαμβάνει 1 ριναίο σκέλος με 2 τροχούς και τροχοφορείς 4 τροχών στα κύρια σκέλη. (Β.Κοτορλός, 2016) , (Currey, 1988), (Wikipedia, 2018)



Εικόνα 1.10 Σύστημα προσγείωσης με τροχοφορέα.

1.4 REVERSE ENGINEERING

Η αντίστροφη μηχανική είναι η διαδικασία, με την οποία γίνεται προσπάθεια ανάγνωσης και ανακάλυψης των τεχνικών χαρακτηριστικών μιας συσκευής, ενός προϊόντος ή ακόμη και ενός συστήματος αναλύοντας επιμέρους στοιχεία του, όπως η δομή, η λειτουργία ή ακόμη και η απόκρισή του ως διάταξη. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται άλλες φορές για να κατασκευαστεί ένα προϊόν αντίστοιχο και εφάμιλλο αυτού, που ήδη υπάρχει αλλά δεν διαθέτουμε αρκετά στοιχεία και άλλες φορές για να συμπληρώσουμε τις γνώσεις μας με σκοπό την συντήρηση και επέκταση αυτού του προϊόντος και άλλων αντίστοιχων στην ομάδα, που περιλαμβάνεται. Ο απώτερος στόχος είναι να εξάγουμε συμπεράσματα, που δεν θα απαιτούν περαιτέρω μελέτη του υλικού για να προχωρήσουμε σε οποιαδήποτε επεκτατική ενέργεια συνδέεται με αυτό. (Κουμούσης Β., 2018)



Εικόνα 1.11 Φάσεις της αντίστροφης μηχανικής

1.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD-CAM

1.5.1 Εισαγωγή στα συστήματα CAD/CAM

Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών και της ηλεκτρονικής οδήγησε στην ανάπτυξη νέων τεχνικών σχεδίασης και παραγωγής προϊόντων. Ο αυξανόμενος ανταγωνισμός σε διεθνές επίπεδο με την παράλληλα μειωμένη διαθεσιμότητα εξειδικευμένου προσωπικού οδήγησε τις βιομηχανίες στην υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών παραμερίζοντας την παραδοσιακή προσέγγιση παραγωγής προϊόντων. Αναπόσπαστο τμήμα της σύγχρονης προσέγγισης παραγωγής προϊόντων αποτελούν τα συστήματα CAD/CAM. (Μπιλάλης & Μαραβελάκης, 2014).

CAD (Computer Aided Design σημαίνει σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ και CAM (Computer Aided Manufacturing) σημαίνει παραγωγή με τη βοήθεια Η/Υ.

Η ιστορική εξέλιξη των συστημάτων CAD και CAD/CAM συνοψίζεται στους ακόλουθους σταθμούς ορόσημα για την εξέλιξη τους:

- Η χρήση CAD/CAM ξεκίνησε τη δεκαετία του '60 από τις εταιρείες Renault, Citroen, Ford, GM και την Boeing.
- Στα τέλη της δεκαετίας του '60, αναπτύχθηκε η πρώτη εφαρμογή CAD με το όνομα Sketchpad, η οποία αποτελούσε αποτέλεσμα της διδακτορικής διατριβής του Ivan Sutherland και εκπονήθηκε στο Massachusetts Institute of Technology. Με τη χρήση μιας πέννας ήταν εφικτή η σχεδίαση απευθείας πάνω σε μια οθόνη, τα σχέδια μπορούσα ν να τροποποιηθούν και να αποθηκευτούν.
- Το 1971 η εταιρεία MCS (Dr. P. J. Hanratty) δημιούργησε το ενοποιημένο λογισμικό CAD/CAM με την εμπορική ονομασία ADAM (Automated Drafting And Machining), η γλώσσα προγραμματισμού πάνω στην οποία βασίστηκε ήταν η Fortran και αυτό επέτρεπε τη χρήση σου σε ποικίλες υπολογιστικές πλατφόρμες. Μεταγενέστερες εκδόσεις του ADAM υπήρξαν οι AD-2000 Anvil-4000.

- Το 1988 δημιουργήθηκε το λογισμικό Pro/Engineer, το πρώτο σύγχρονο σύστημα CAD/CAM βασισμένο στην παραμετρική μοντελοποίηση (Parametric Modeling Design) και στην μοντελοποίηση βασισμένη σε μορφολογικά χαρακτηριστικά (Features Base Modeling).
- Αρχές της δεκαετίας του '90 κυκλοφόρησαν οι πυρήνες στερεάς μοντελοποίησης.
- Επιπρόσθετα, τη δεκαετία του '90 επήλθε η δημιουργία mid-range συστημάτων όπως: SolidWorks, SolidEdge, TopSolid, Autodesk Inventor κ.α

Η χρήση των συστημάτων CAD/CAM έχουν κυριαρχήσει σε όλα τα είδη βιομηχανικής παραγωγής, οι κατηγορίες εφαρμογής τους μπορούν να διακριθούν στους ακόλουθους τομείς:

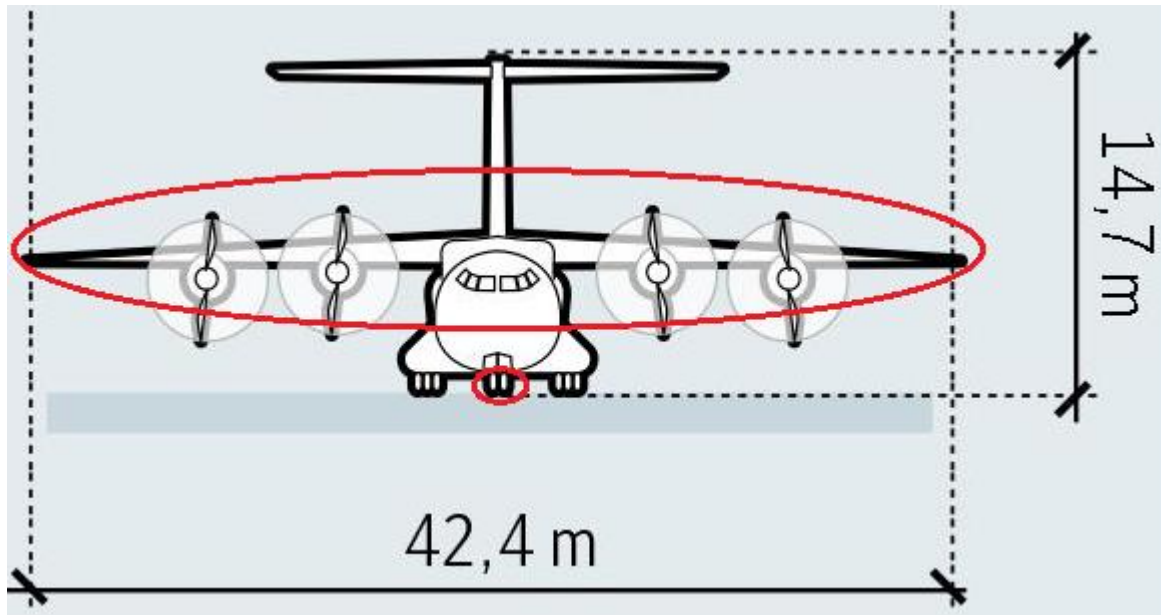
- Κατασκευαστικός τομέας: Κατασκευές ξύλου, μετάλλου, κατασκευές κτηρίων κ.α.
- Μηχανολογικές εφαρμογές: Αεροπορική βιομηχανία, αυτοκινητοβιομηχανία, κατασκευή μηχανών κ.α.
- Ηλεκτρονικές εφαρμογές: Σχεδίαση πλακετών, ηλεκτρονικά κυκλώματα, ηλεκτρολογική σχεδίαση κ.α.
- Σχεδίαση και παραγωγή επενδυμάτων, υποδημάτων κ.α.
- Ιατρικές εφαρμογές όπως οδοντιατρική, ορθοπεδική κ.α (Ντιντάκης, 2013, όπως αναφέρεται από το repository.kallipos.gr).

Η σχεδίαση κάθε νέου βιομηχανικού προϊόντος πραγματοποιείται μέσα από τη διαδικασία της σχεδιομελέτης, που περιλαμβάνει τα στάδια σχεδίασης του προϊόντος από την σύλληψη της ιδέας έως την παραγωγή του. Κατά τη διάρκεια της σχεδιομελέτης τα συστήματα CAD/CAM κατέχουν κυρίαρχο ρόλο και χρησιμοποιούνται ως εργαλείο βελτίωσης της ποιότητας των προϊόντων, της επιλογής των κατάλληλων υλικών, της μείωσης του κόστους παραγωγής που θα οδηγήσουν στην μεγιστοποίηση του οφέλους από το νέο προϊόντος τόσο για το χρήστη όσο και για τον κατασκευαστή (Lee, 1999).

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τον σχεδιασμό των εξαρτημάτων υπήρχαν φωτογραφίες και οι εξωτερικές διαστάσεις των αεροσκαφών, συμπερασματικά, τα σχέδια έχουν προσεγγιστικό χαρακτήρα.

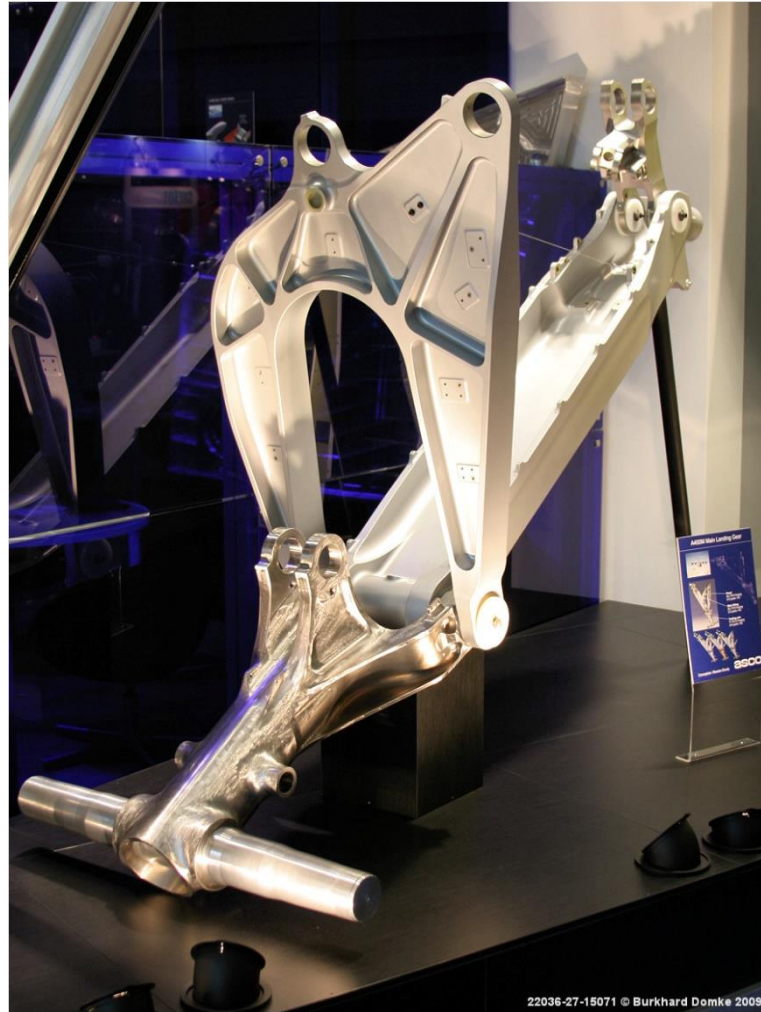
1. Αρχικά έγινε αναζήτηση για φωτογραφικό υλικό, διαστάσεις και οποιοδήποτε άλλο πρόσθετο στοιχείο. Τα πεδία αναζήτησής ήταν κυρίως το διαδίκτυο και κάποια βιβλία.
2. Οι περισσότερες φωτογραφίες απεικόνιζαν το αντικείμενο στραμμένο κατά κάποια γωνία. Αφού έγιναν μετρήσεις σε βασικές διαστάσεις του αντικειμένου και με τη βοήθεια της γεωμετρίας, έγινε ο υπολογισμός της γωνίας.
3. Στη συνέχεια χωρίστηκε κάθε εικόνα σε μικρού μεγέθους τμήματα, έτσι ώστε να γίνουν μετρήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια. Στη συνέχεια, αφού υπολογίστηκε η γωνία στρέψης του αντικειμένου από το βήμα 2, έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί και ώστε να γίνει η διαστασιολόγηση των αντικειμένων.
4. Σε φωτογραφία που απεικονίζεται ολόκληρο το αεροσκάφος, έγινε προσπάθεια να γίνει εντοπισμός το προς σχεδίαση εξάρτημα και να υπολογίσουμε το λόγο των διαστάσεών του ως προς κάποιες γνωστές διαστάσεις του αεροπλάνου, που βρήκαμε στο βήμα 1. Για παράδειγμα το πλάτος των τροχών του συστήματος προσγείωσης του αεροσκάφους A400M, είναι 40 φορές μικρότερο από το συνολικό πλάτος του αεροπλάνου. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας αυτό το λόγο, έγιναν μετατροπές τις σχετικές διαστάσεις κάθε αντικειμένου σε πραγματικές.



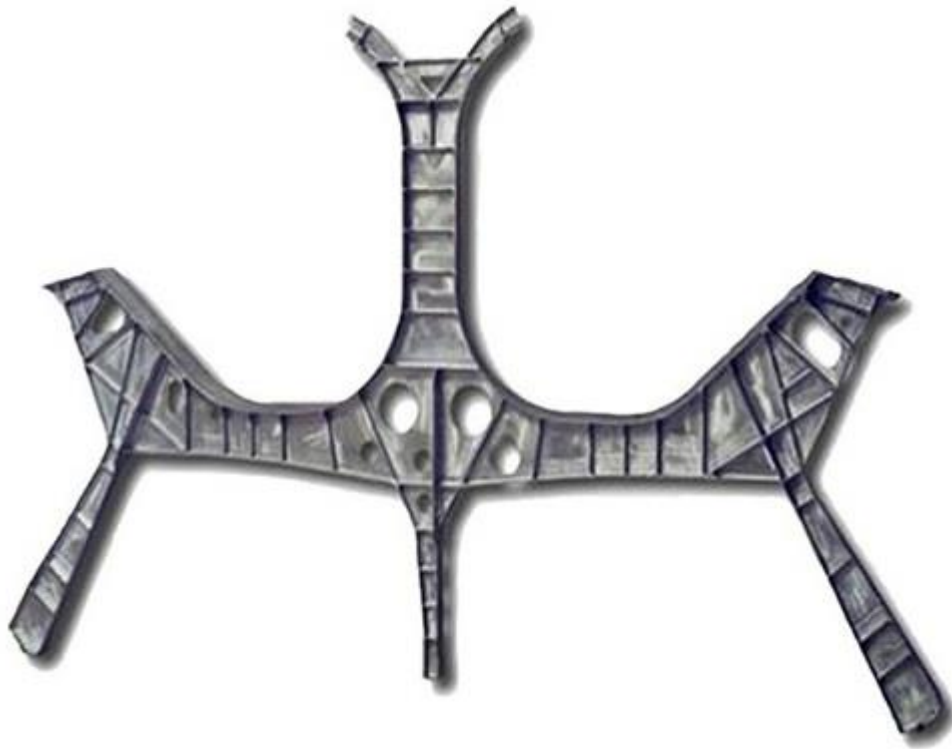
Εικόνα 2.1 Διαστάσεις αεροσκάφους AIRBUS A400M

5. Αφού έγιναν γνωστές οι περισσότερες διαστάσεις των προς σχεδίαση αντικειμένων, ξεκίνησε η μοντελοποίηση τους. Για την μοντελοποίηση των αντικειμένων έγινε χρήση του λογισμικού Autodesk Inventor Professional 2016.
6. Αρχικά έγινε μοντελοποίηση του περιγράμματος του κομματιού, και στη συνέχεια ο απαραίτητος όγκος, τα νεύρα, οι λεπτομέρειες, οι οπές και στο τέλος οι καμπυλότητες στις ακμές.

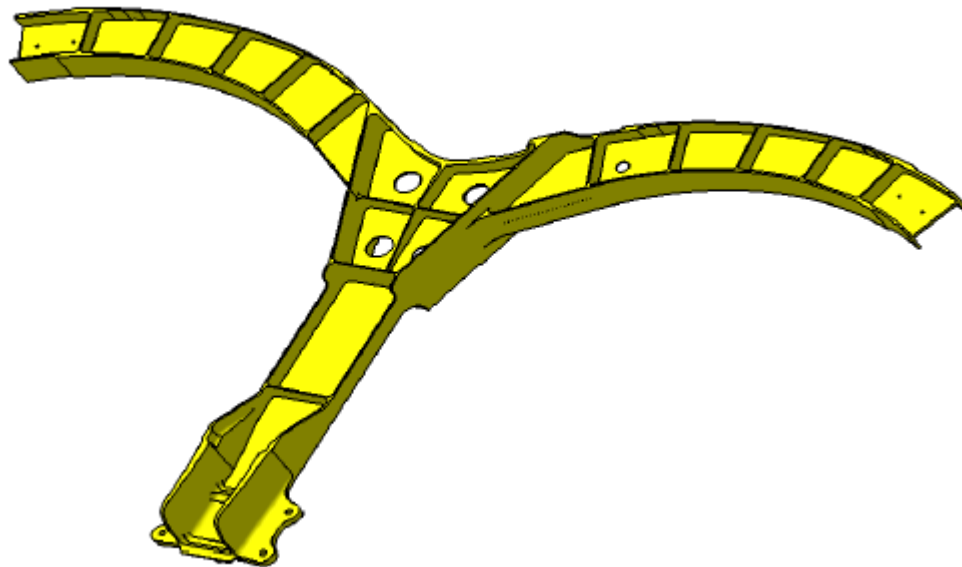
Παρακάτω παρατίθενται κάποιες φωτογραφίες από τα προς σχεδίαση εξαρτήματα.



Εικόνα 2.2 Σύστημα προσγείωσης Airbus A400M Atlas



Εικόνα 2.3 F-22 Raptor Front Bulkhead (Εμπρόσθιο διάφραγμα)

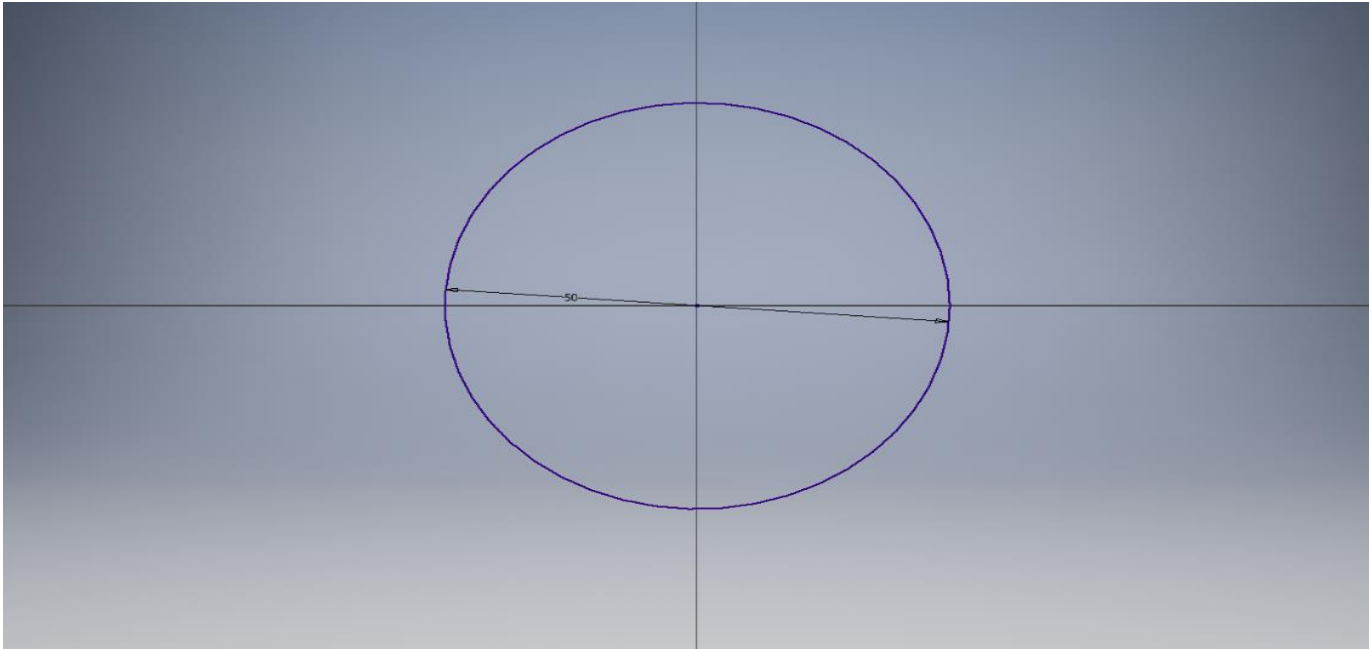


Εικόνα 2.4 F-22 Raptor Center Keel (Κεντρικό διάφραγμα)

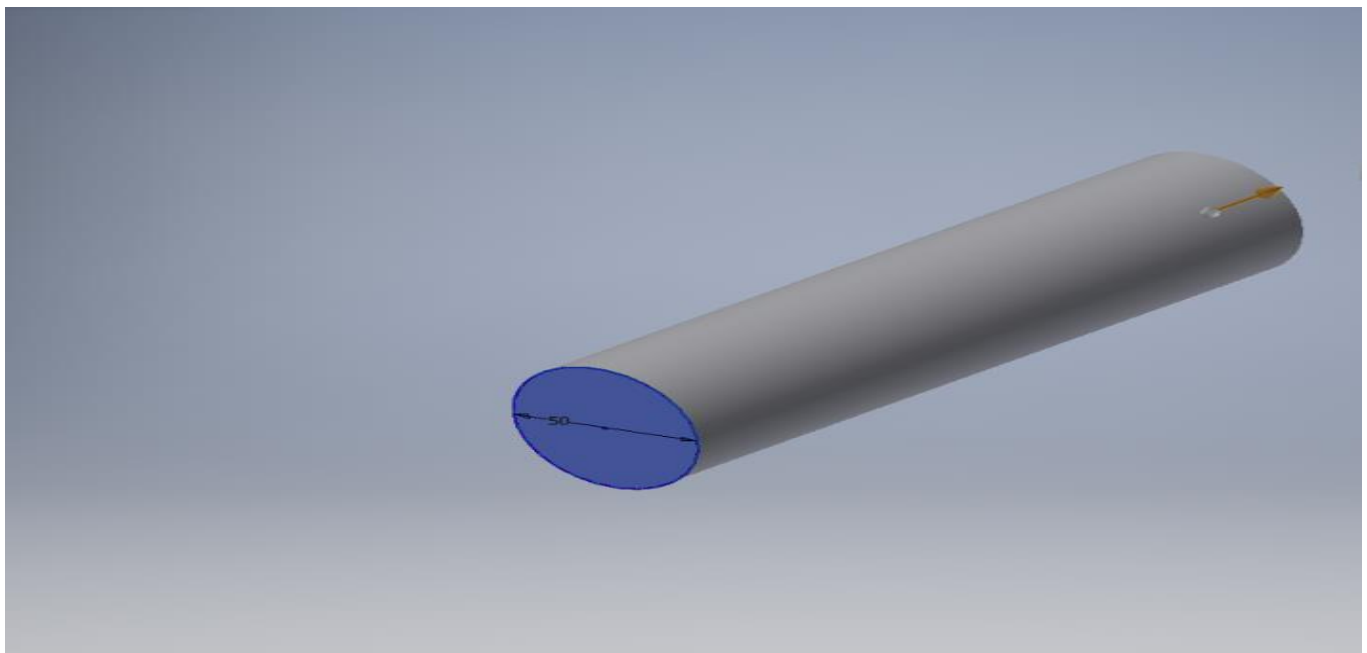
3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ

3.1 Airbus A400M Atlas - Άτρακτος τροχών - ταφ

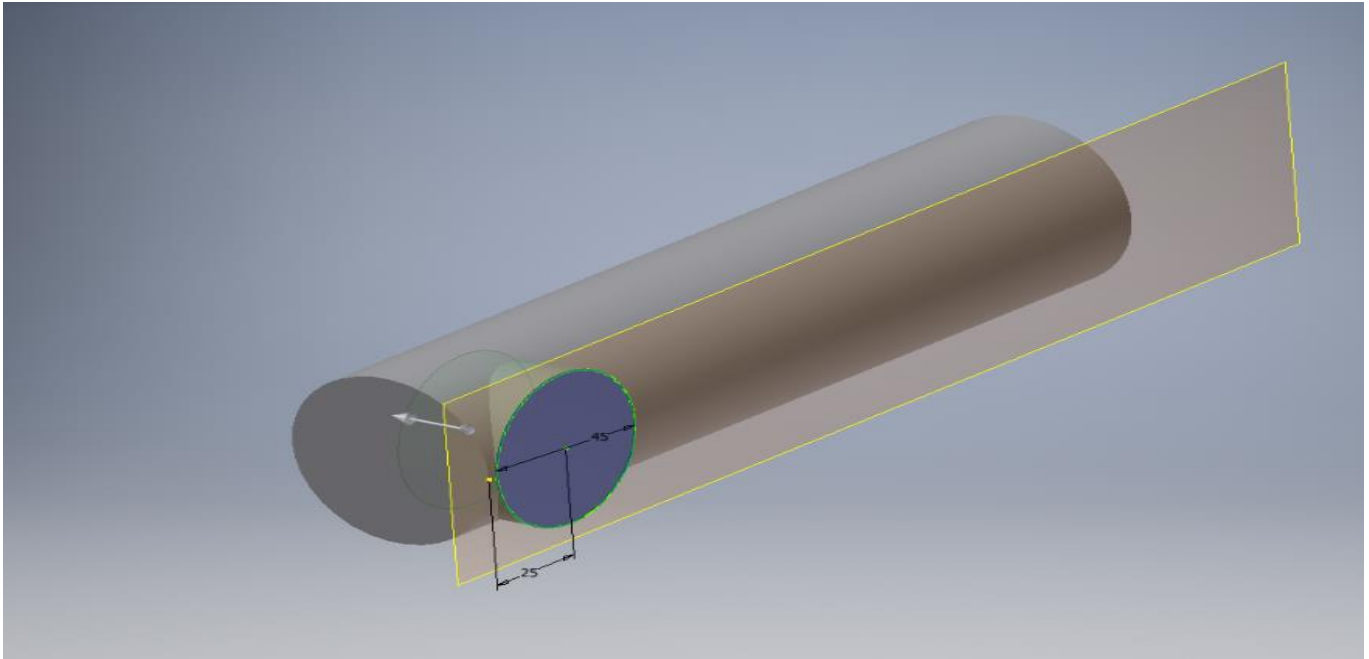
ΒΗΜΑ 1: Δημιουργία πρώτου Sketch με την μοντελοποίηση του κύκλου.



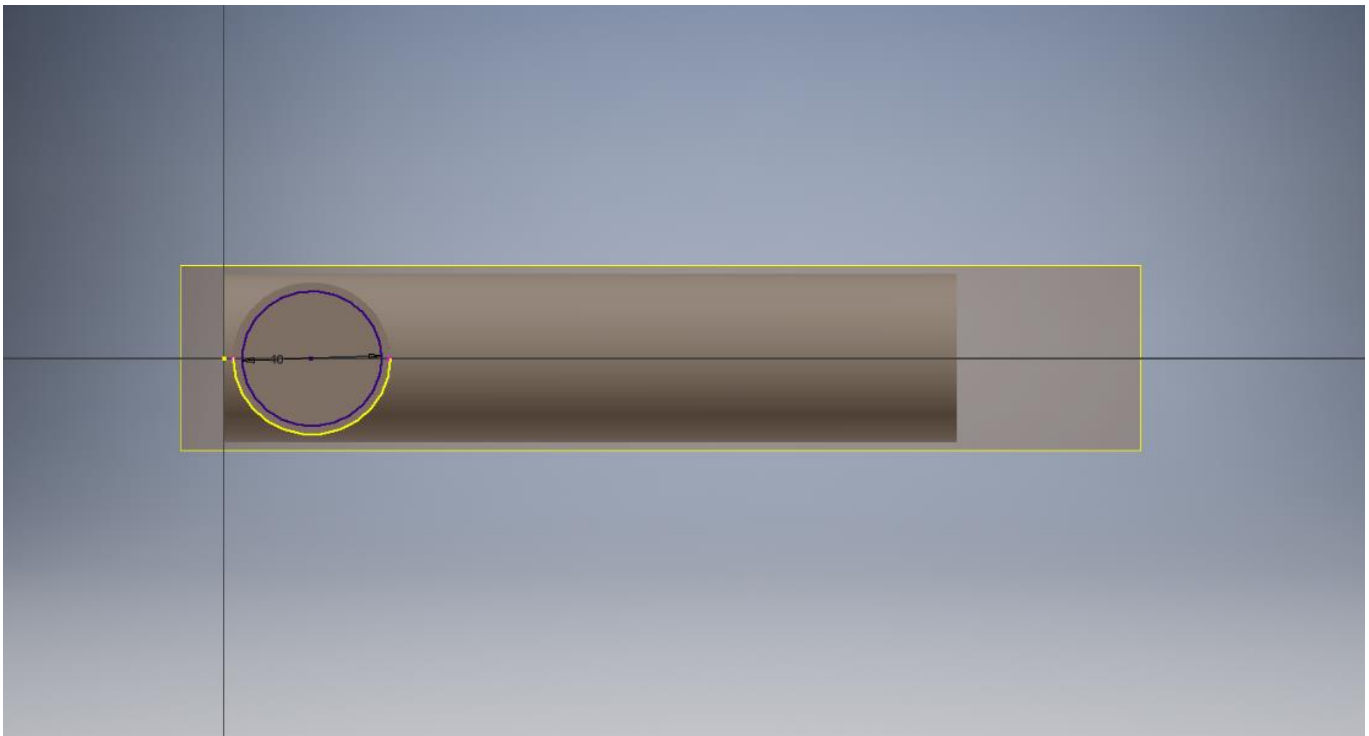
ΒΗΜΑ 2: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στον κύκλο.



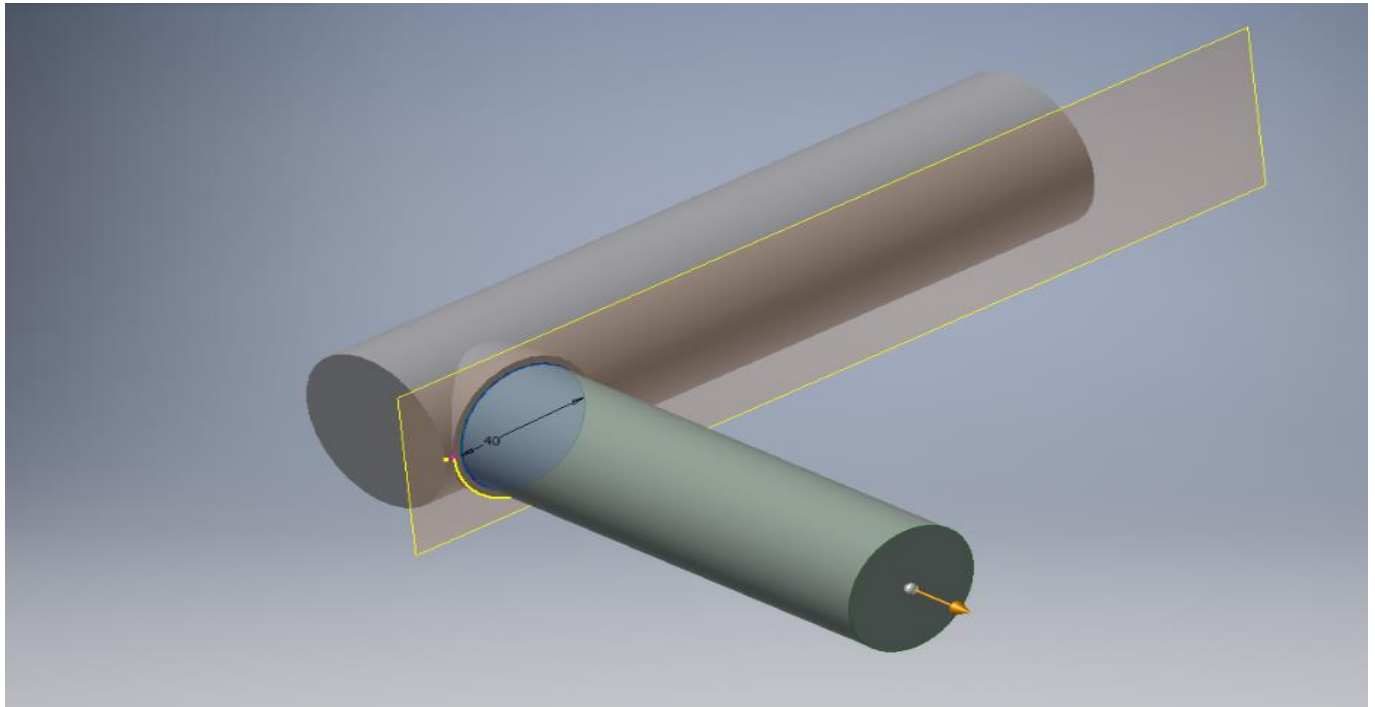
ΒΗΜΑ 3: Επιλέγοντας το ανάλογο Work Plane, γίνεται μοντελοποίηση του κύκλου και στη συνέχεια με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος.



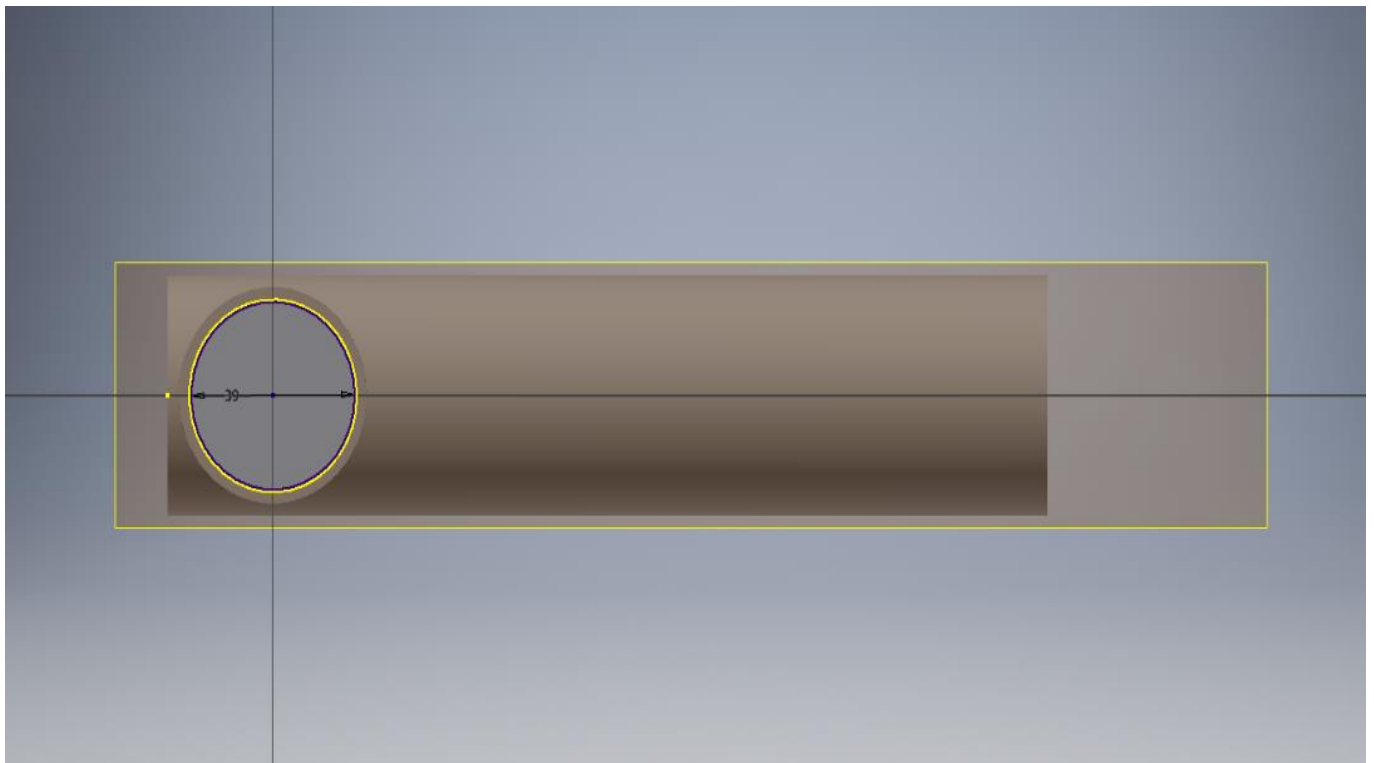
ΒΗΜΑ 4: Μοντελοποίηση ομόκεντρου κύκλου.



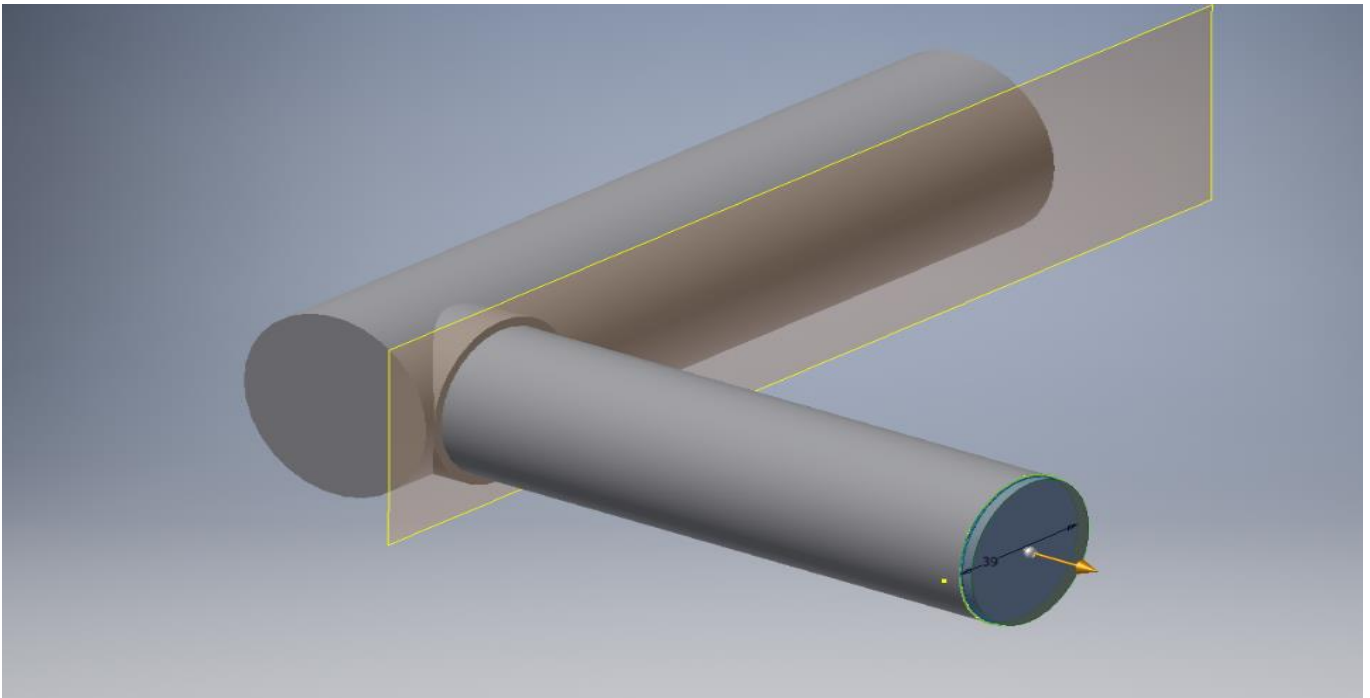
ΒΗΜΑ 5: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στον κύκλο



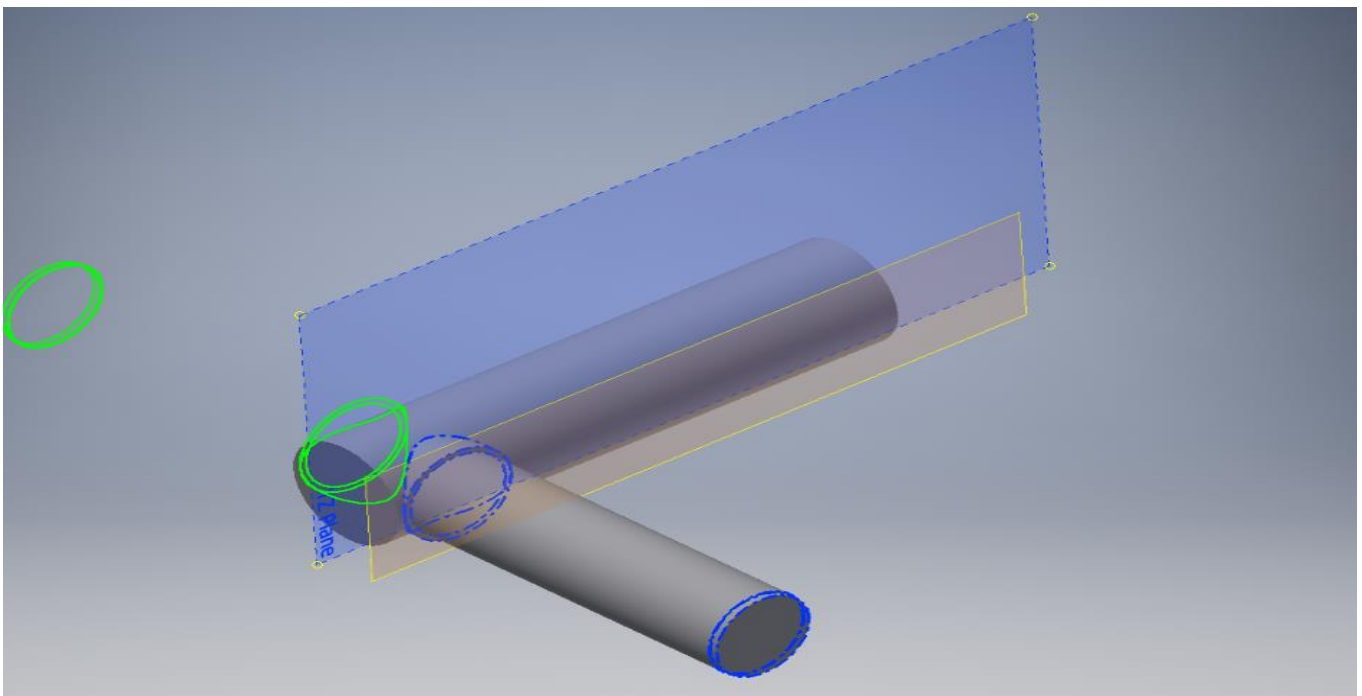
ΒΗΜΑ 6: Μοντελοποίηση ομόκεντρου κύκλου.



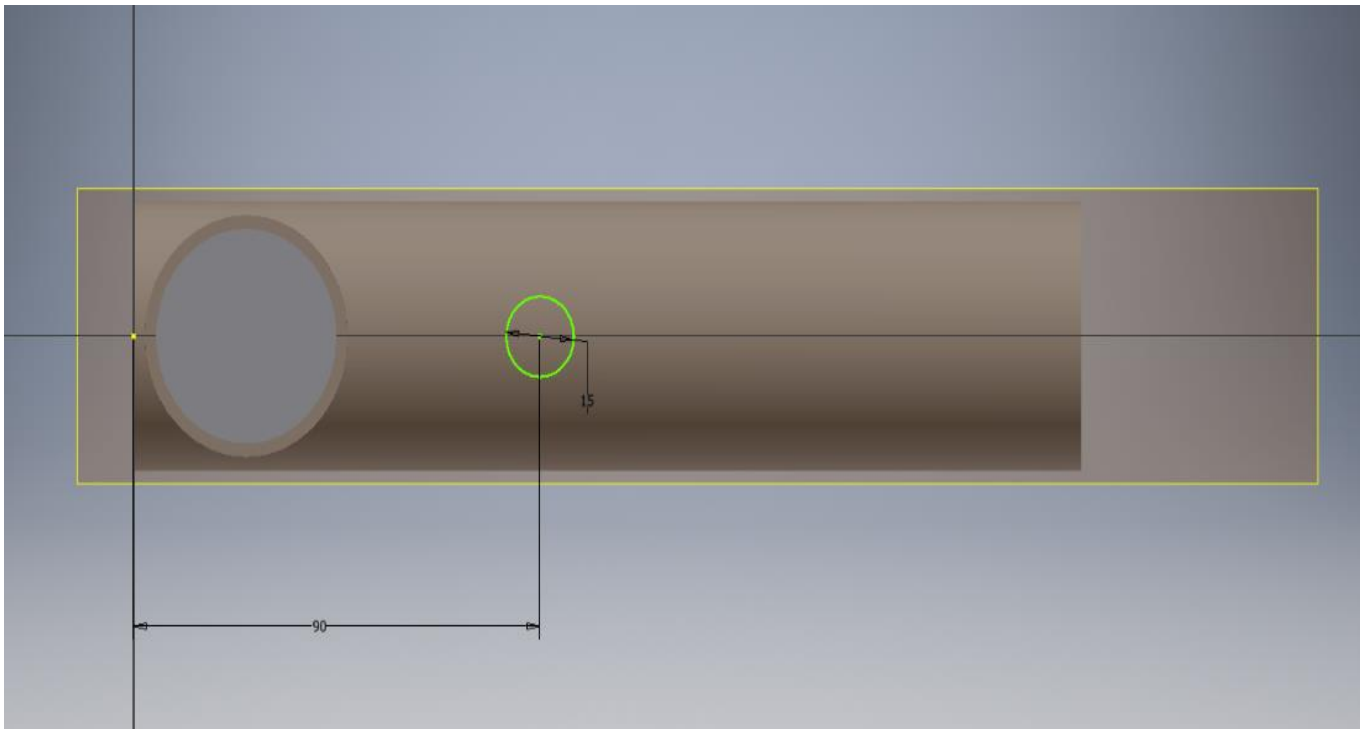
ΒΗΜΑ 7: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στον κύκλο.



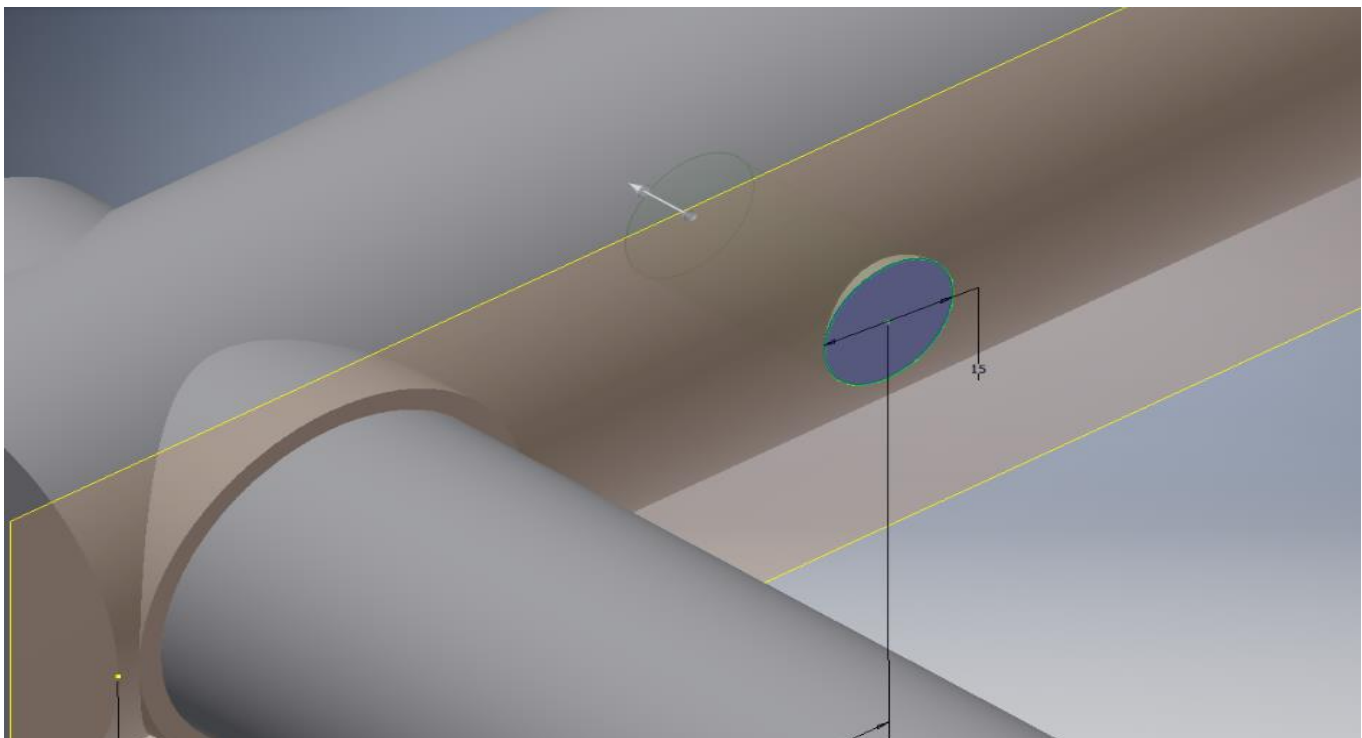
ΒΗΜΑ 8: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπων κυλίνδρων στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



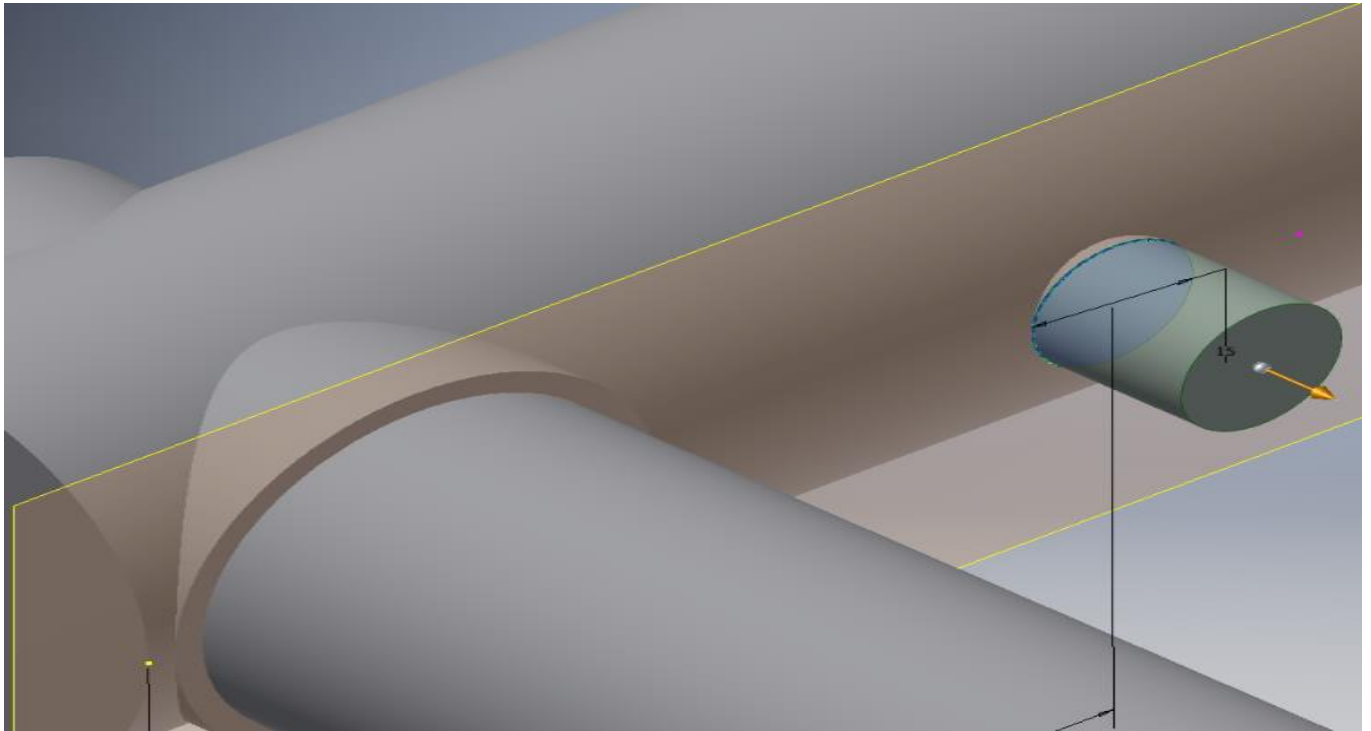
ΒΗΜΑ 9: Επιλέγοντας το ανάλογο Work Plane, γίνεται μοντελοποίηση κύκλου.



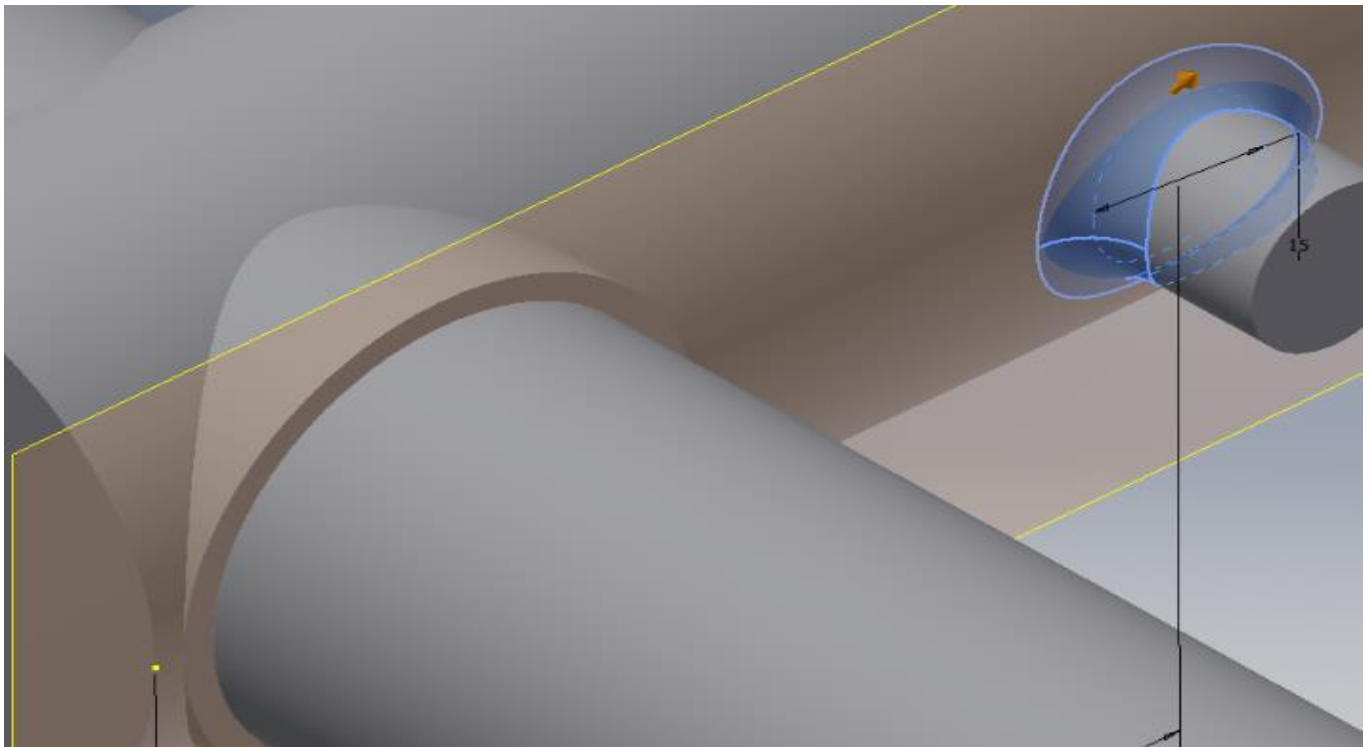
ΒΗΜΑ 10: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στον κύκλο.



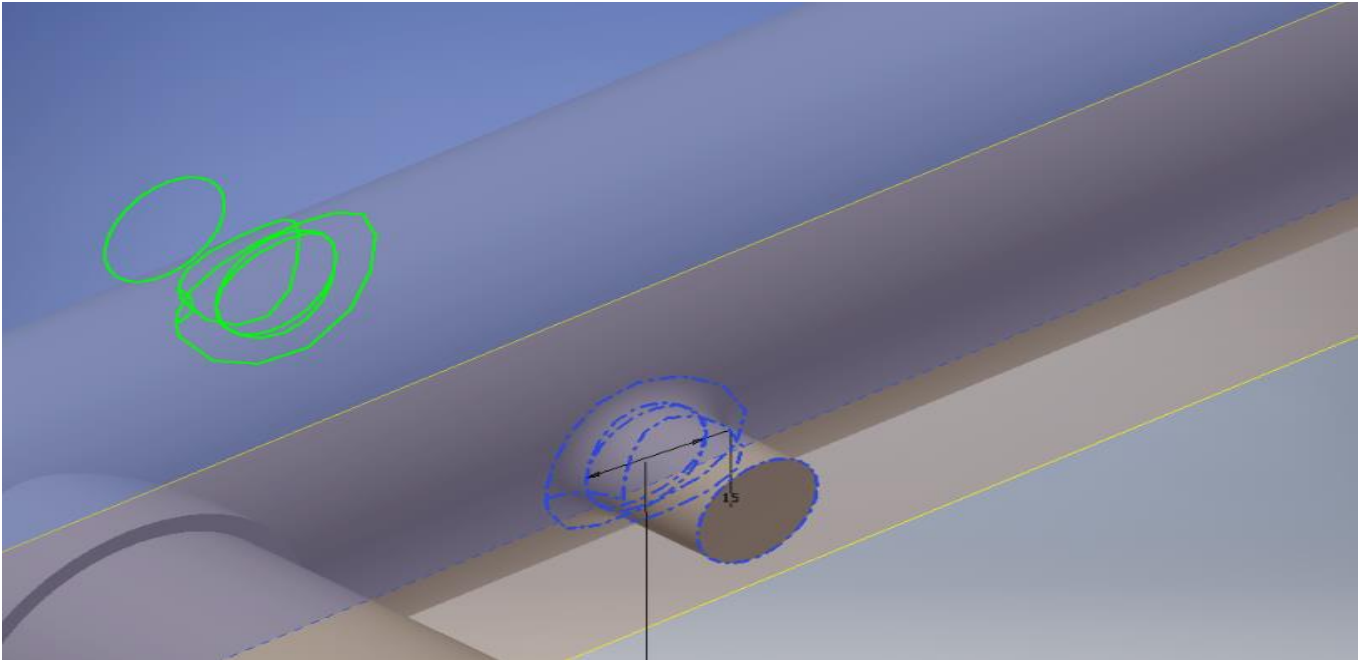
ΒΗΜΑ 11: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στον κύκλο.



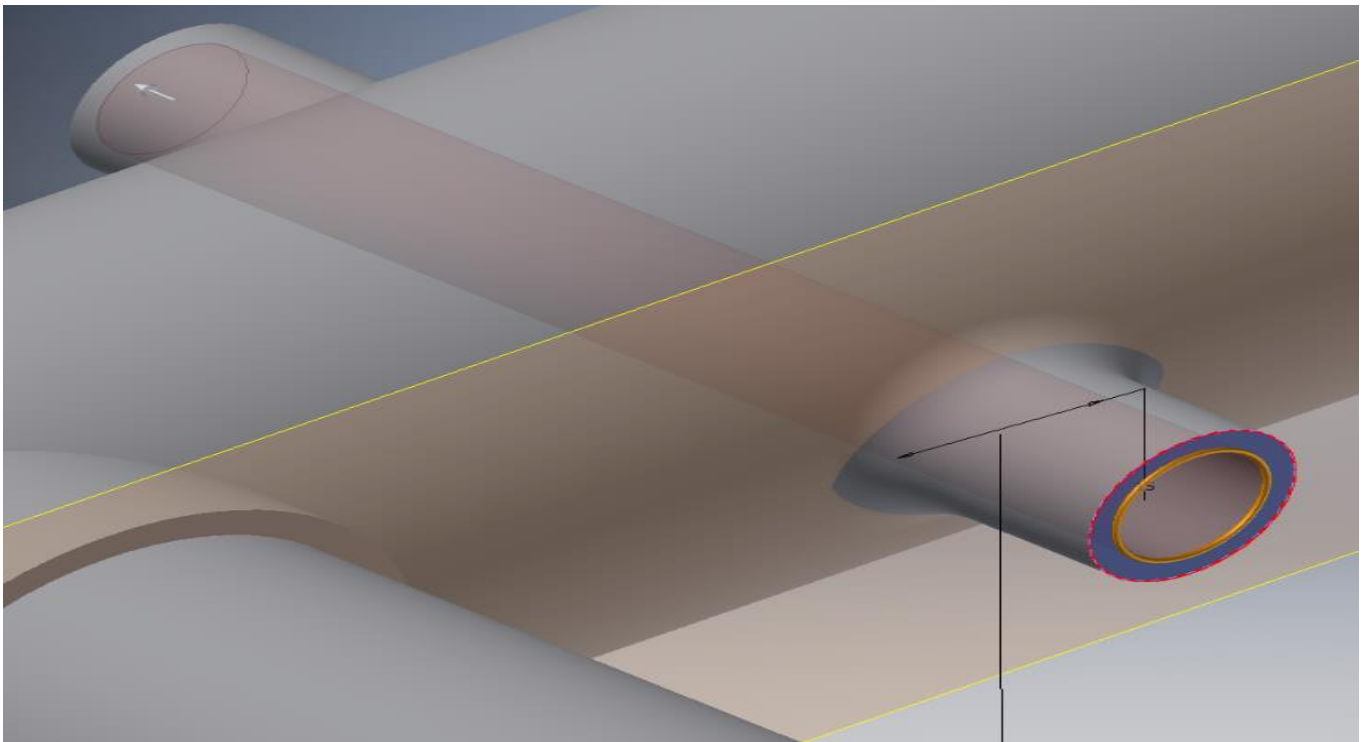
ΒΗΜΑ 12: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet καμπυλώνεται το πίσω μέρος του κυλίνδρου.



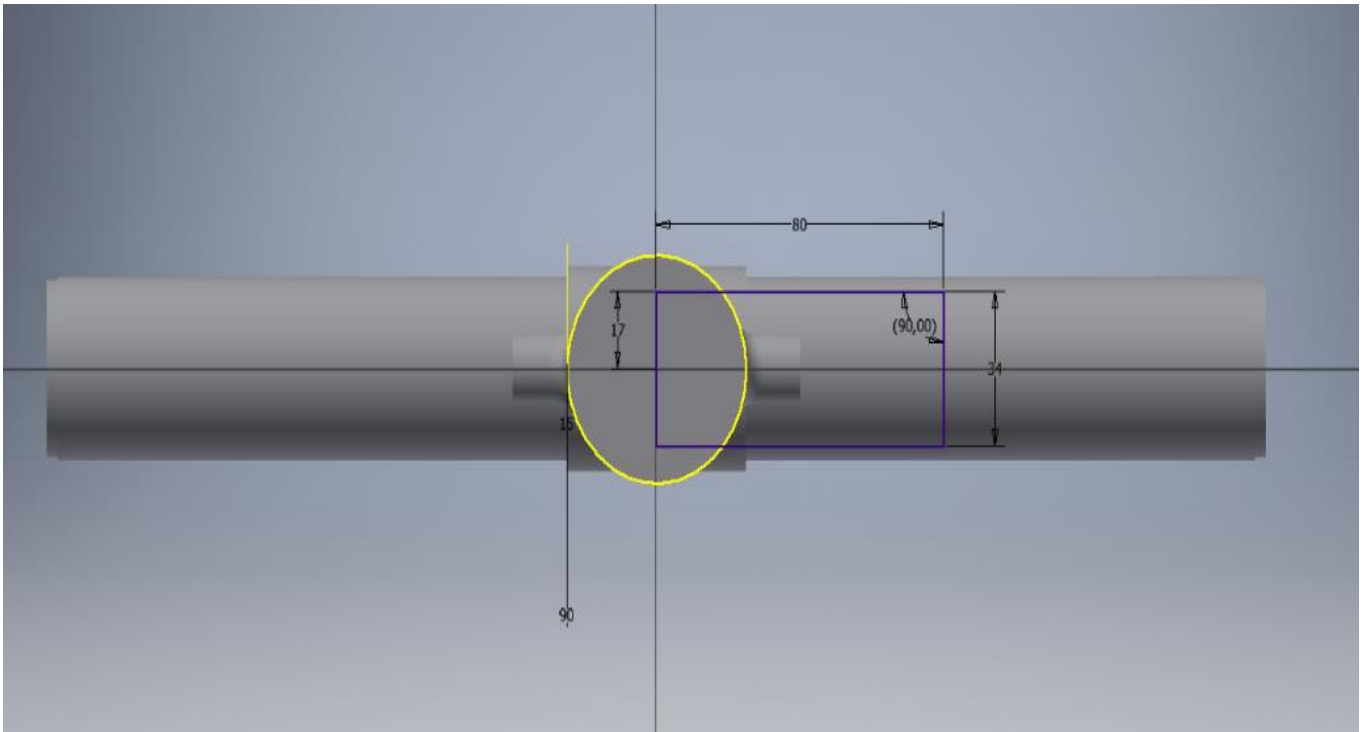
ΒΗΜΑ 13: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου κυλίνδρου στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



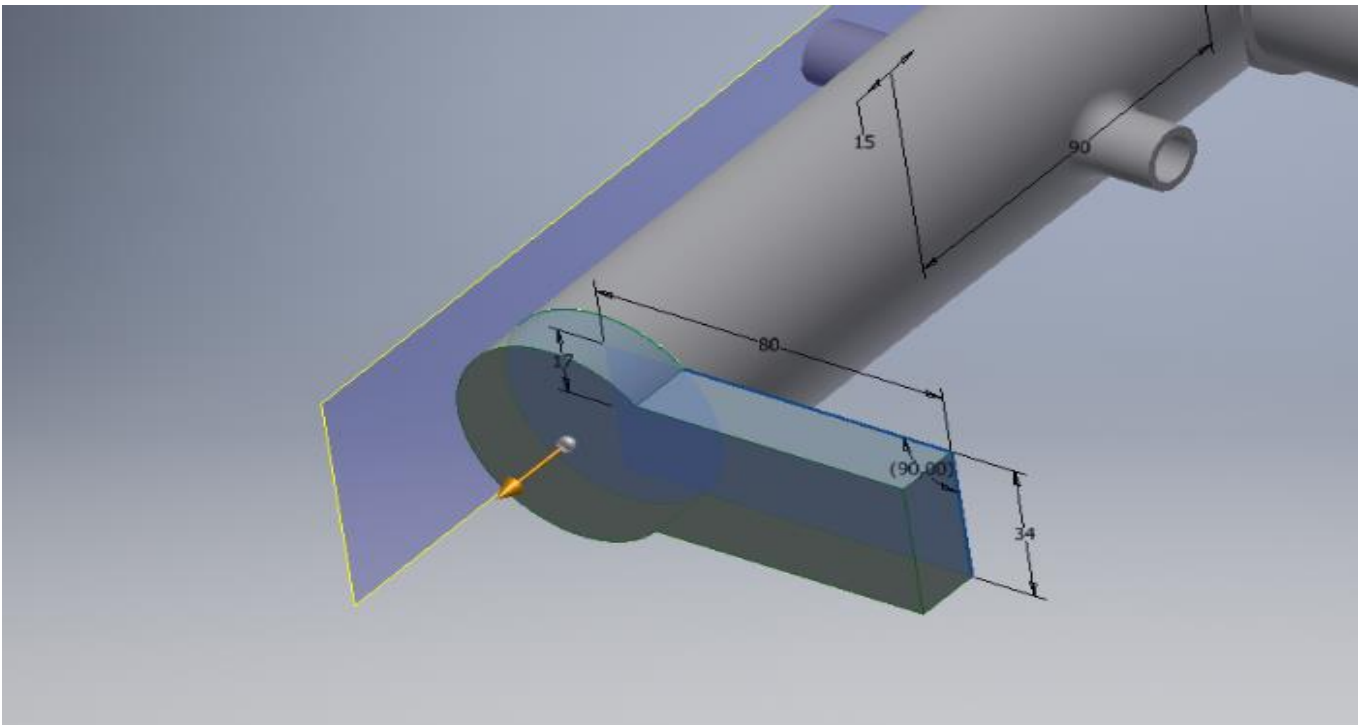
ΒΗΜΑ 14: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής στον κύλινδρο.



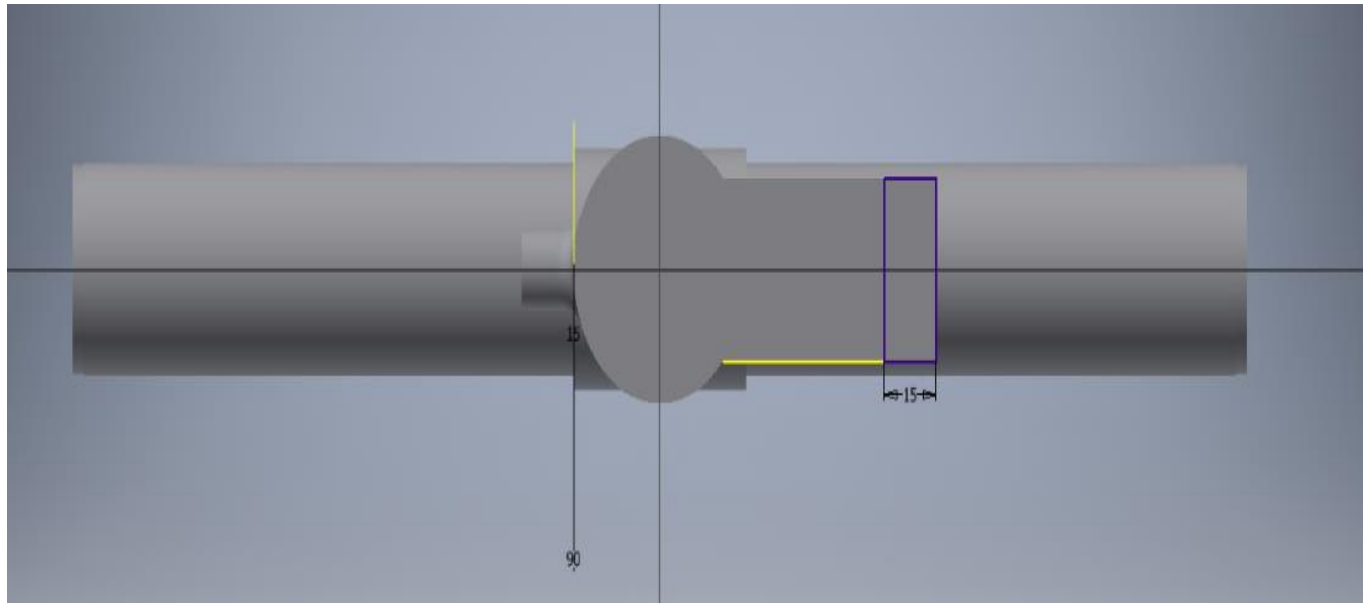
ΒΗΜΑ 15: Με την εντολή Rectangle δημιουργείται το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο και με την



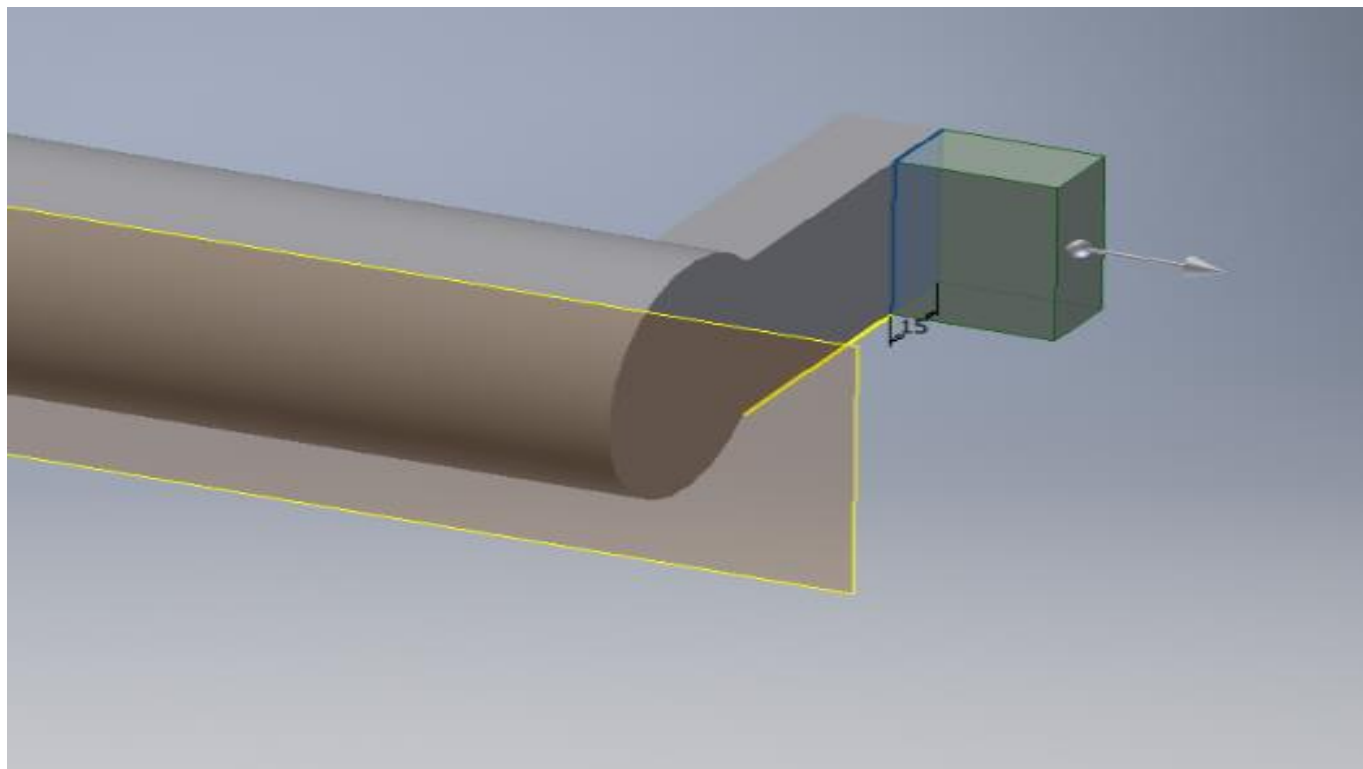
ΒΗΜΑ 16: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο και στον κύκλο.



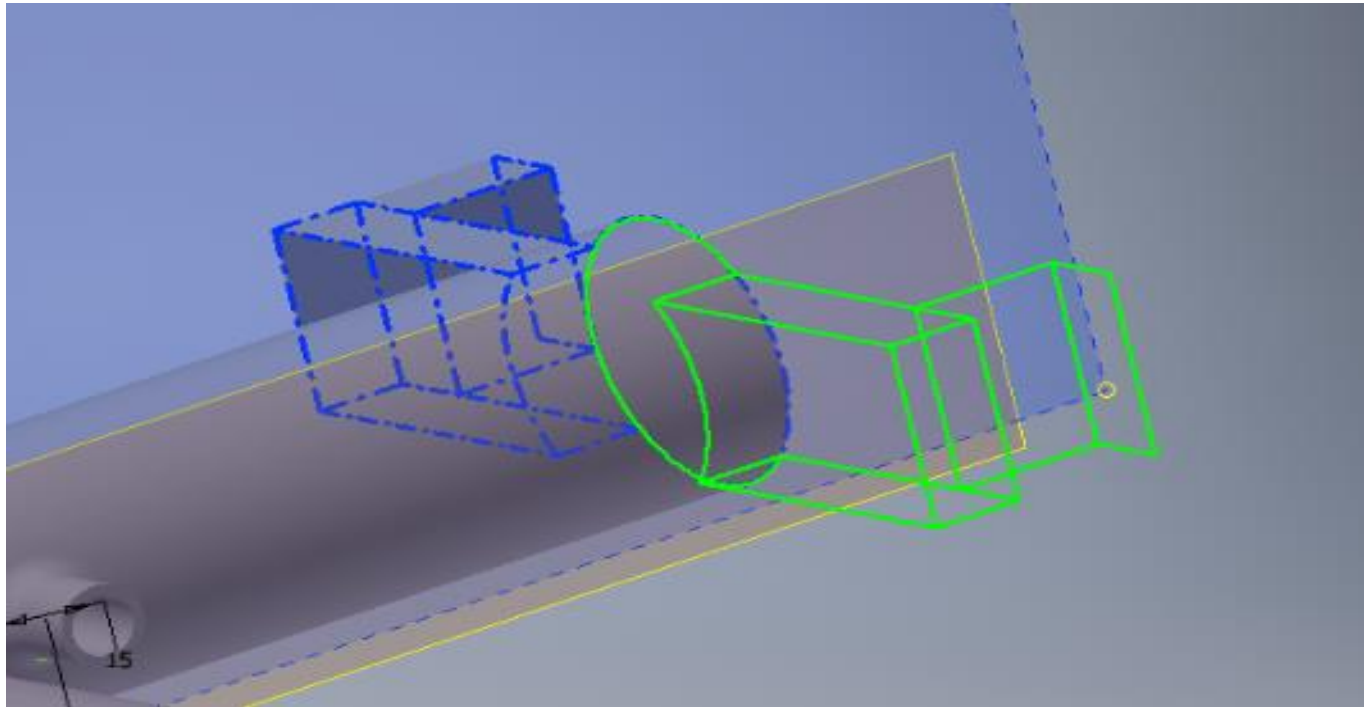
ΒΗΜΑ 17: Με την εντολή Rectangle δημιουργείται το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο από το οποίο θα προέλθει η επόμενη εντολή.



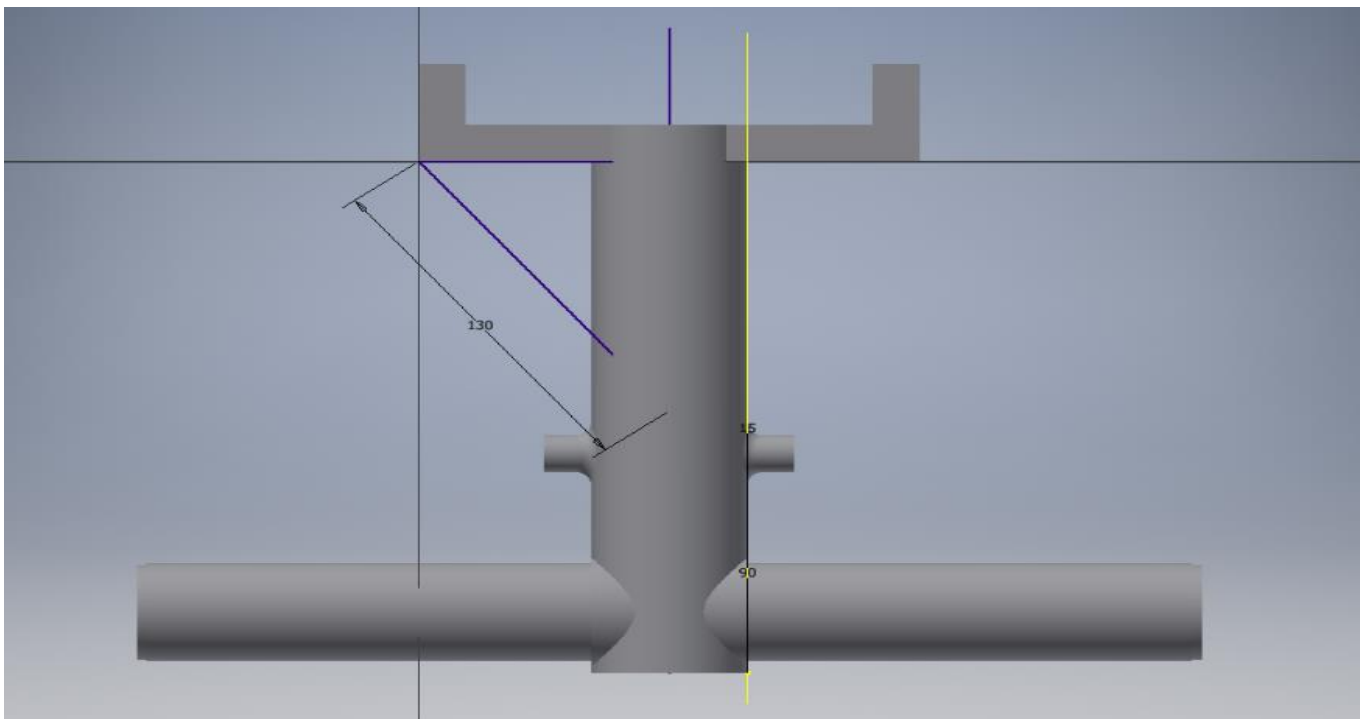
ΒΗΜΑ 18: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



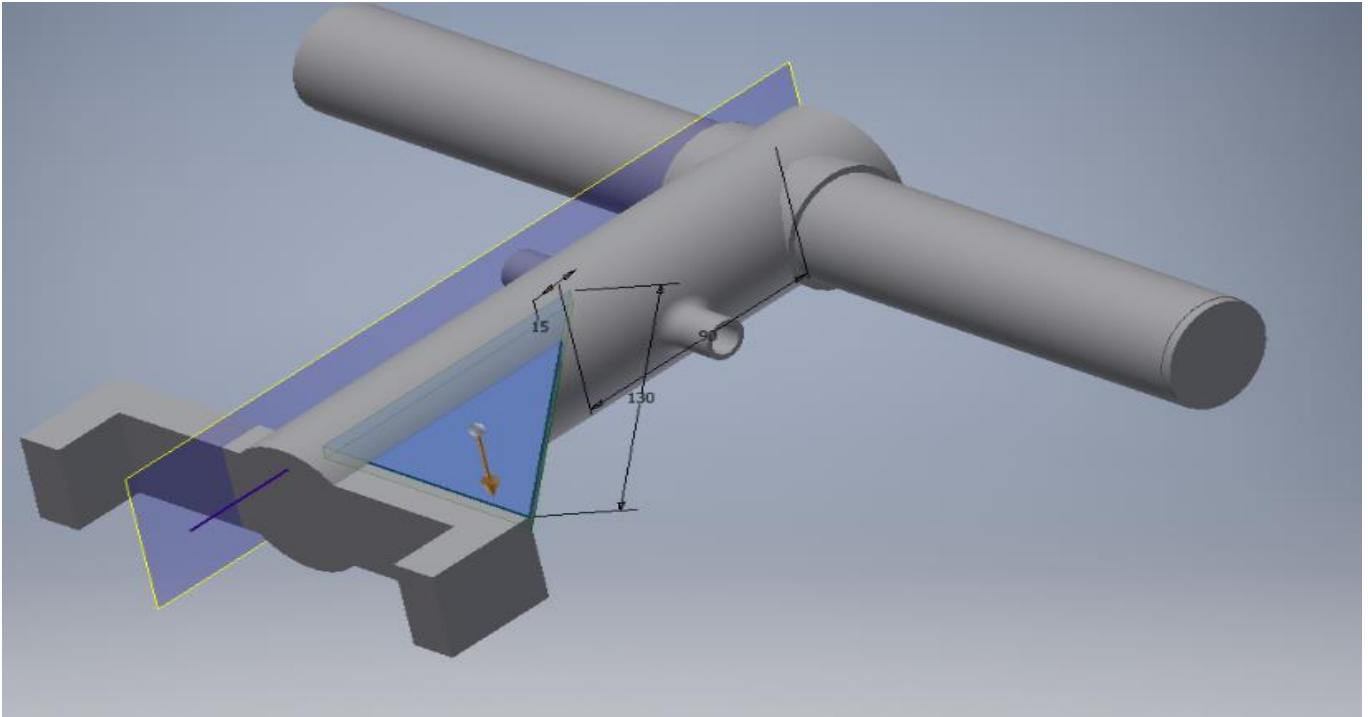
ΒΗΜΑ 19: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην



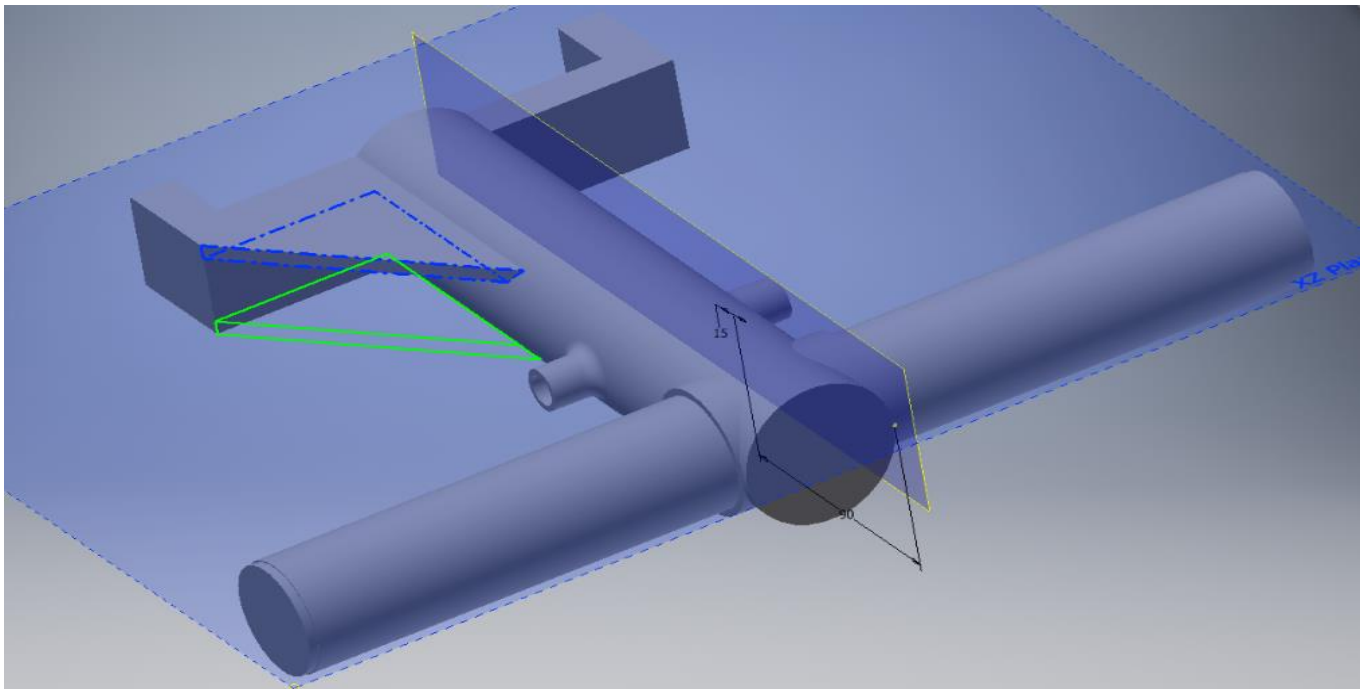
ΒΗΜΑ 20: Με την εντολή Line σχεδιάζεται το ορθογώνιο τρίγωνο.



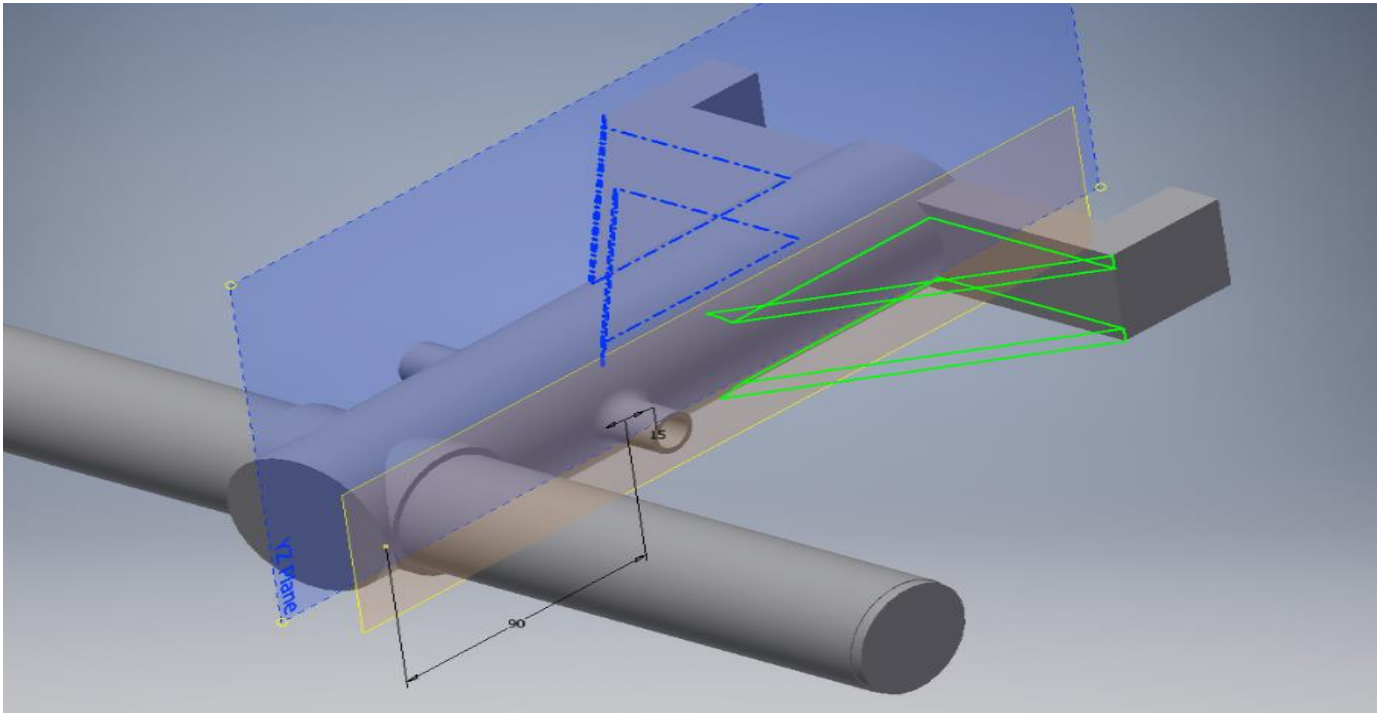
ΒΗΜΑ 21: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο τρίγωνο.



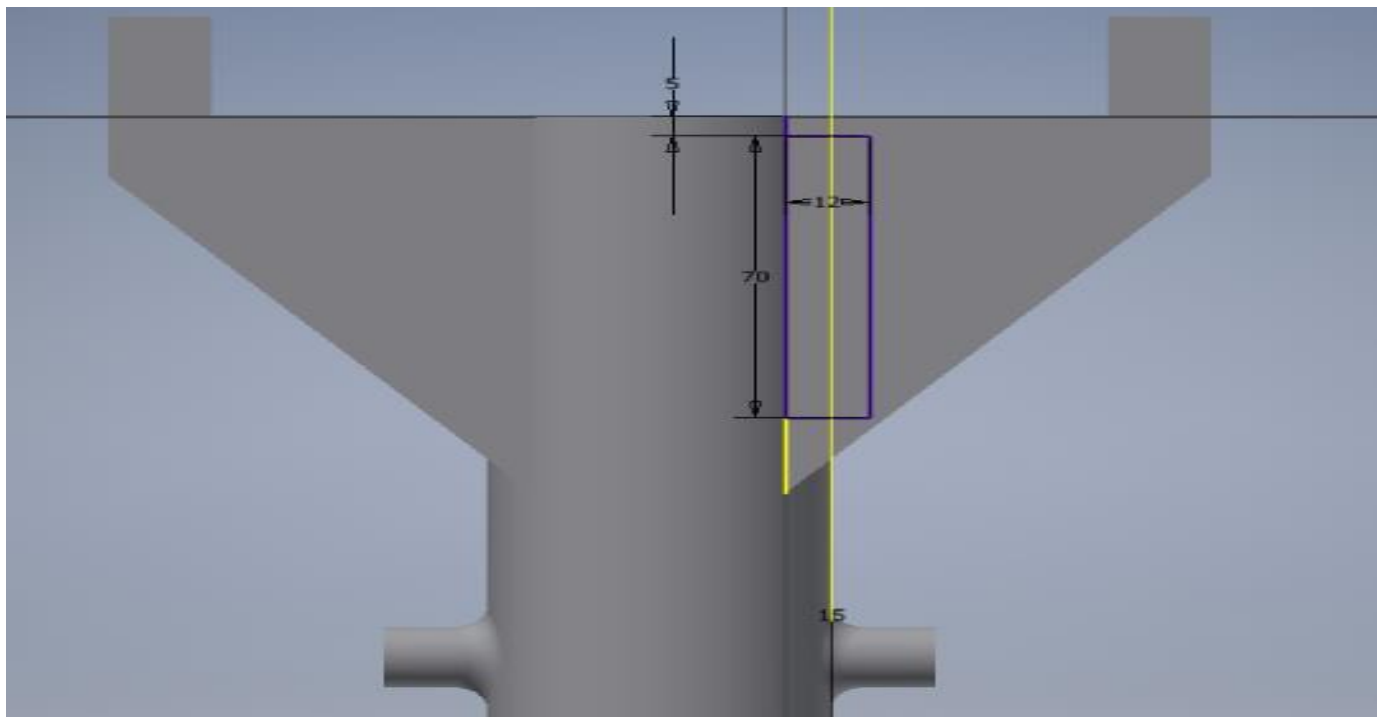
ΒΗΜΑ 22: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



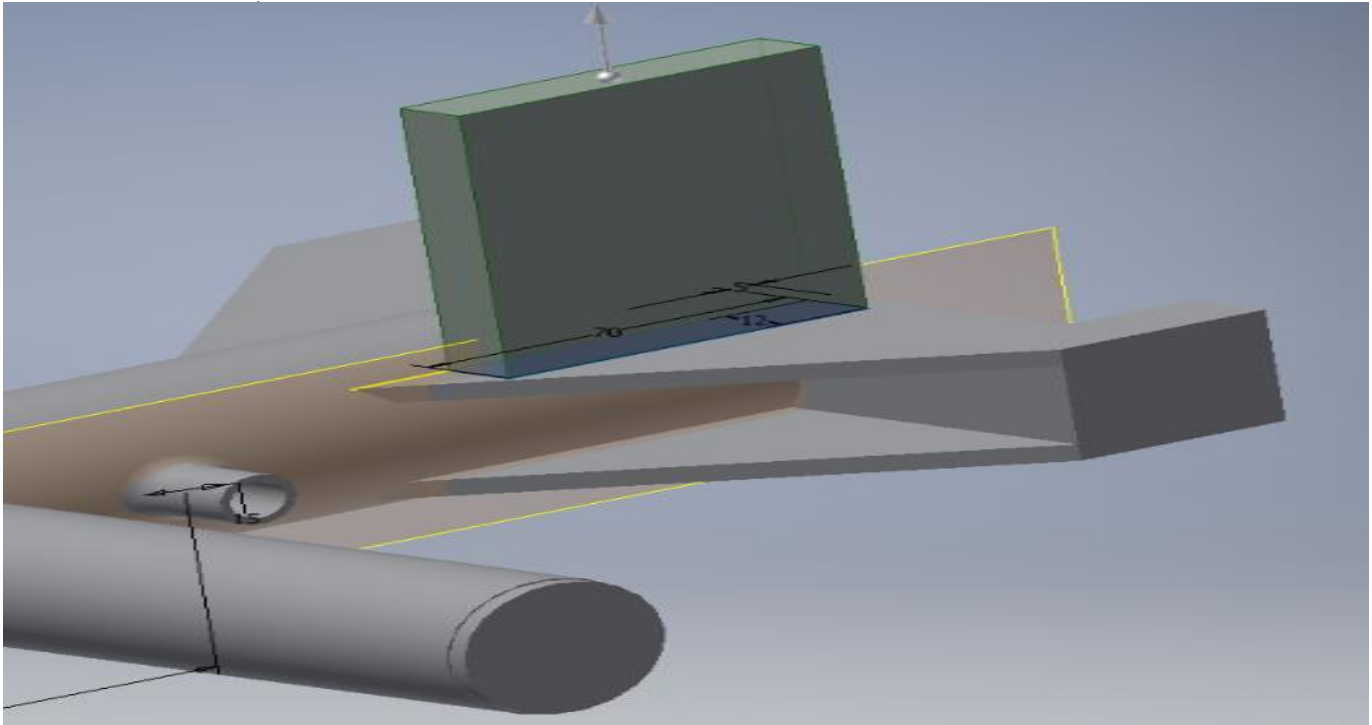
ΒΗΜΑ 23: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



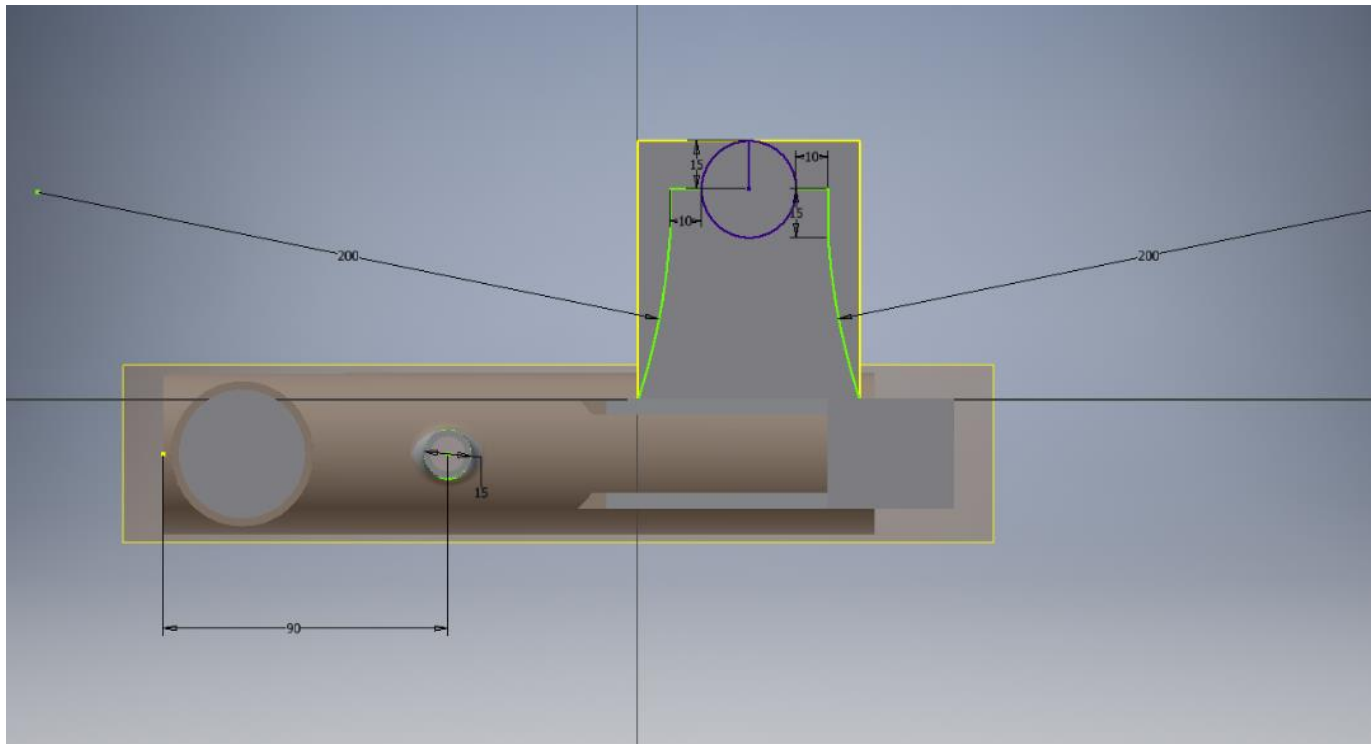
ΒΗΜΑ 24: Με την εντολή Rectangle δημιουργείται το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



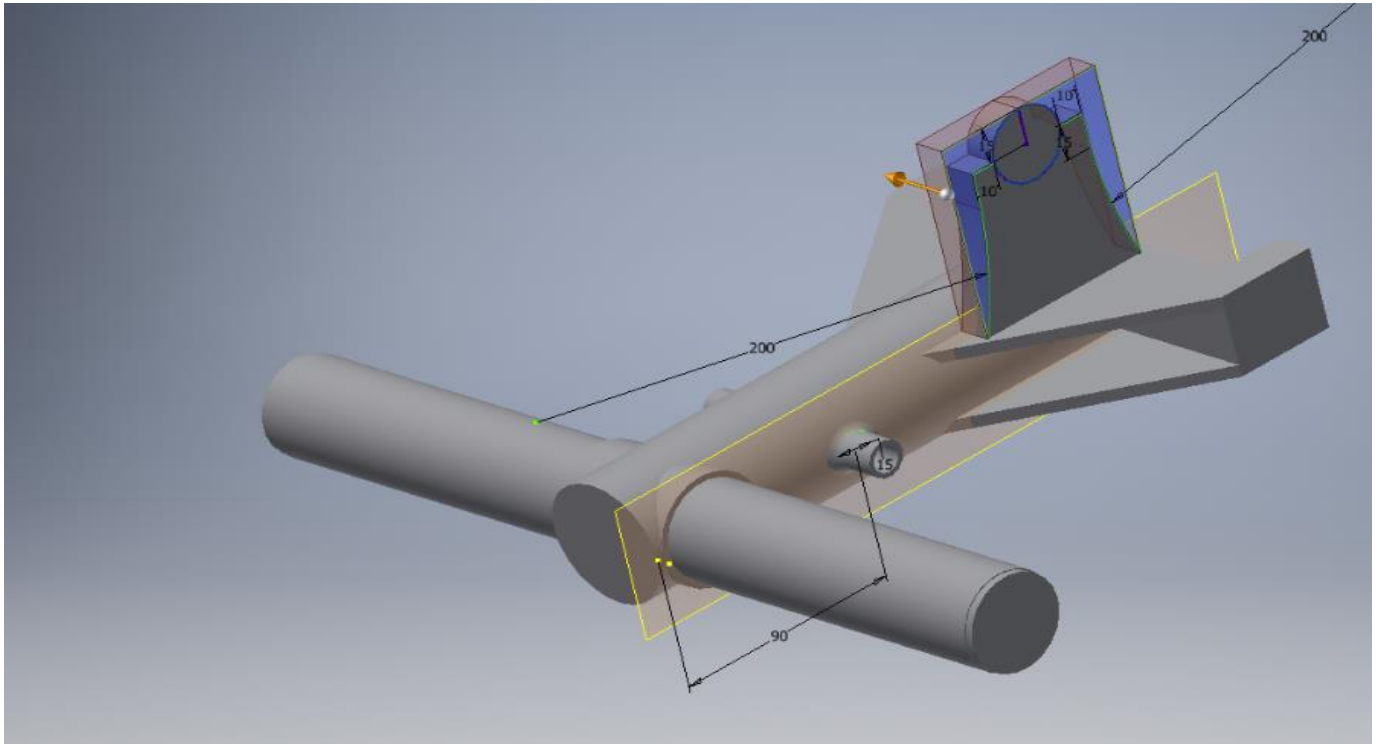
ΒΗΜΑ 25: Με την εντολή Extrude δίνεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο



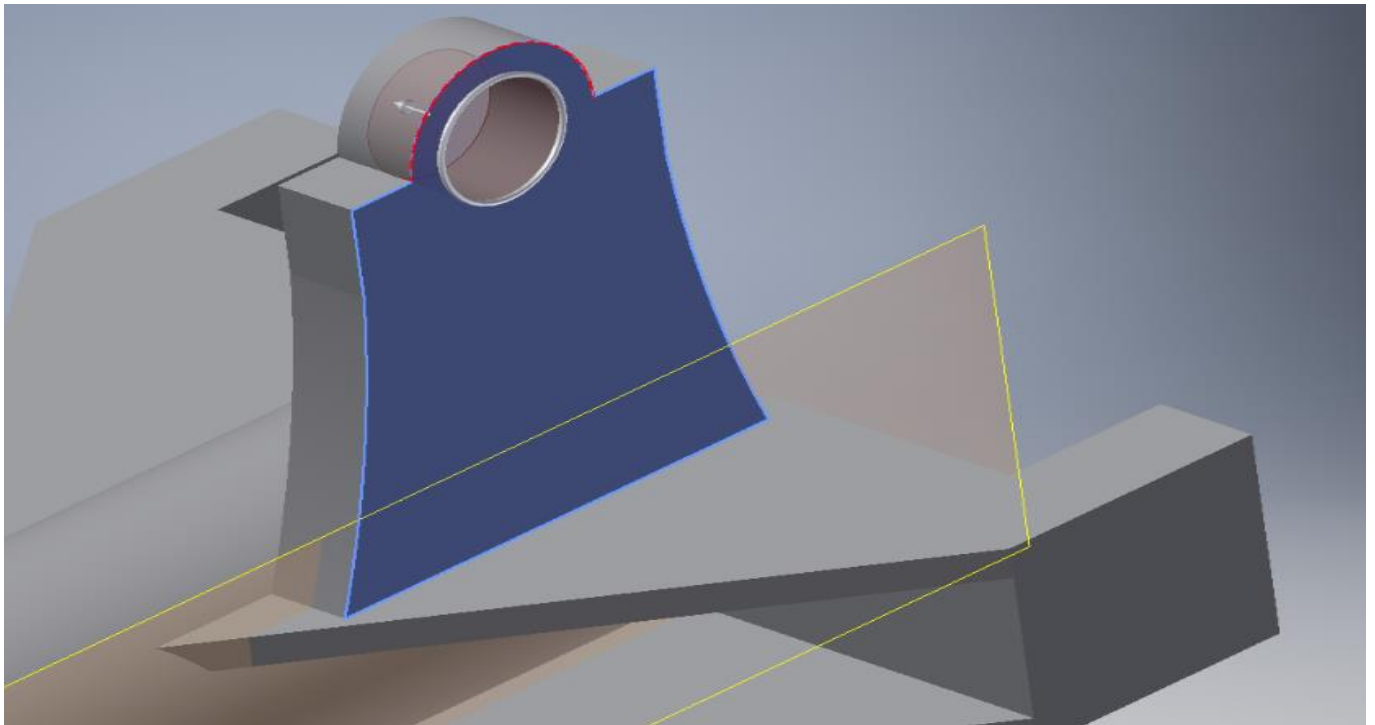
ΒΗΜΑ 26: Με τις εντολές Line,Circle,Arc σχεδιάζεται το παρακάτω σχήμα.



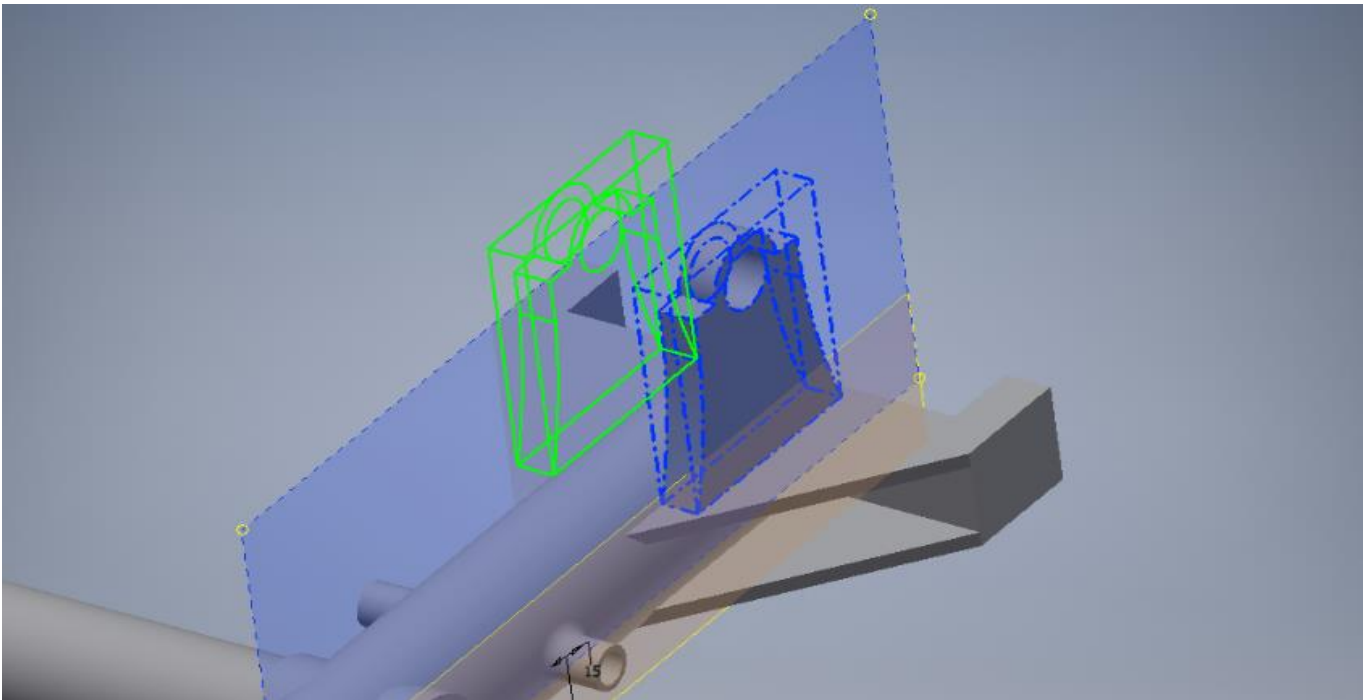
ΒΗΜΑ 27: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



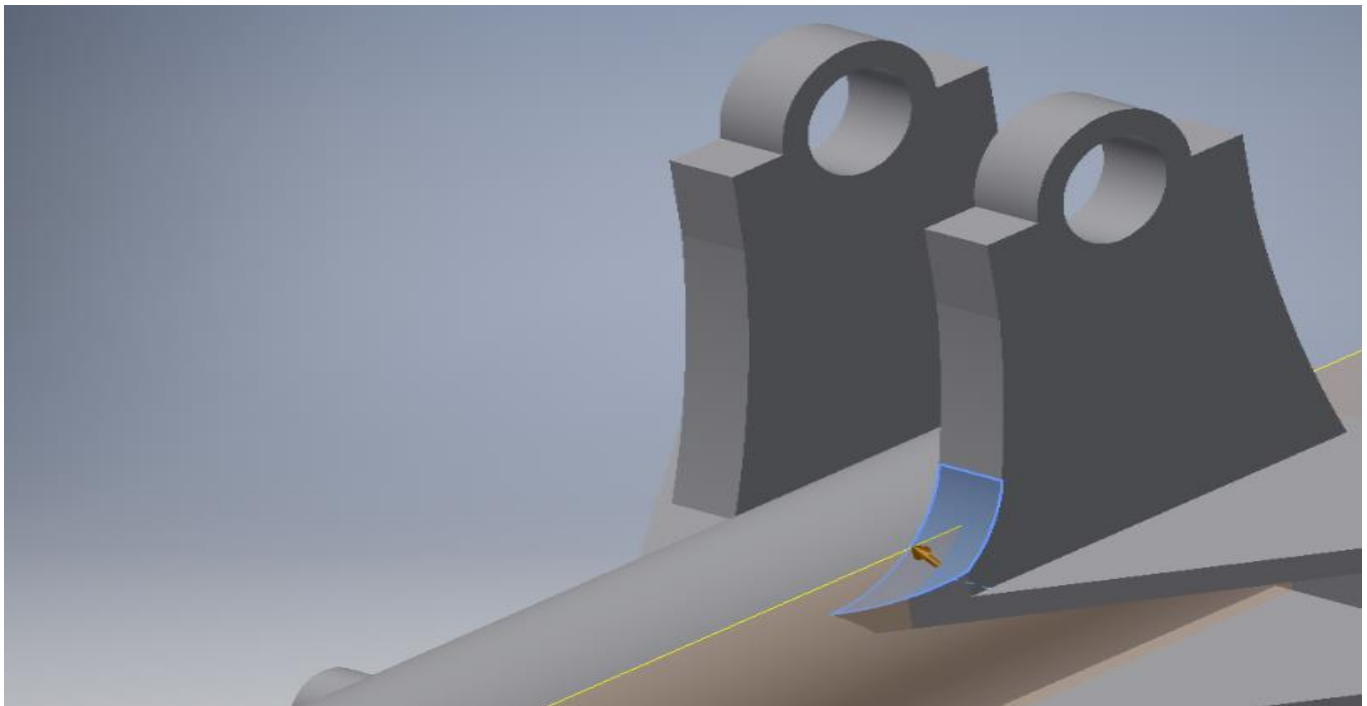
ΒΗΜΑ 28: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



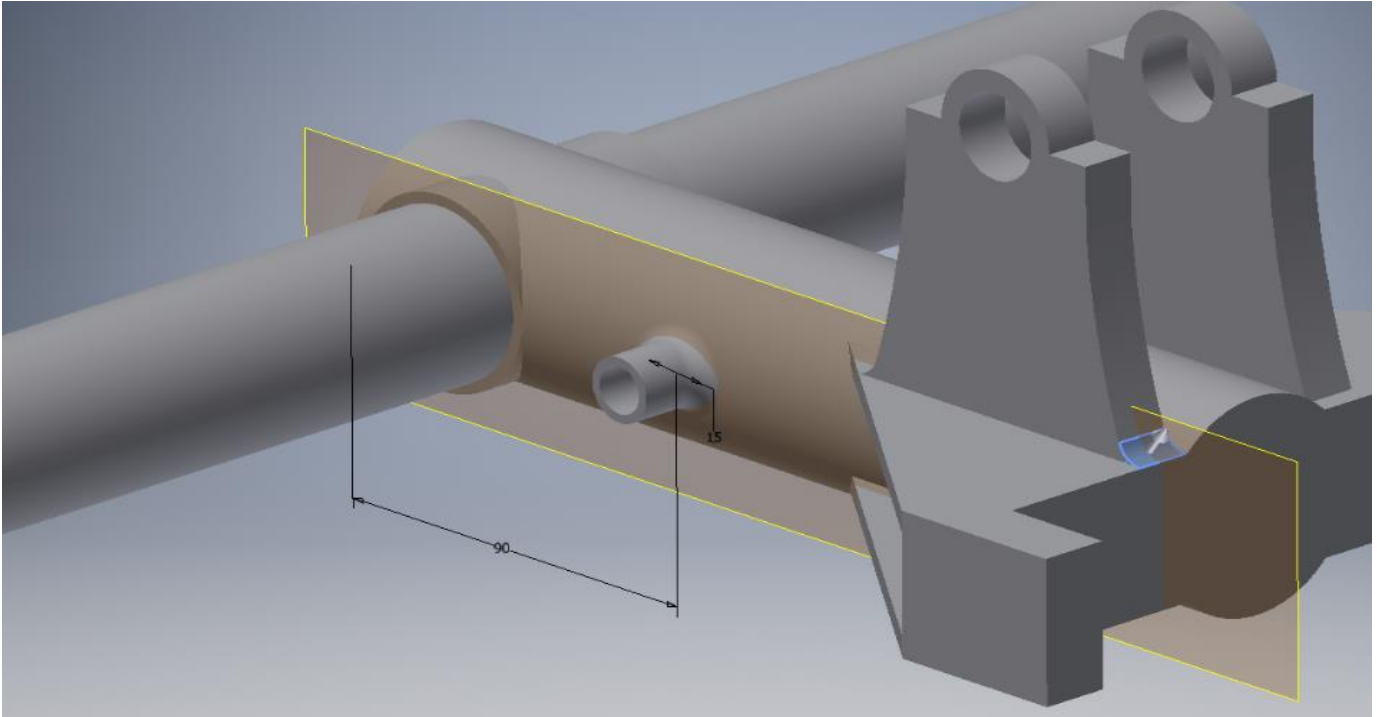
ΒΗΜΑ 29: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



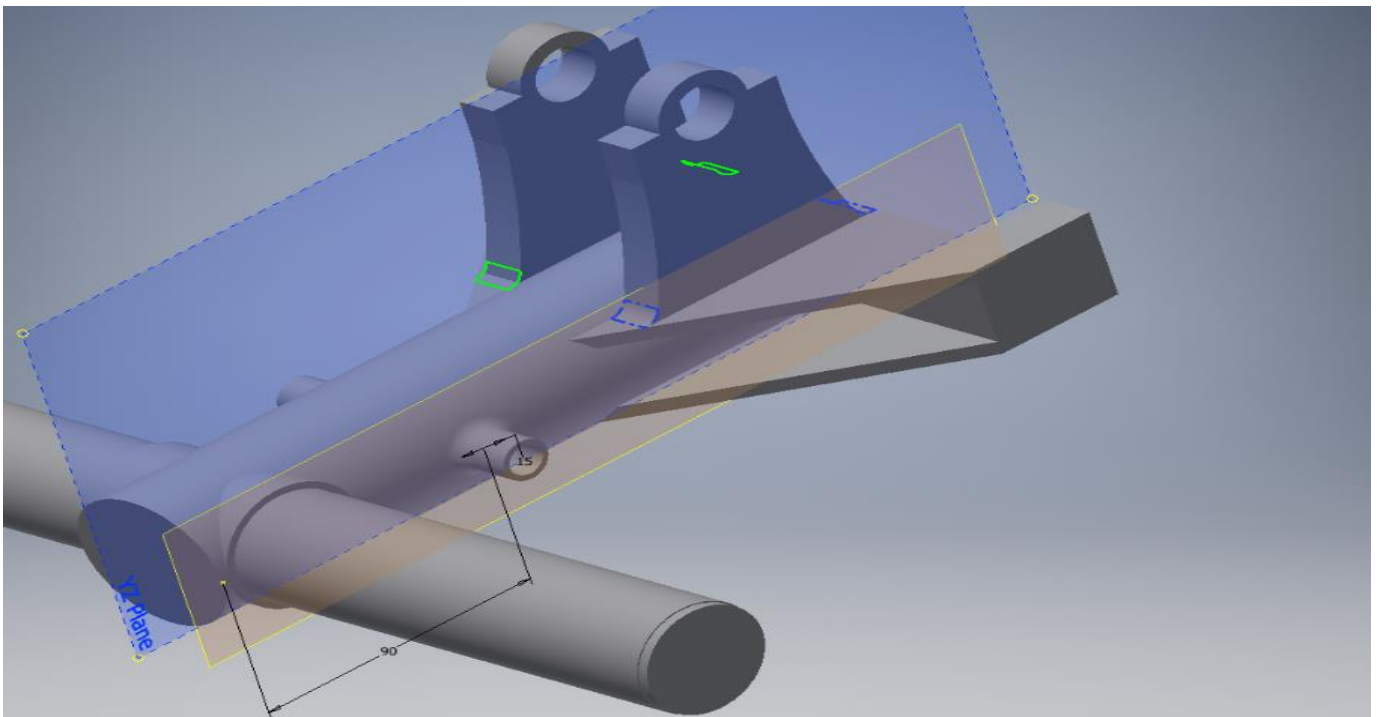
ΒΗΜΑ 30: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των δύο επιφανειών.



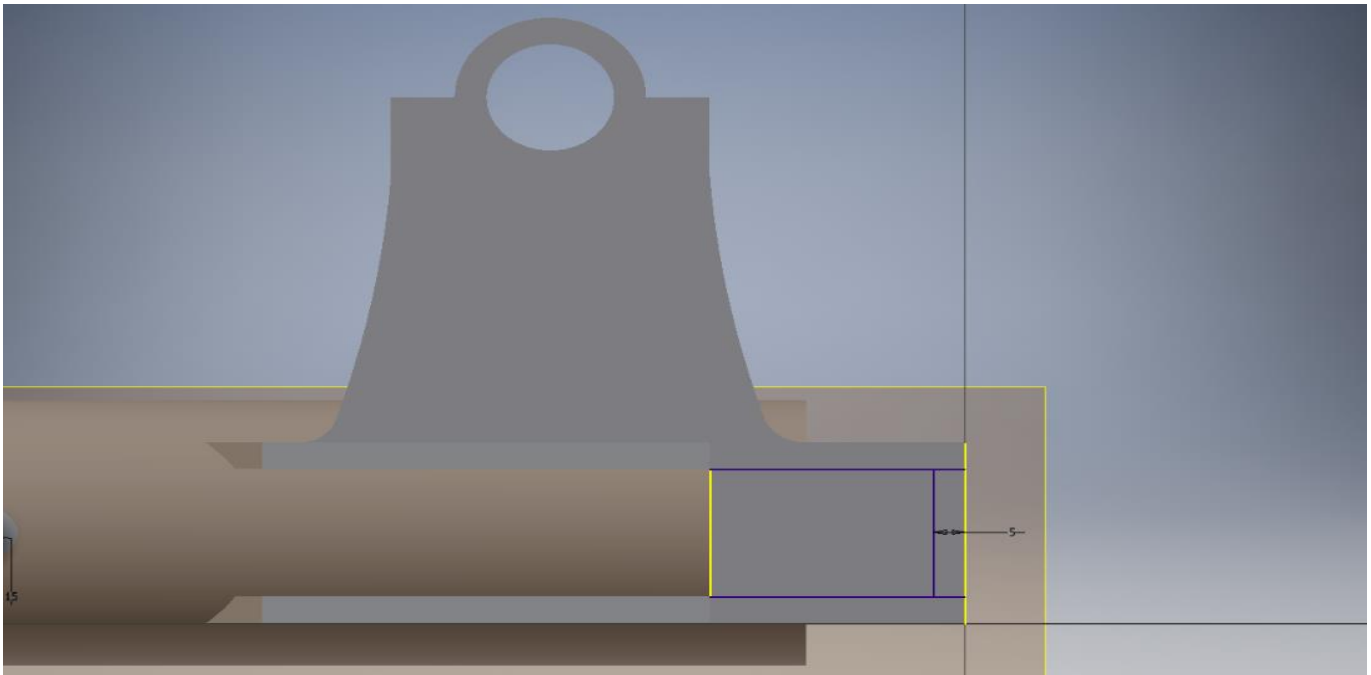
ΒΗΜΑ 31: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των δύο επιφανειών.



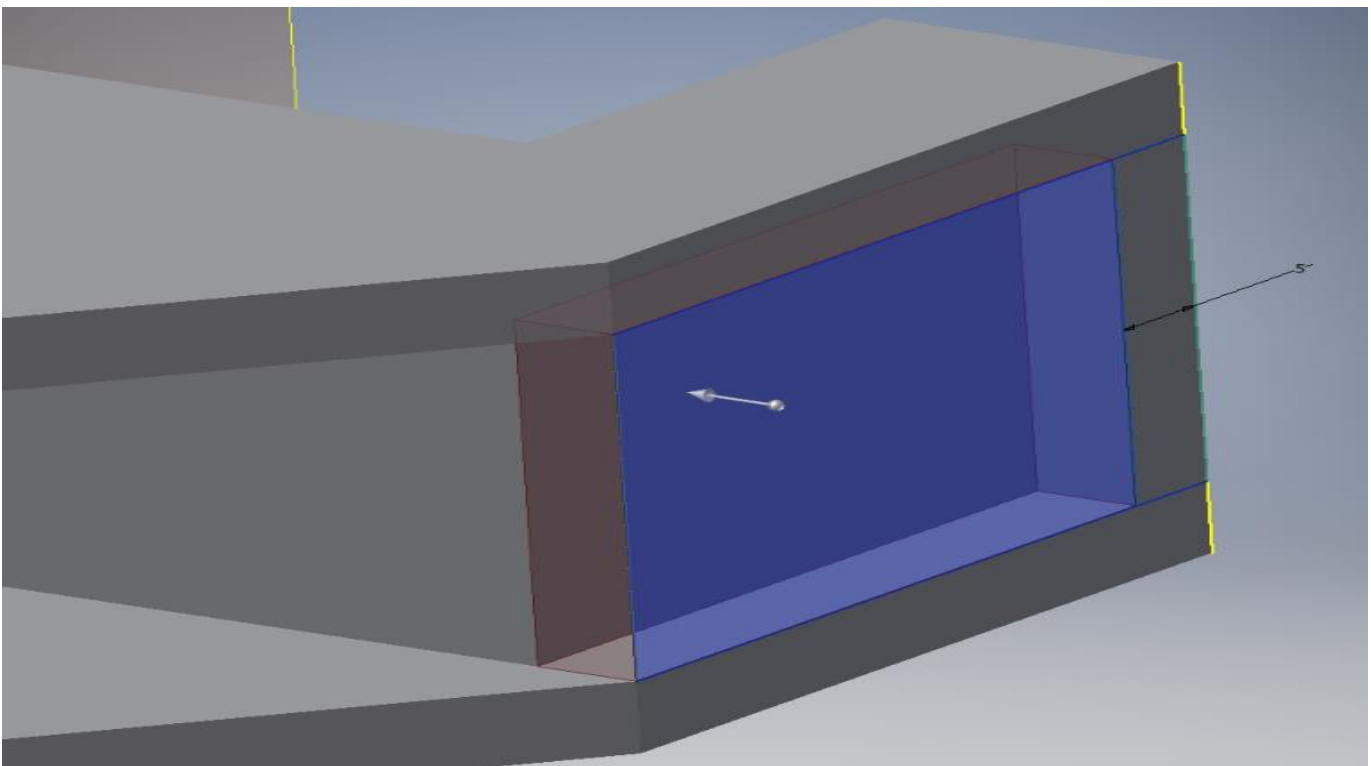
ΒΗΜΑ 32: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπων καμπύλων στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



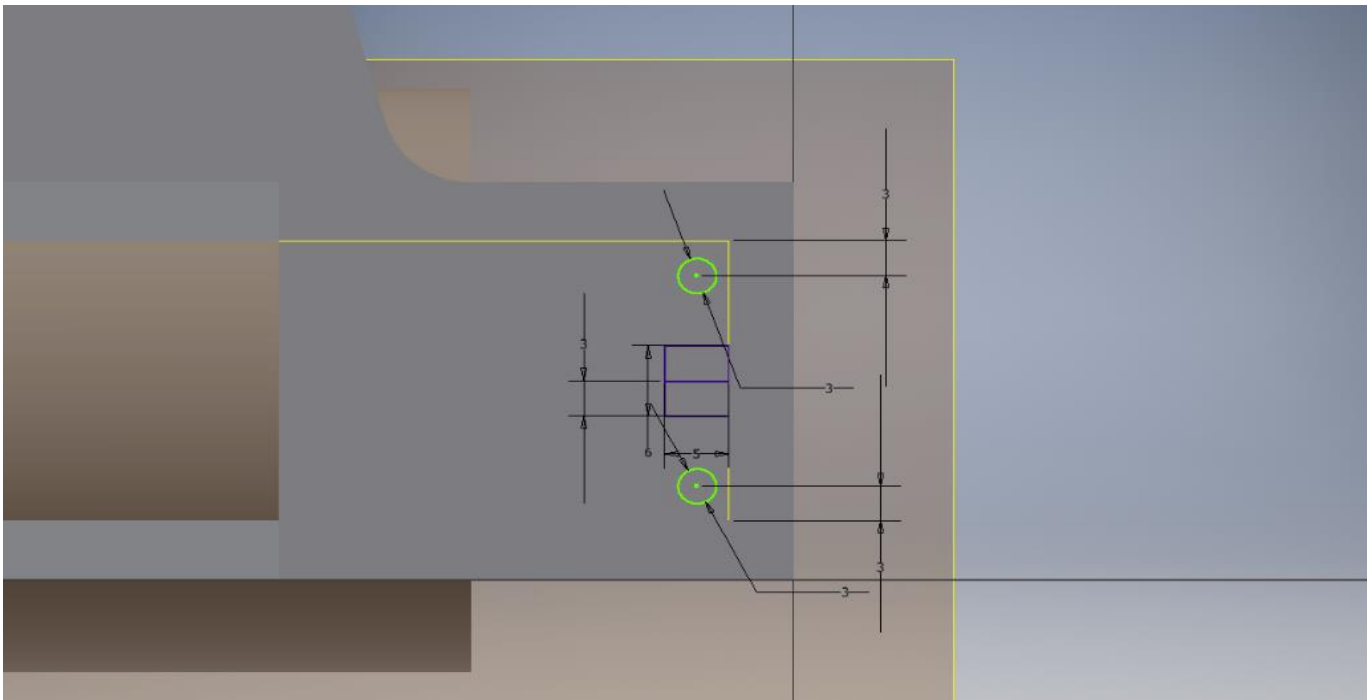
ΒΗΜΑ 33: Με την εντολή Line σχεδιάζεται το ορθογώνια παραλληλόγραμμα.



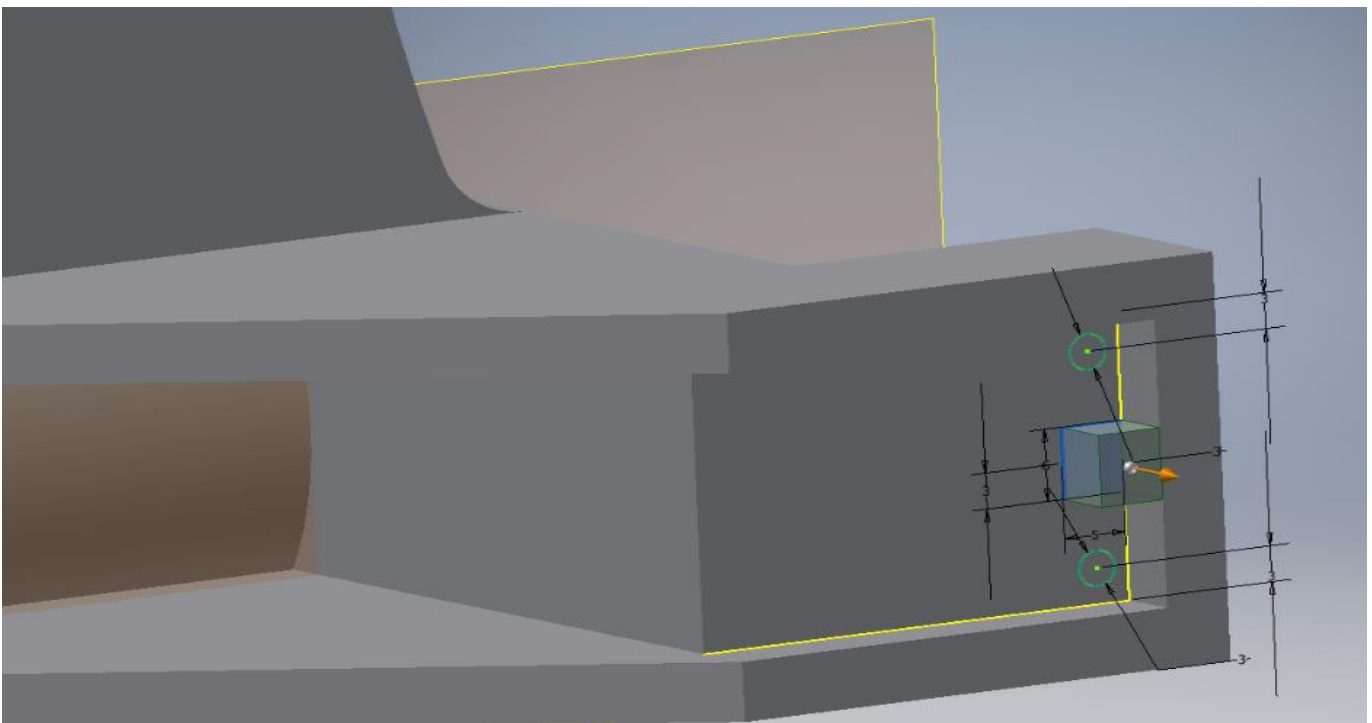
ΒΗΜΑ 34: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



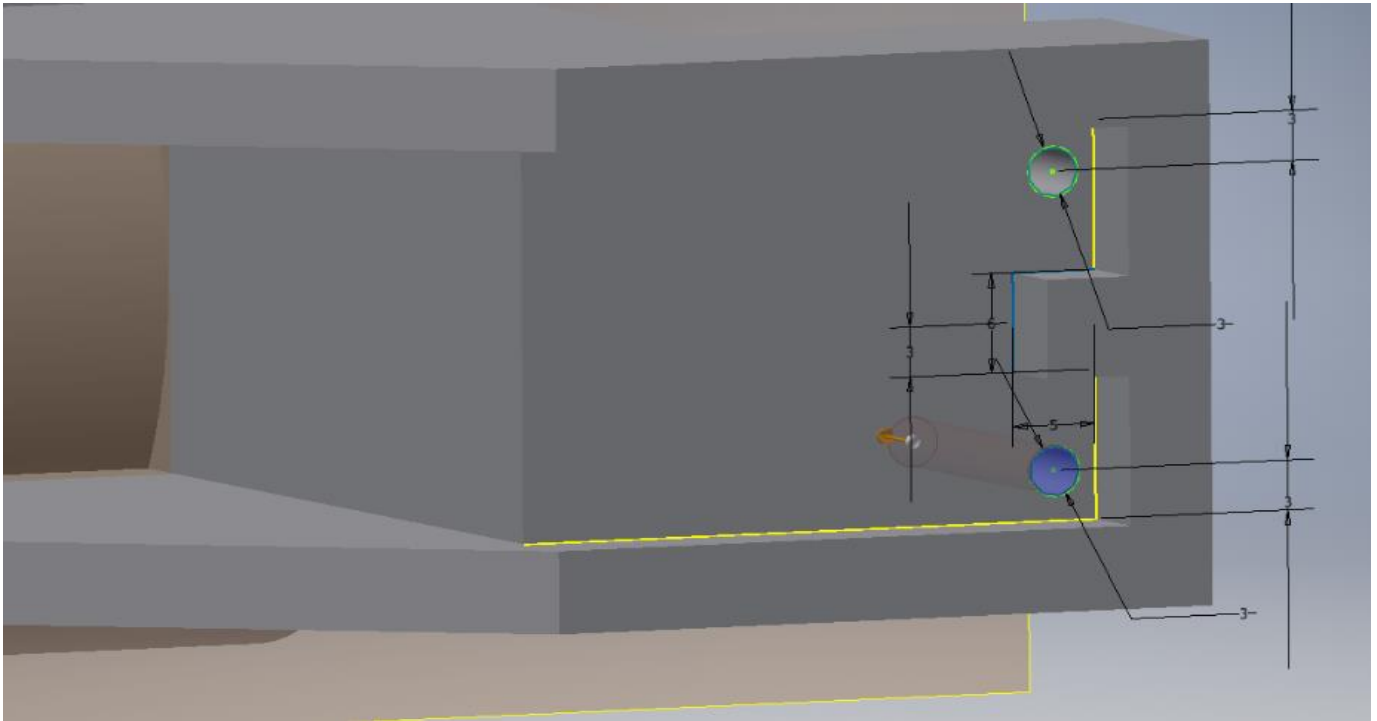
ΒΗΜΑ 35: Με τις εντολές Rectangle και Circle σχεδιάζονται τα ορθώγνια παραλληλόγραμμα και οι κύκλοι αντίστοιχα.



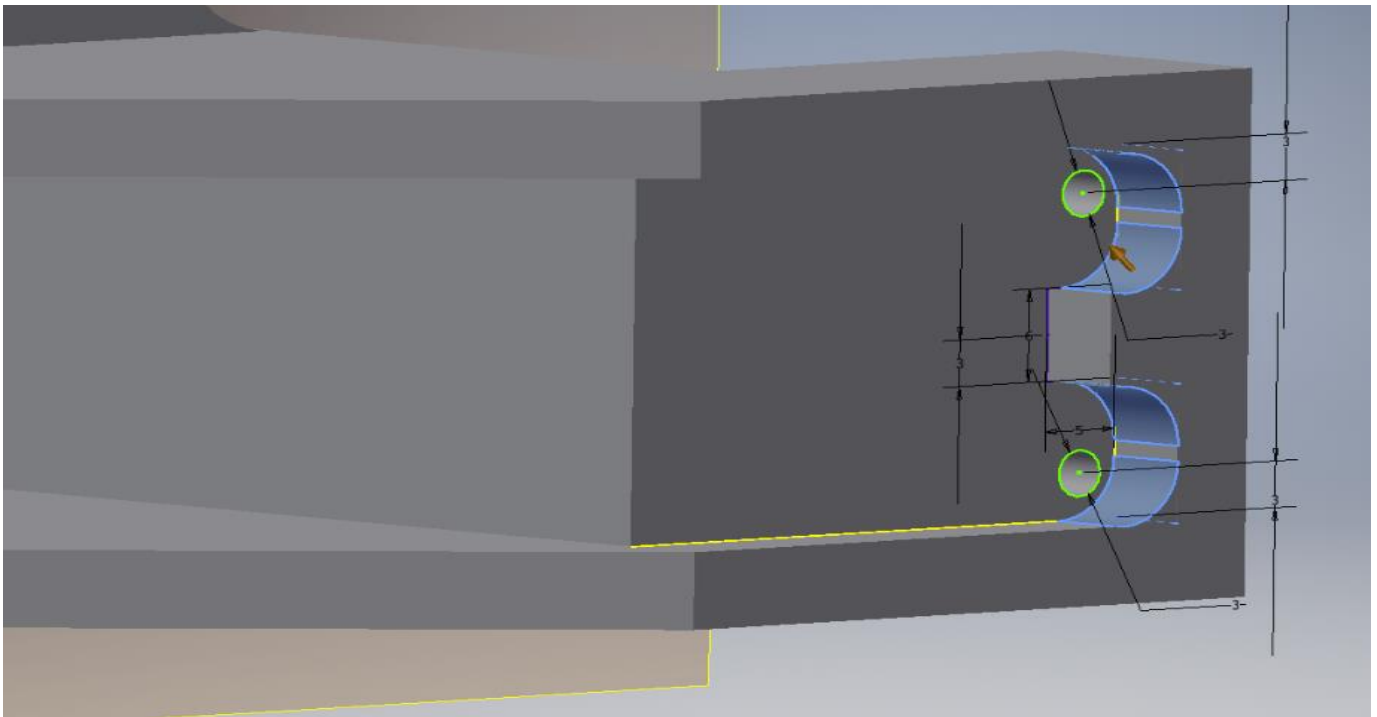
ΒΗΜΑ 36: Με την εντολή Extrude δίνεται όγκος στα ορθώγνια παραλληλόγραμμα.



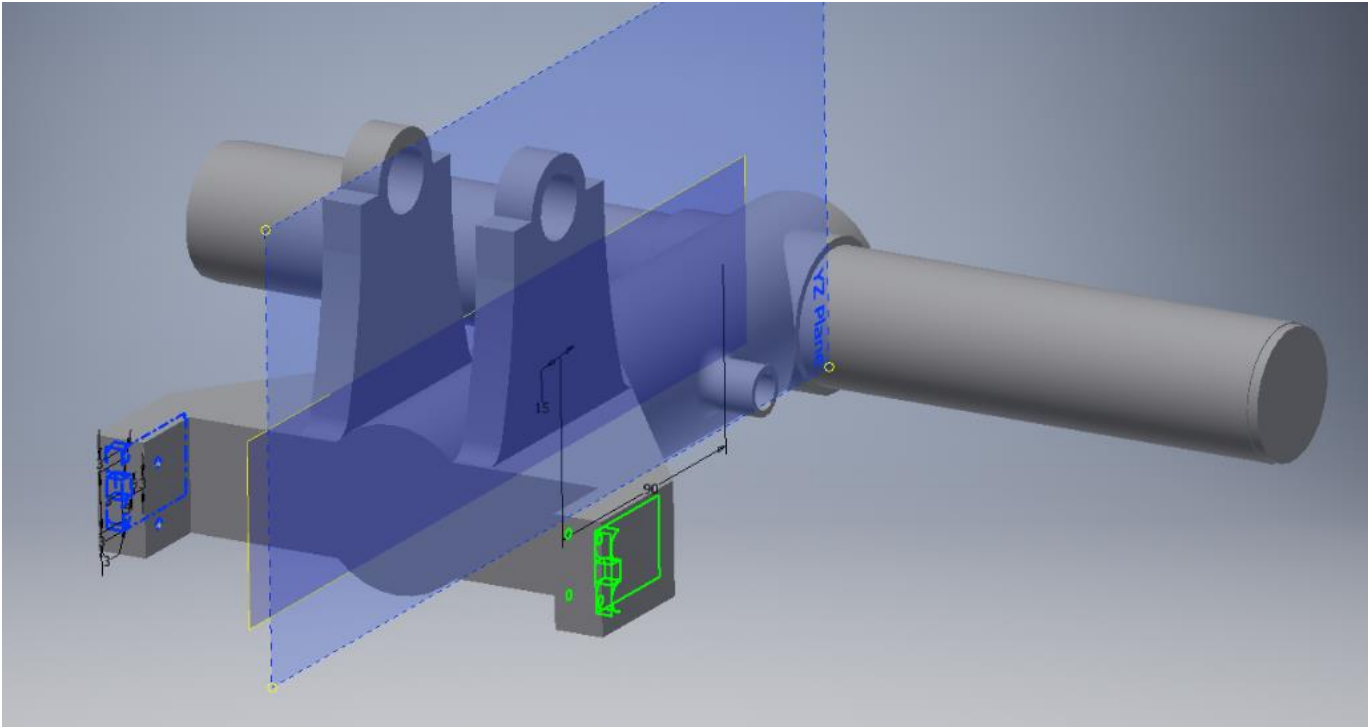
ΒΗΜΑ 37: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



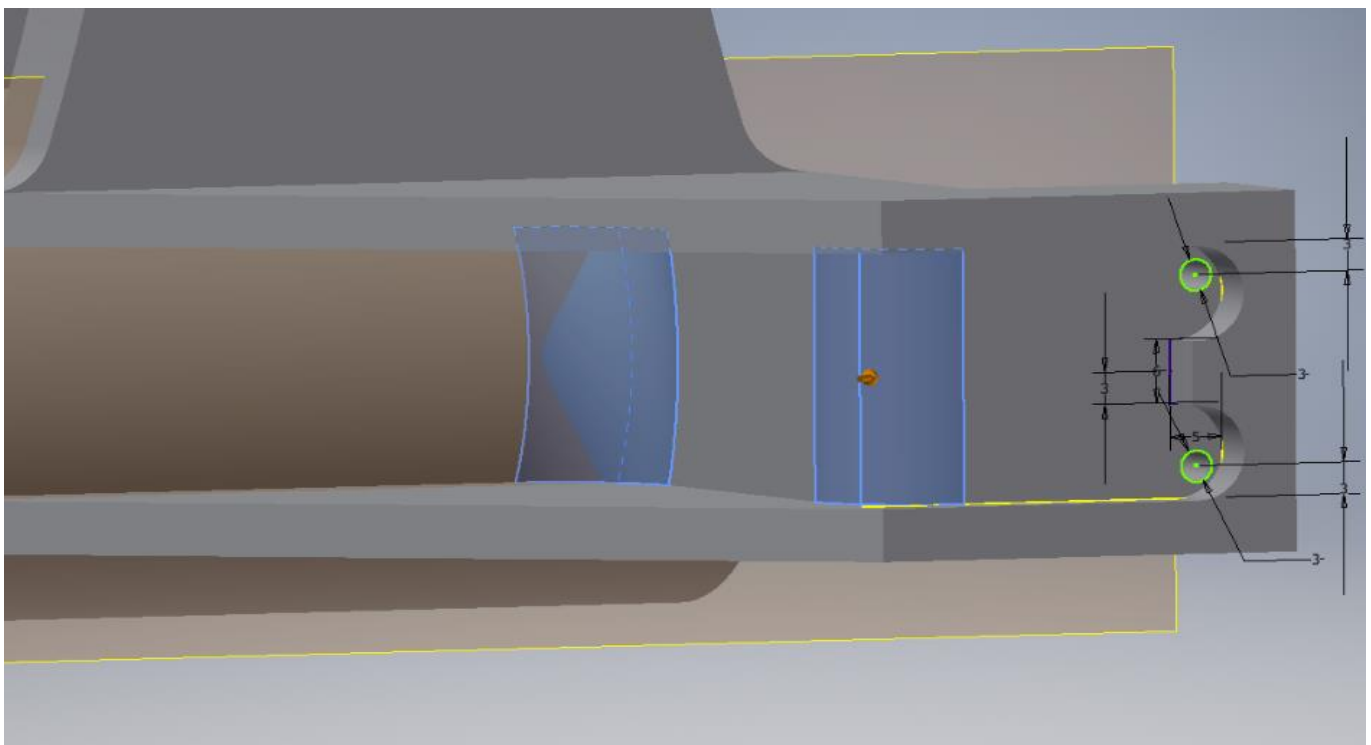
ΒΗΜΑ 38: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμψιότητα μεταξύ των επιφανειών.



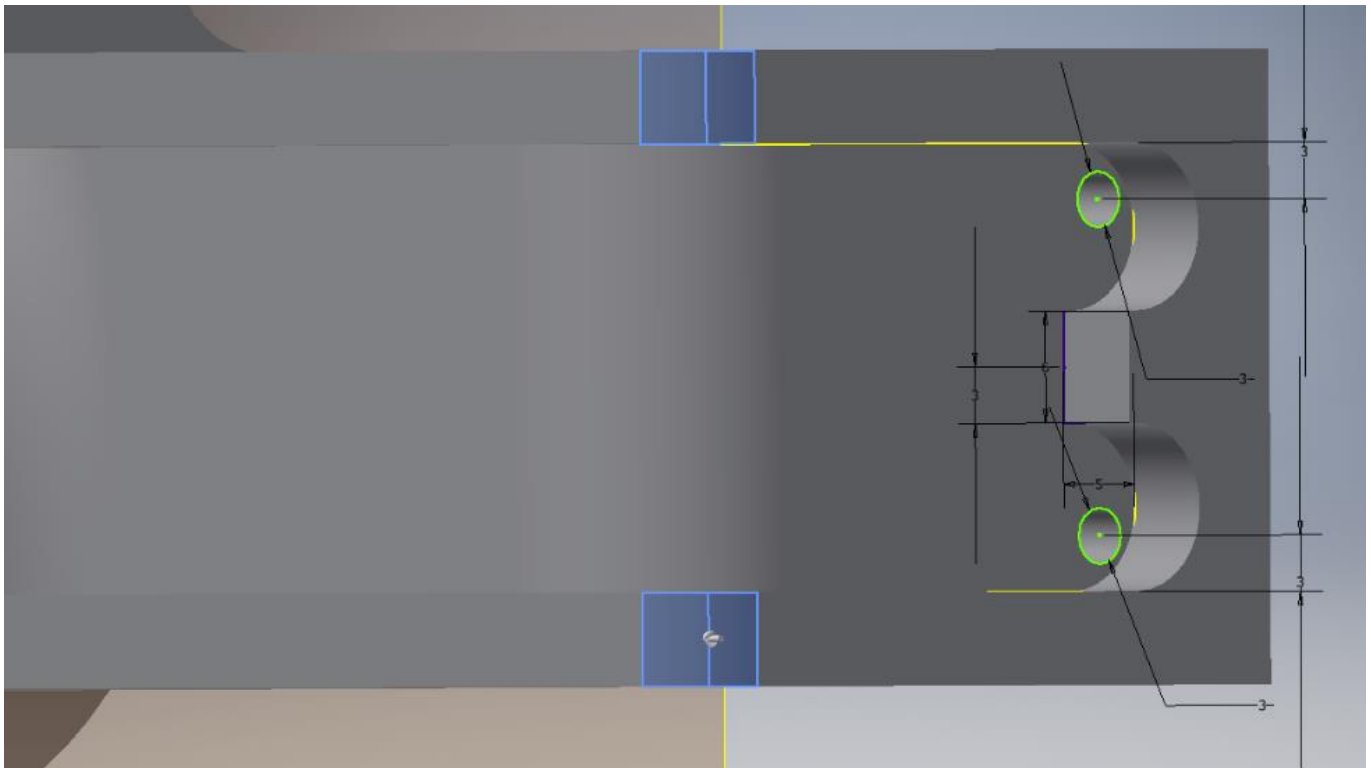
ΒΗΜΑ 39: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



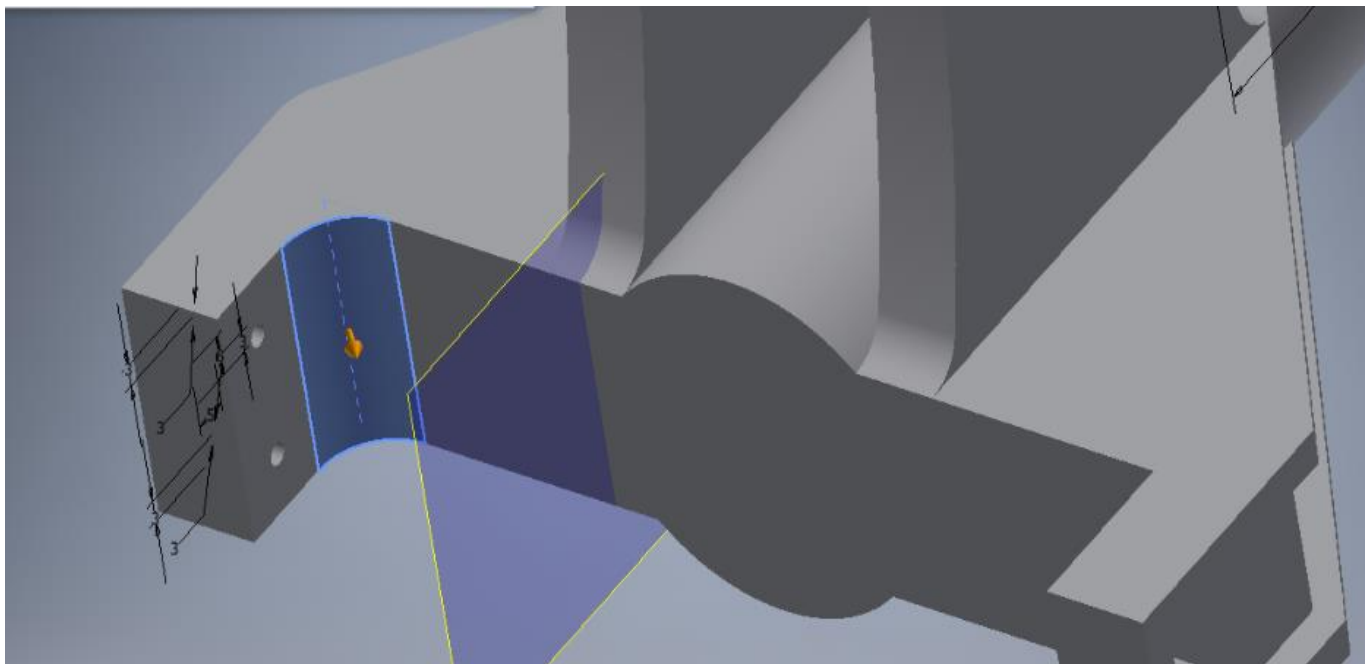
ΒΗΜΑ 40: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



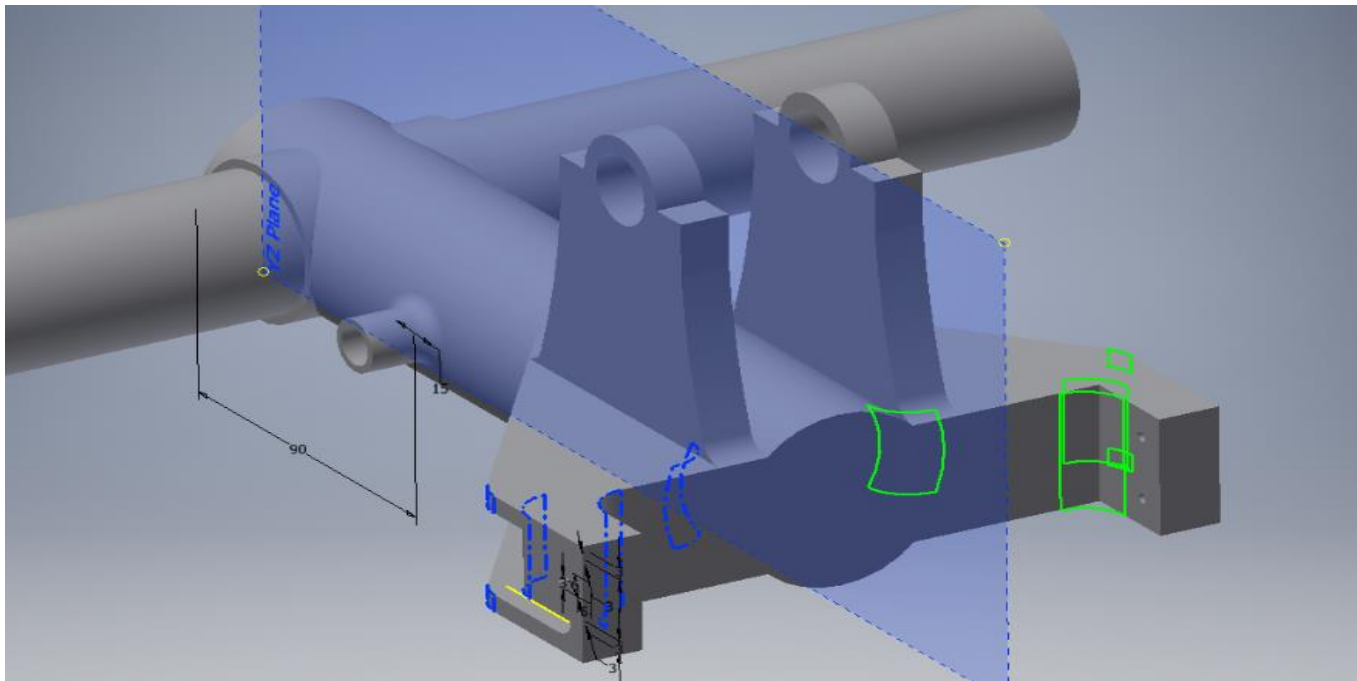
ΒΗΜΑ 41: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



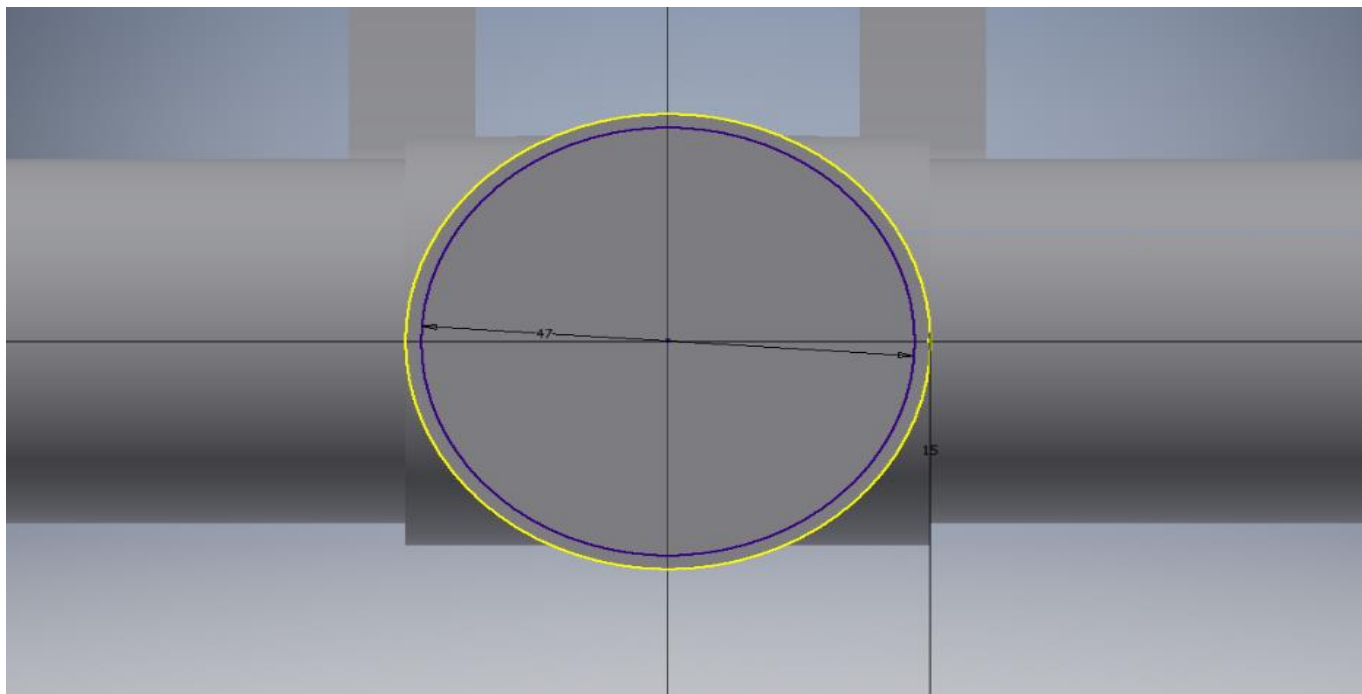
ΒΗΜΑ 42: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



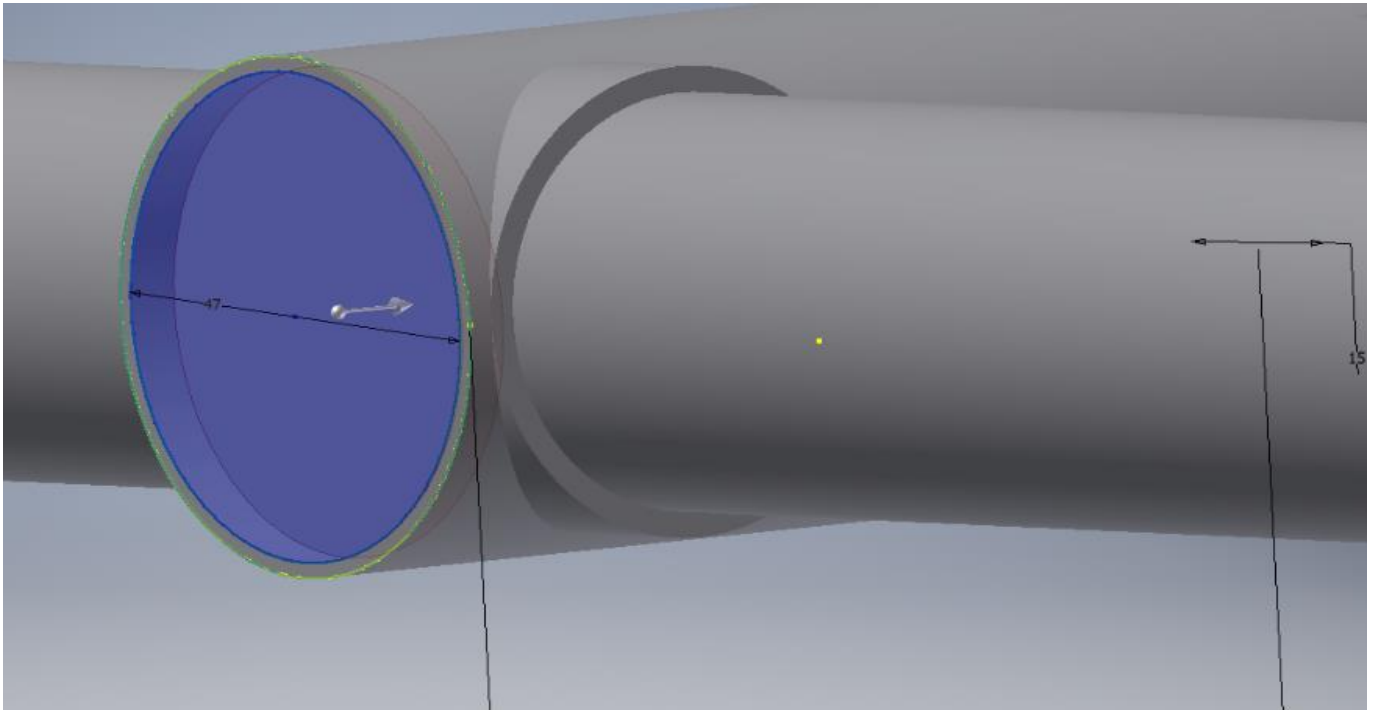
ΒΗΜΑ 43: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπων καμπύλων στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



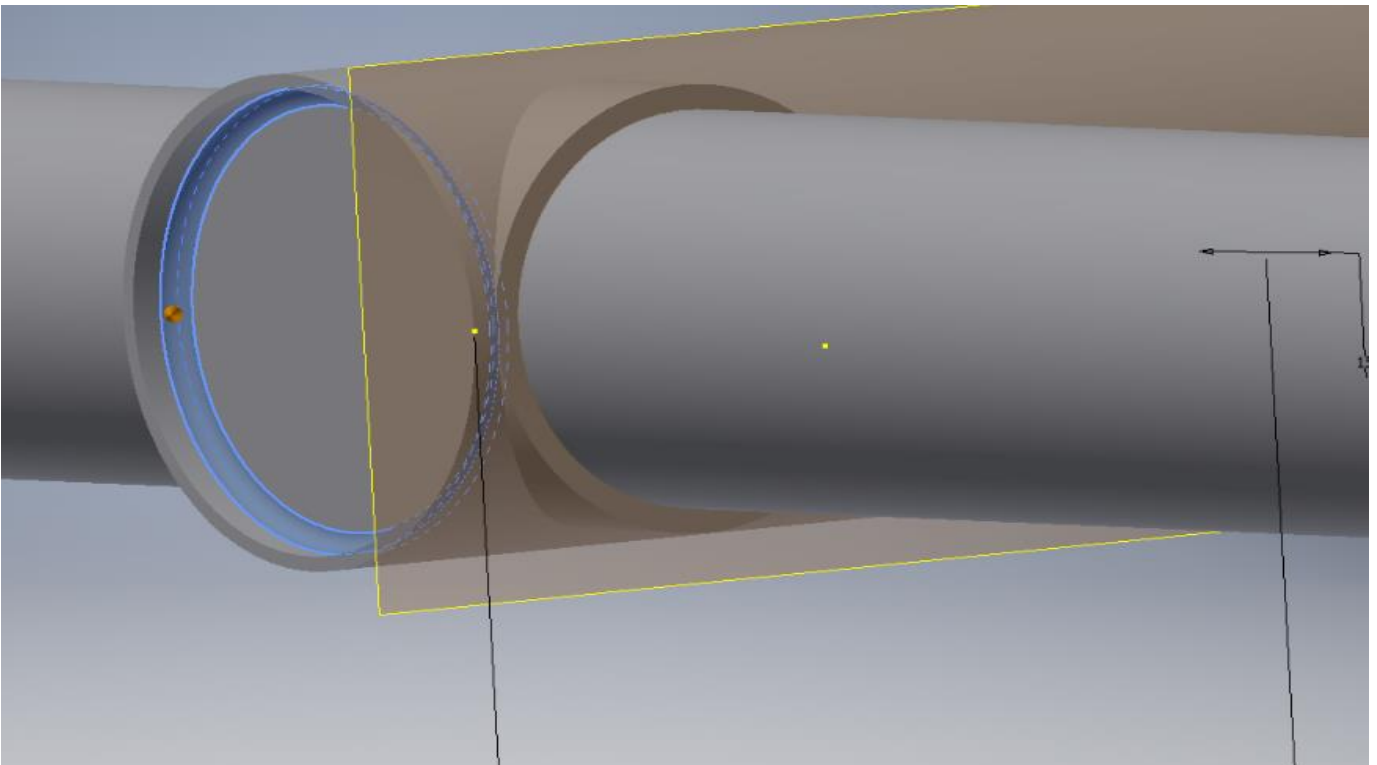
ΒΗΜΑ 44: Με την εντολή Circle σχεδιάζεται ένας ομόκεντρος κύκλος.



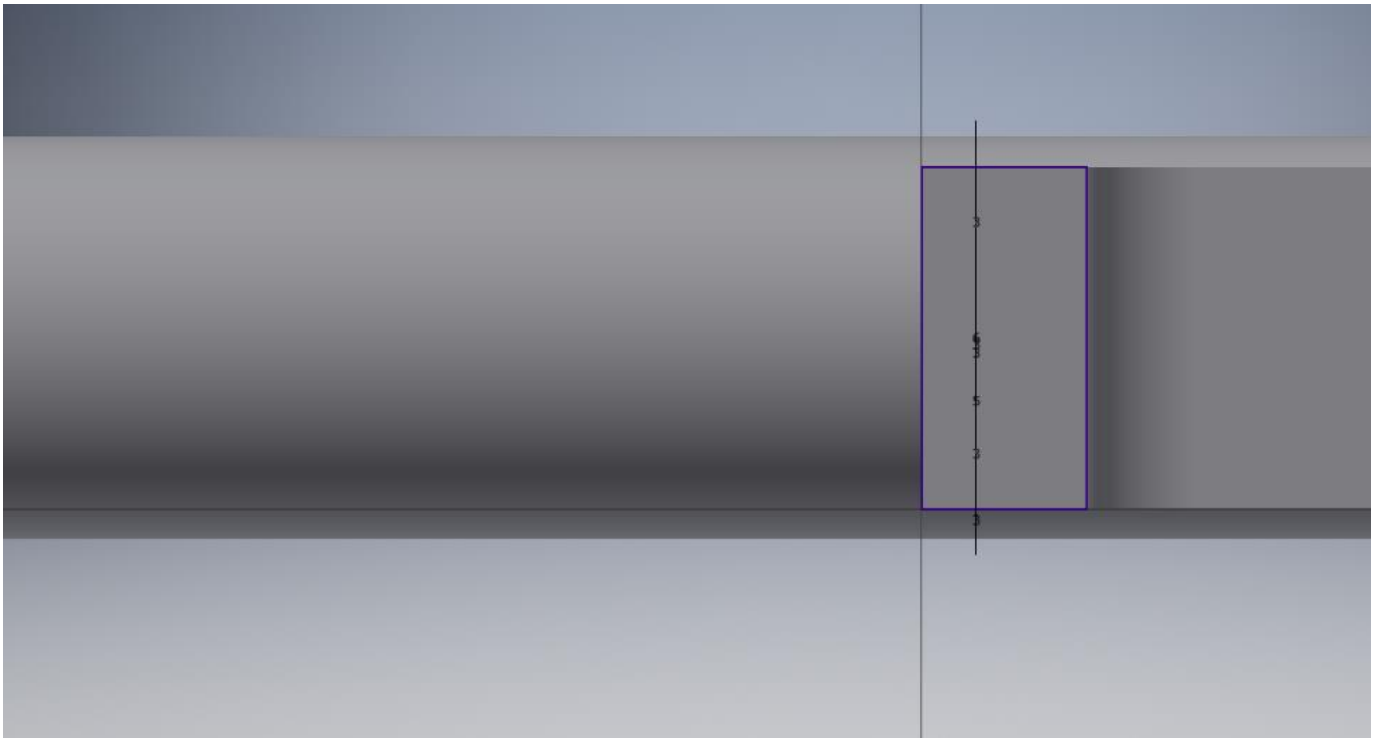
ΒΗΜΑ 45: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



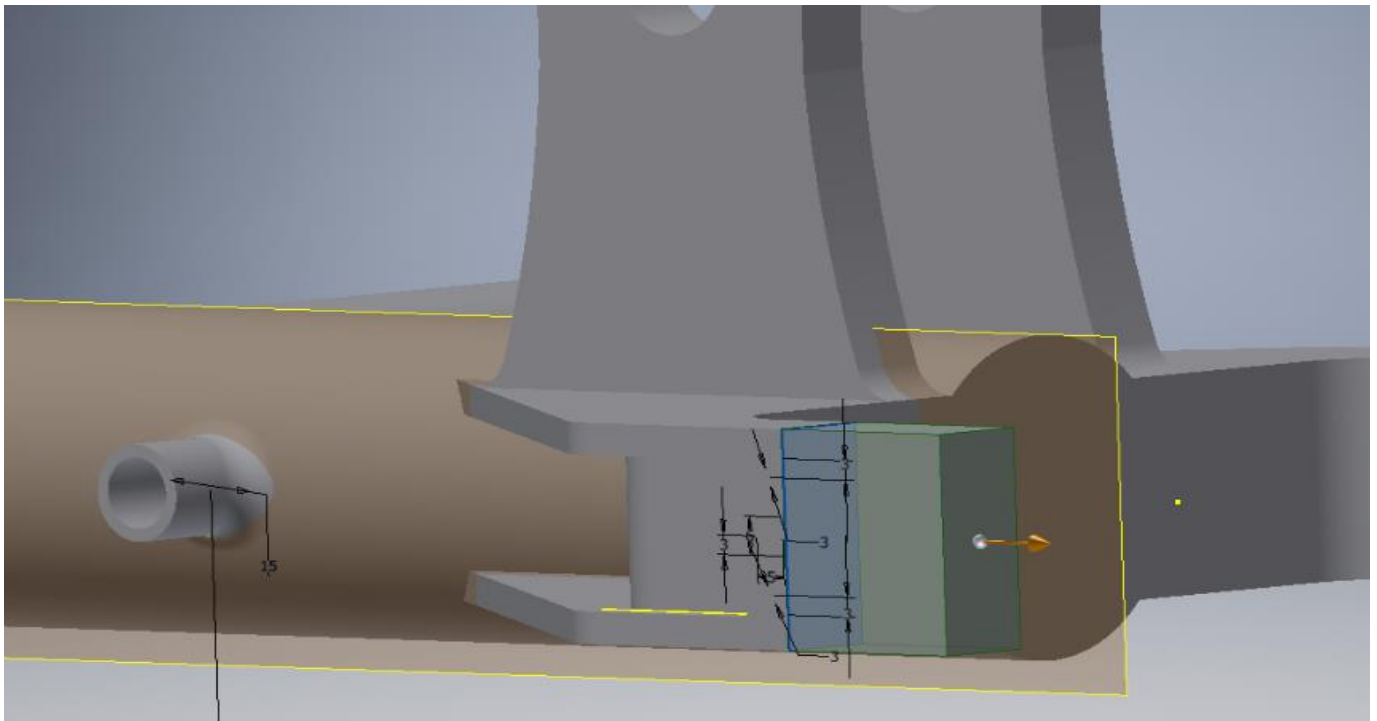
ΒΗΜΑ 46: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



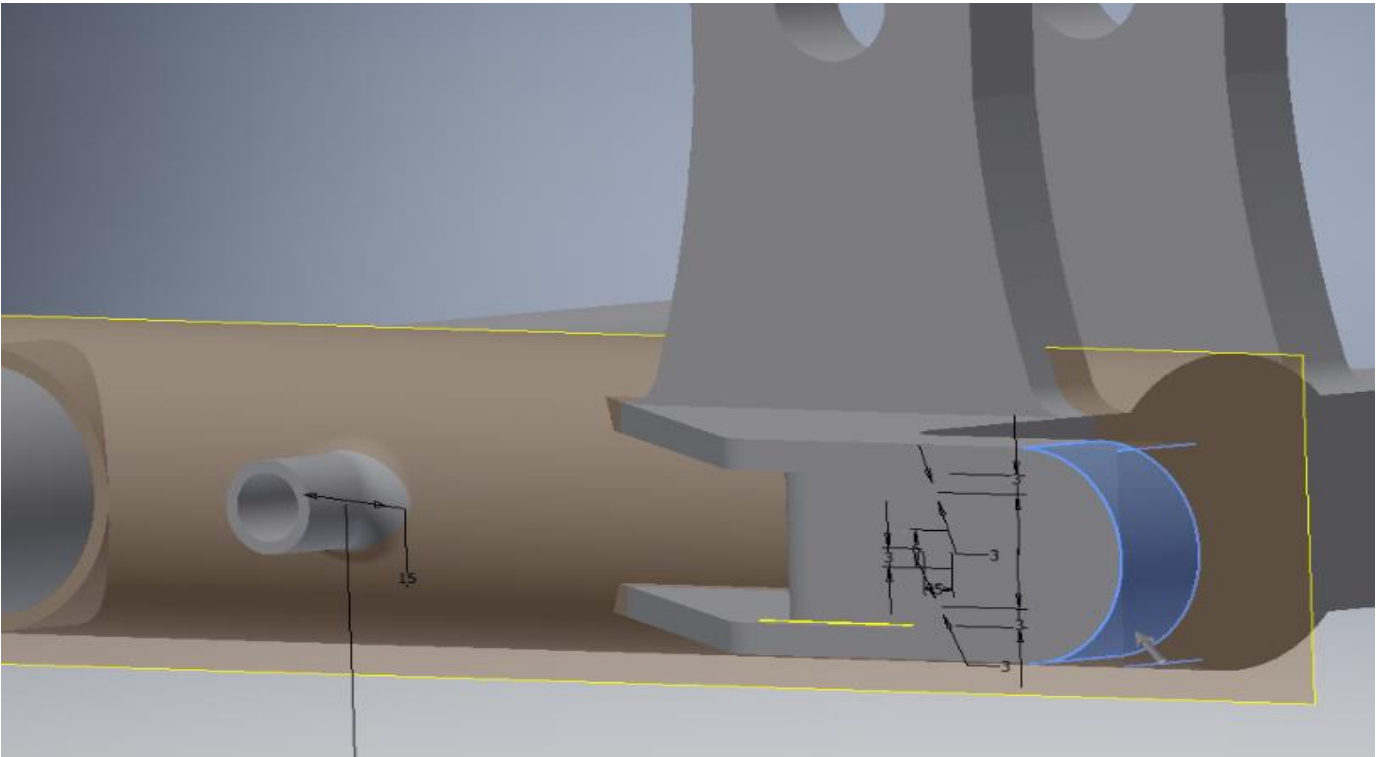
ΒΗΜΑ 47: Με την εντολή Rectangle δημιουργείται το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



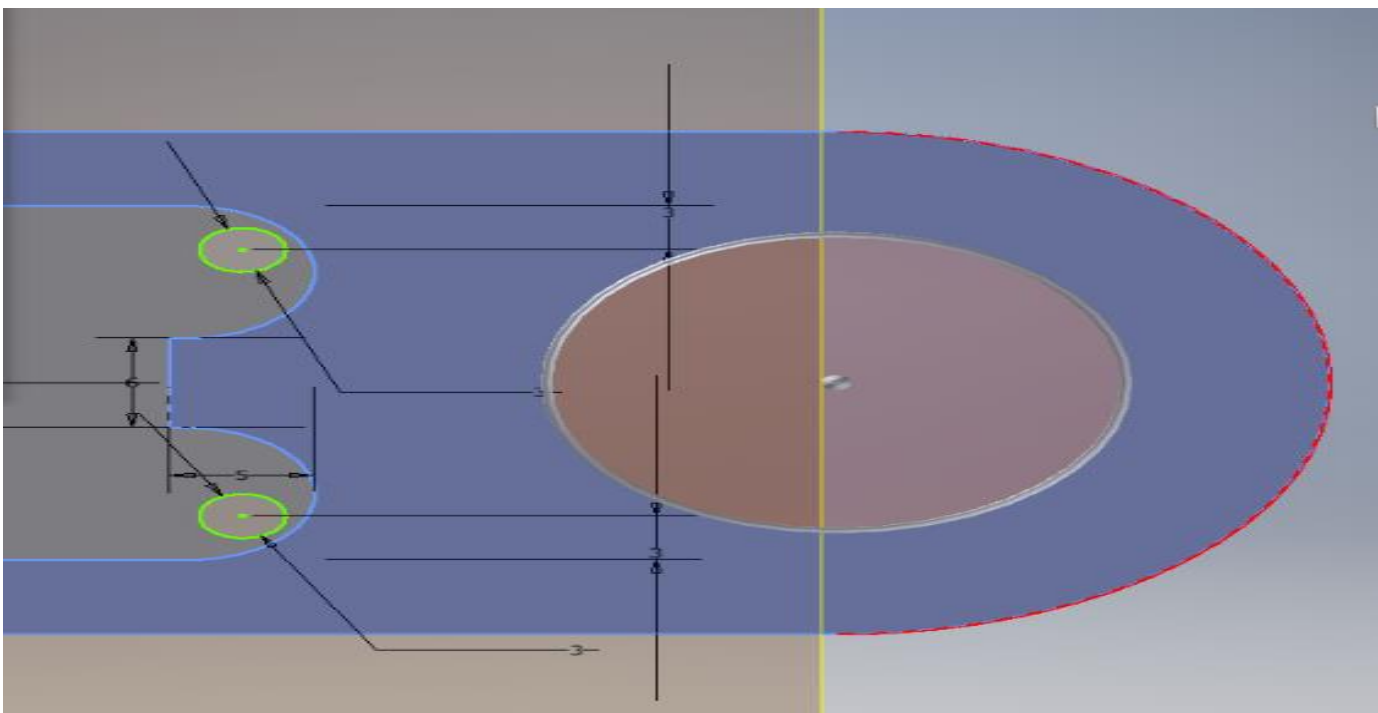
ΒΗΜΑ 48: Με την εντολή Extrude δίνεται όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



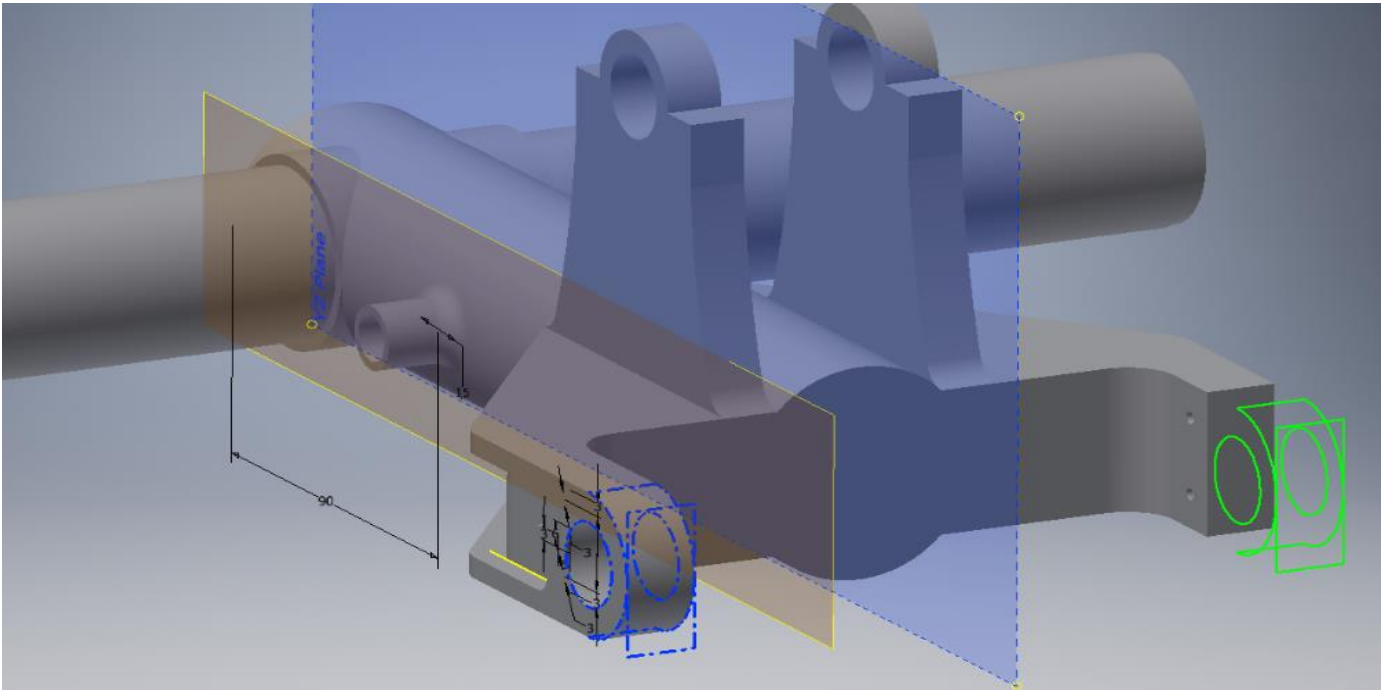
ΒΗΜΑ 49: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



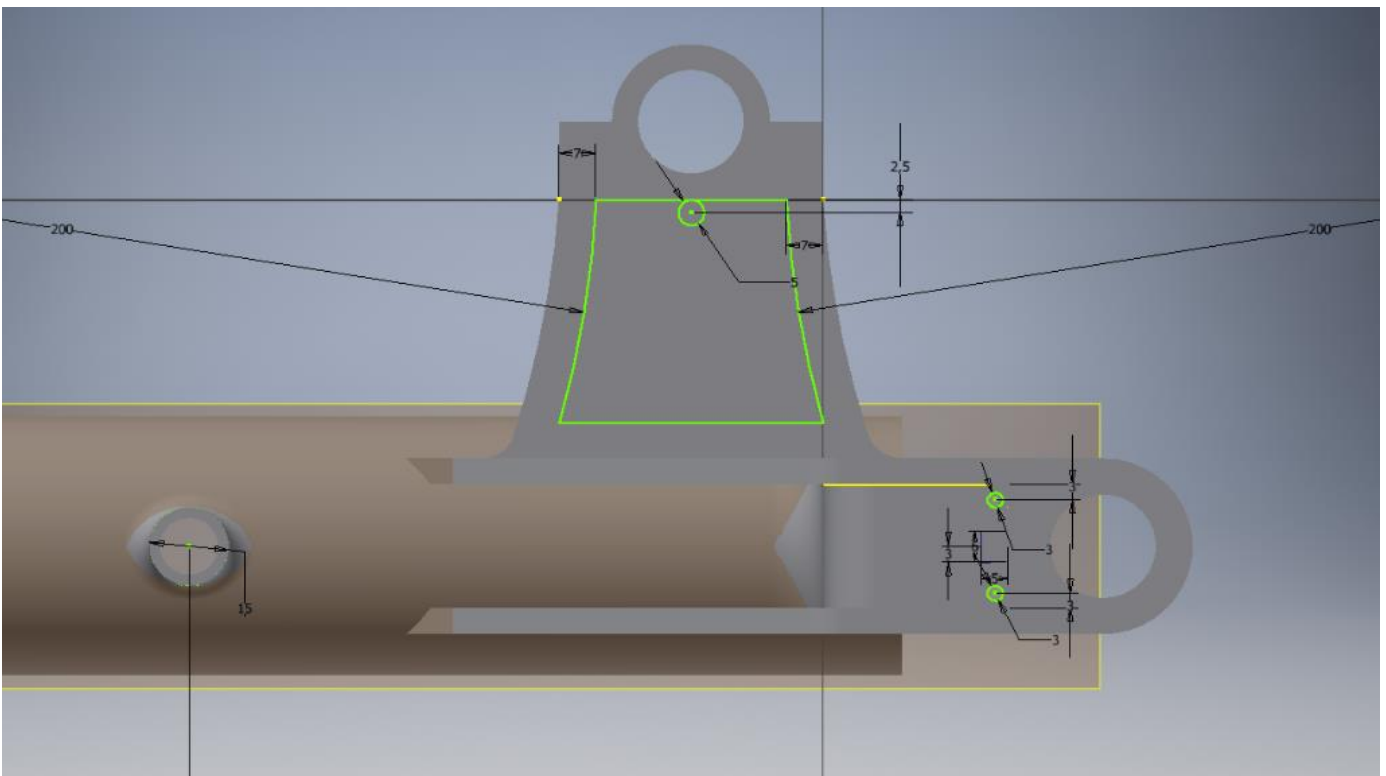
ΒΗΜΑ 50: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



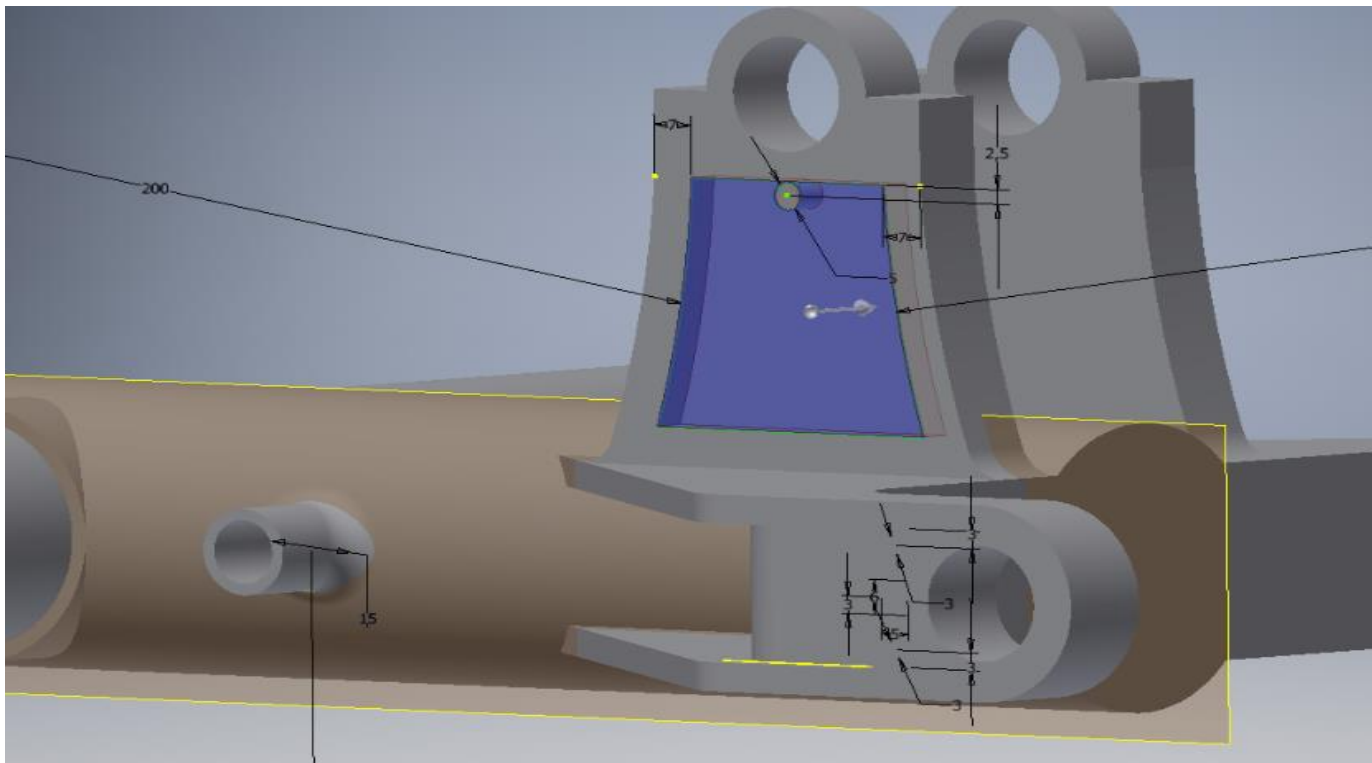
ΒΗΜΑ 51: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



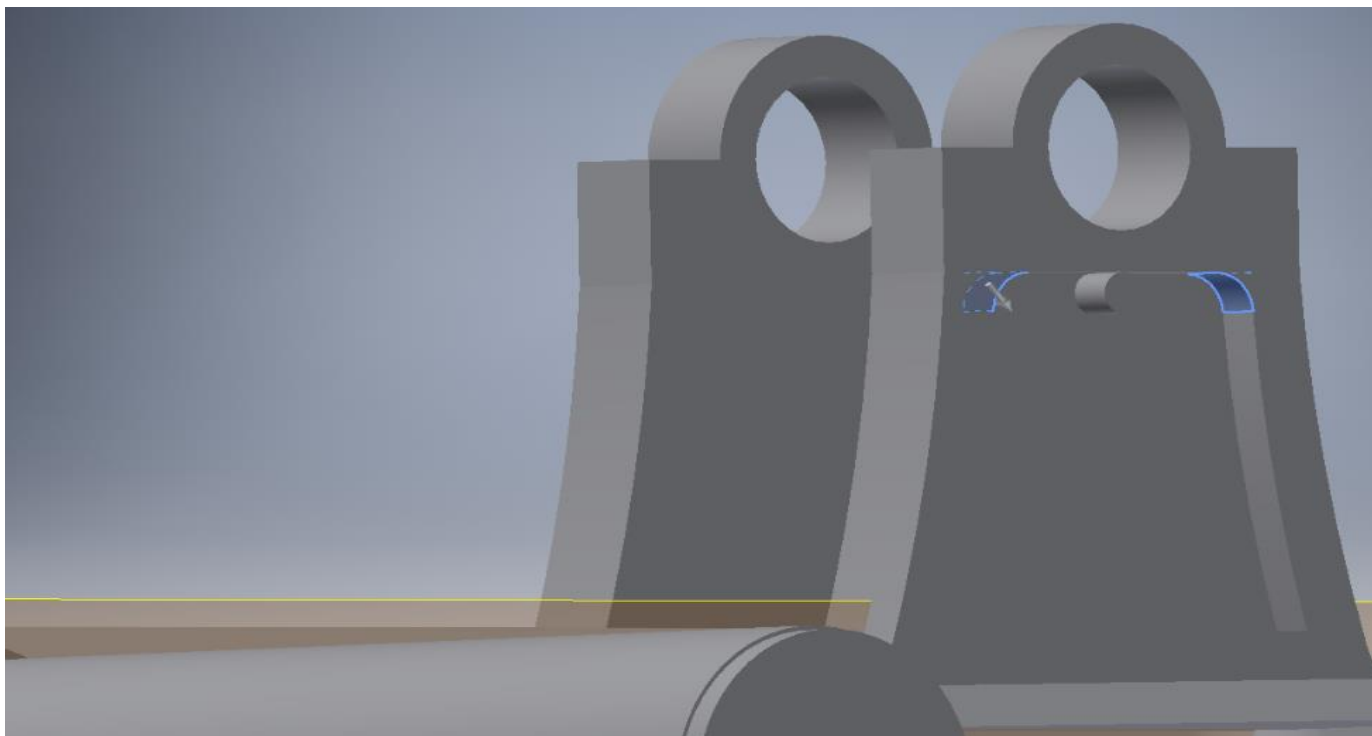
ΒΗΜΑ 52: Με τις εντολές Line,Circle,Arc σχεδιάζεται το παρακάτω σχήμα.



ΒΗΜΑ 53: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



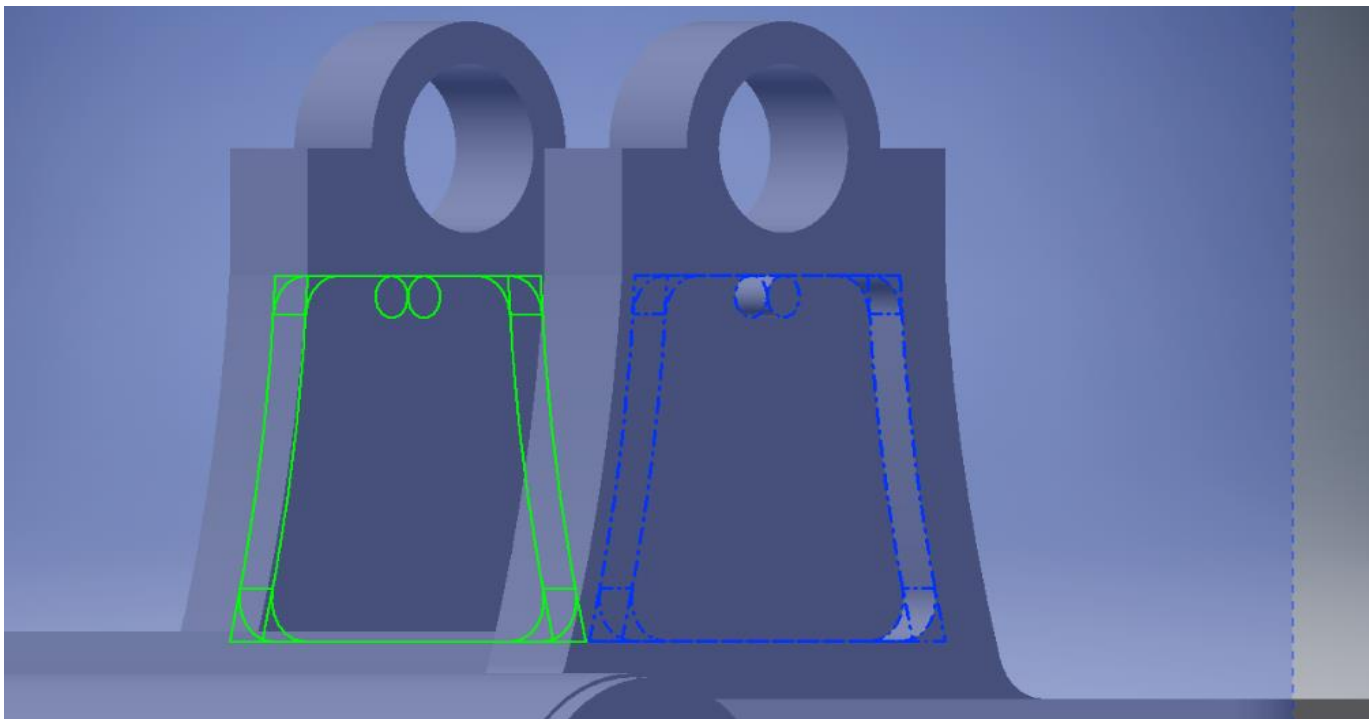
ΒΗΜΑ 54: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



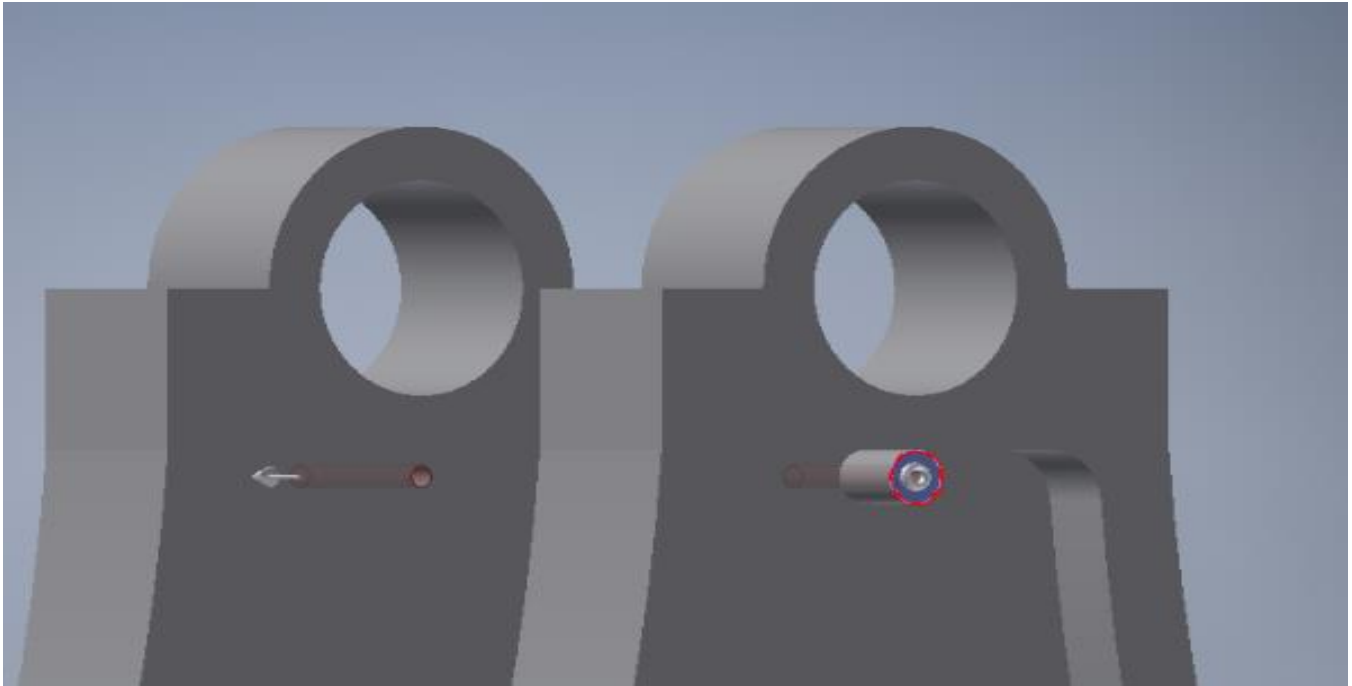
ΒΗΜΑ 55: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



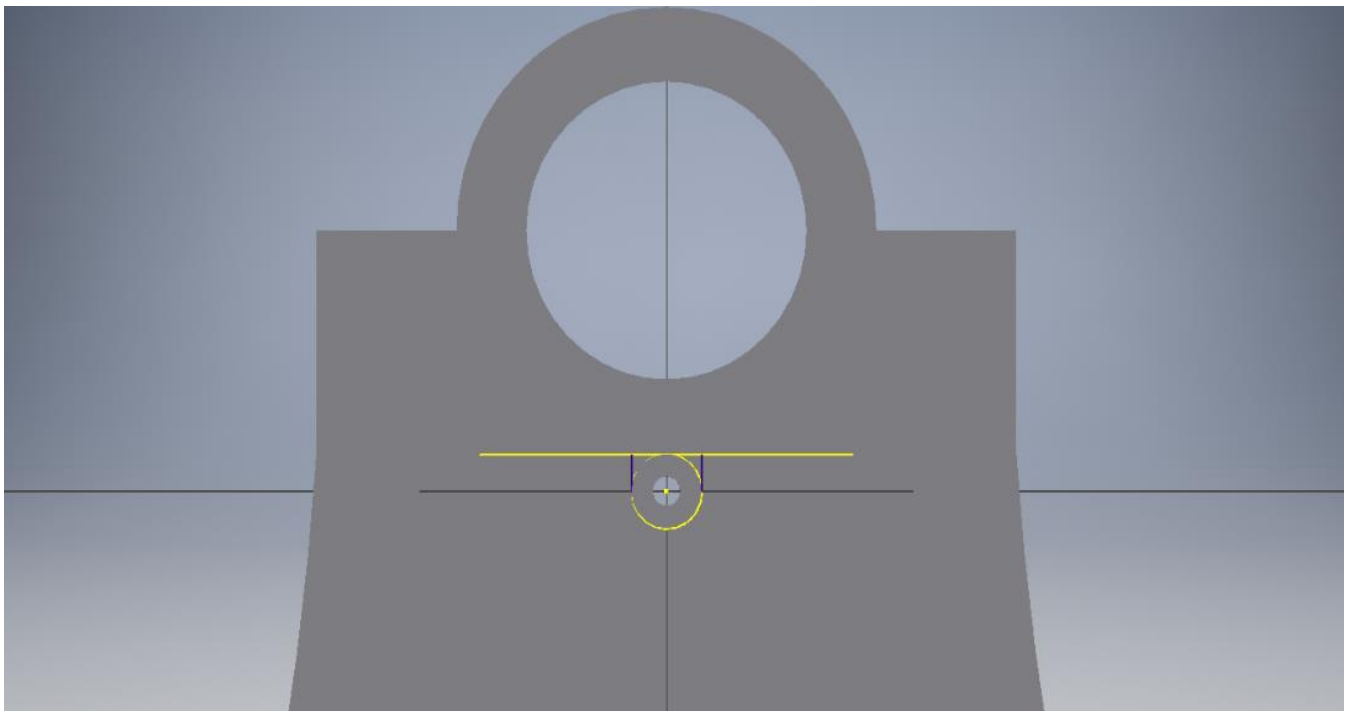
ΒΗΜΑ 56: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



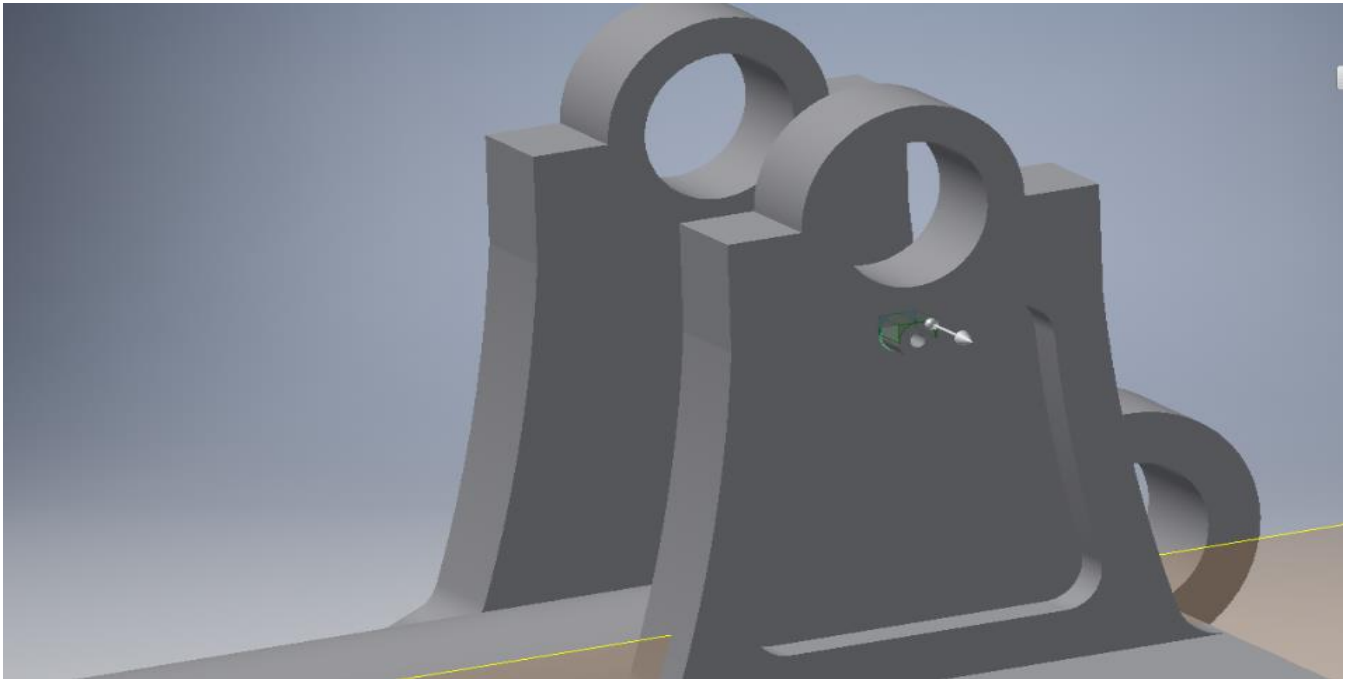
ΒΗΜΑ 57: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



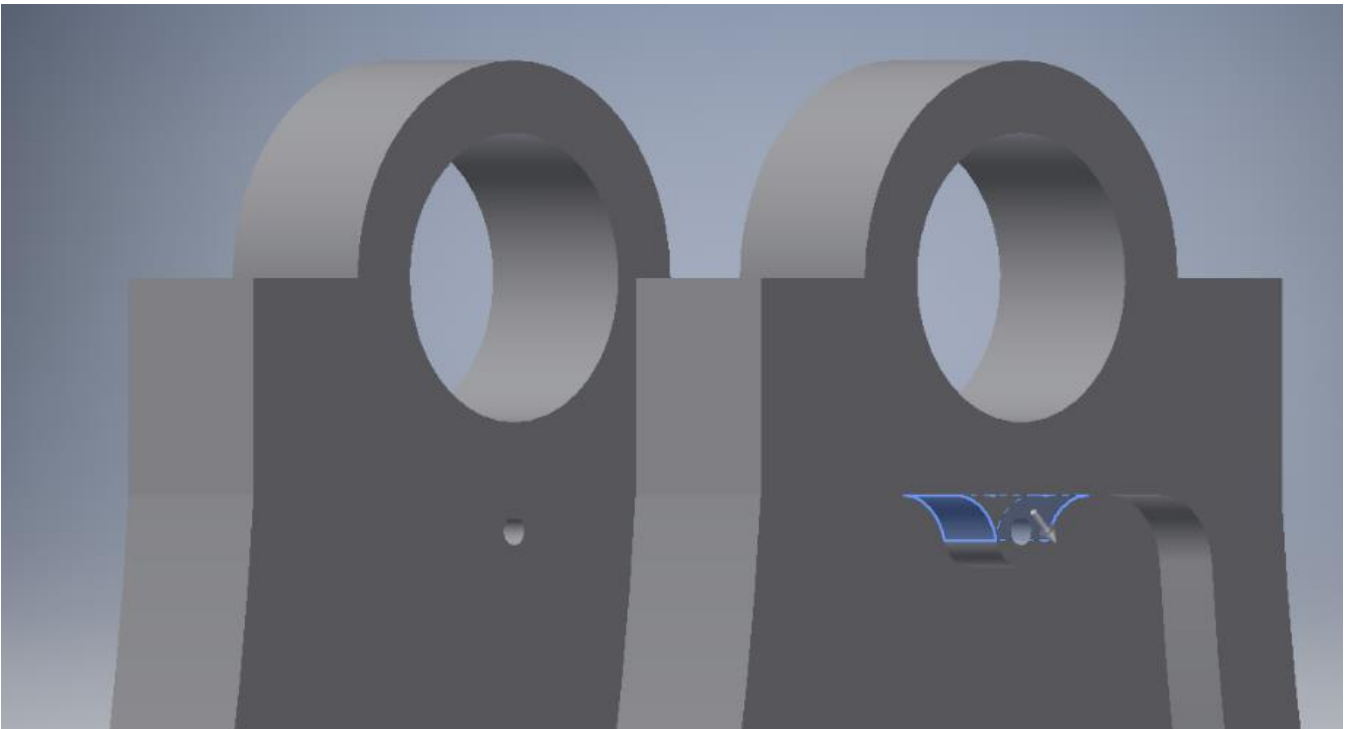
ΒΗΜΑ 58: Με την εντολή Line σχεδιάζεται το παρακάτω σχήμα.



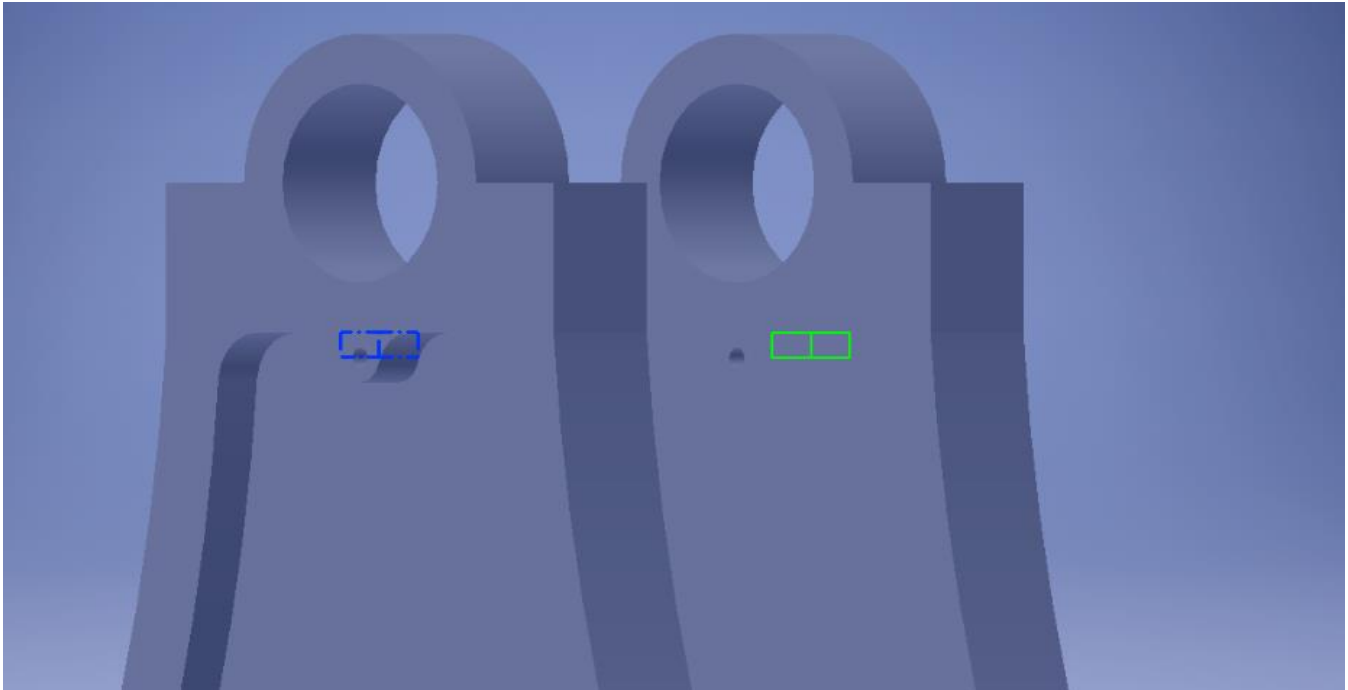
ΒΗΜΑ 59: Με την εντολή Extrude δίνεται όγκος στο σχήμα.



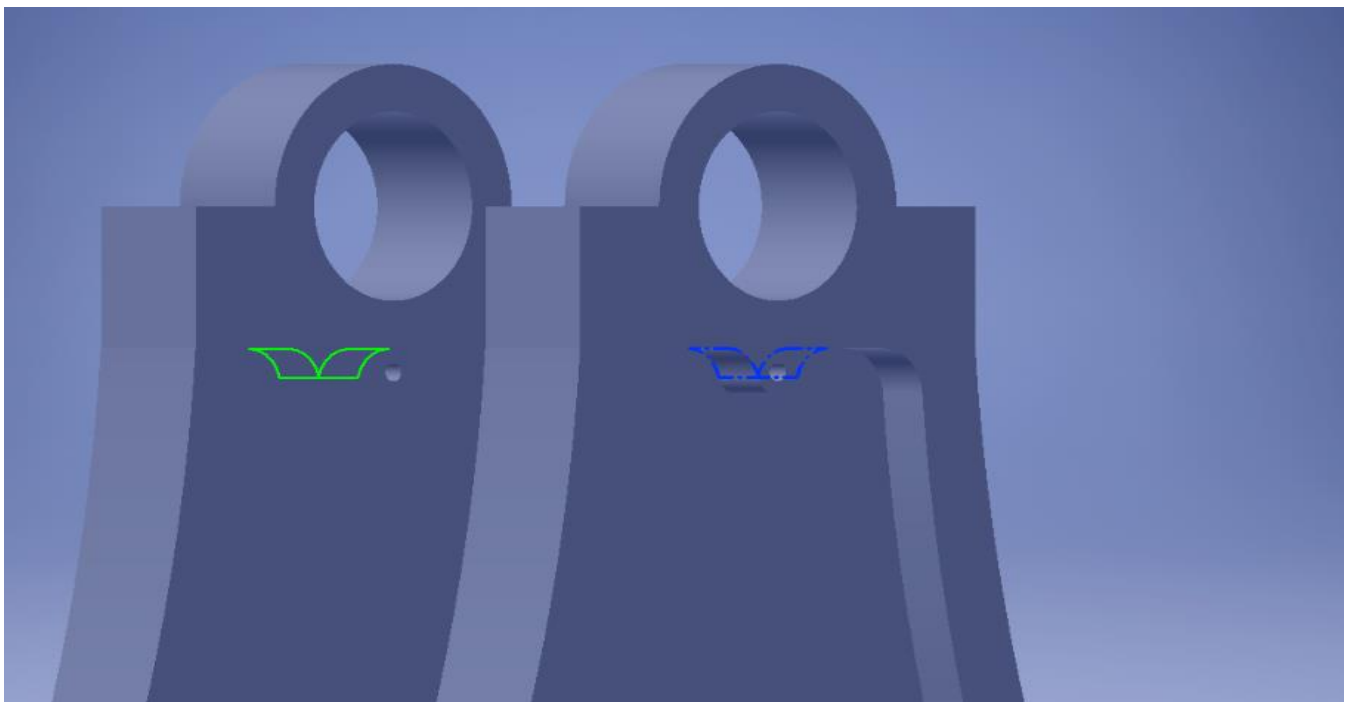
ΒΗΜΑ 60: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



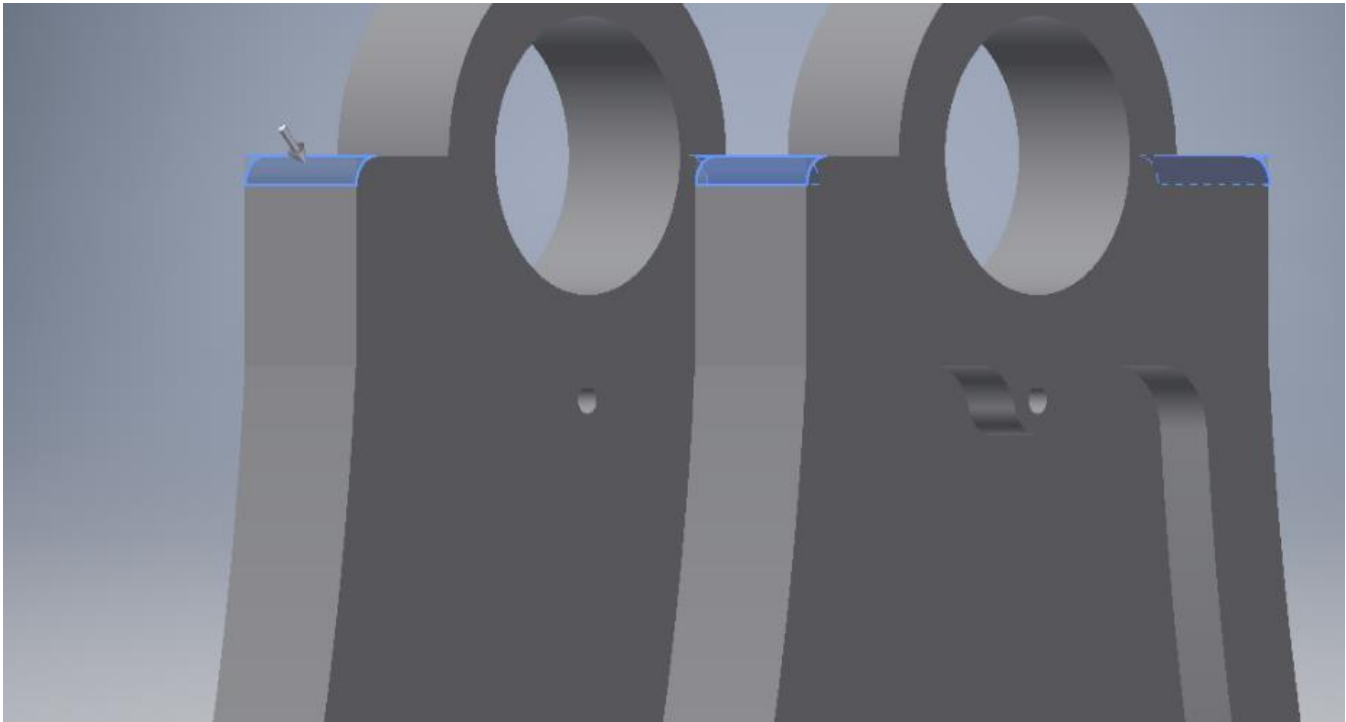
ΒΗΜΑ 61: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



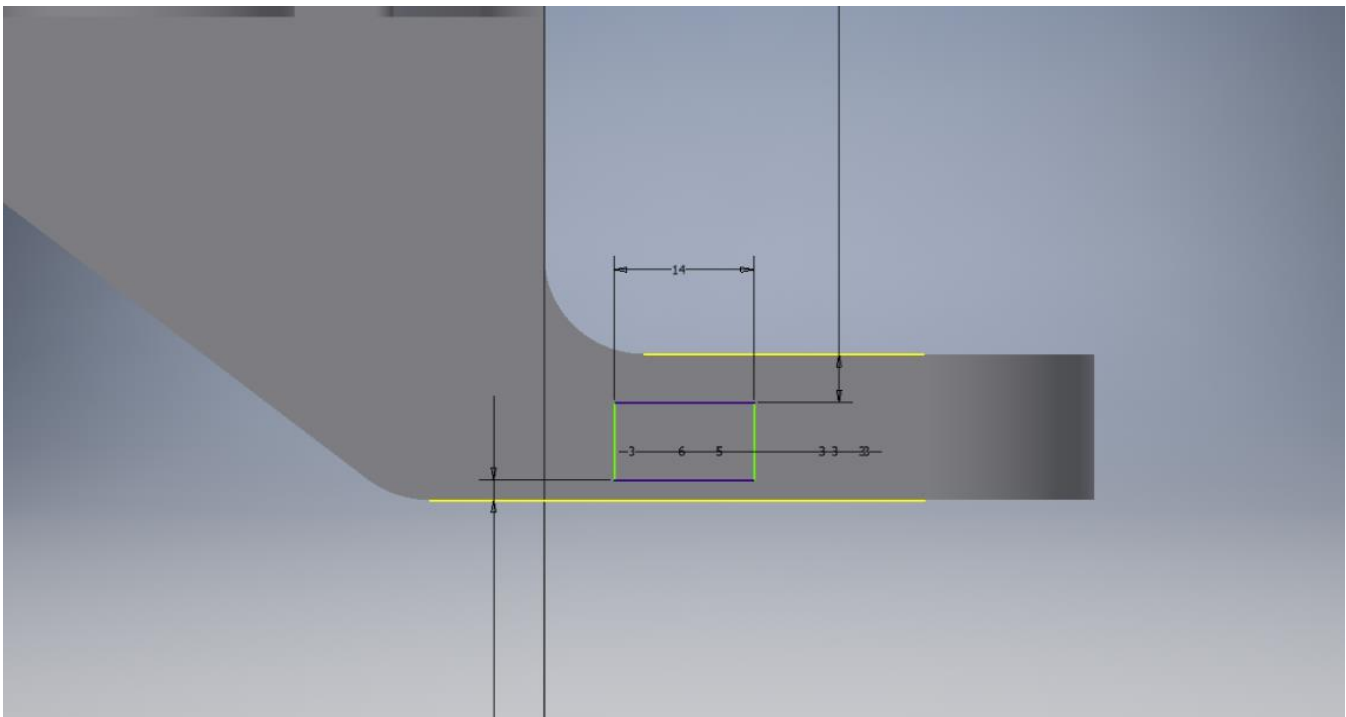
ΒΗΜΑ 62: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



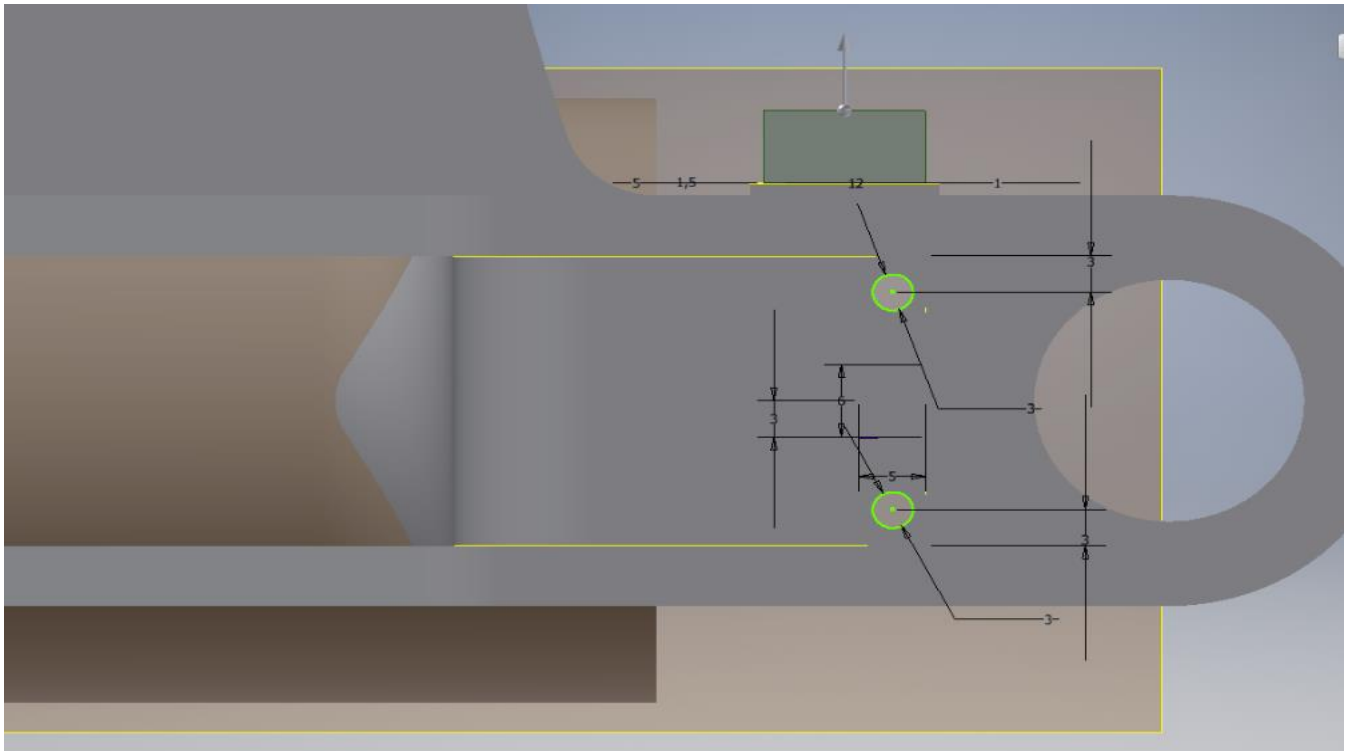
ΒΗΜΑ 63: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



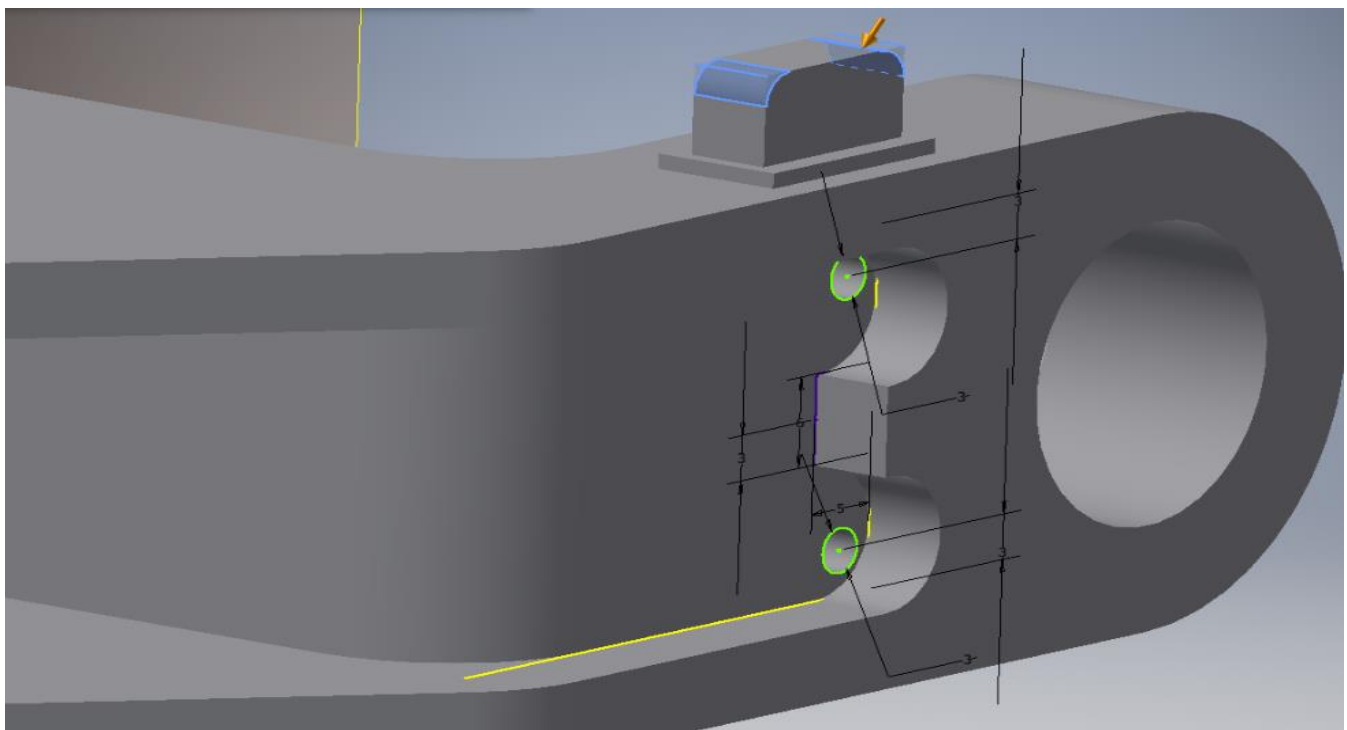
ΒΗΜΑ 64: Με την εντολή Rectangle σχεδιάζεται το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



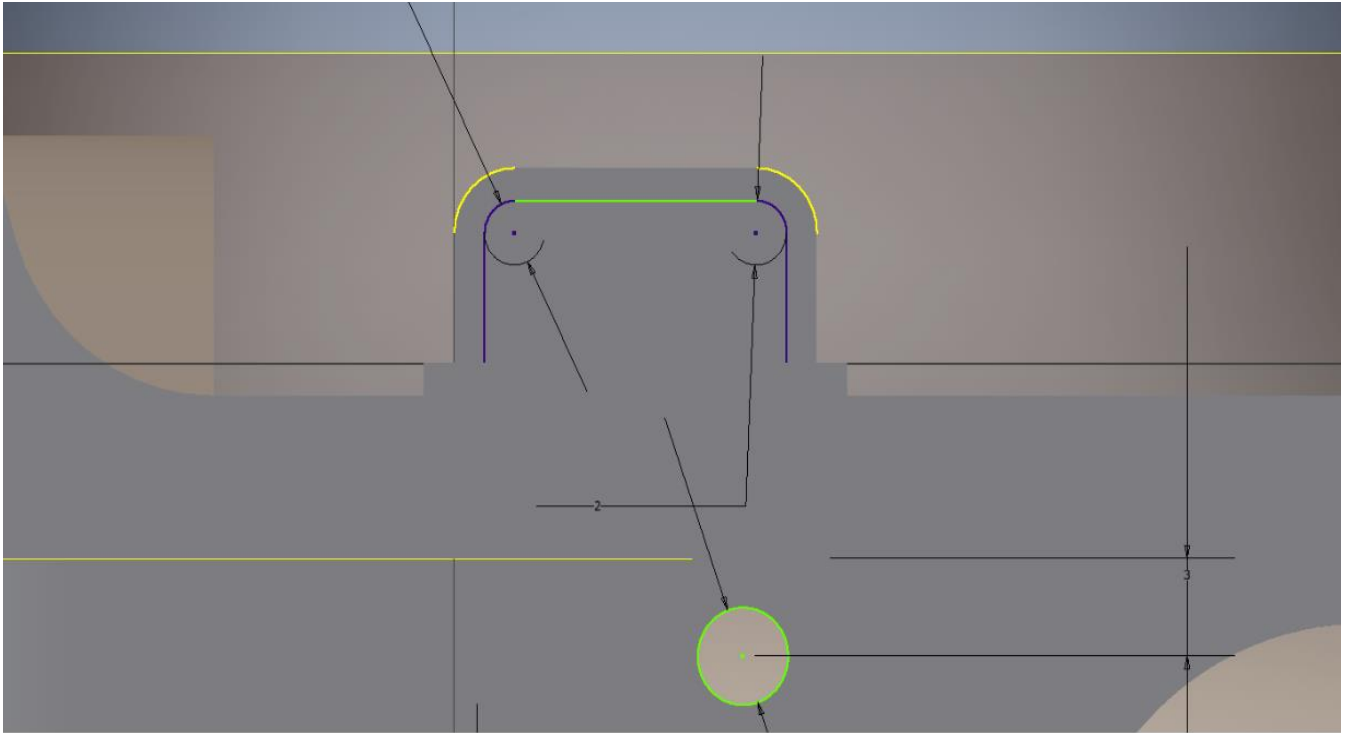
ΒΗΜΑ 65: Με την εντολή Extrude δίνεται όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



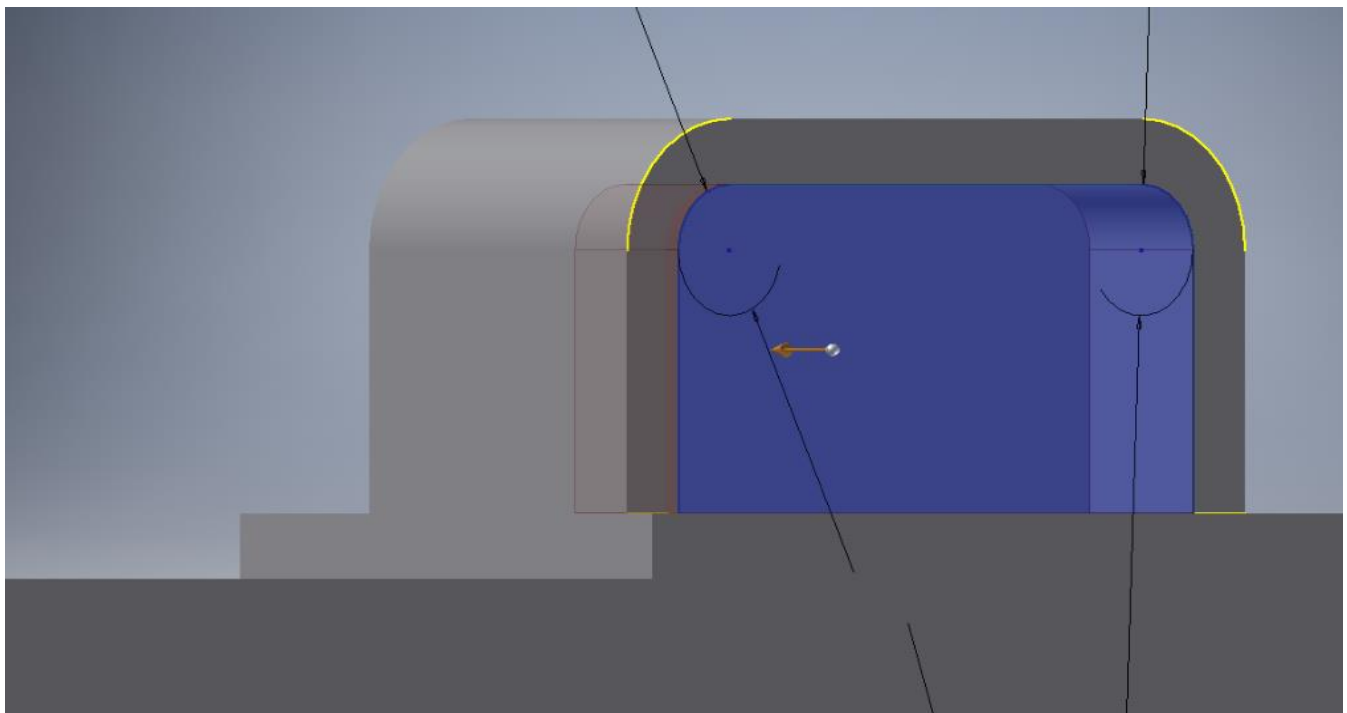
ΒΗΜΑ 66: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



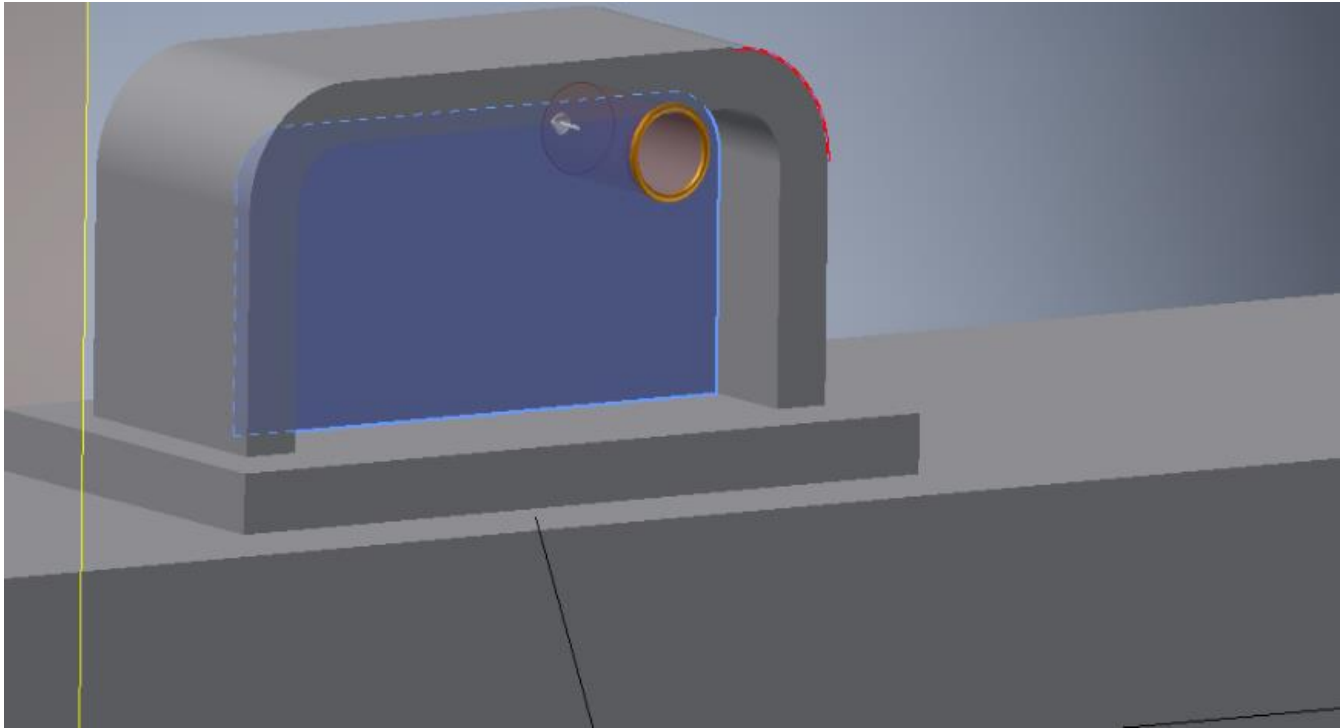
ΒΗΜΑ 67: Με τις εντολές Line,Circle σχεδιάζεται το παρακάτω σχήμα.



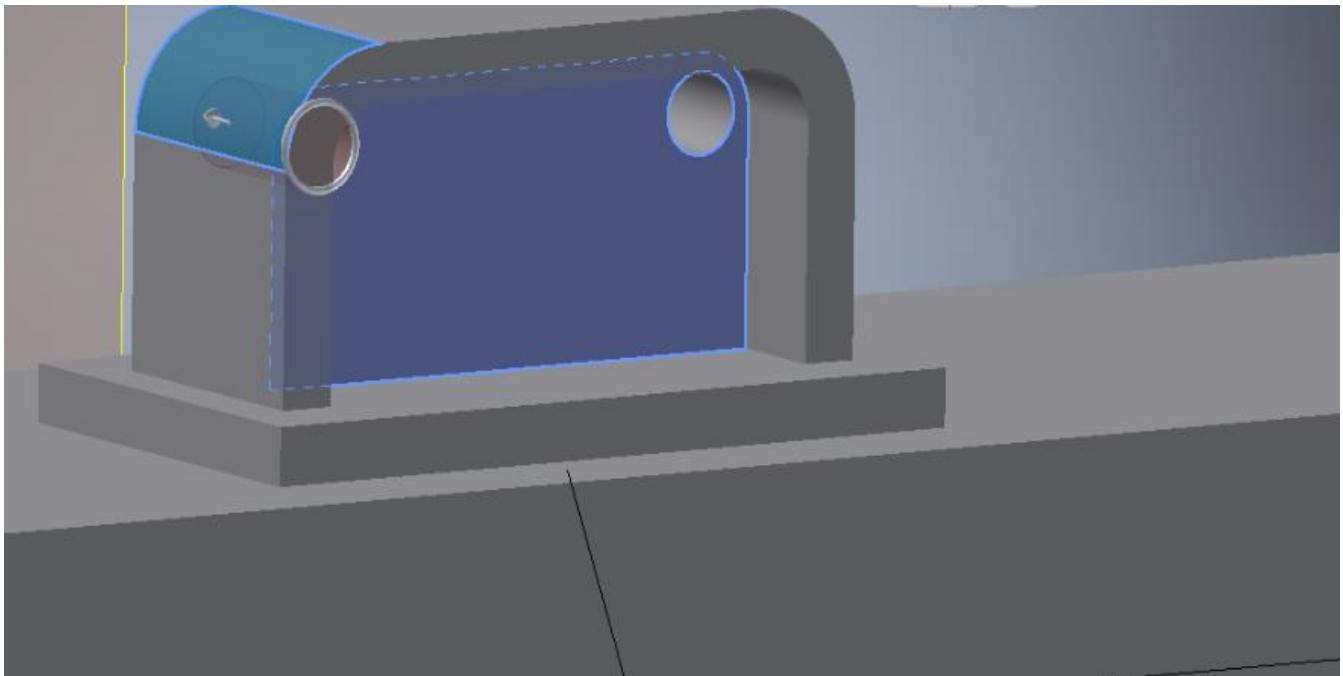
ΒΗΜΑ 68: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



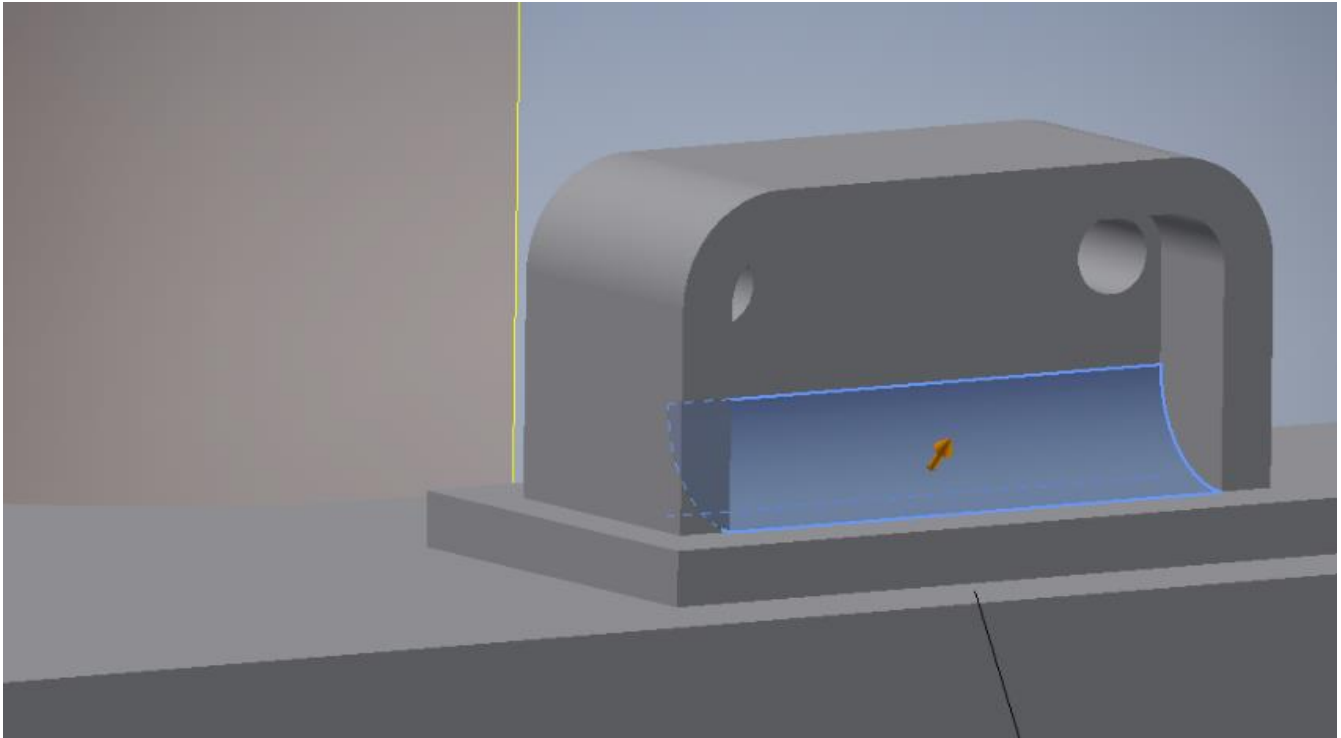
ΒΗΜΑ 69: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



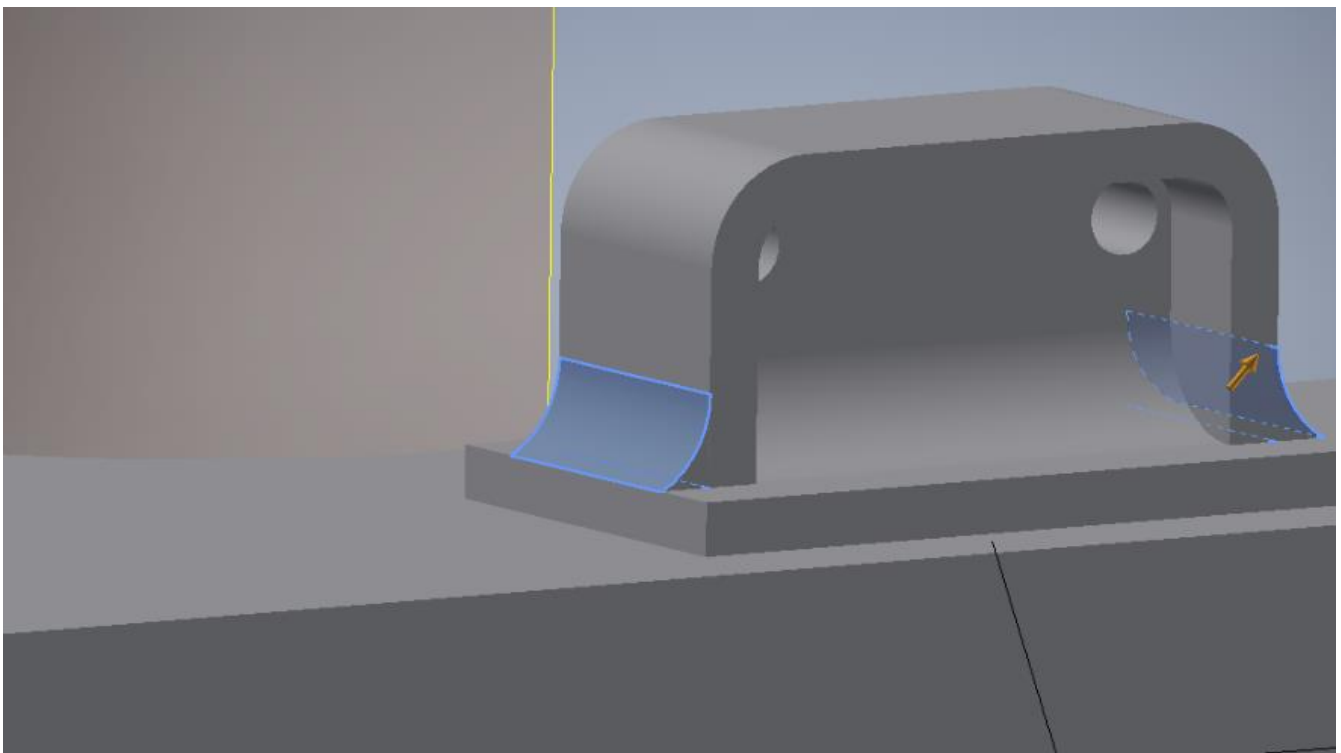
ΒΗΜΑ 70: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



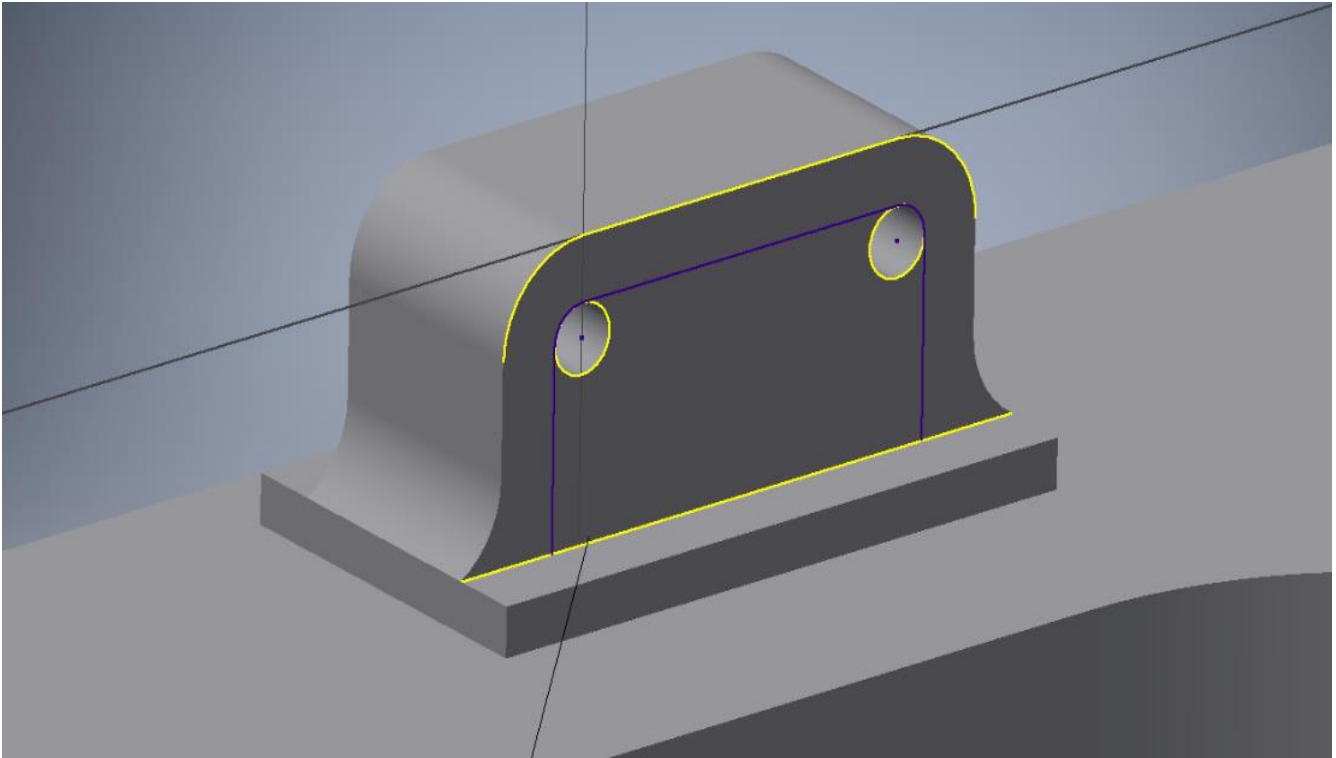
ΒΗΜΑ 71: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



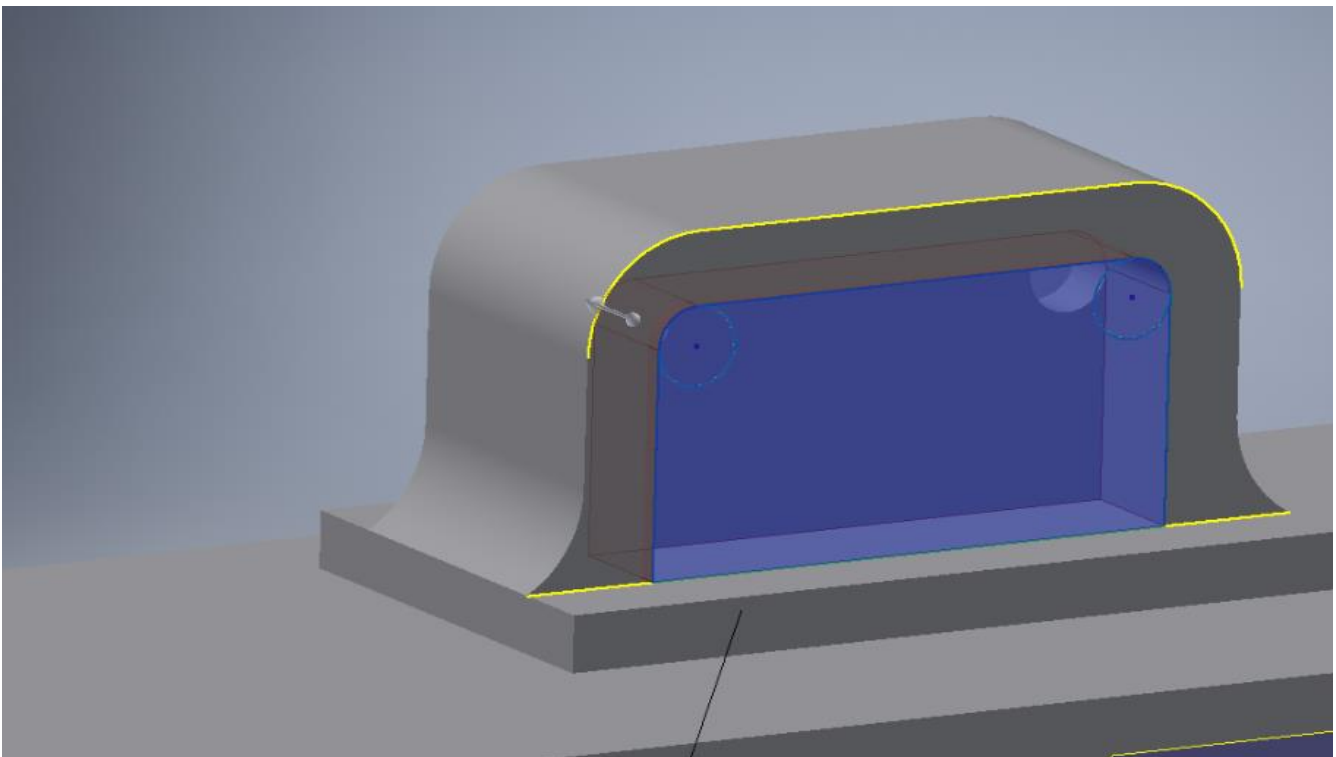
ΒΗΜΑ 72: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



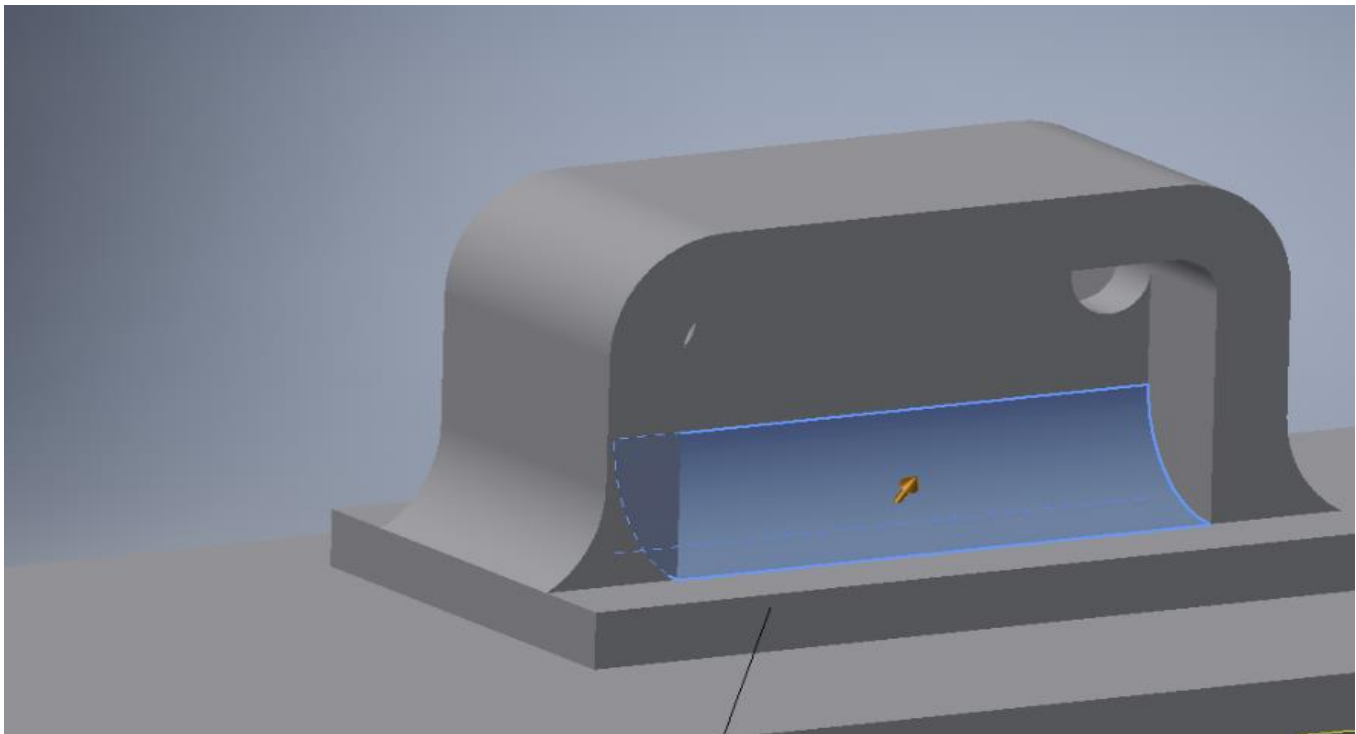
ΒΗΜΑ 73: Με την εντολή Line σχεδιάζεται το παρακάτω σχήμα.



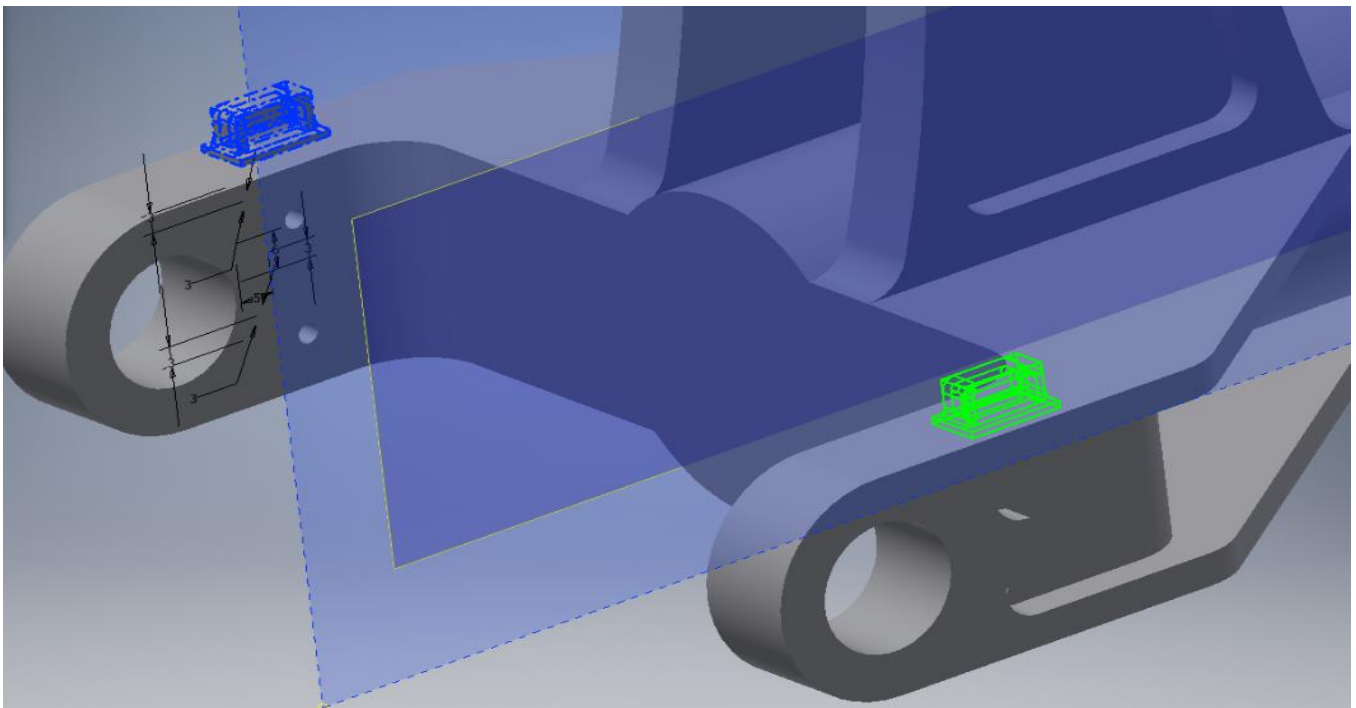
ΒΗΜΑ 74: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



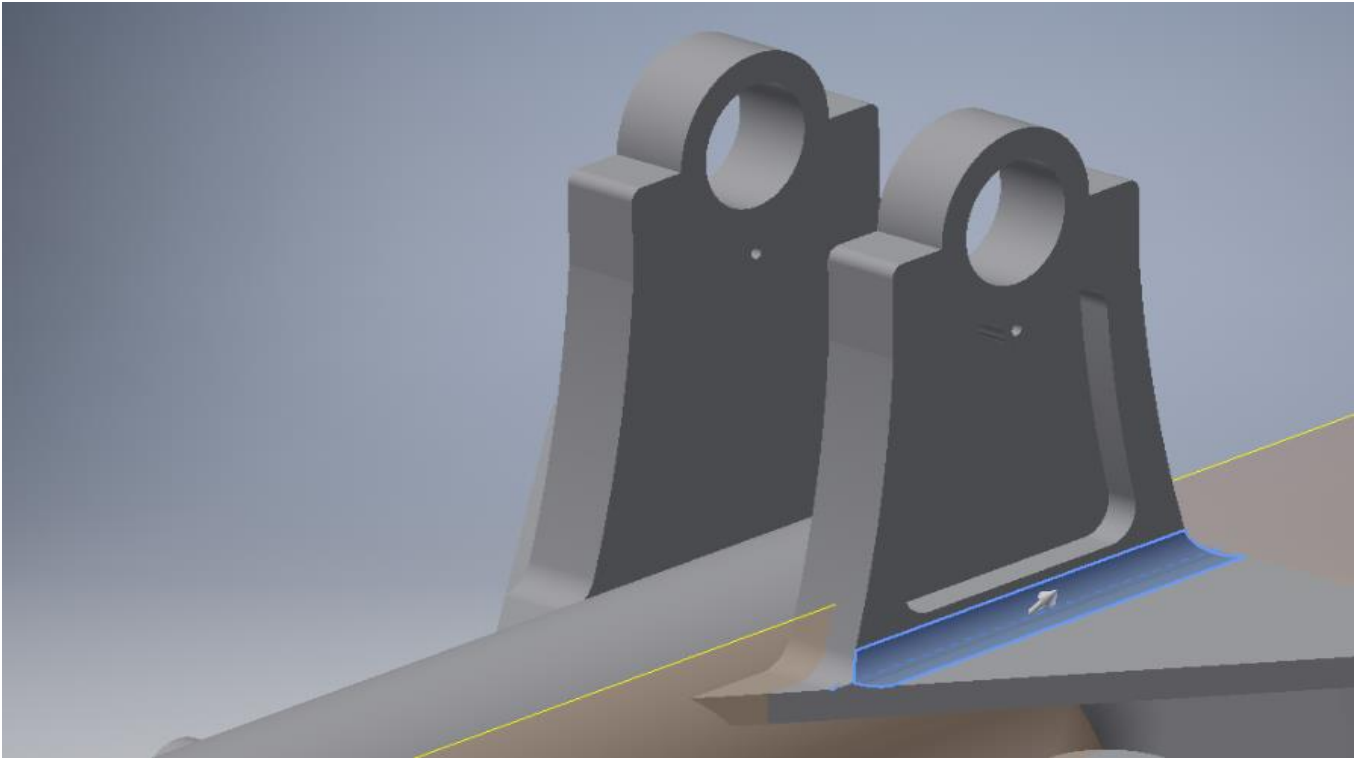
ΒΗΜΑ 75: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



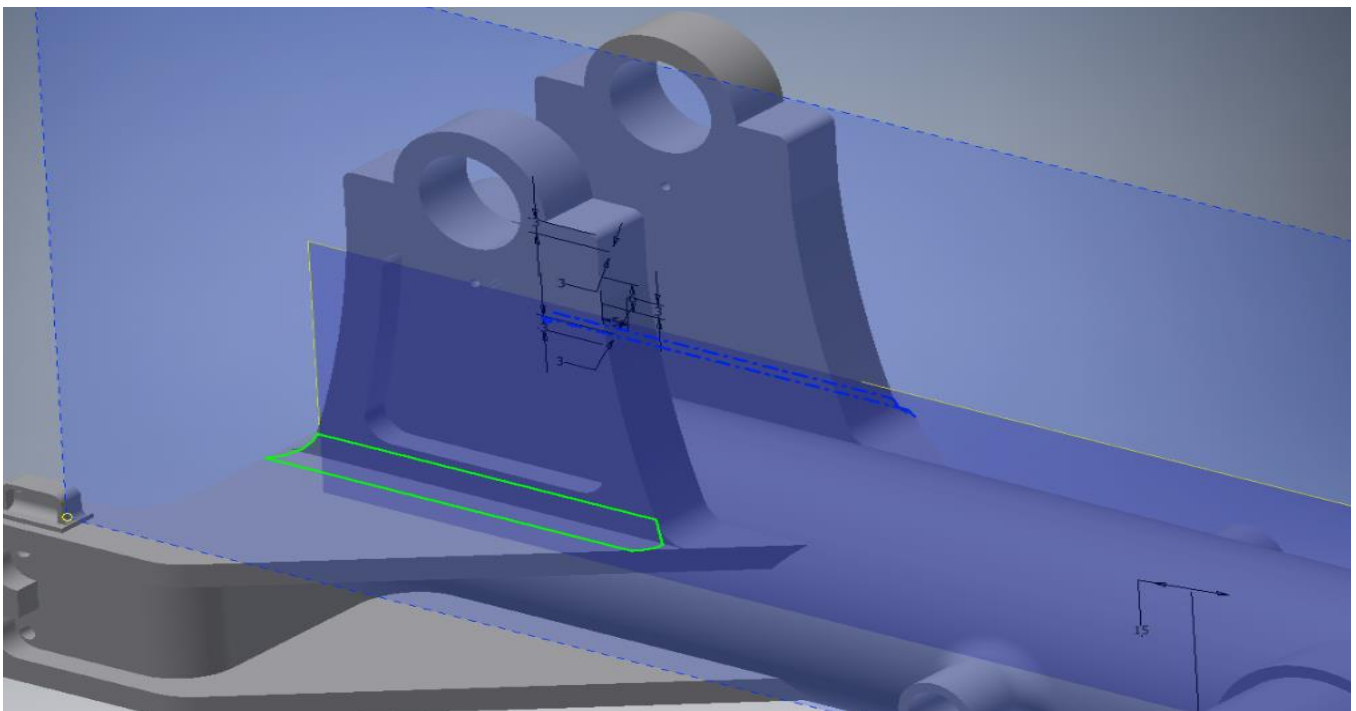
ΒΗΜΑ 76: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



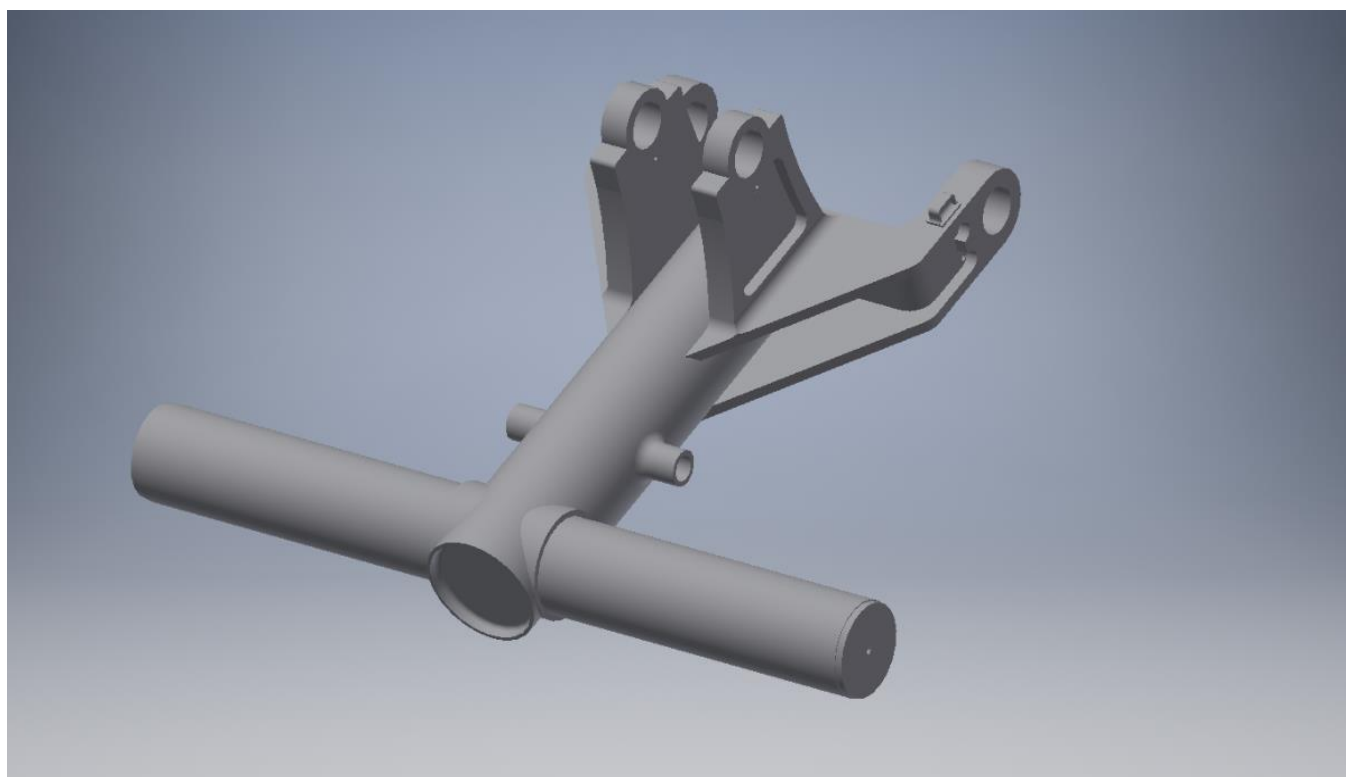
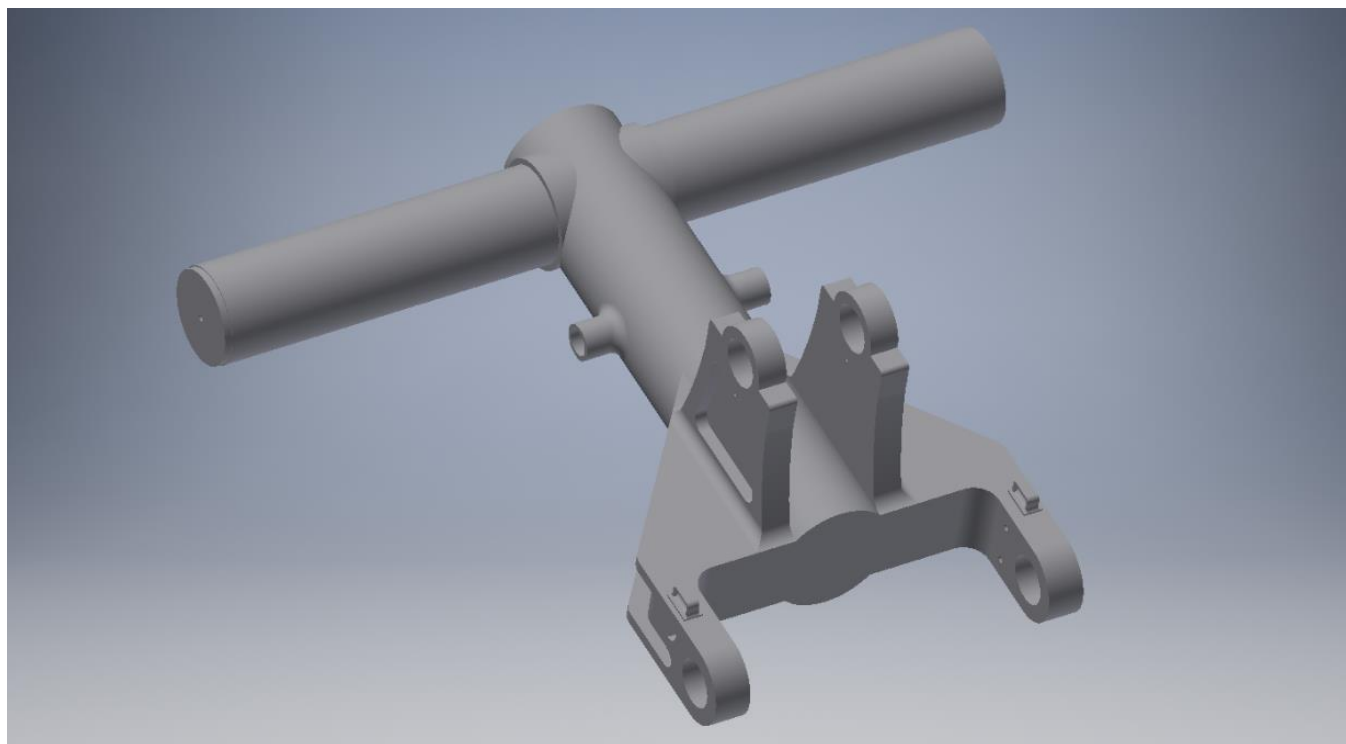
ΒΗΜΑ 77: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



ΒΗΜΑ 78: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.

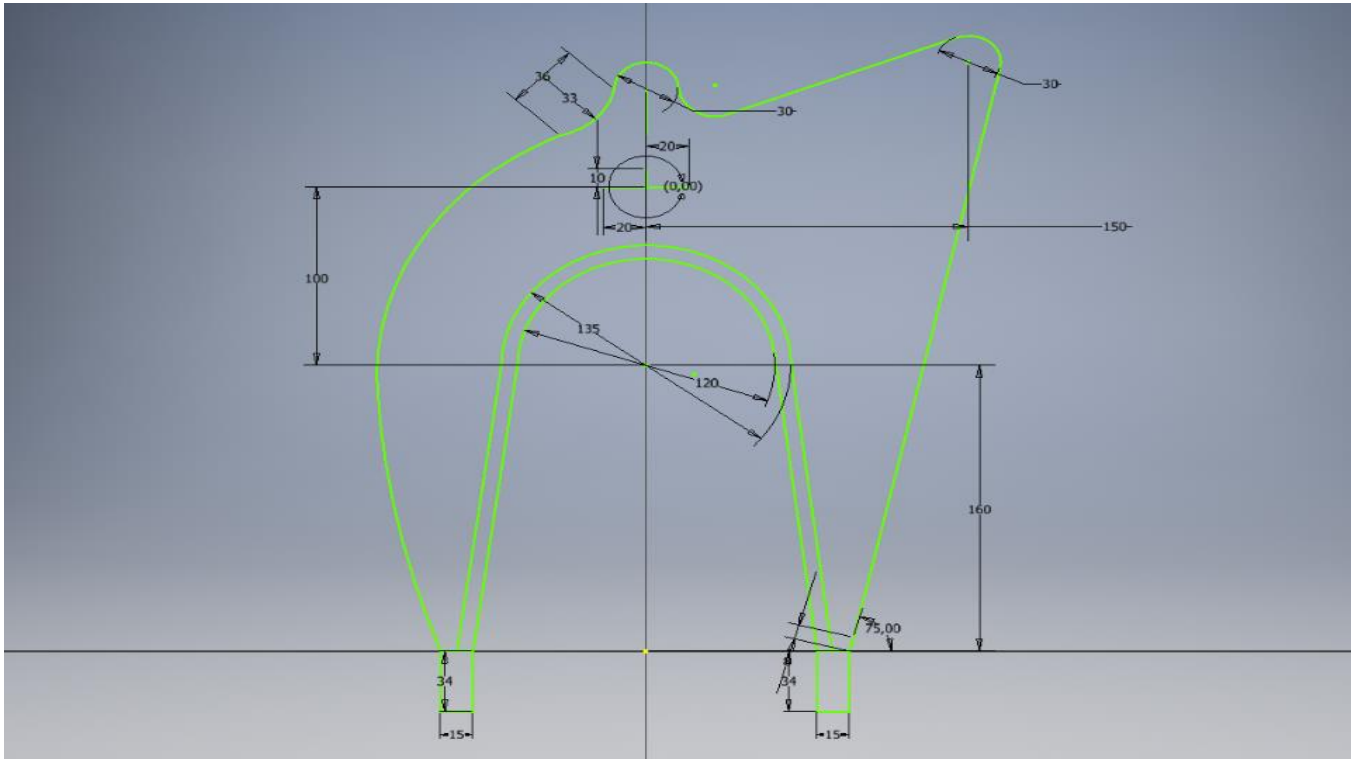


ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΟΨΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

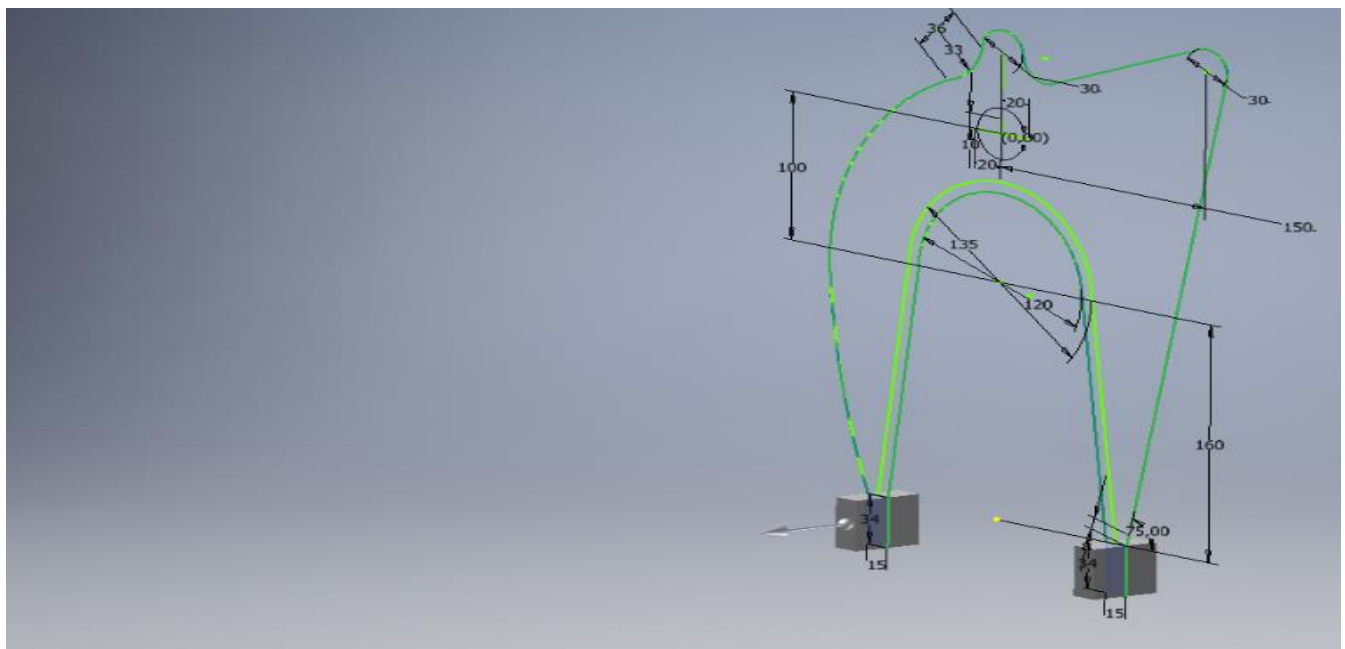


3.2 Airbus A400M Atlas - Πέταλο

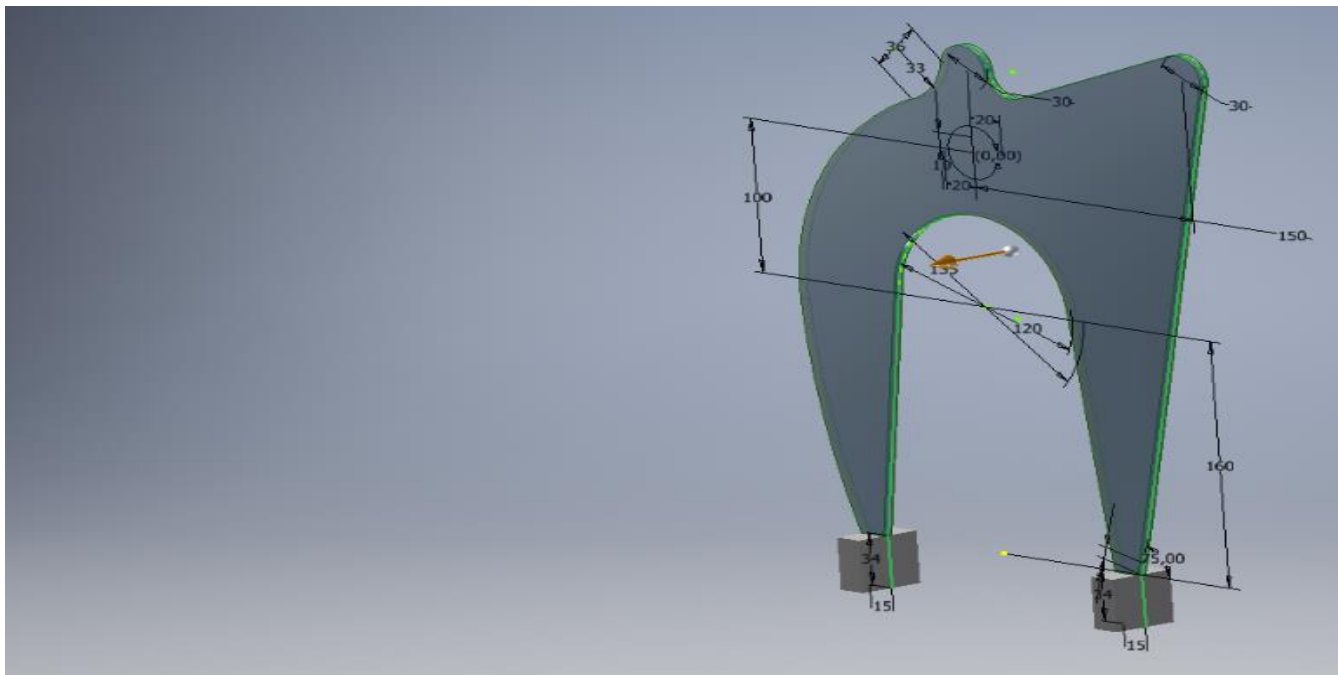
ΒΗΜΑ 1: Με τις εντολές **Line,Circle,Arc** γίνεται μοντελοποίηση το παρακάτω σχήμα.



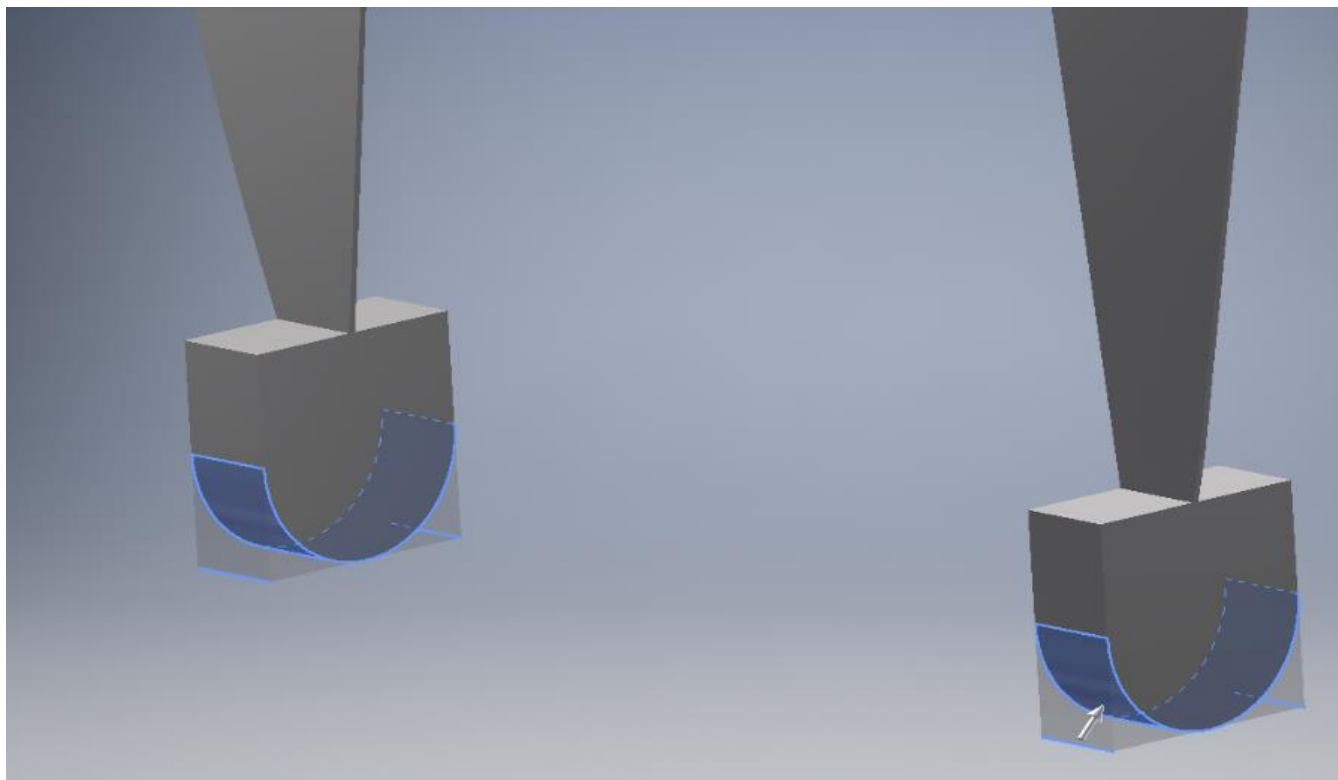
ΒΗΜΑ 2: Με την εντολή **Extrude** δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο σχήμα.



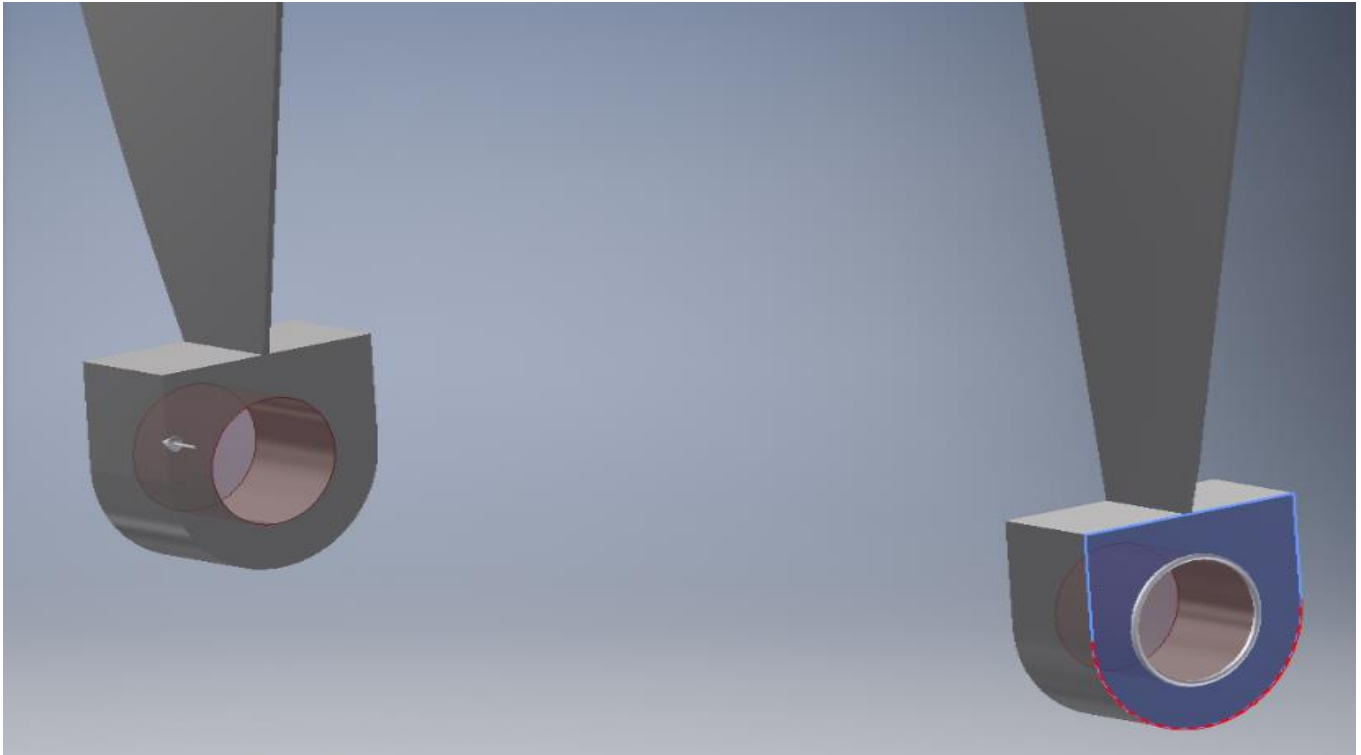
ΒΗΜΑ 3: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο σχήμα.



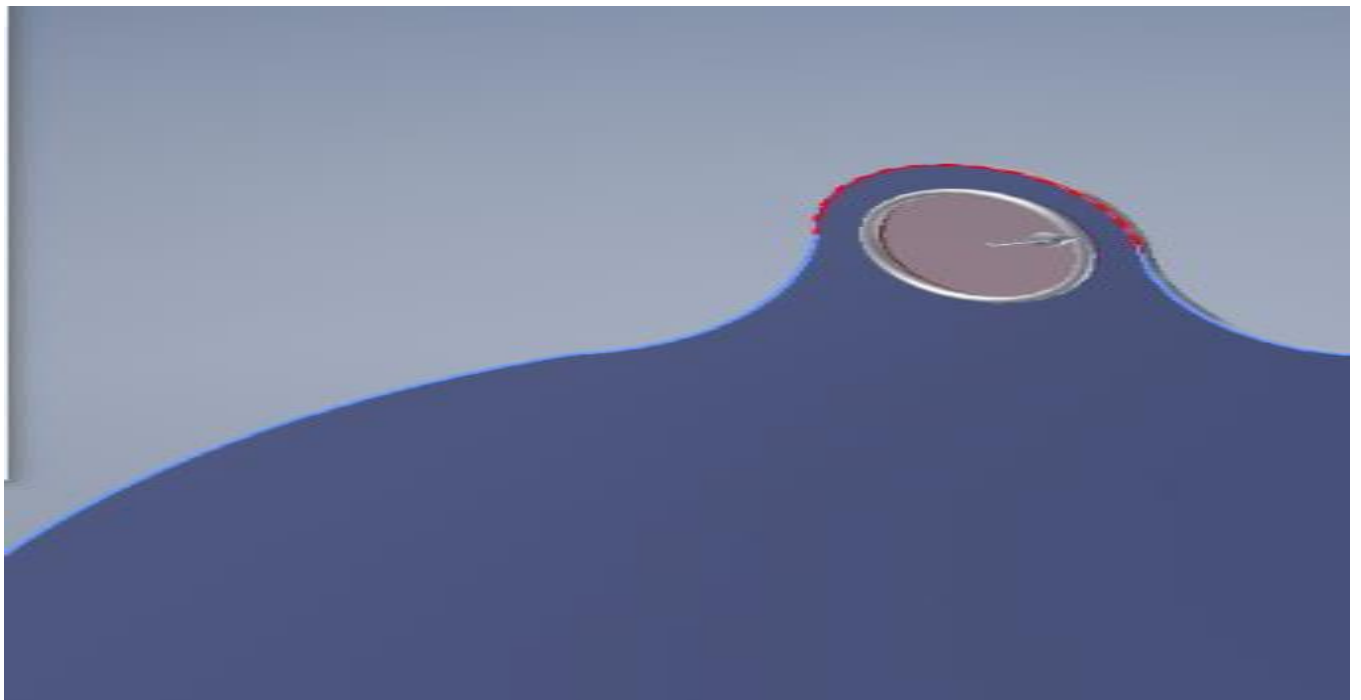
ΒΗΜΑ 4: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet καμπλώνεται το εμπρός μέρος του παραλληλεπιπέδου.



ΒΗΜΑ 5: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπών.



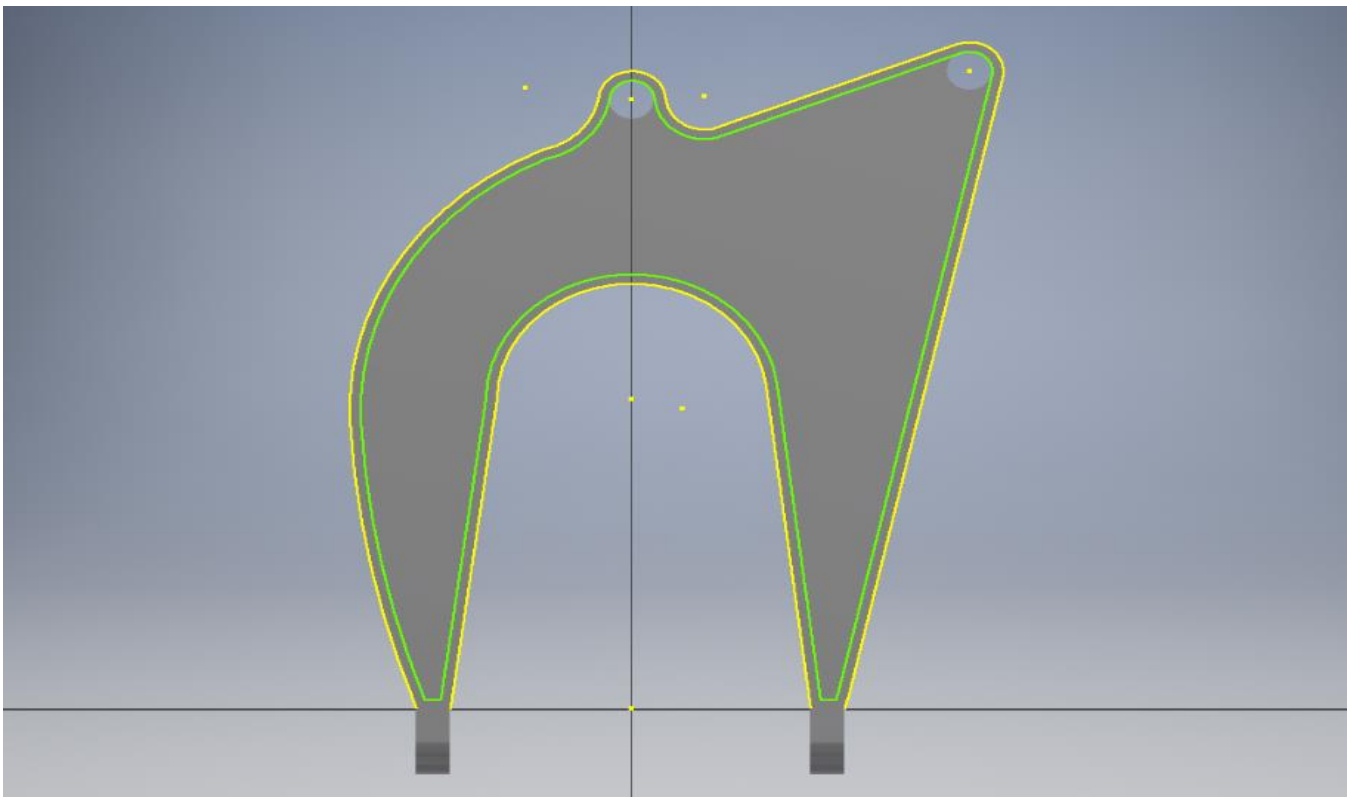
ΒΗΜΑ 6: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



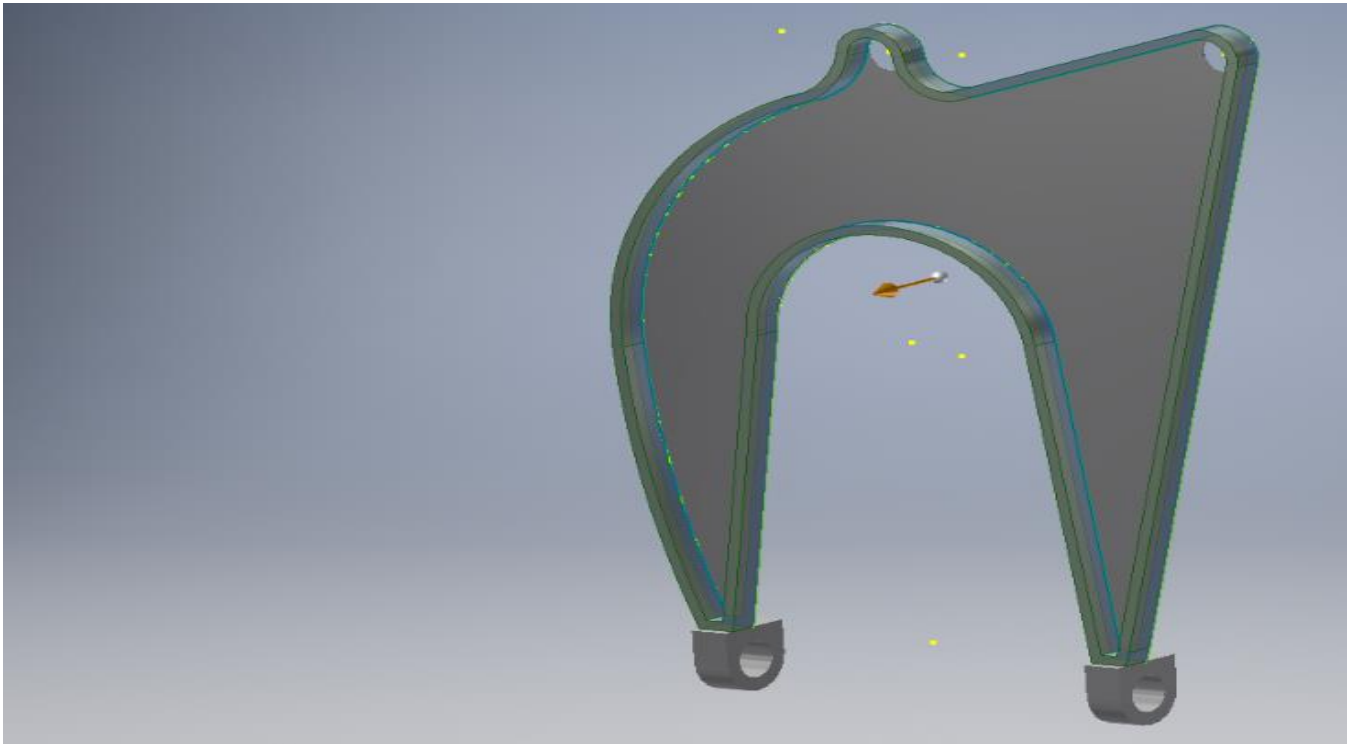
ΒΗΜΑ 7: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



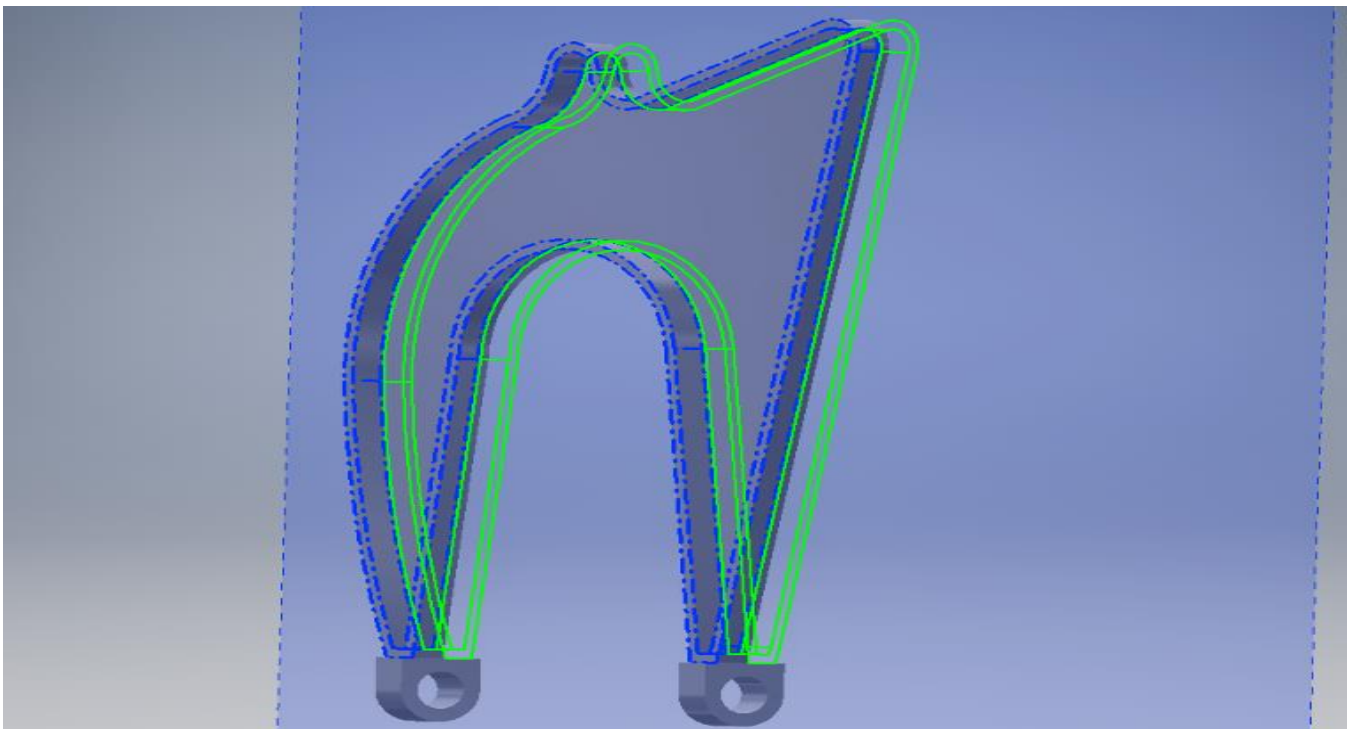
ΒΗΜΑ 8: Με τις εντολές **Line,Circle,Arc** γίνεται μοντελοποίηση το παρακάτω σχήμα.



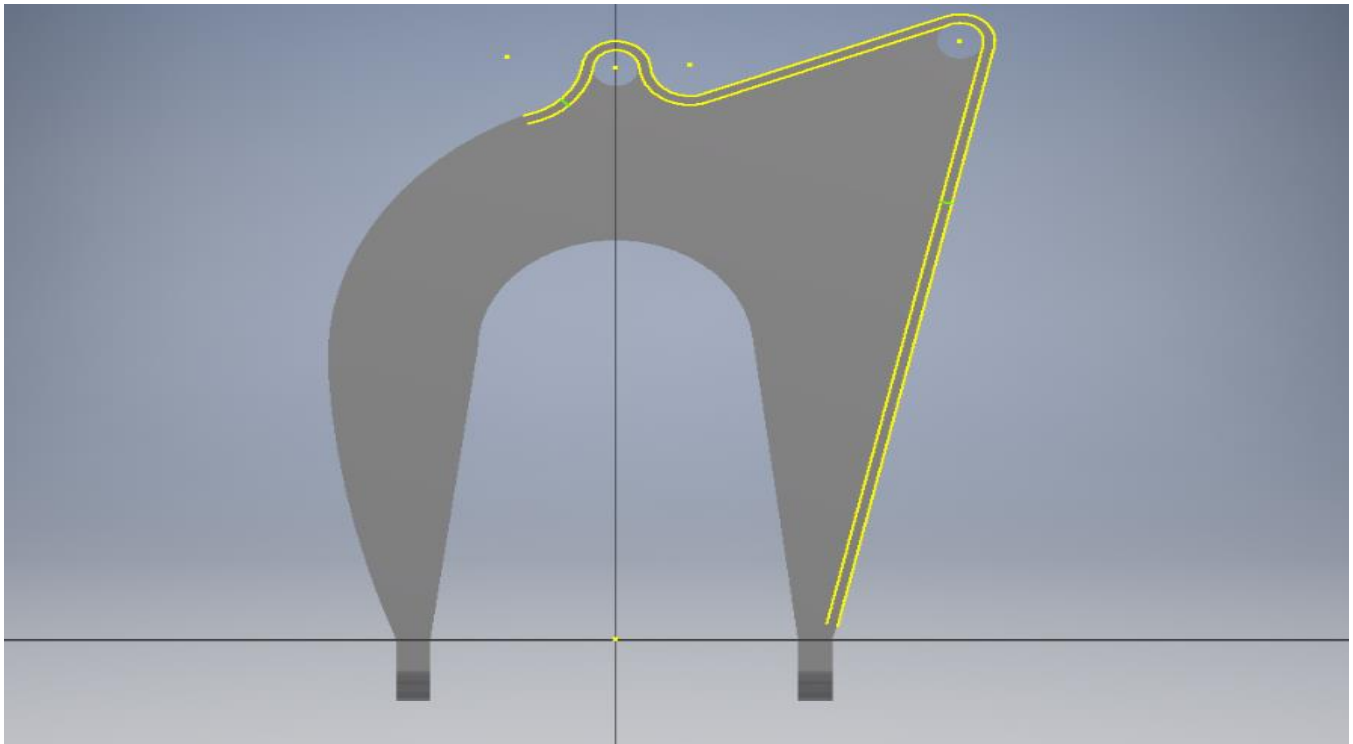
ΒΗΜΑ 9: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο σχήμα.



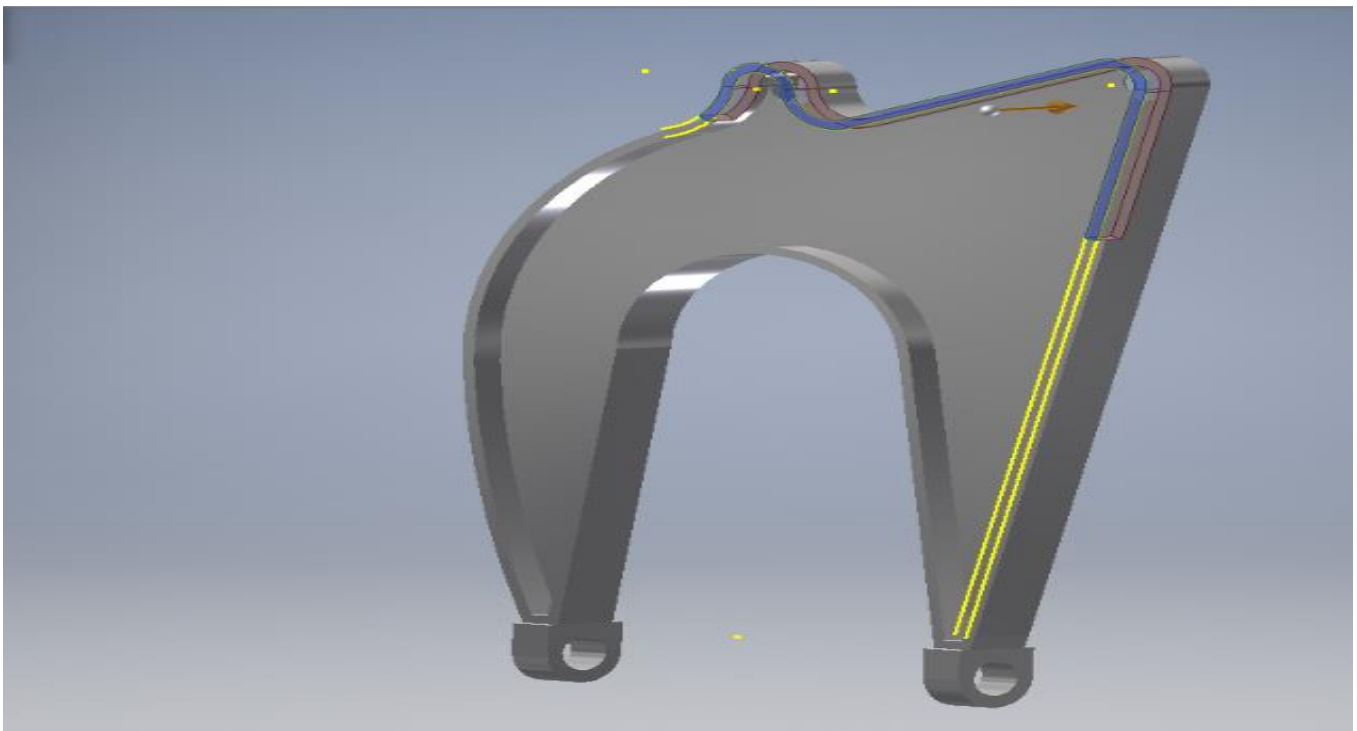
ΒΗΜΑ 10: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



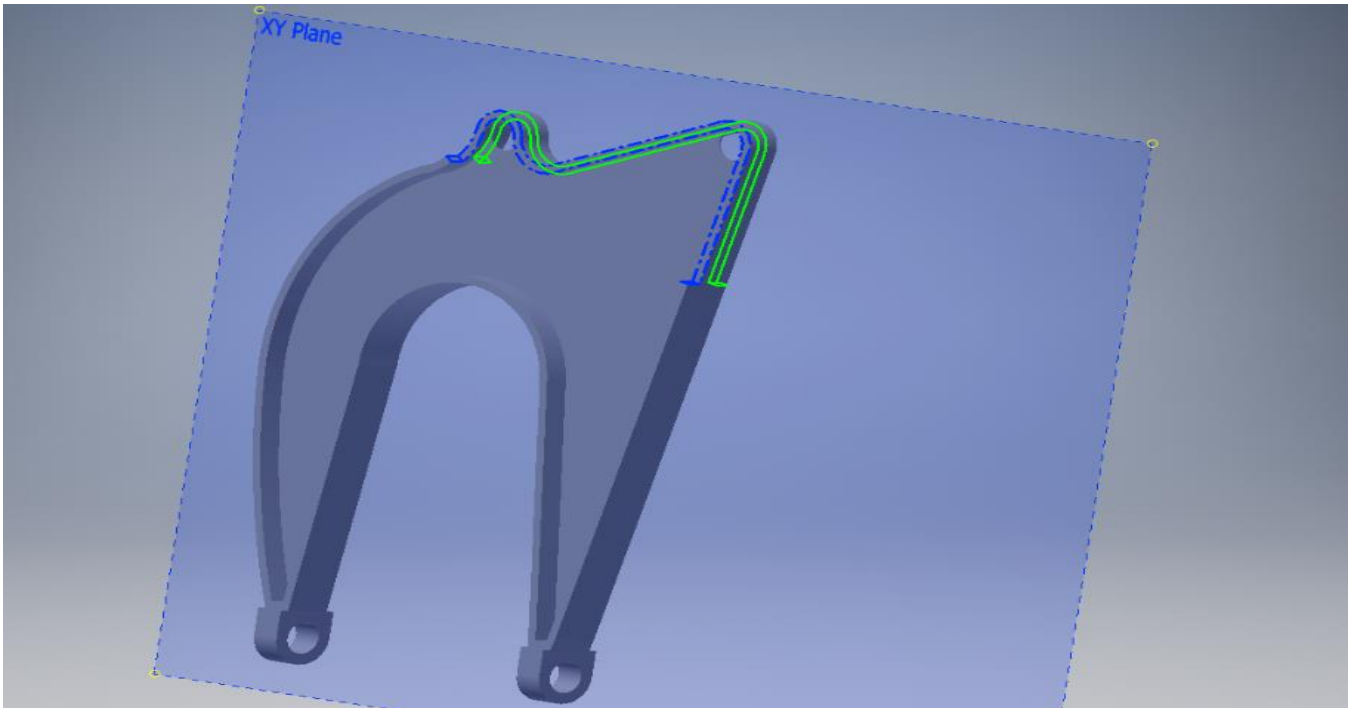
ΒΗΜΑ 11: Με τις εντολές **Line,Circle,Arc** γίνεται μοντελοποίηση το παρακάτω σχήμα.



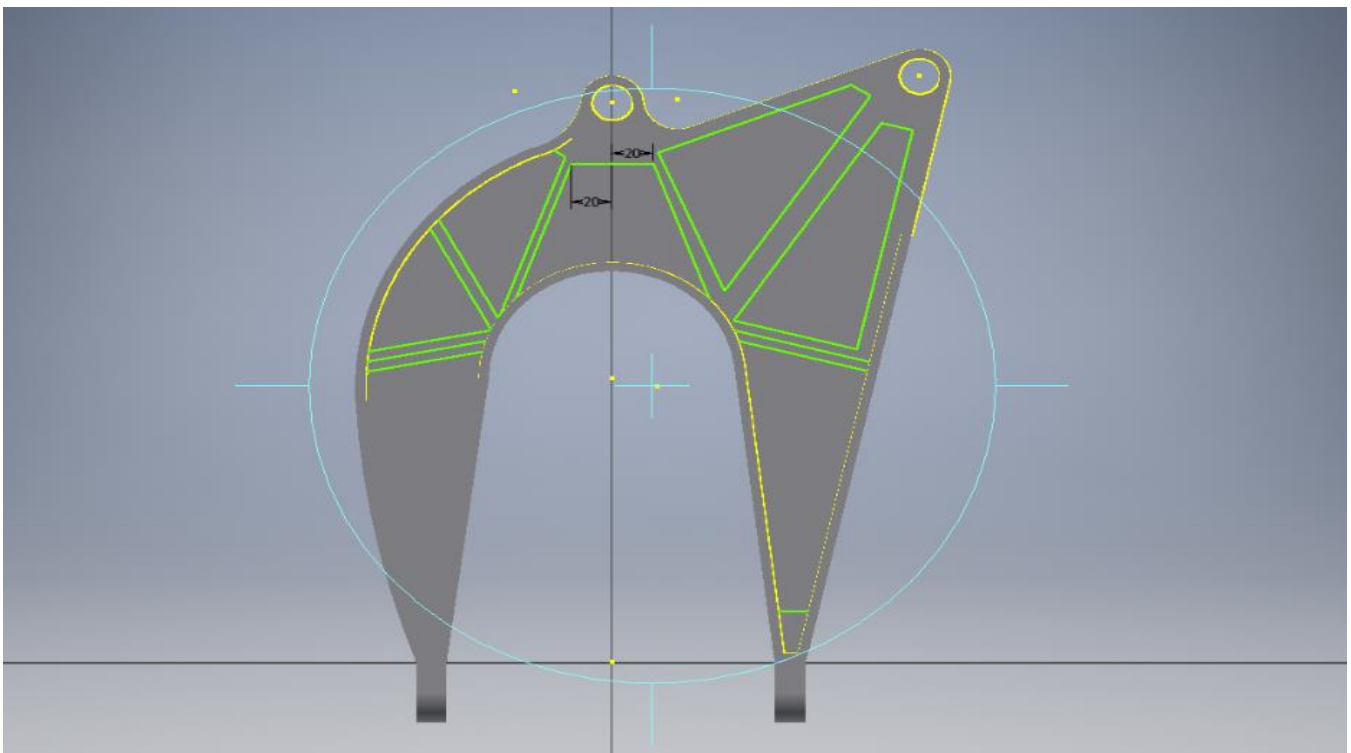
ΒΗΜΑ 12: Με την εντολή **Extrude** δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο σχήμα.



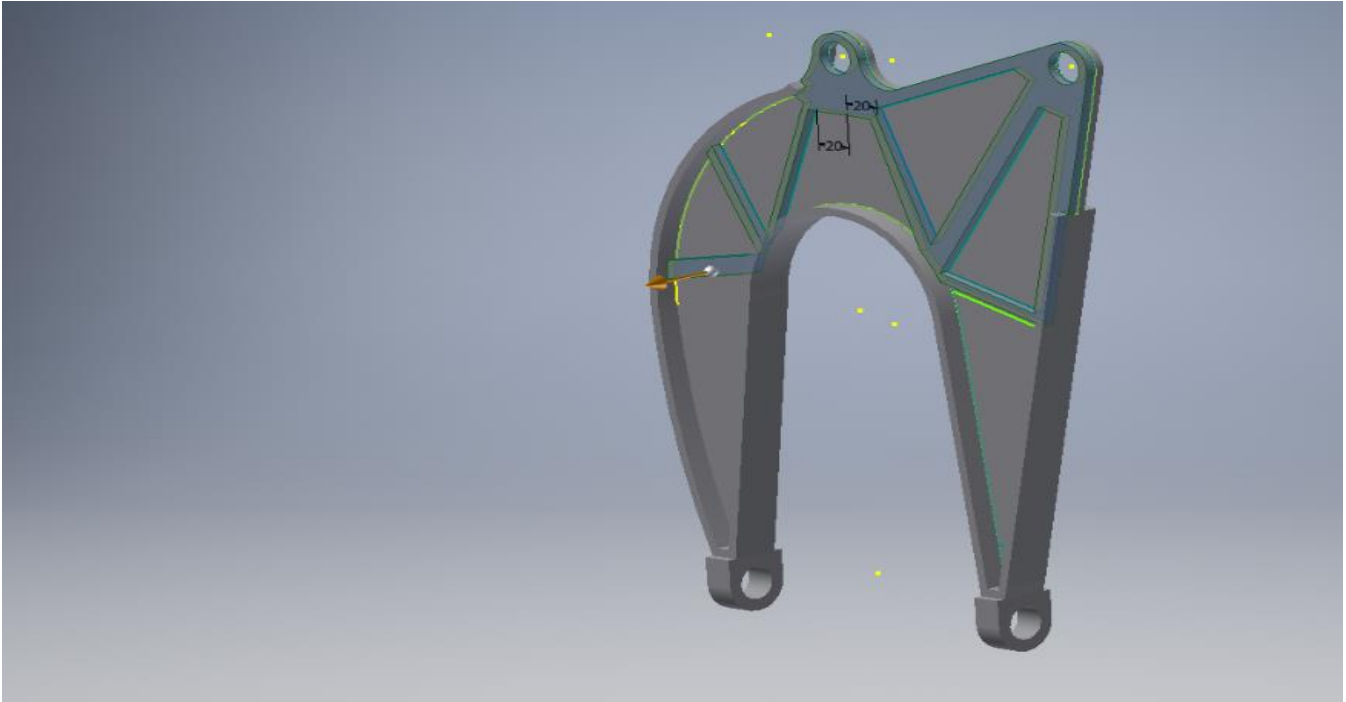
ΒΗΜΑ 13: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



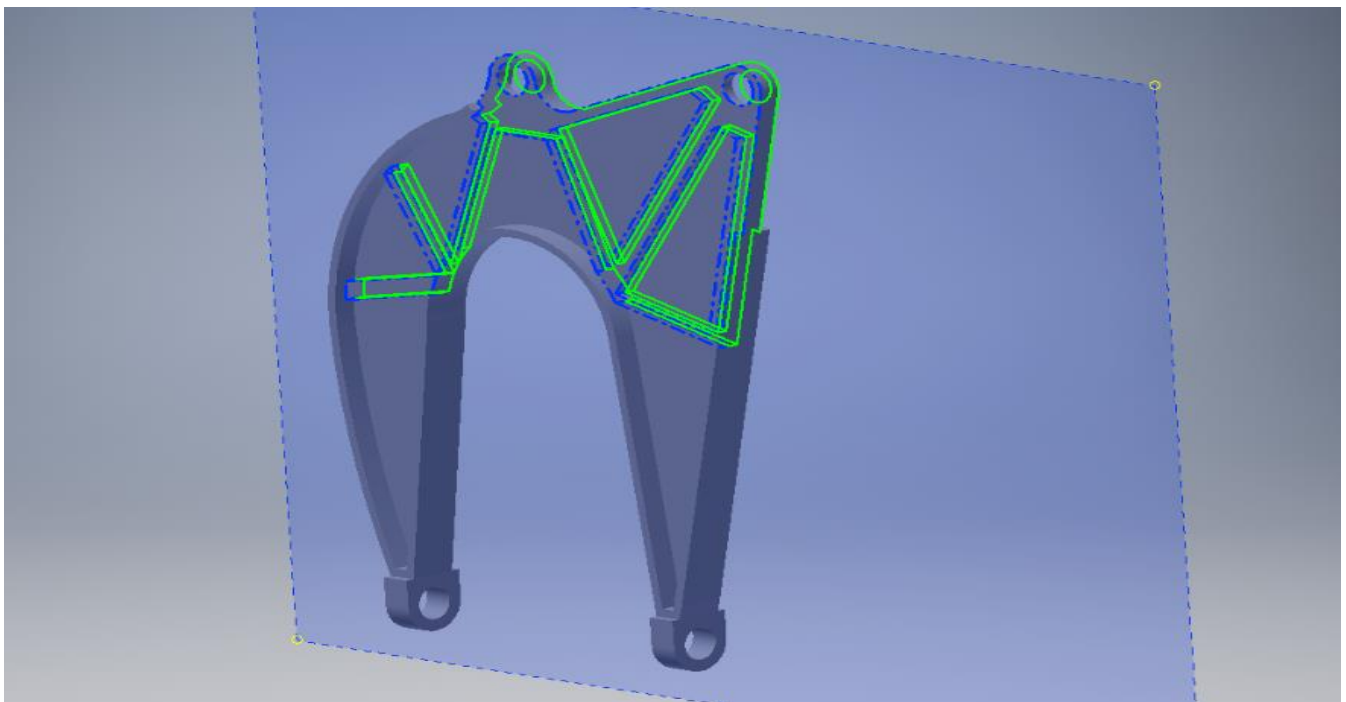
ΒΗΜΑ 14: Με τις εντολές Line γίνονται μοντελοποίηση τα παρακάτω σχήματα.



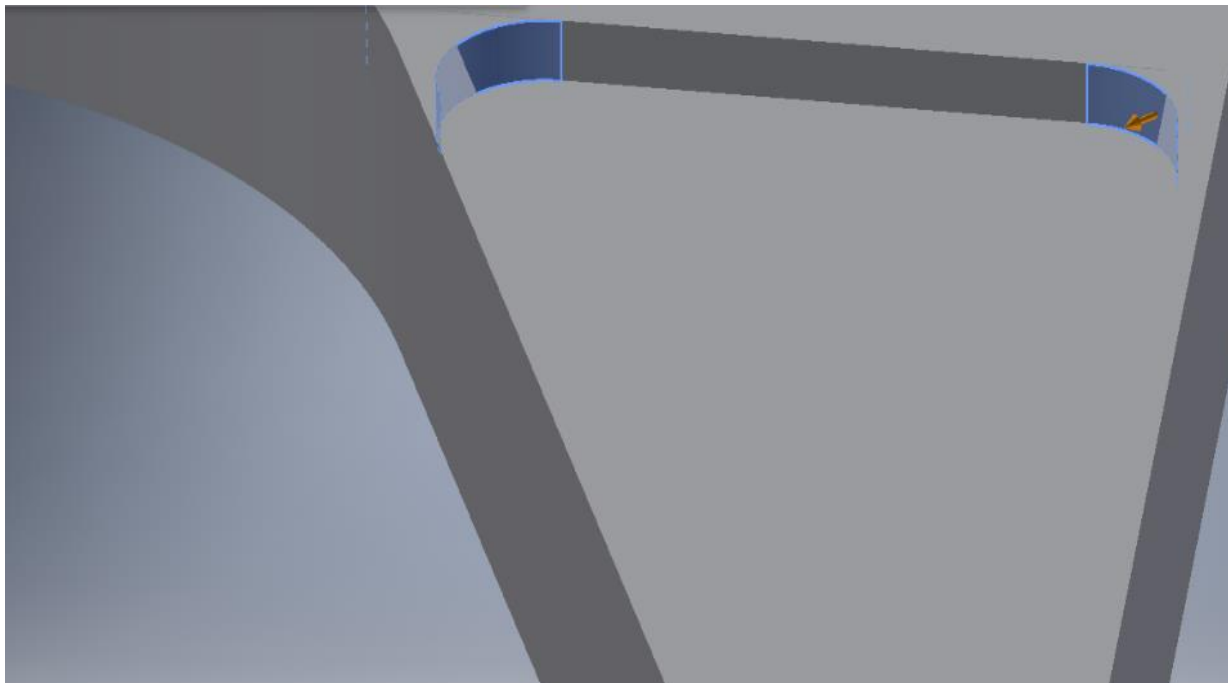
ΒΗΜΑ 15: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στα σχήματα.



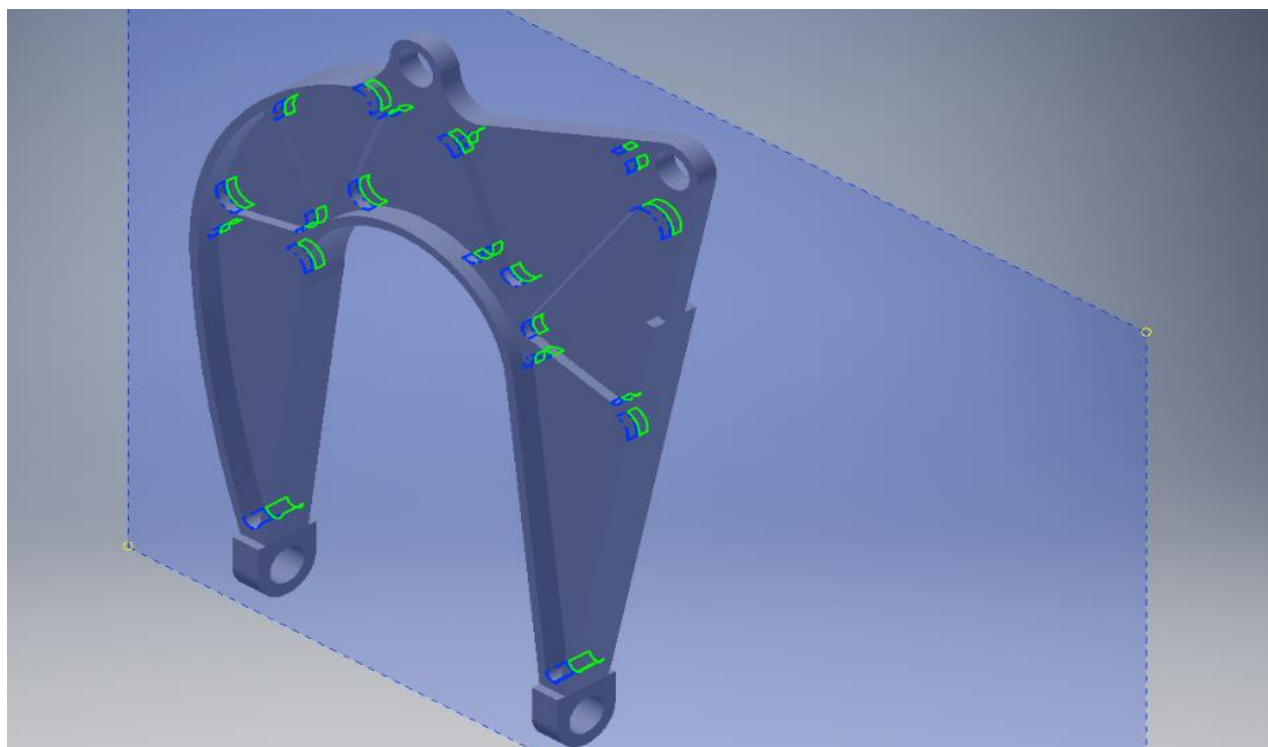
ΒΗΜΑ 16: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπων σχημάτων στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



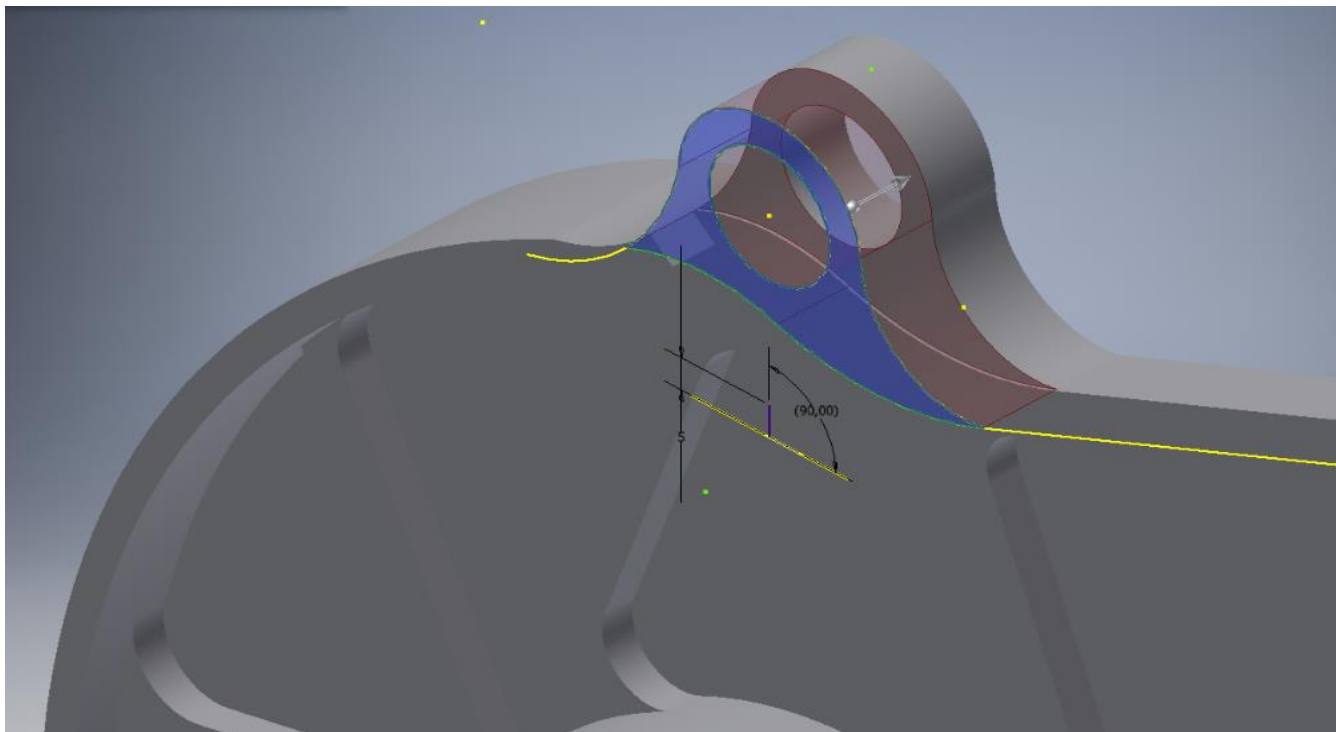
ΒΗΜΑ 17: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



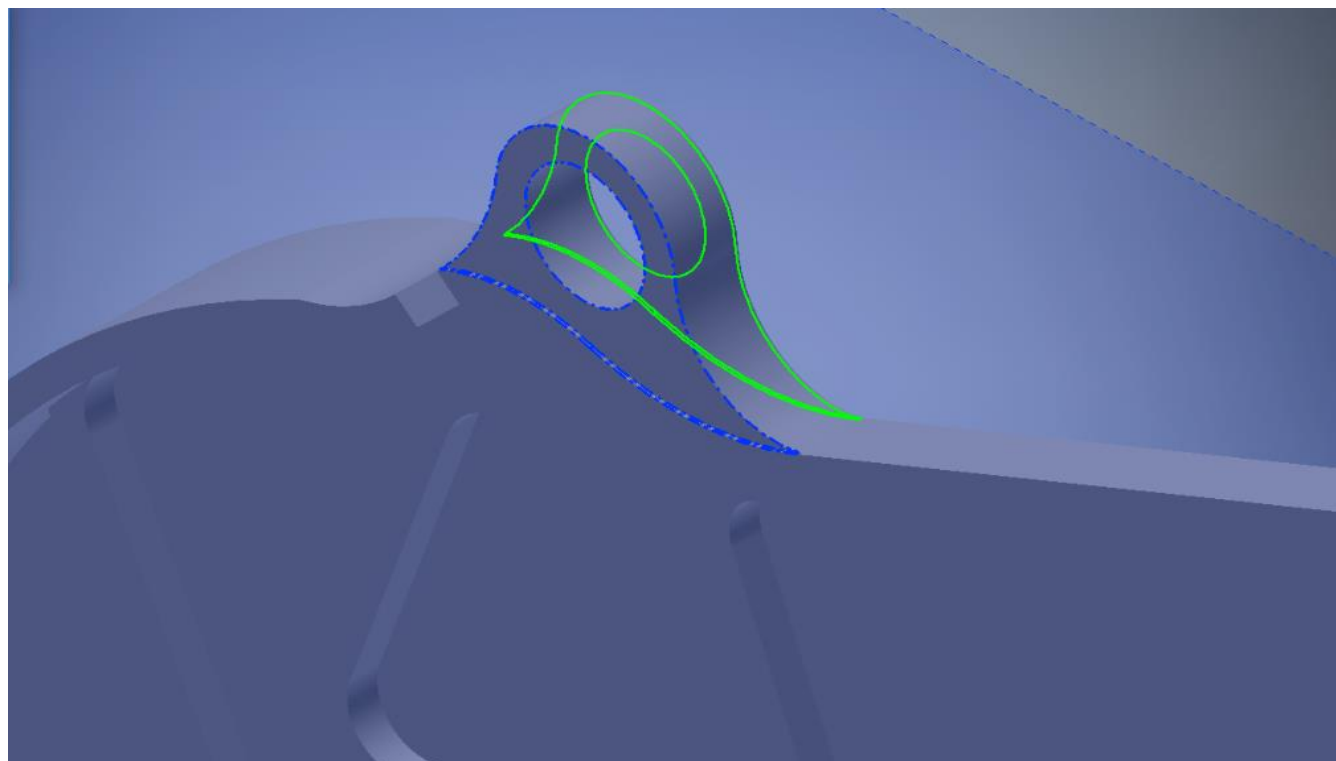
ΒΗΜΑ 18: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπων Fillet στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



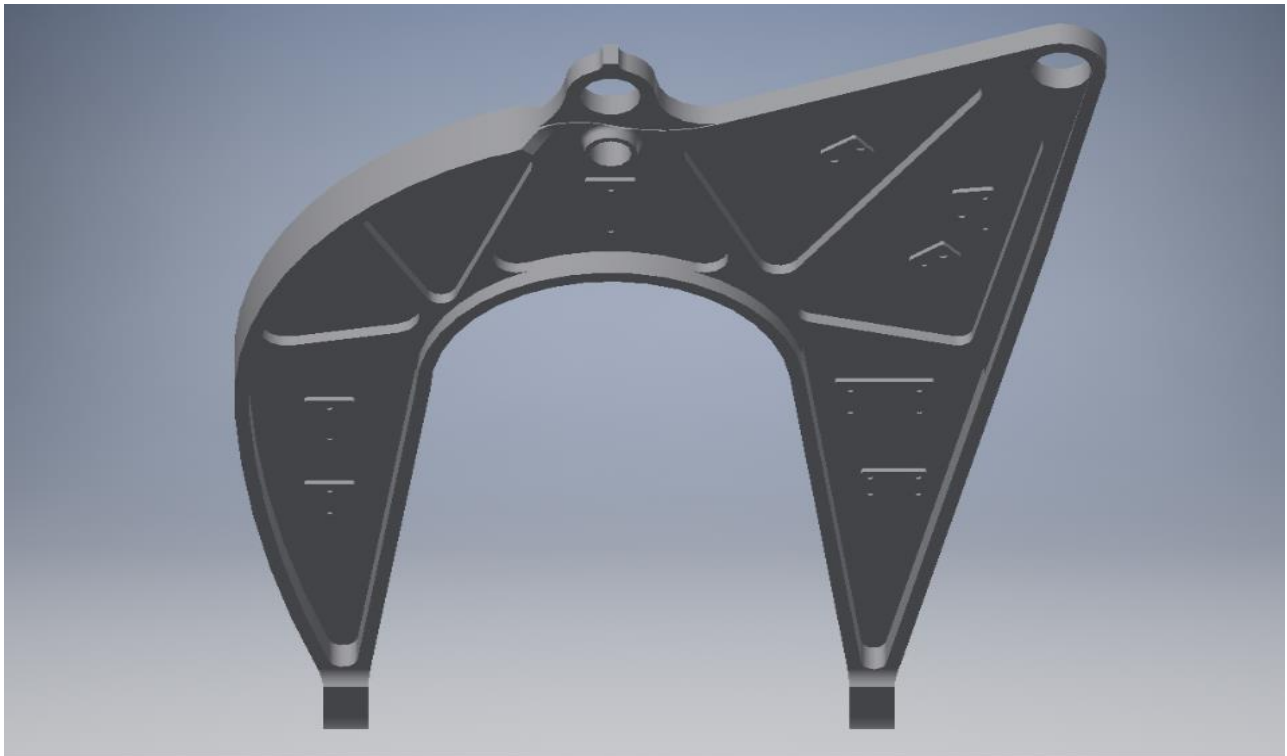
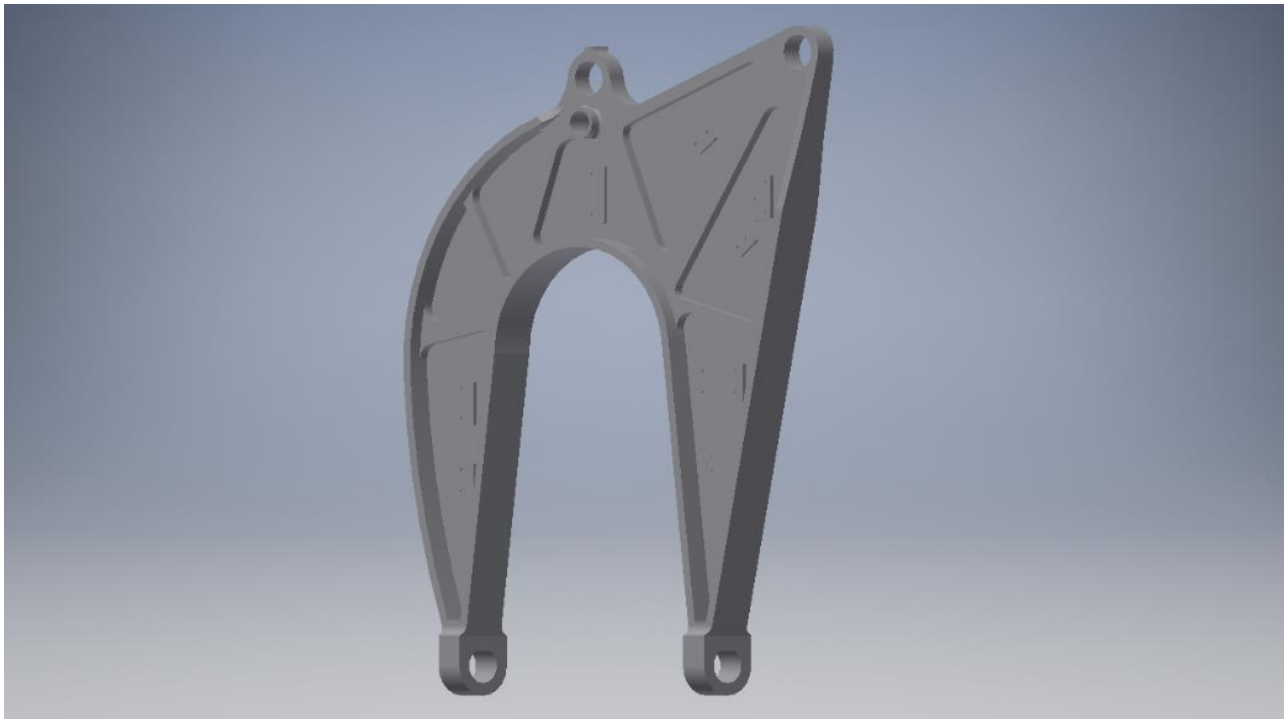
ΒΗΜΑ 19: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



ΒΗΜΑ 20: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.

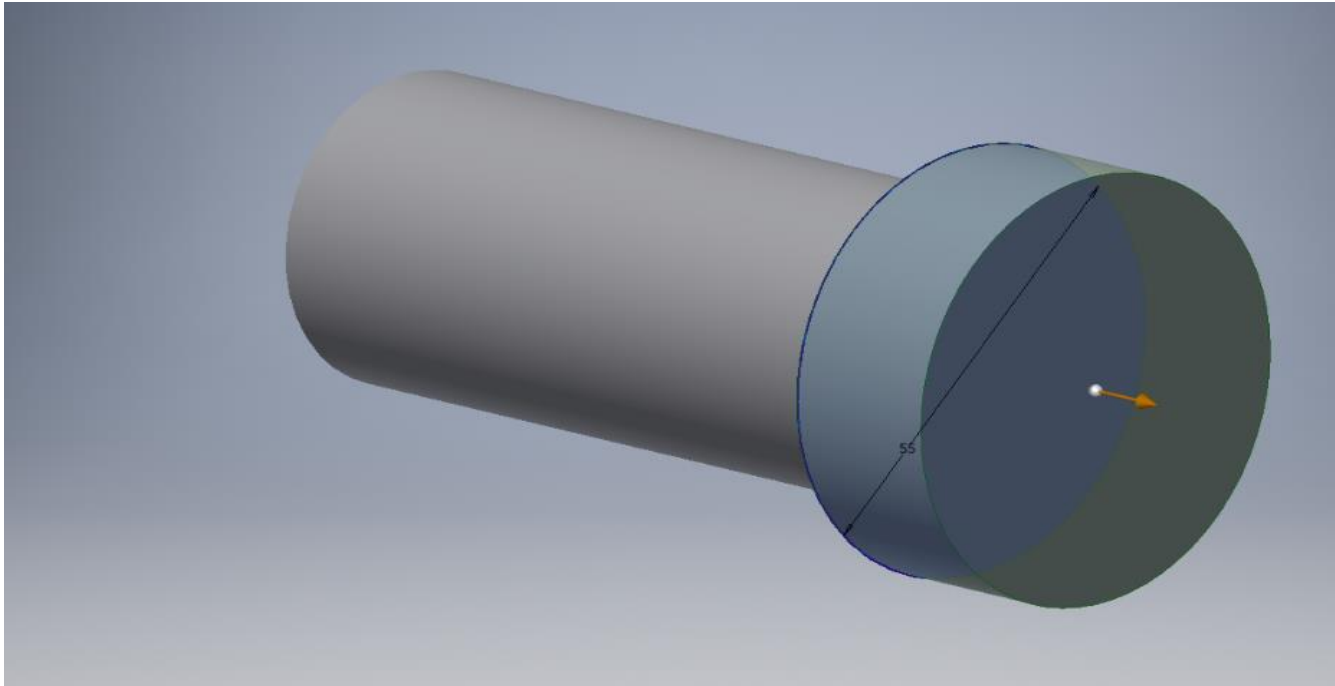


ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΟΨΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

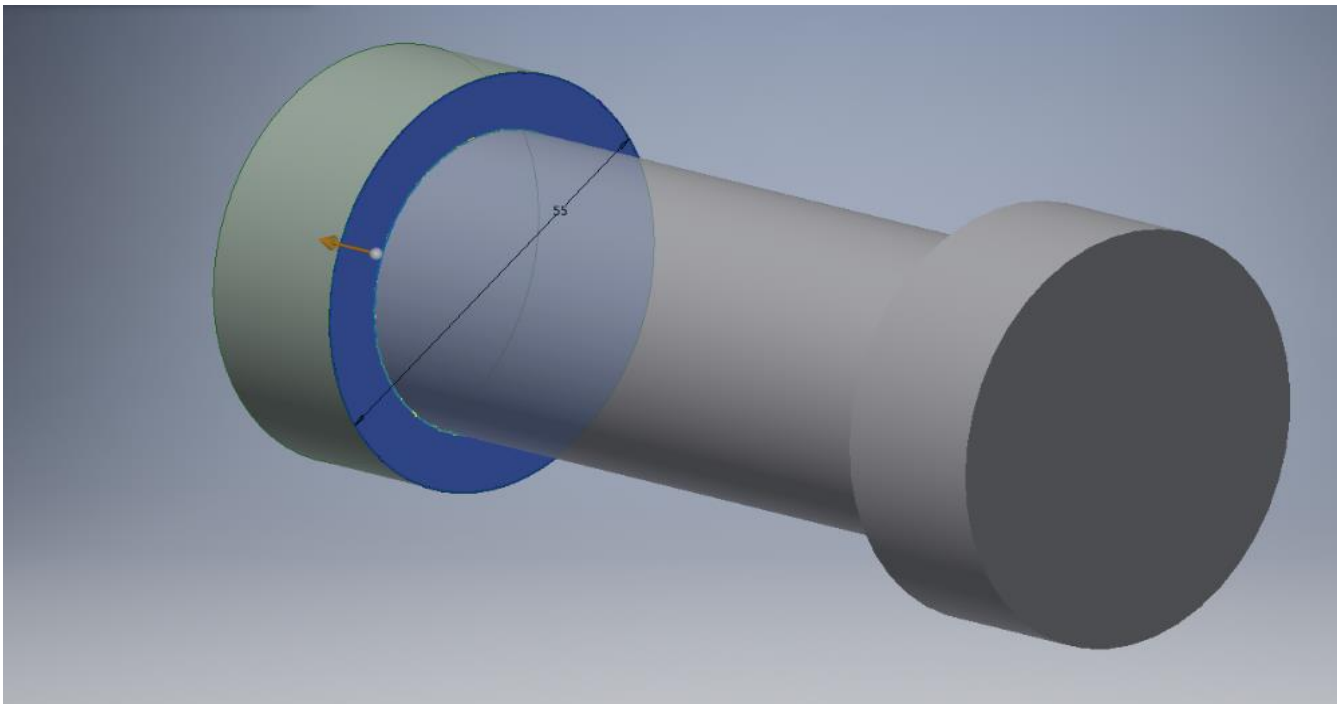


3.3 Airbus A400M Atlas - Κύριος βραχίονας

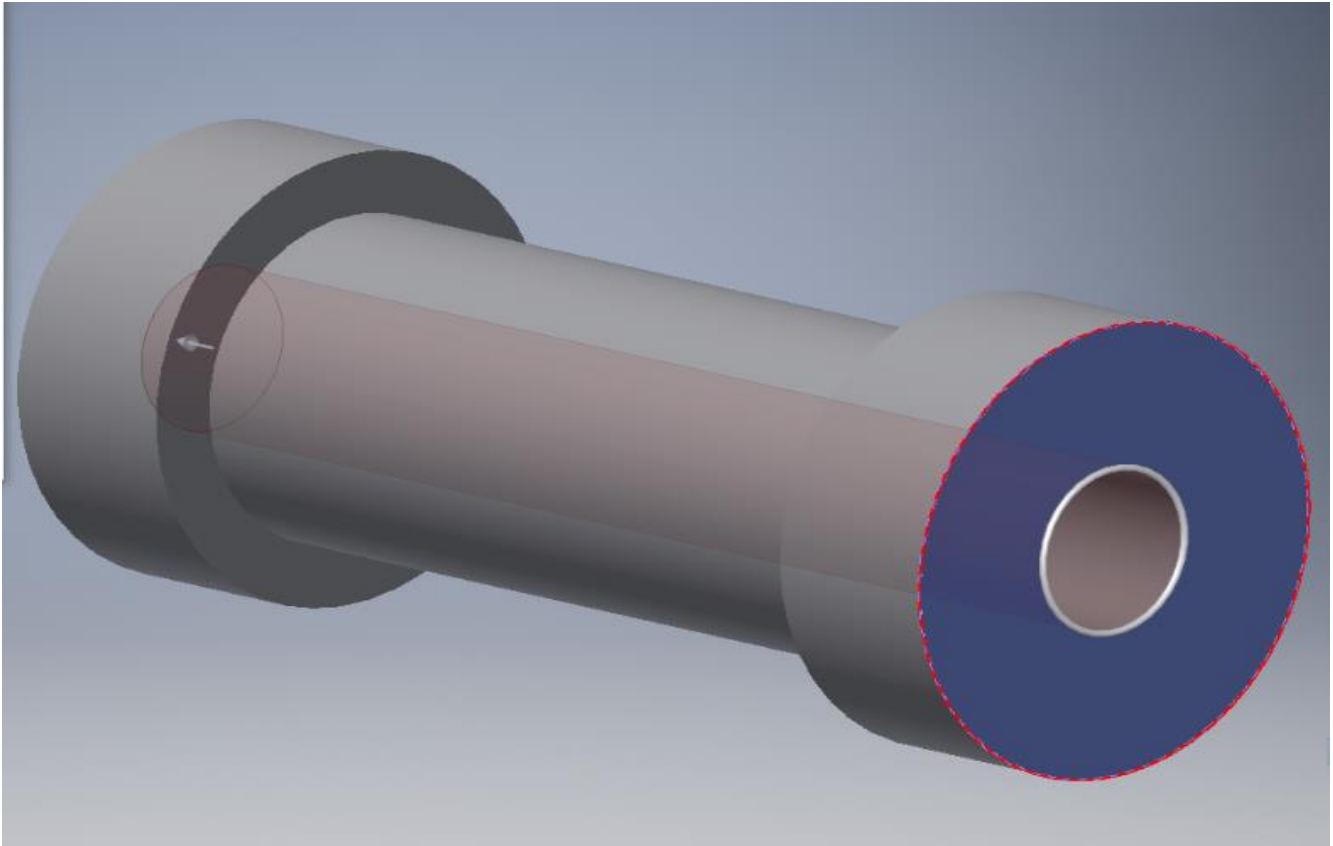
ΒΗΜΑ 1: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στον κύκλο.



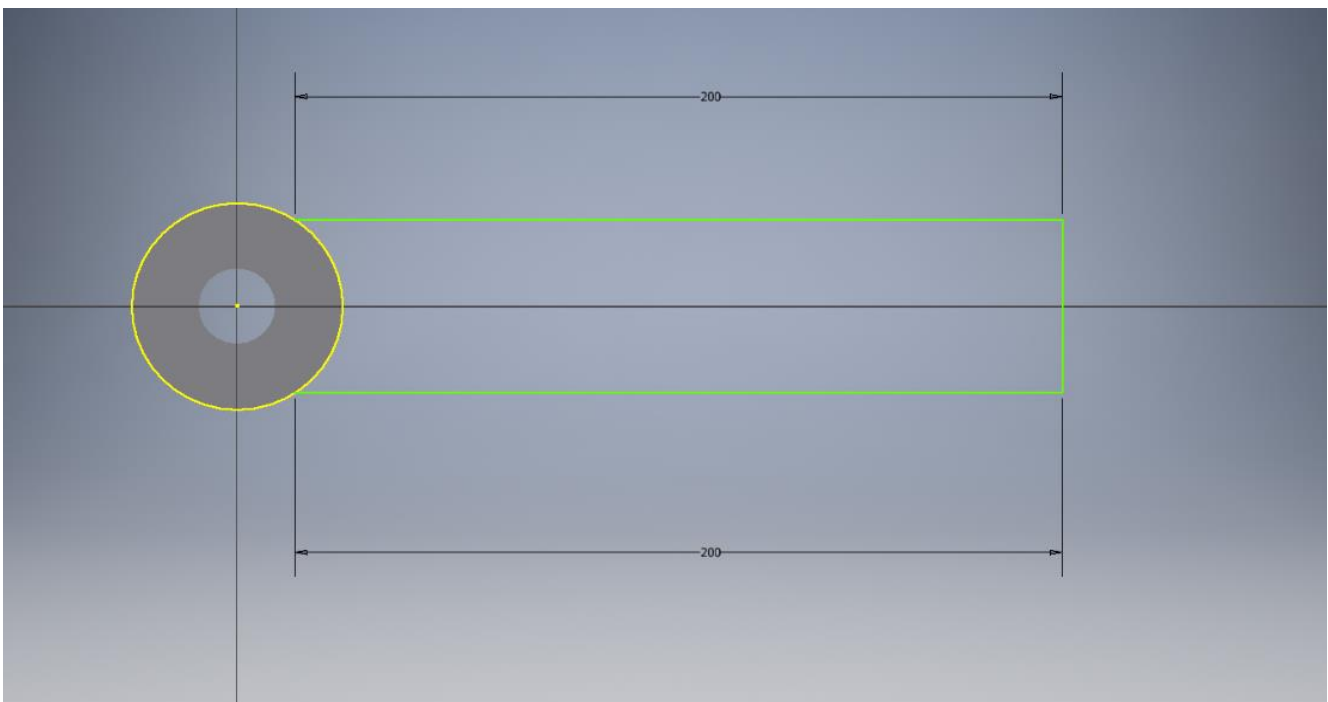
ΒΗΜΑ 2: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στον κύκλο.



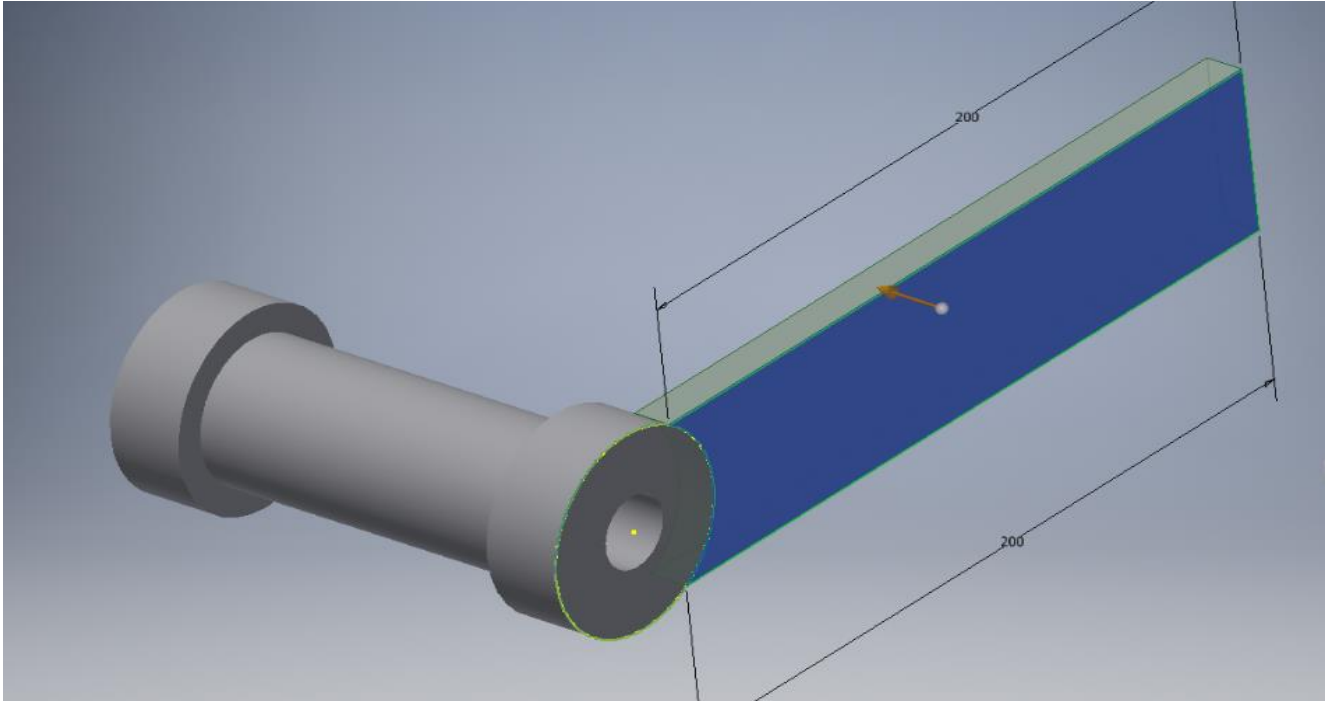
ΒΗΜΑ 3: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



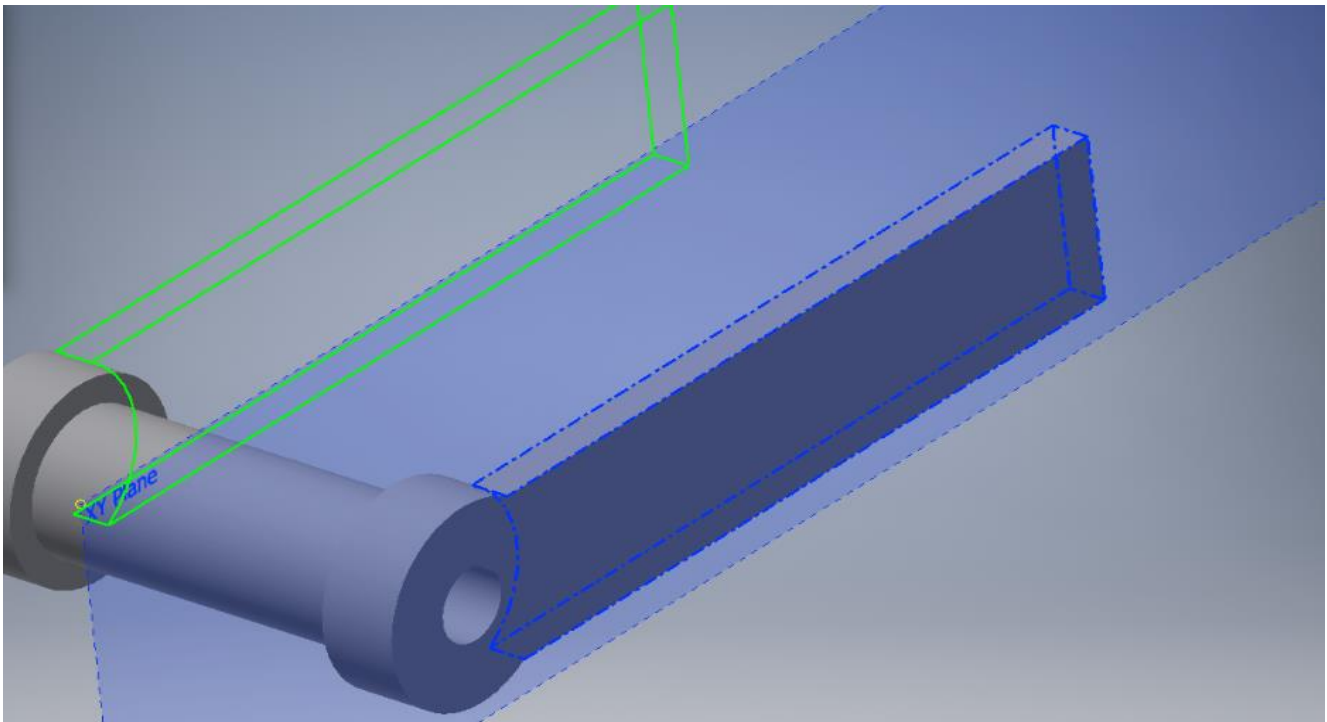
ΒΗΜΑ 4: Με την εντολή Line γίνονται μοντελοποίηση τα παρακάτω ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



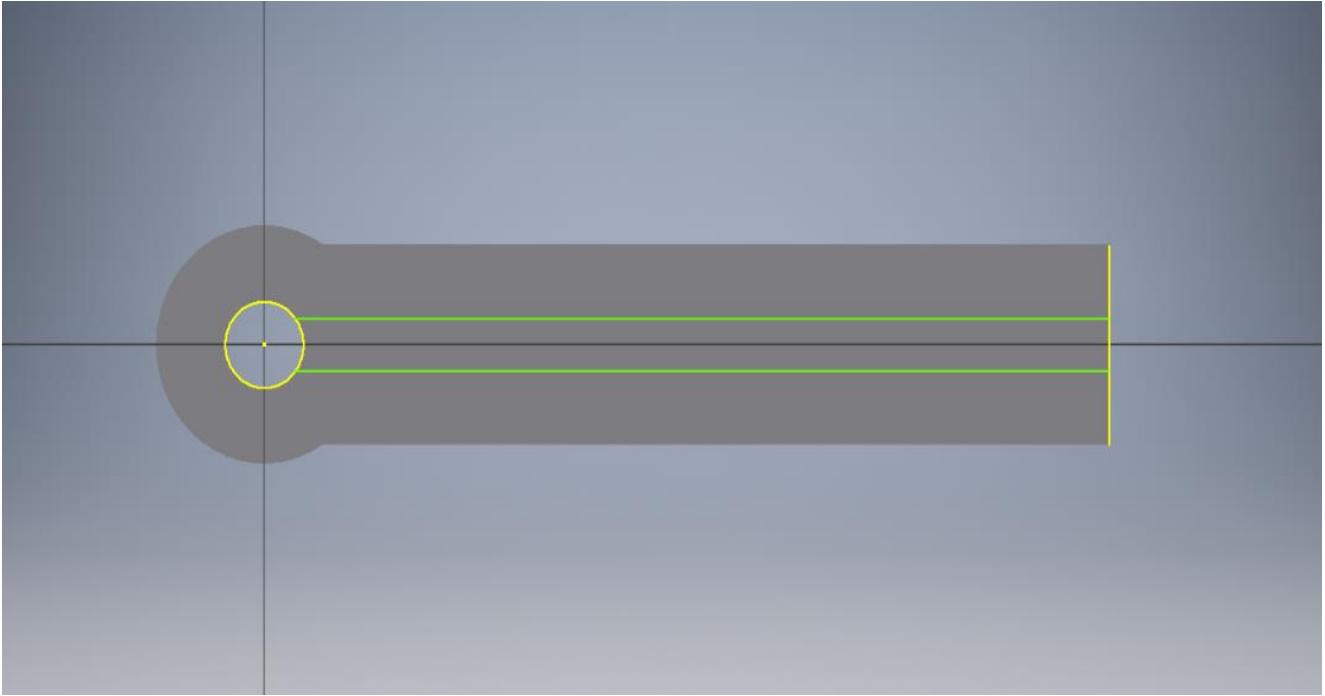
ΒΗΜΑ 5: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



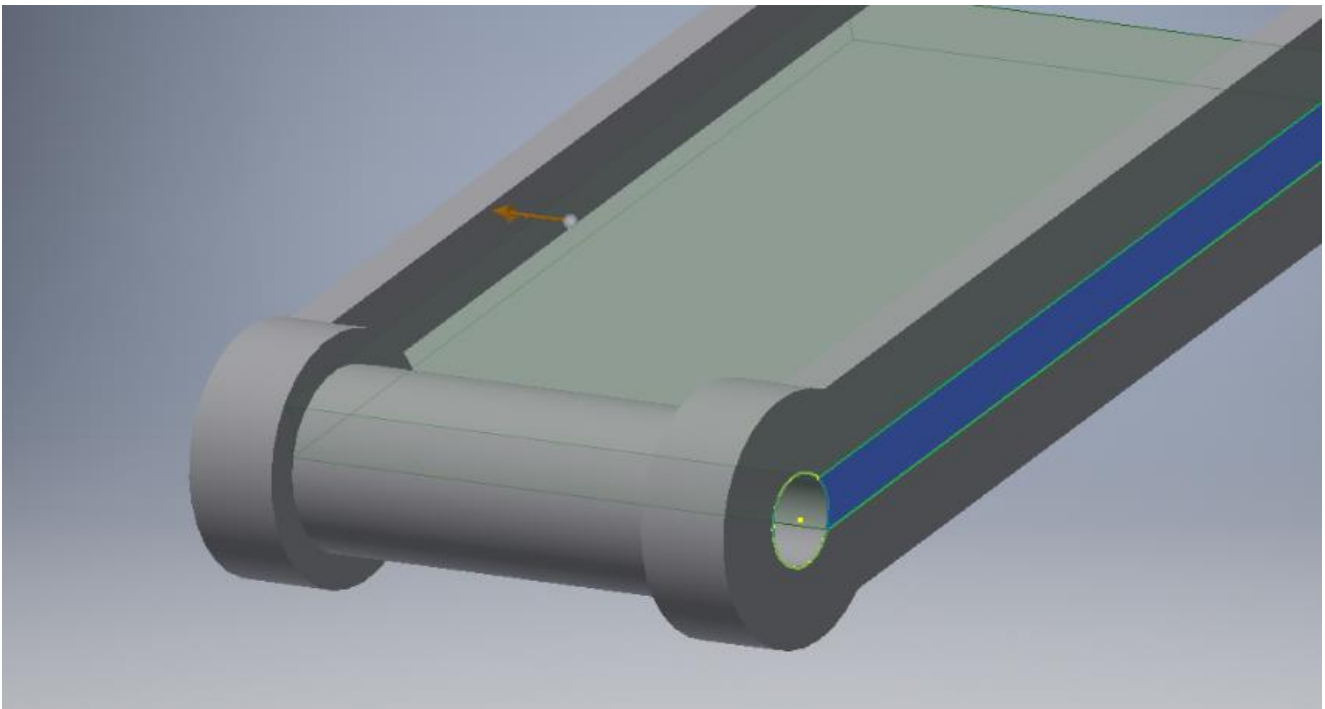
ΒΗΜΑ 6: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



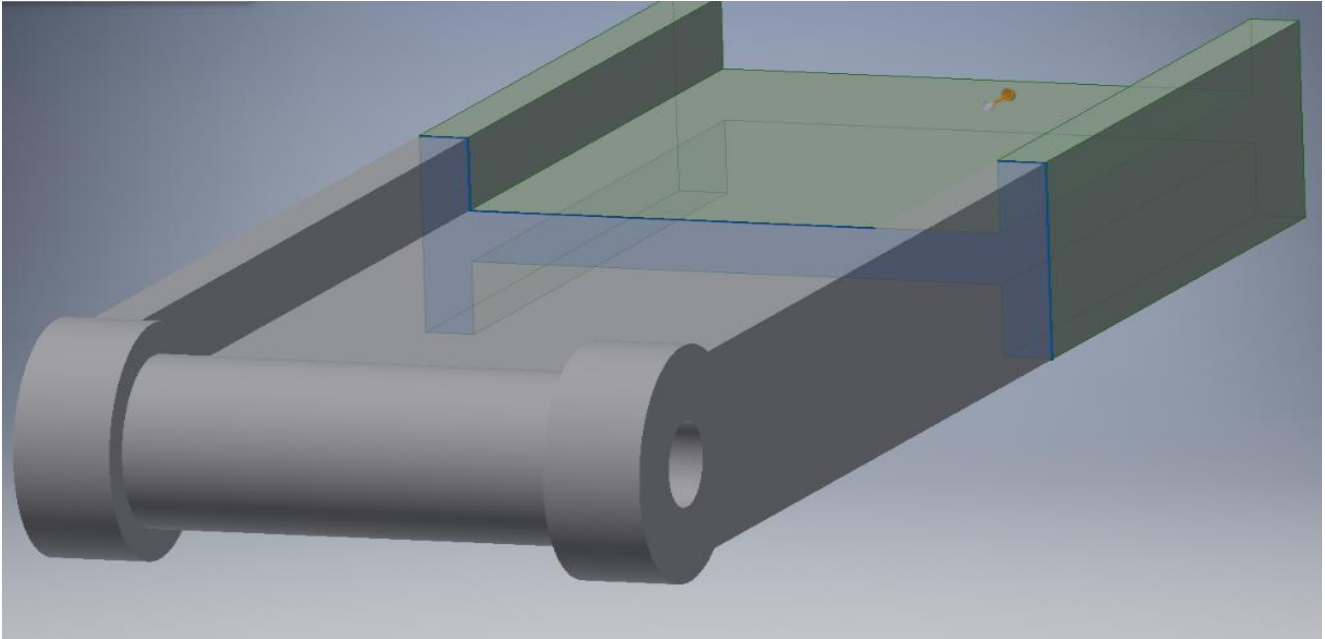
ΒΗΜΑ 7: Με την εντολή **Line** γίνονται μοντελοποίηση τα παρακάτω ορθογώνιο παραλληλόγραμμα.



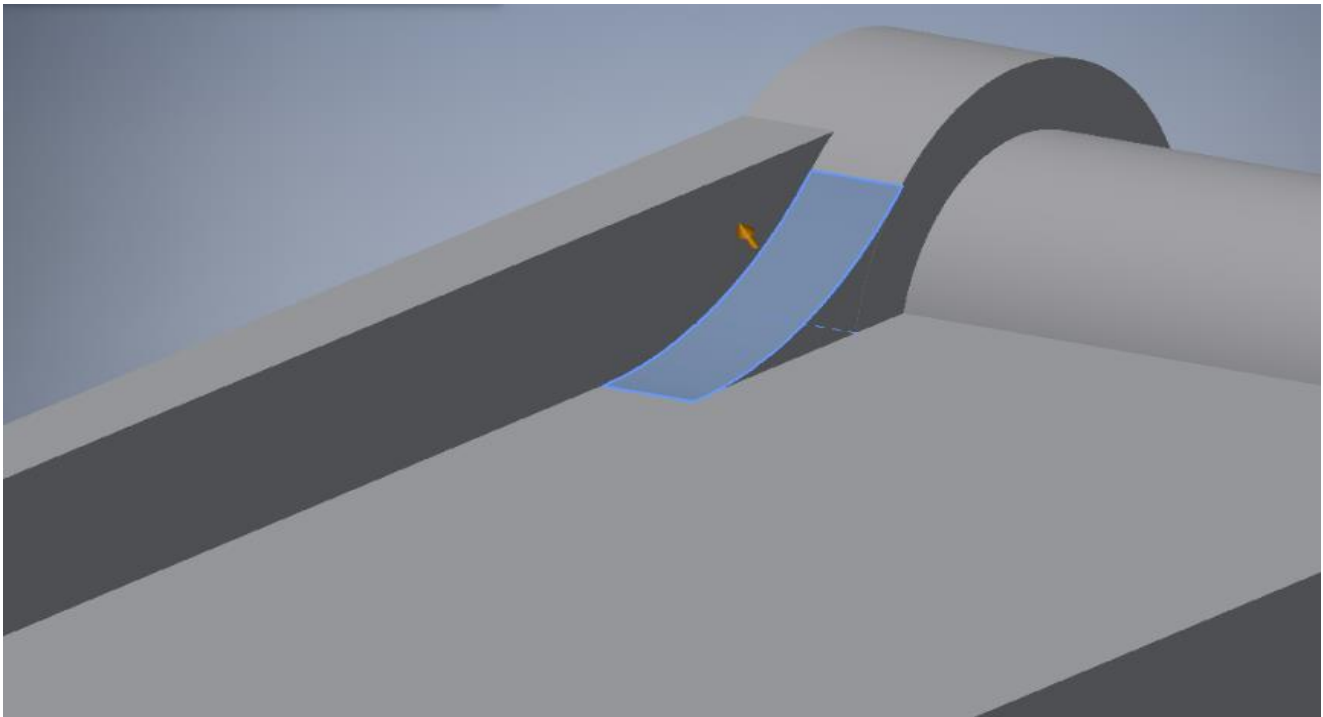
ΒΗΜΑ 8: Με την εντολή **Extrude** δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμα.



ΒΗΜΑ 9: Με την εντολή Extrude δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο σχήμα.



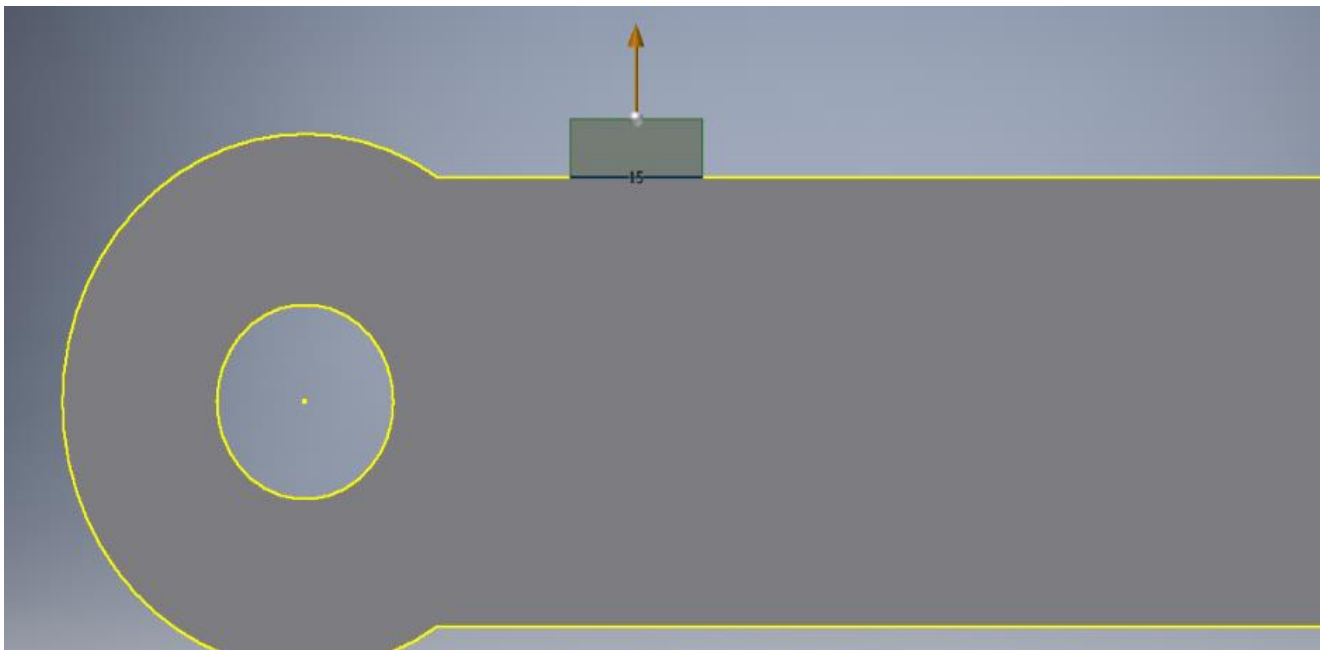
ΒΗΜΑ 10: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίδεται καμψυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



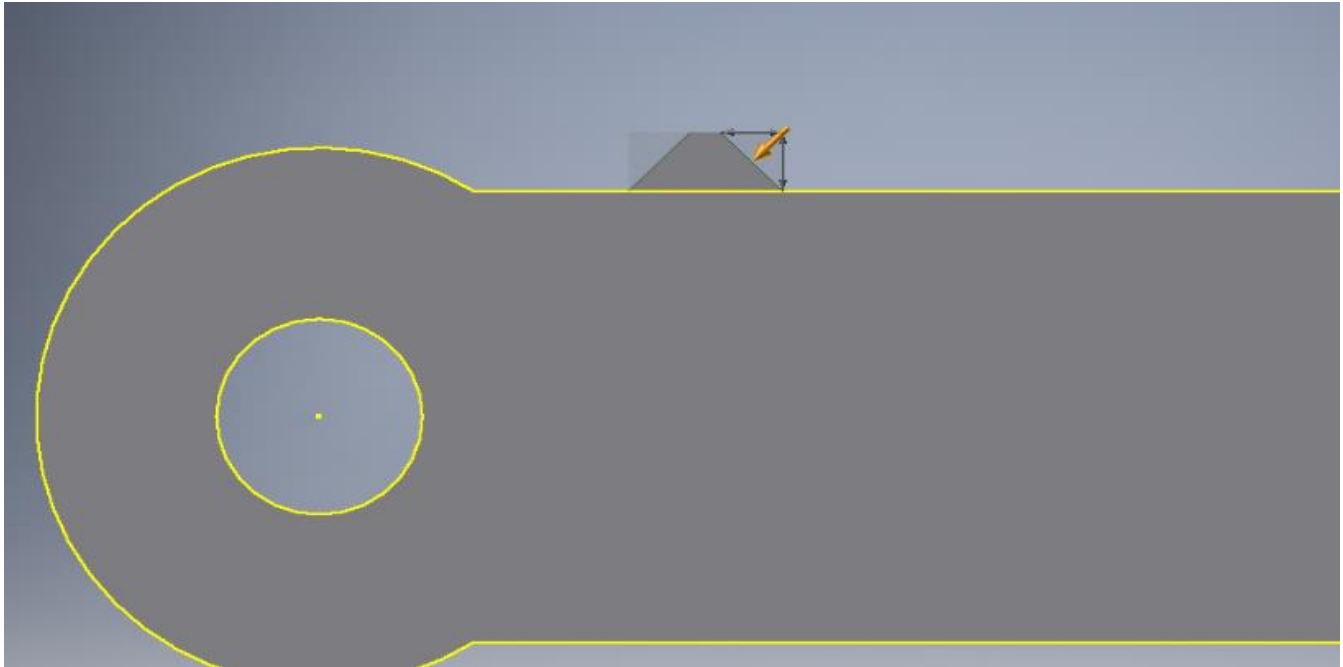
ΒΗΜΑ 11: Με την εντολή **Line** σχεδιάζεται τα παρακάτω ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



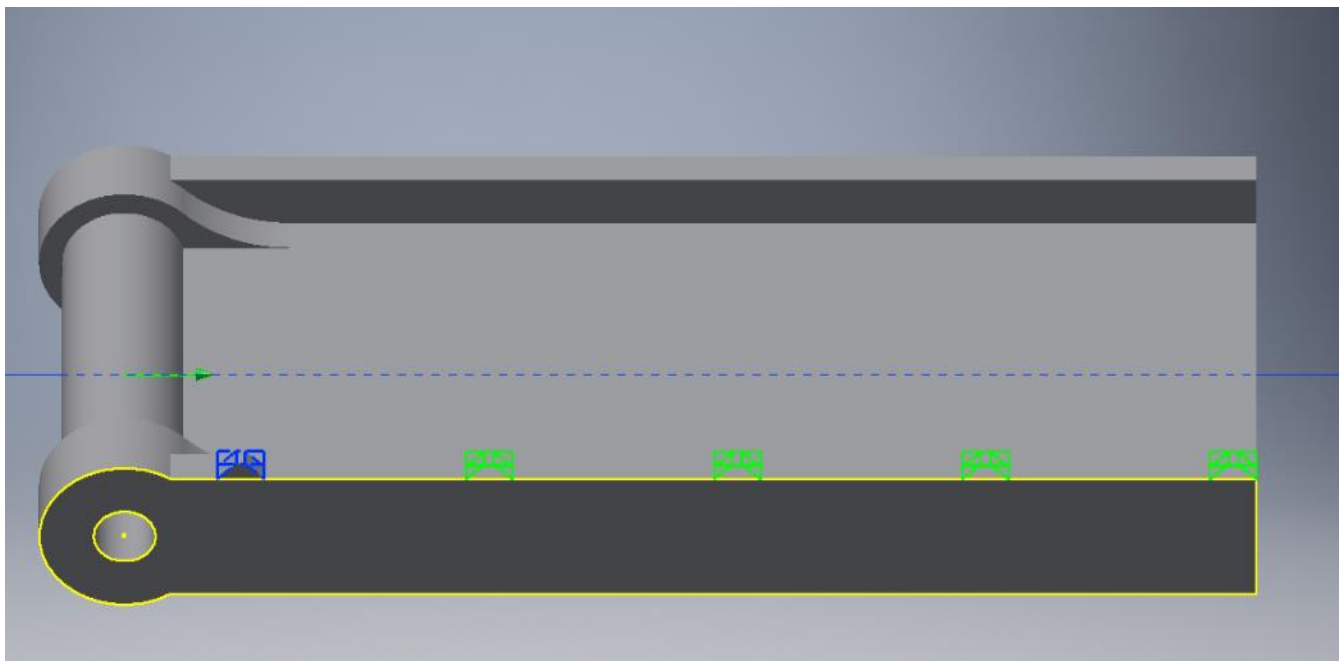
ΒΗΜΑ 12: Με την εντολή **Extrude** δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



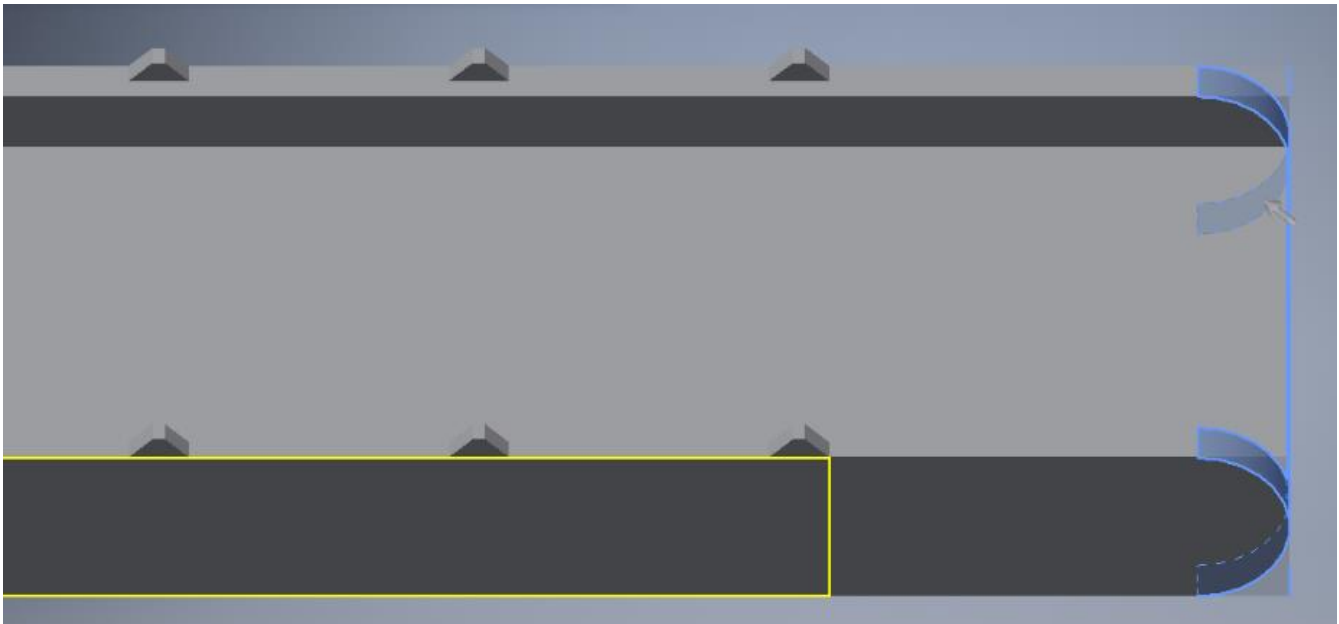
ΒΗΜΑ 13: Με την εντολή Chamfer αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος μεταξύ δυο κάθετων επιφανειών.



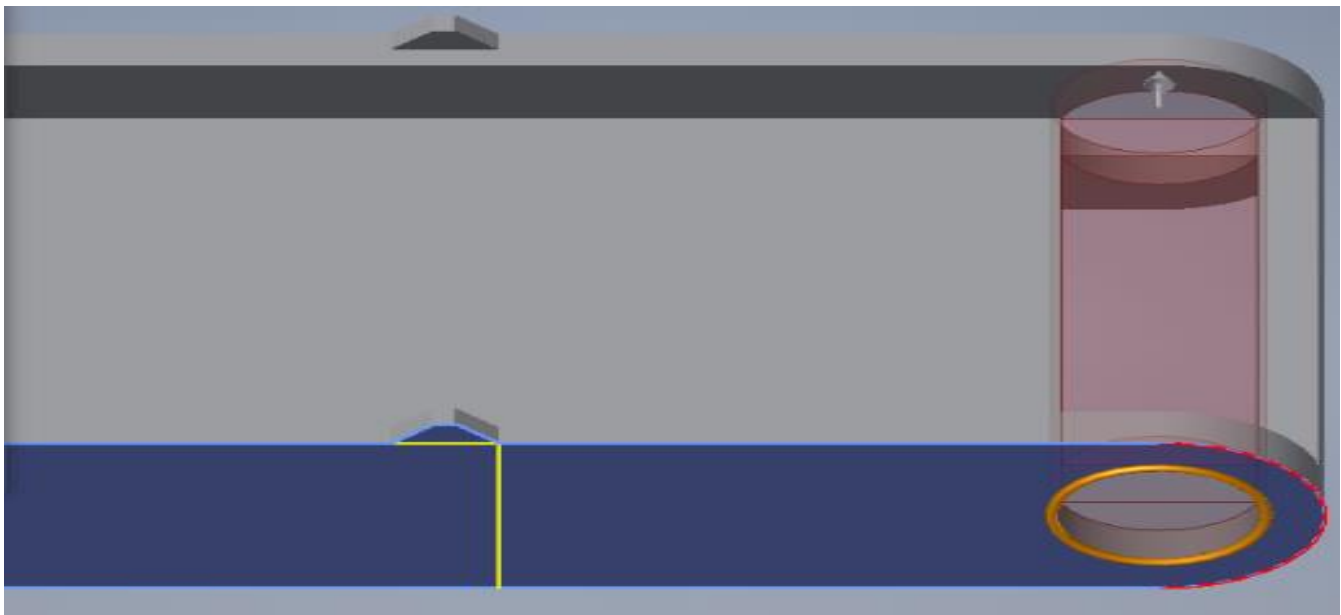
ΒΗΜΑ 14: Με την εντολή Rectangular Pattern δημιουργούνται πανομοιότυπα σχήματα επάνω σε μια επιφάνεια.



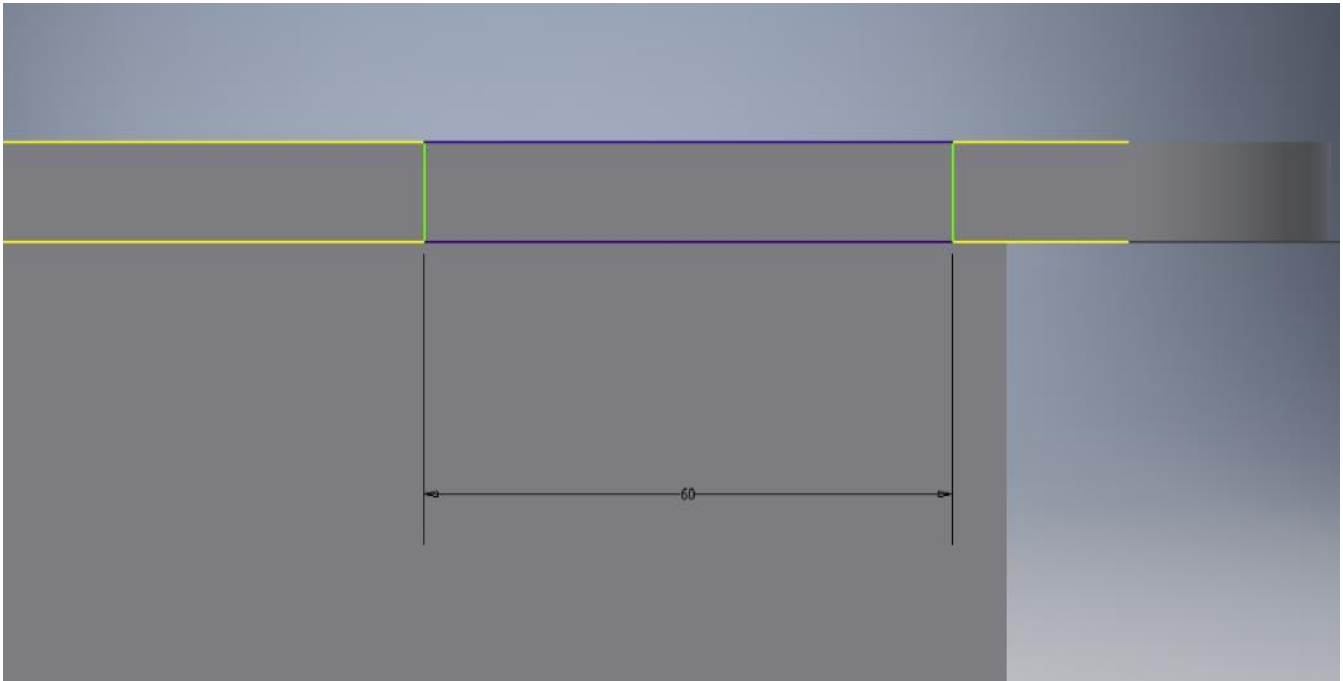
ΒΗΜΑ 15: Επιλέγοντάς την εντολή Fillet δίνεται καμπυλότητα μεταξύ των επιφανειών.



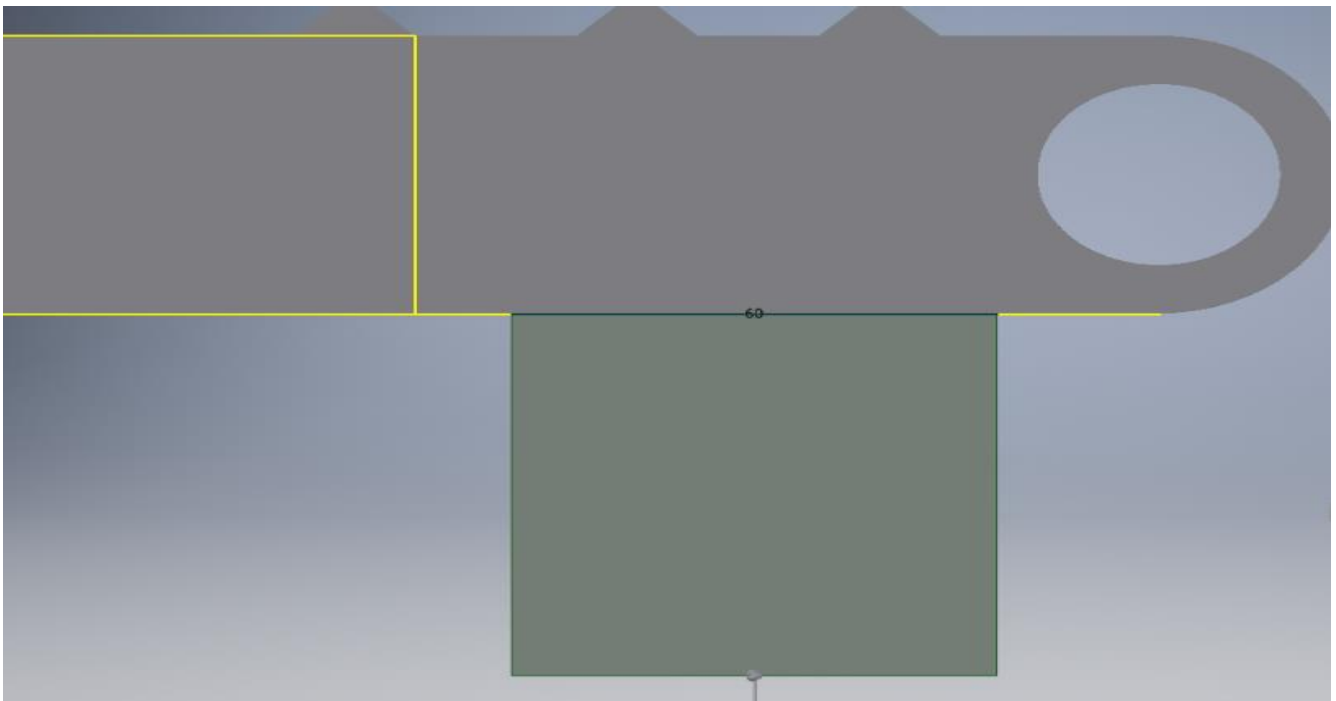
ΒΗΜΑ 16: Επιλέγεται η εντολή Hole (Concentric) με σκοπό τη δημιουργία οπής.



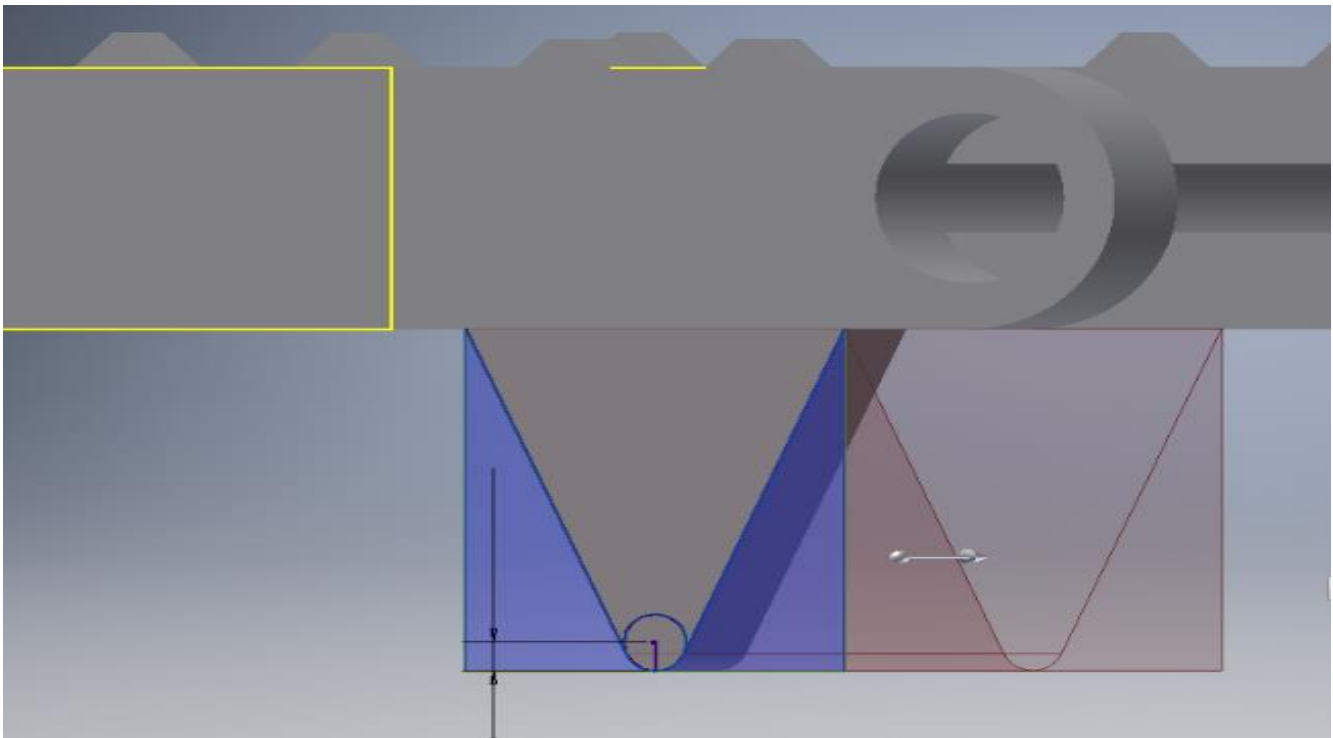
ΒΗΜΑ 17: Με την εντολή **Line** γίνονται μοντελοποίηση τα παρακάτω ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



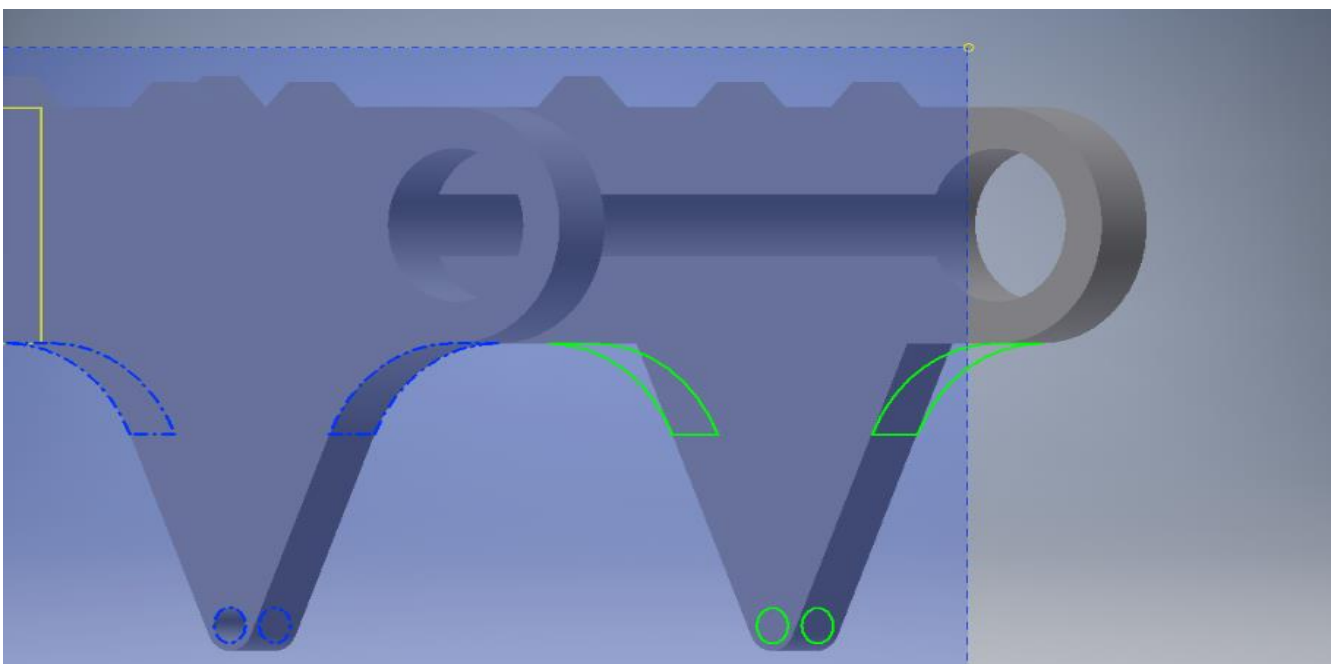
ΒΗΜΑ 18: Με την εντολή **Extrude** δίδεται ο απαραίτητος όγκος στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο.



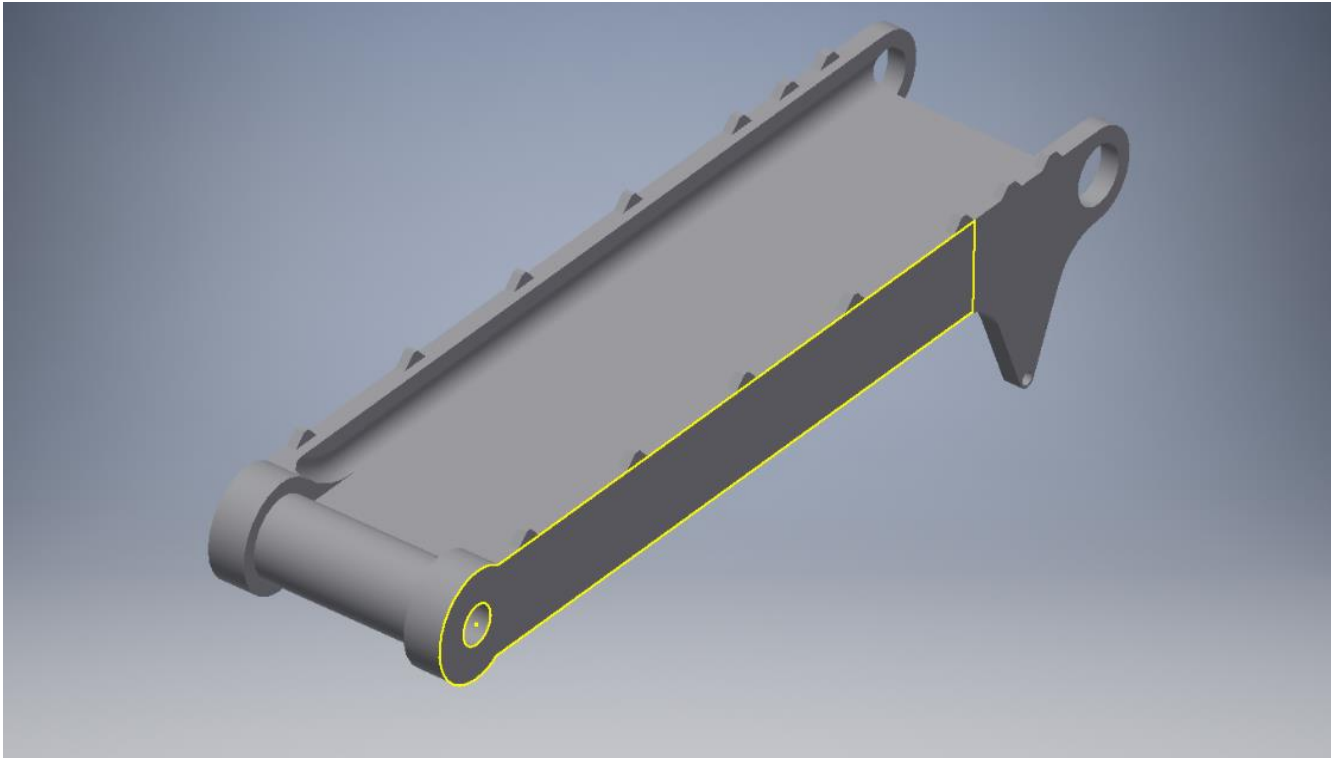
ΒΗΜΑ 19: Με την εντολή Extrude Cut αφαιρείται ο απαραίτητος όγκος.



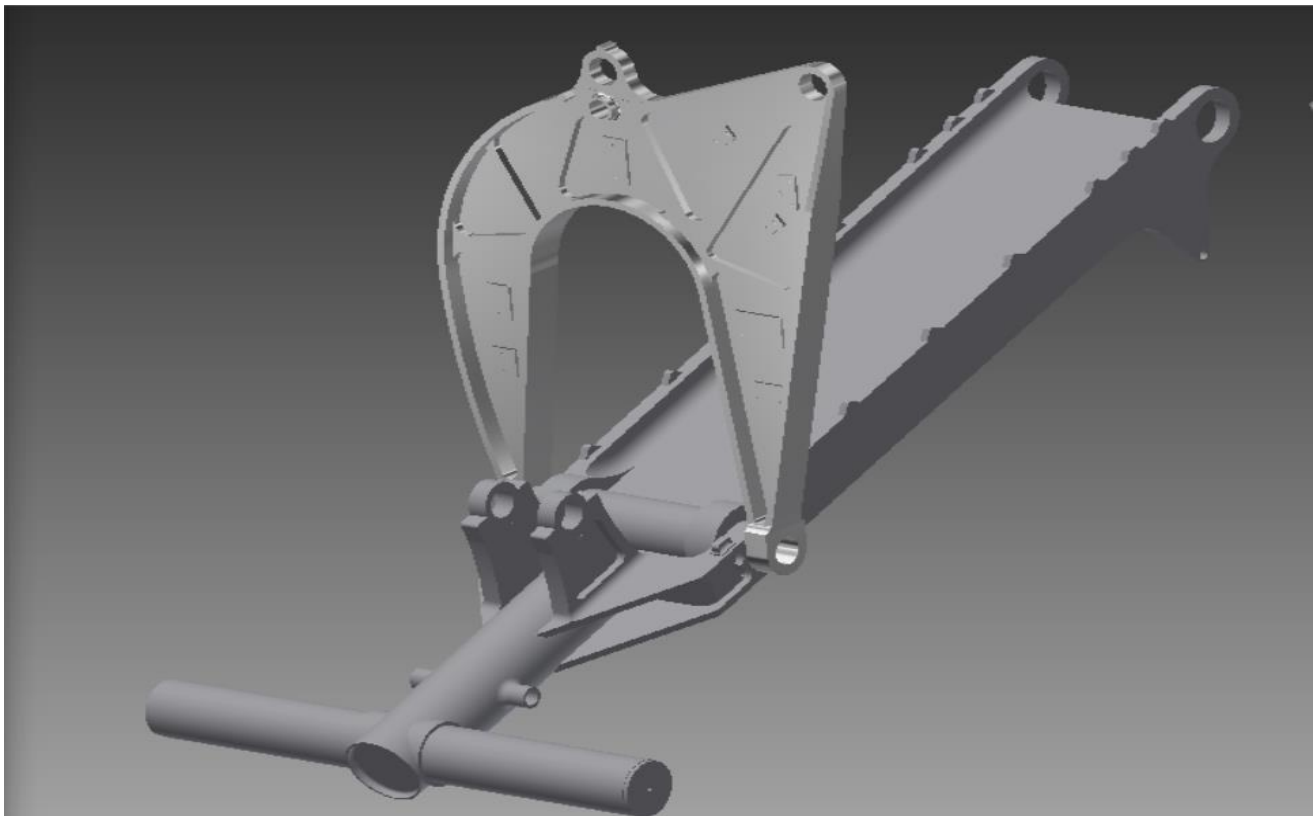
ΒΗΜΑ 20: Επιλέγεται η εντολή Mirror με σκοπό την δημιουργία πανομοιότυπου σχήματος στην απέναντι πλευρά του επιλεγμένου Work Plane.



ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΟΨΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

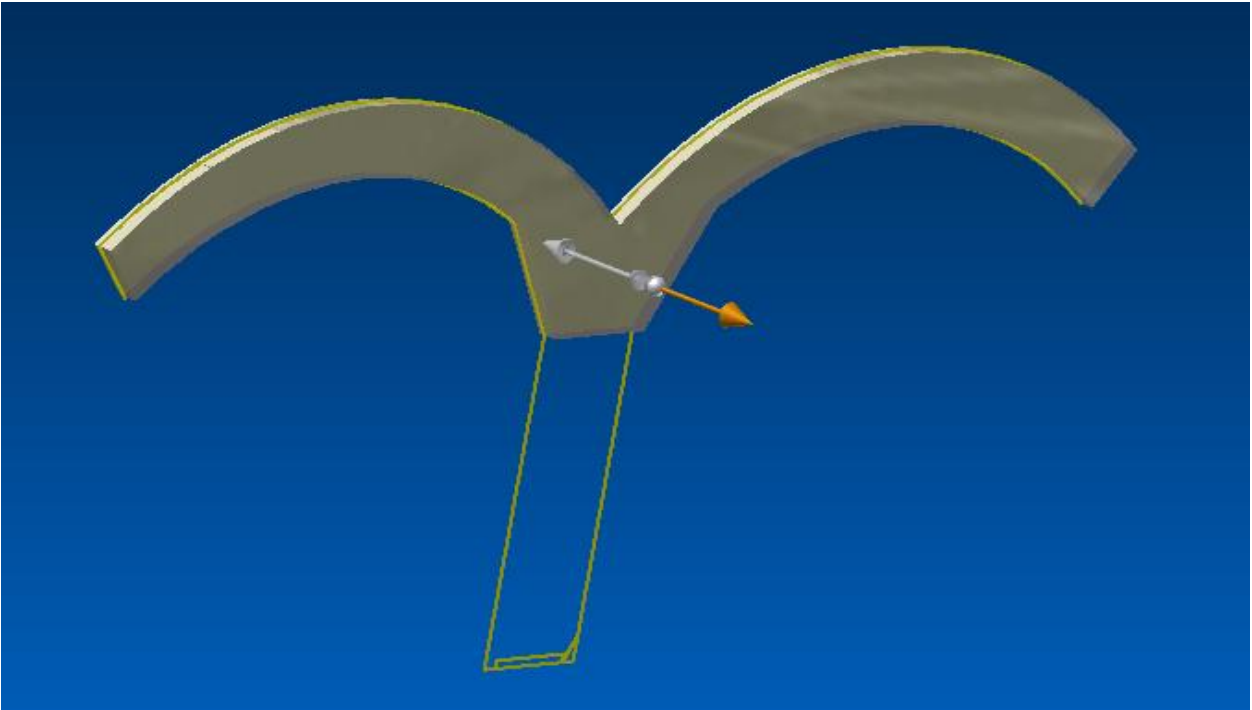


ΤΕΛΙΚΗ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗ (ASSEMBLY)

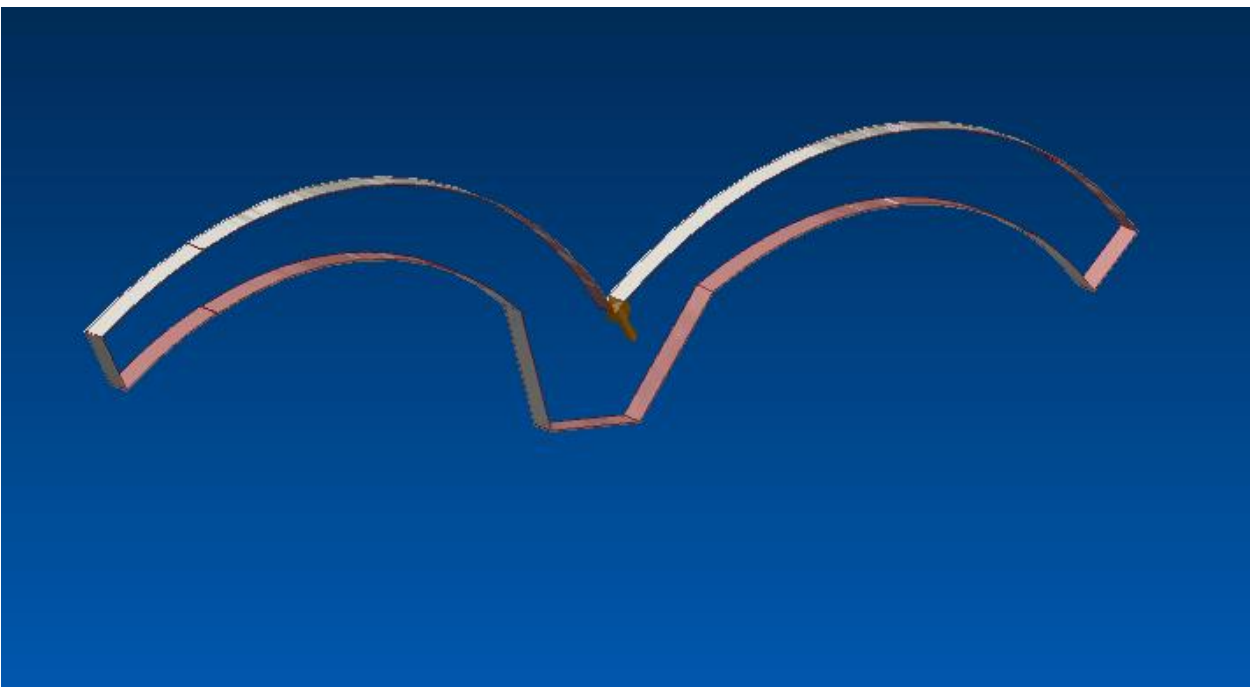


3.4 F22 Raptor – Κεντρικό διάφραγμα (Center Keel)

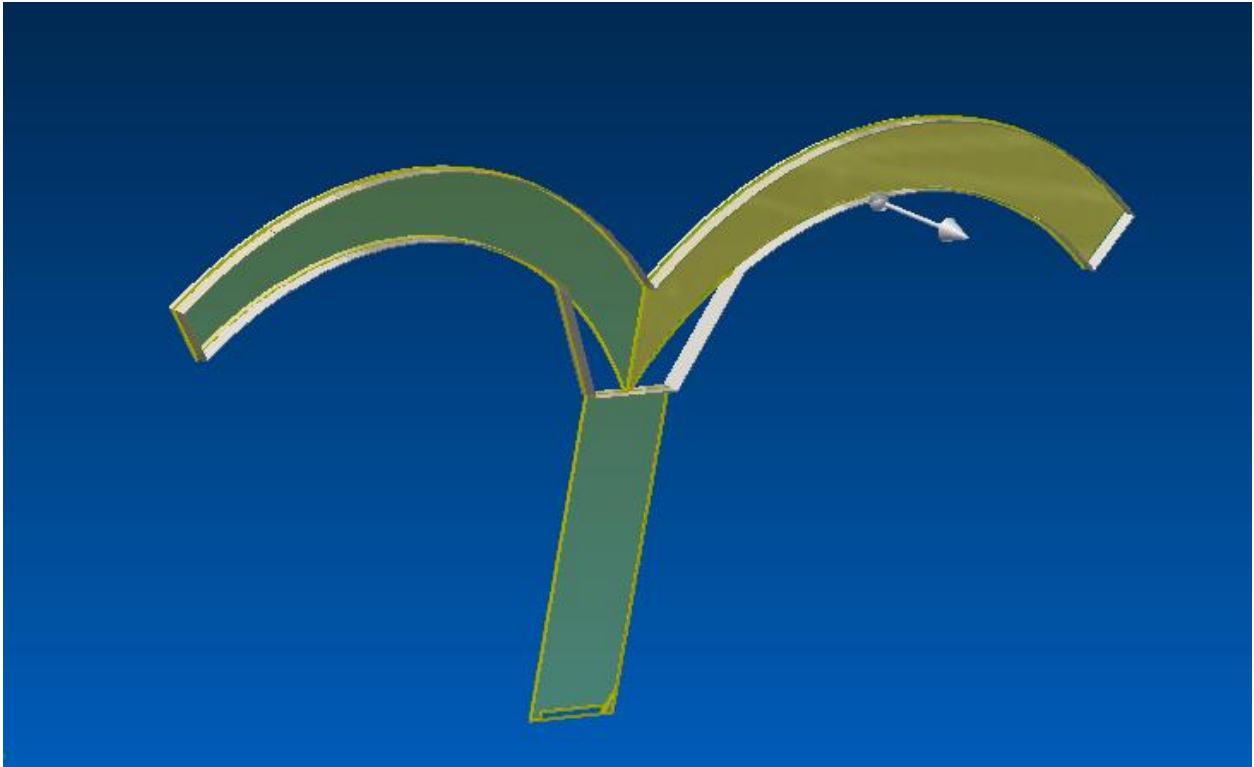
ΒΗΜΑ 1: Γίνεται μοντελοποίηση το περίγραμμα του κομματιού με τις εντολές line και circle , με την εντολή extrude δίνεται όγκος, αρχικά, στα πτερύγια.



ΒΗΜΑ 2: Με την εντολή shell δημιουργείται το πάχος του σκελετού των πτερυγίων.



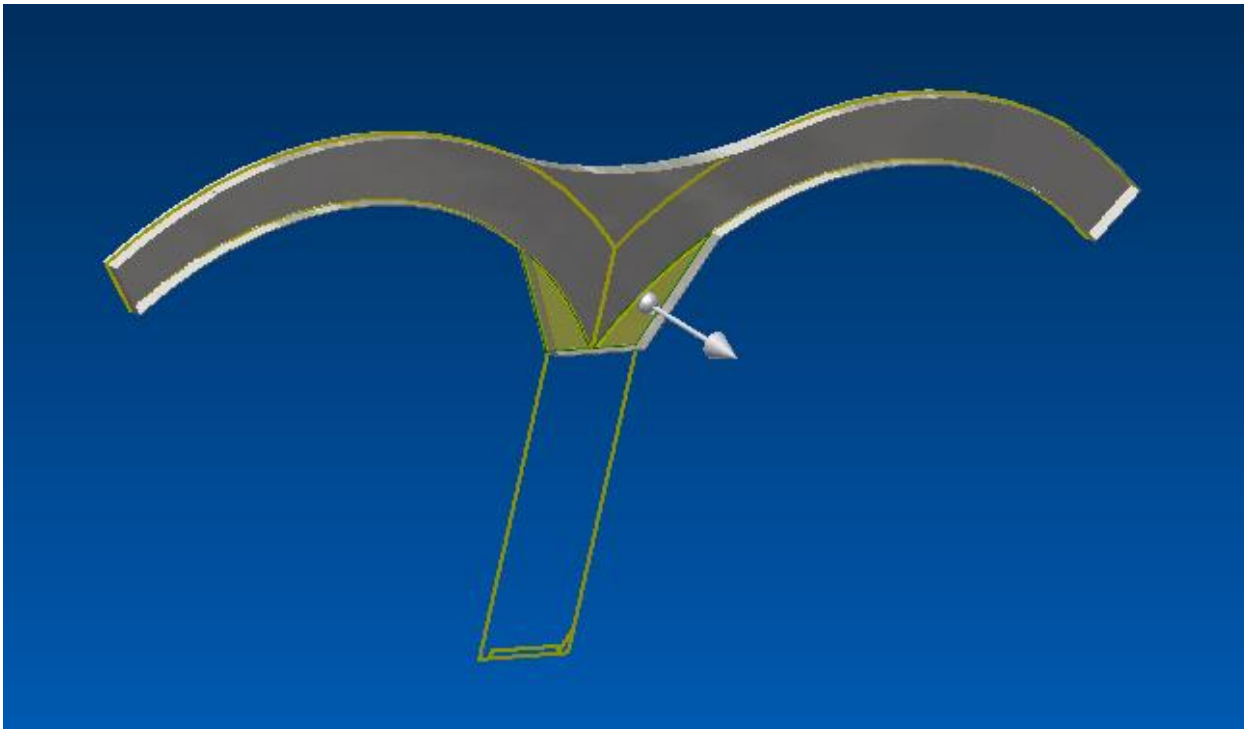
ΒΗΜΑ 3: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος στην επιφάνεια των πτερυγίων.



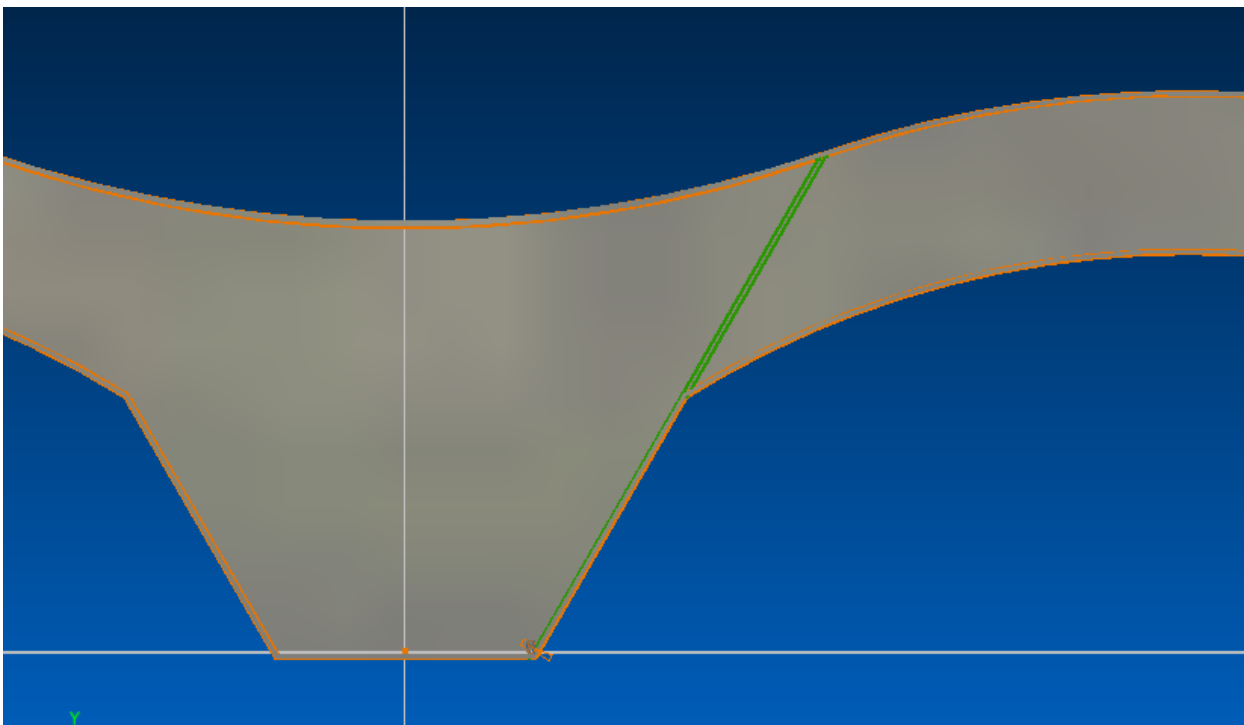
ΒΗΜΑ 4: Με την εντολή fillet, δημιουργείται η καμπύλη στο σημείο που συνδέονται τα πτερύγια.



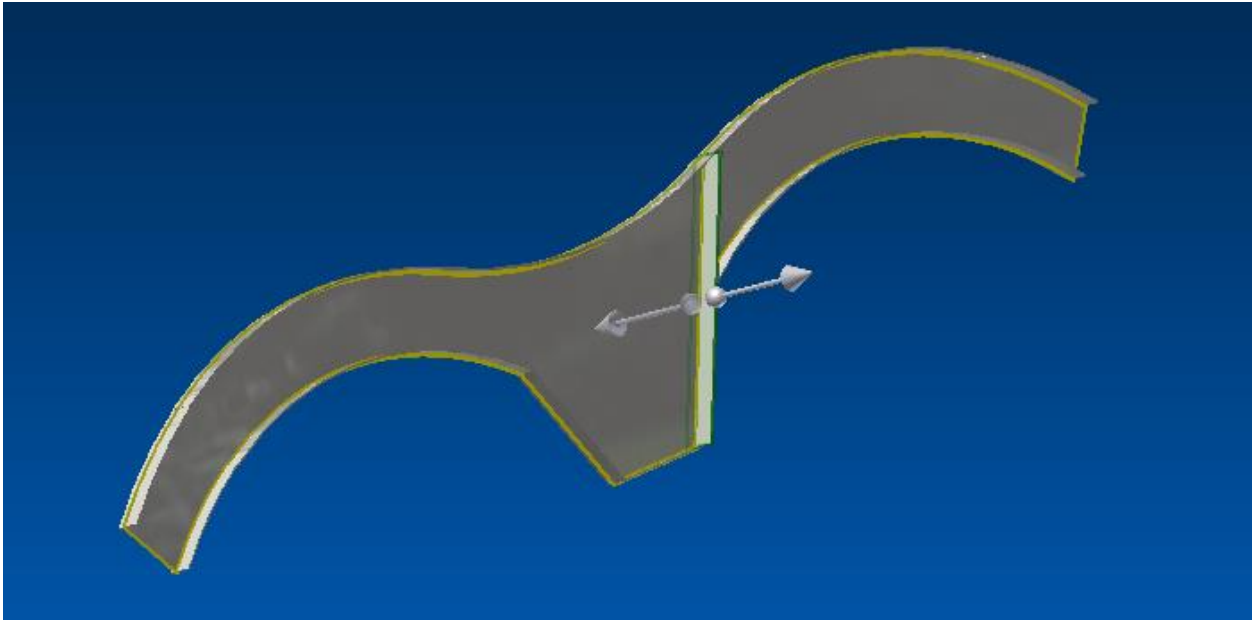
ΒΗΜΑ 5: Με την εντολή extrude, δίνεται όγκος στο σημείο σύνδεσης των πτερυγίων με τον κορμό.



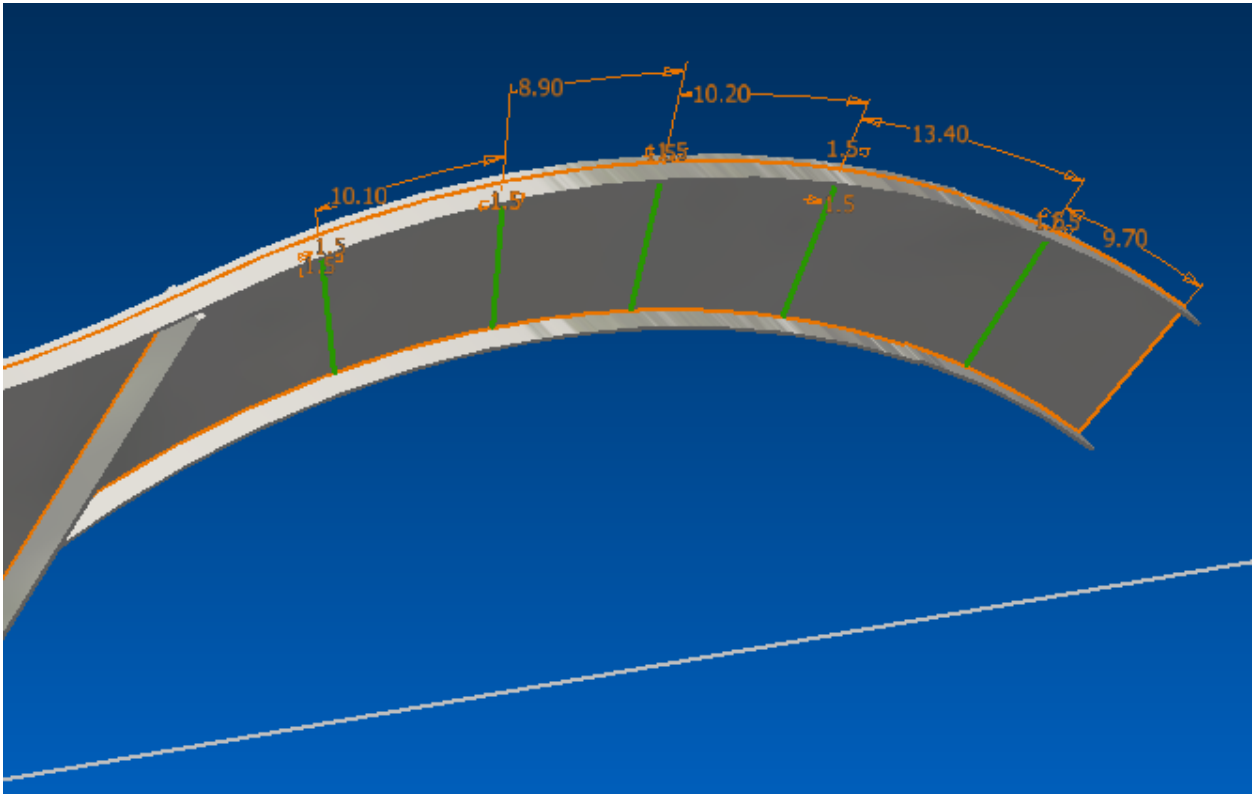
ΒΗΜΑ 6: Γίνεται μοντελοποίηση το νεύρο μεταξύ πτερυγίου και βάσης.



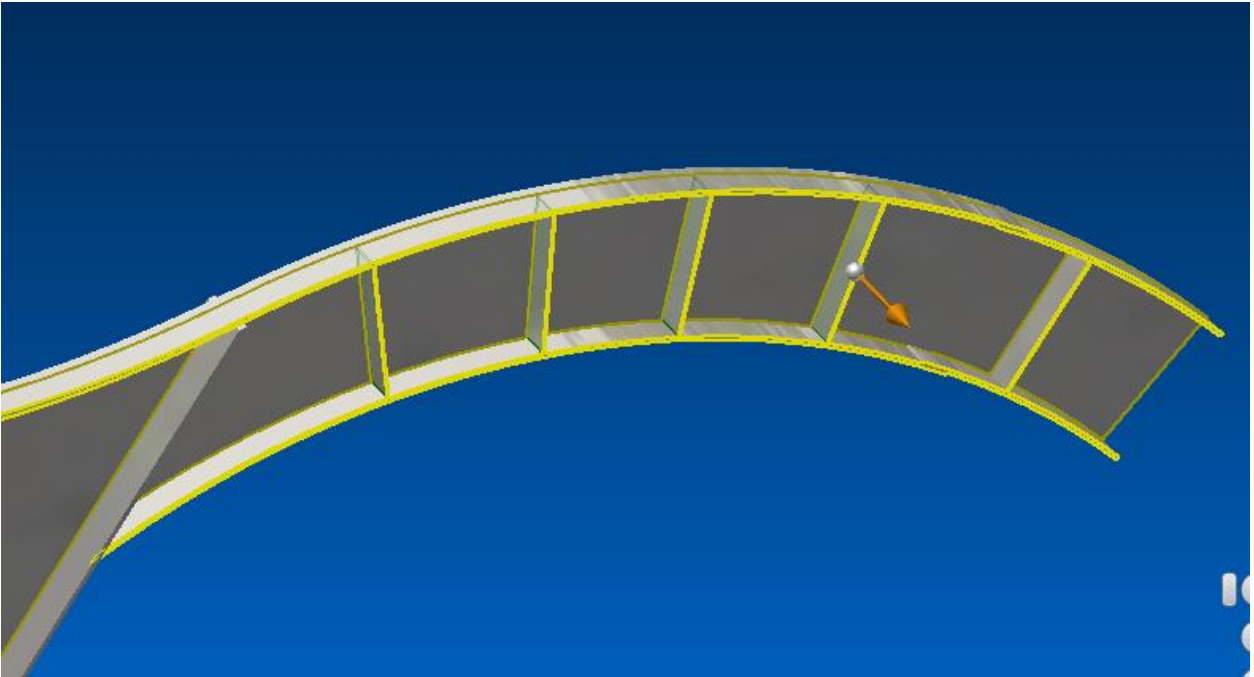
ΒΗΜΑ 7: Στη συνέχεια, με την εντολή extrude του δίνεται όγκος.



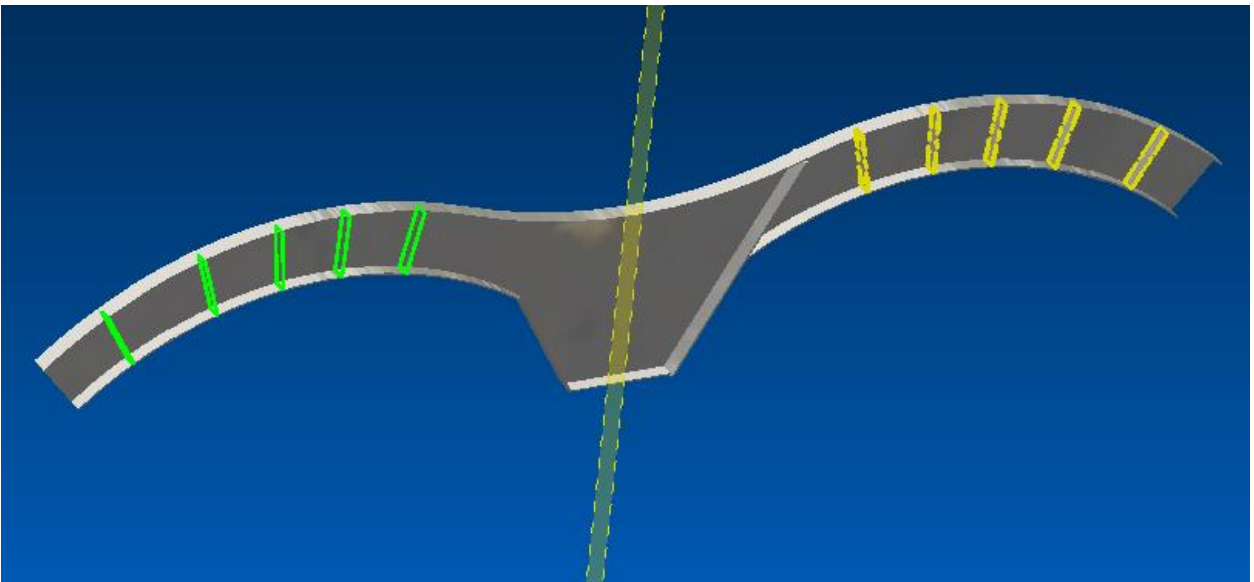
ΒΗΜΑ 8: Γίνονται μοντελοποίηση τα νεύρα του πτερυγίου.



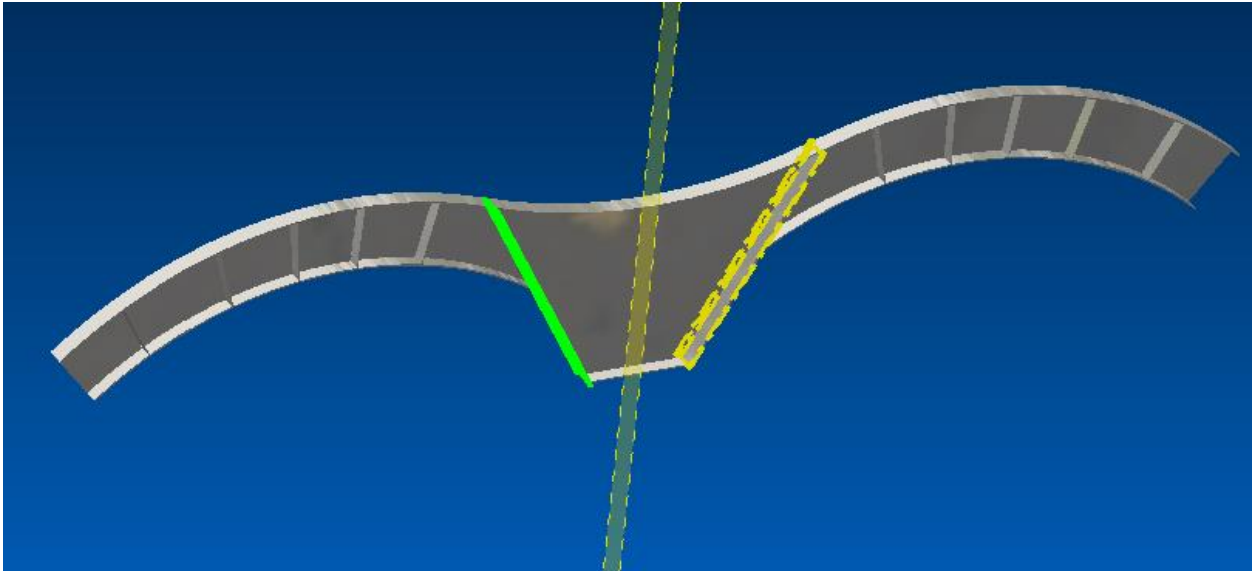
ΒΗΜΑ 9: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος στα νεύρα.



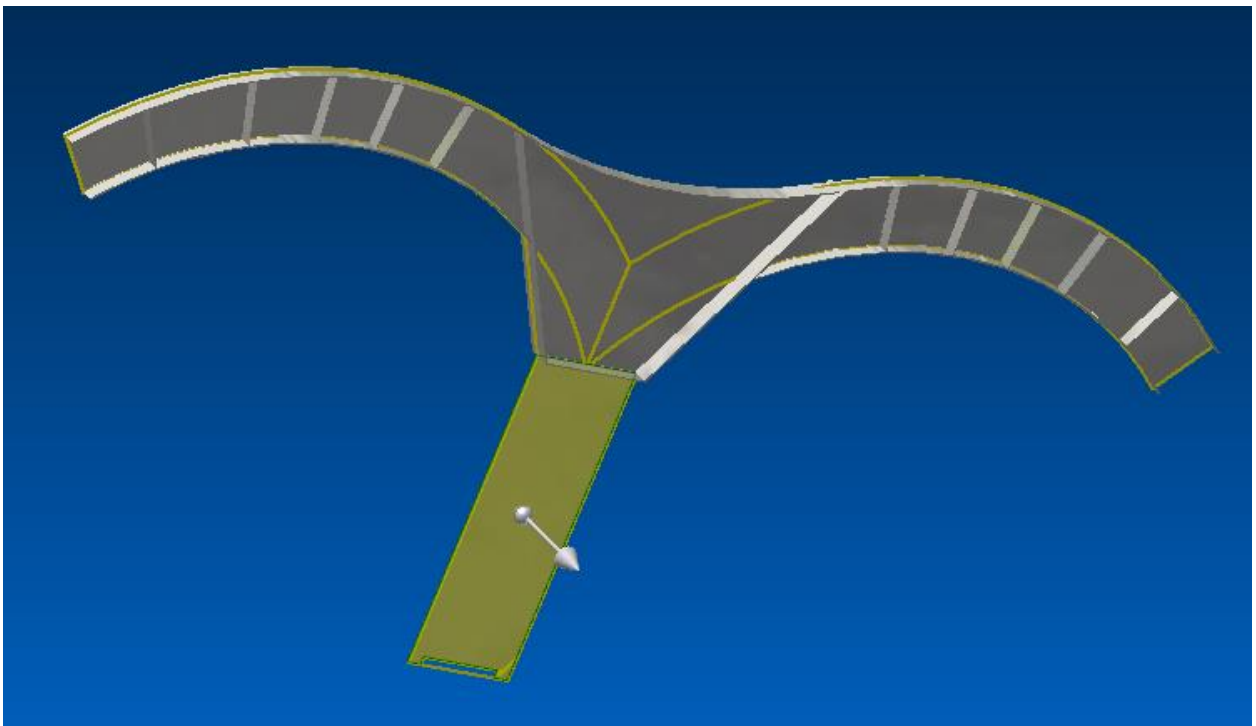
ΒΗΜΑ 10Α: Με την εντολή mirror, γίνεται αντιγραφή τα νεύρα των πτερυγίων A) και το νεύρο μεταξύ πτερυγίου και βάσης B), στην συμμετρική πλευρά του κομματιού.



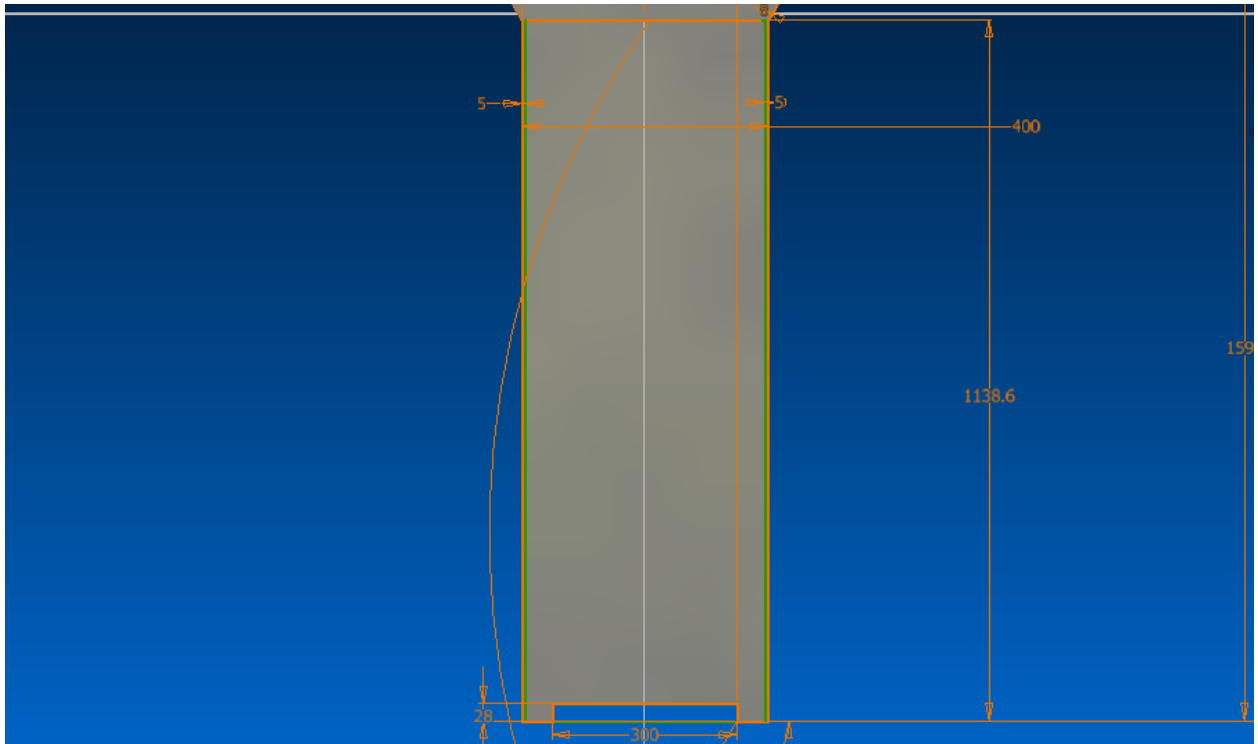
ΒΗΜΑ 10B:



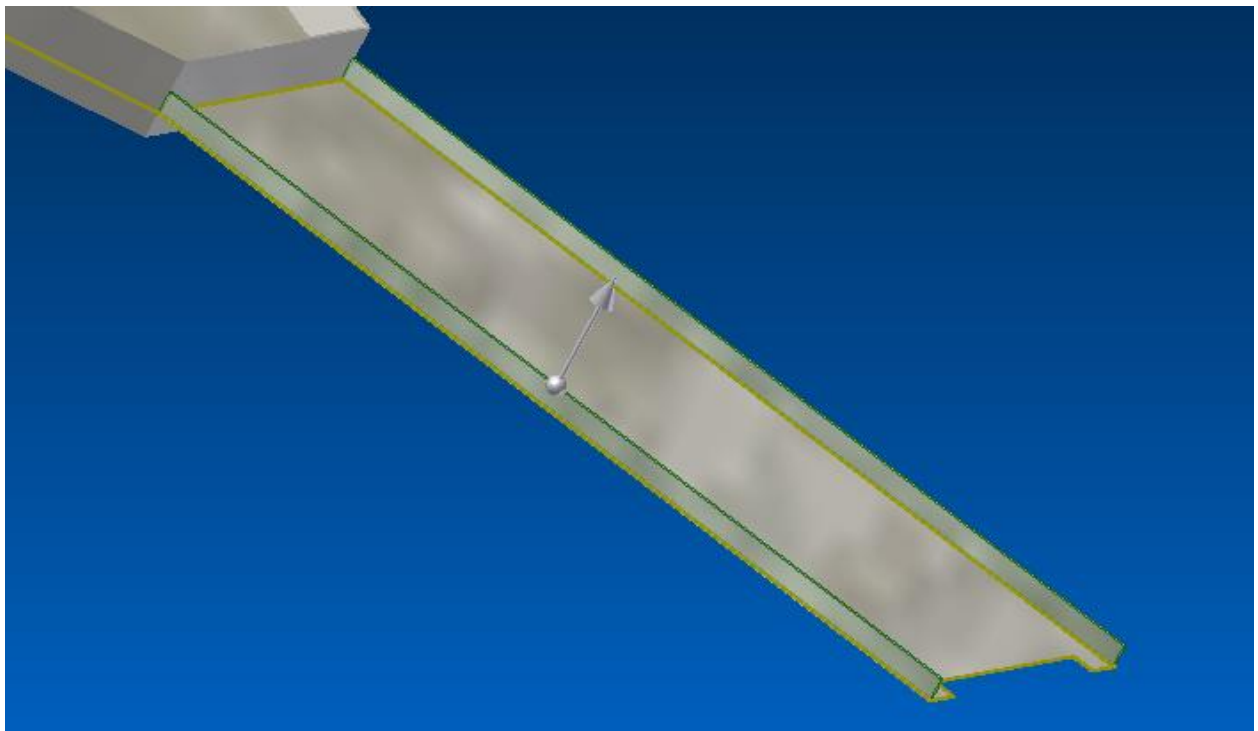
ΒΗΜΑ 11: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος στον κορμό.



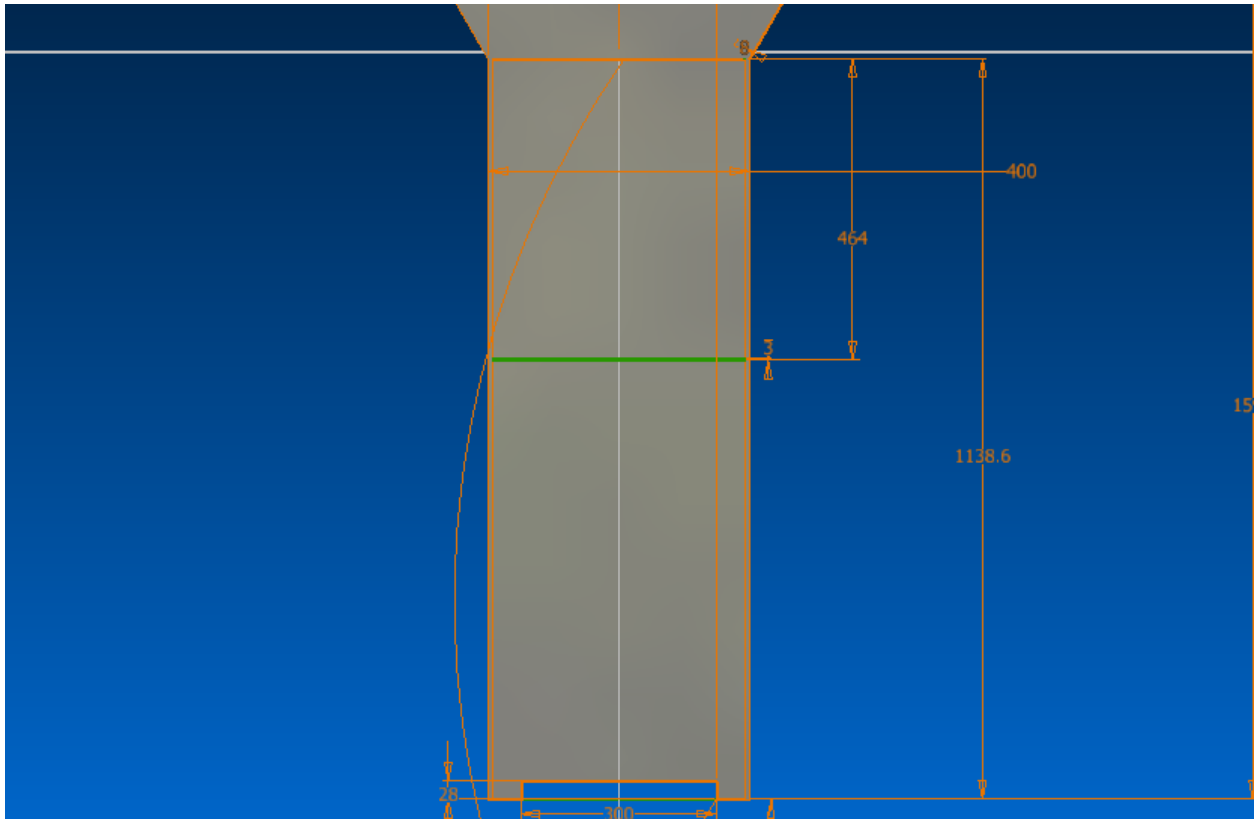
ΒΗΜΑ 12: Γίνεται μοντελοποίηση το πάχος του κάτω νεύρου της βάσης.



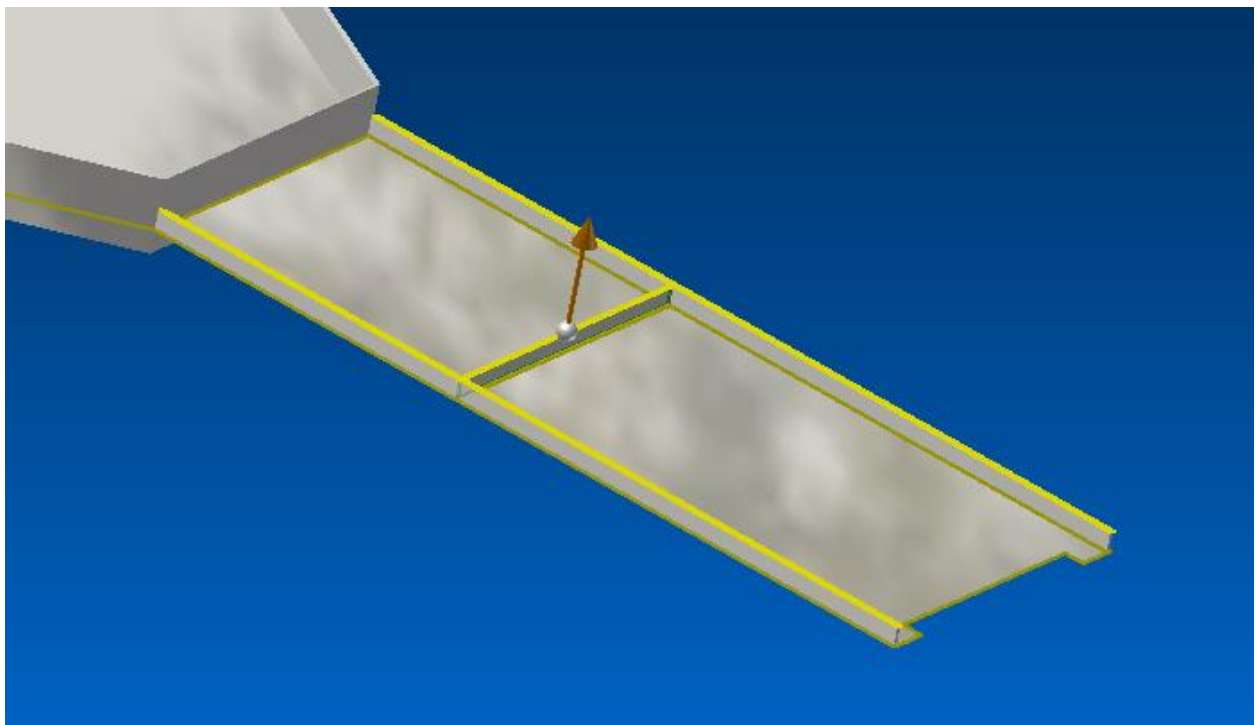
ΒΗΜΑ 13: Στη συνέχεια δίνεται όγκος.



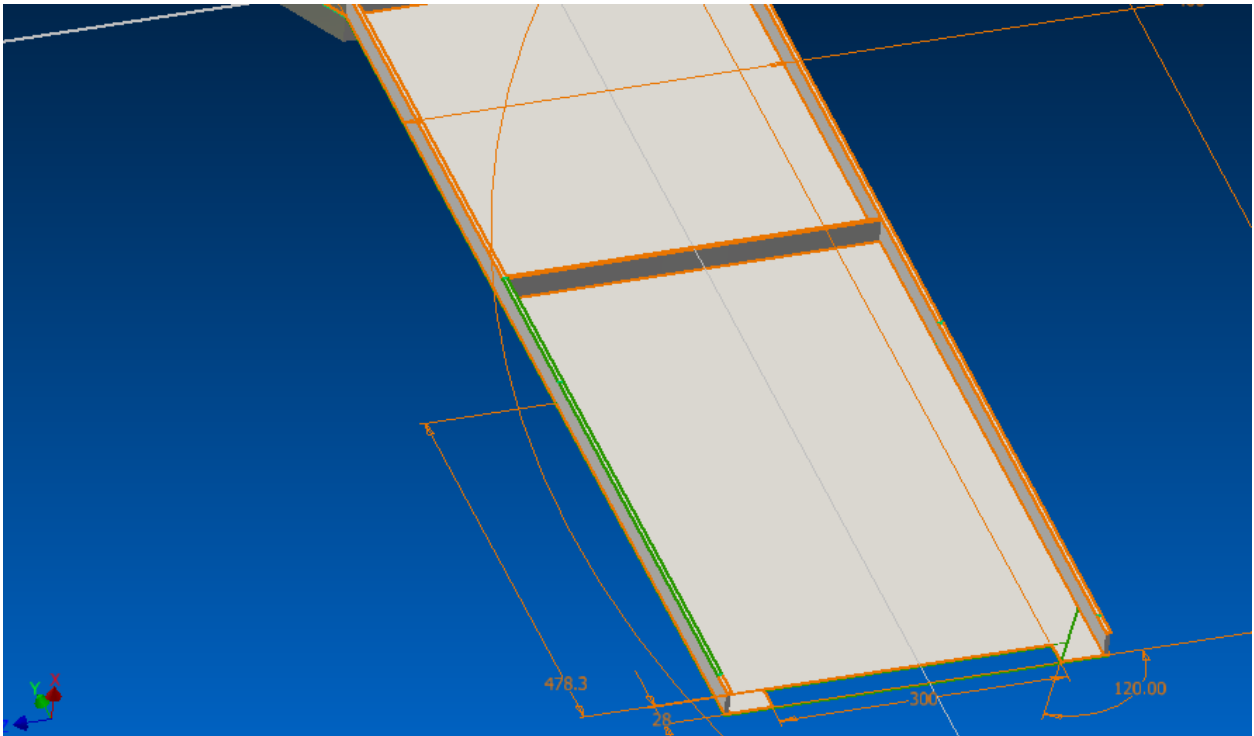
ΒΗΜΑ 14: Γίνεται μοντελοποίηση το ένα από τα νεύρα της βάσης.



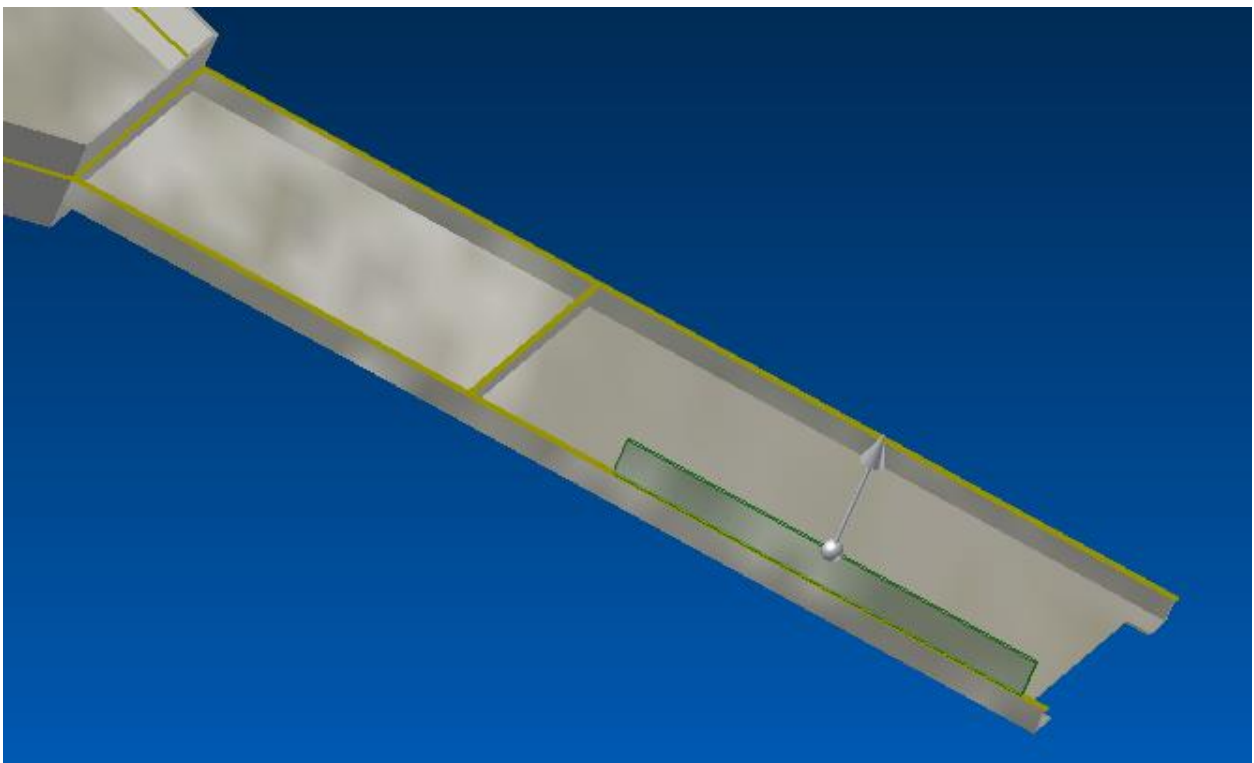
ΒΗΜΑ 15: Στη συνέχεια δίνεται όγκος.



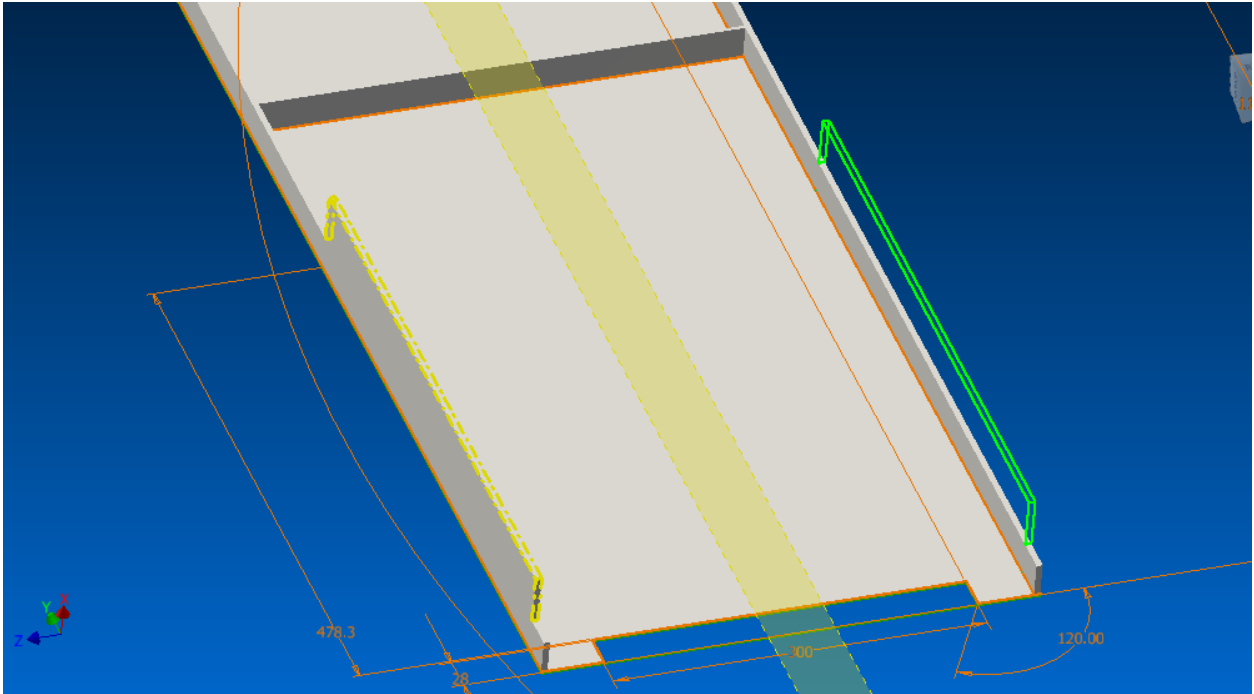
ΒΗΜΑ 16: Γίνεται μοντελοποίηση το κάτω μέρος του σκελετού της βάσης , το οποίο έχει μεγαλύτερο πάχος.



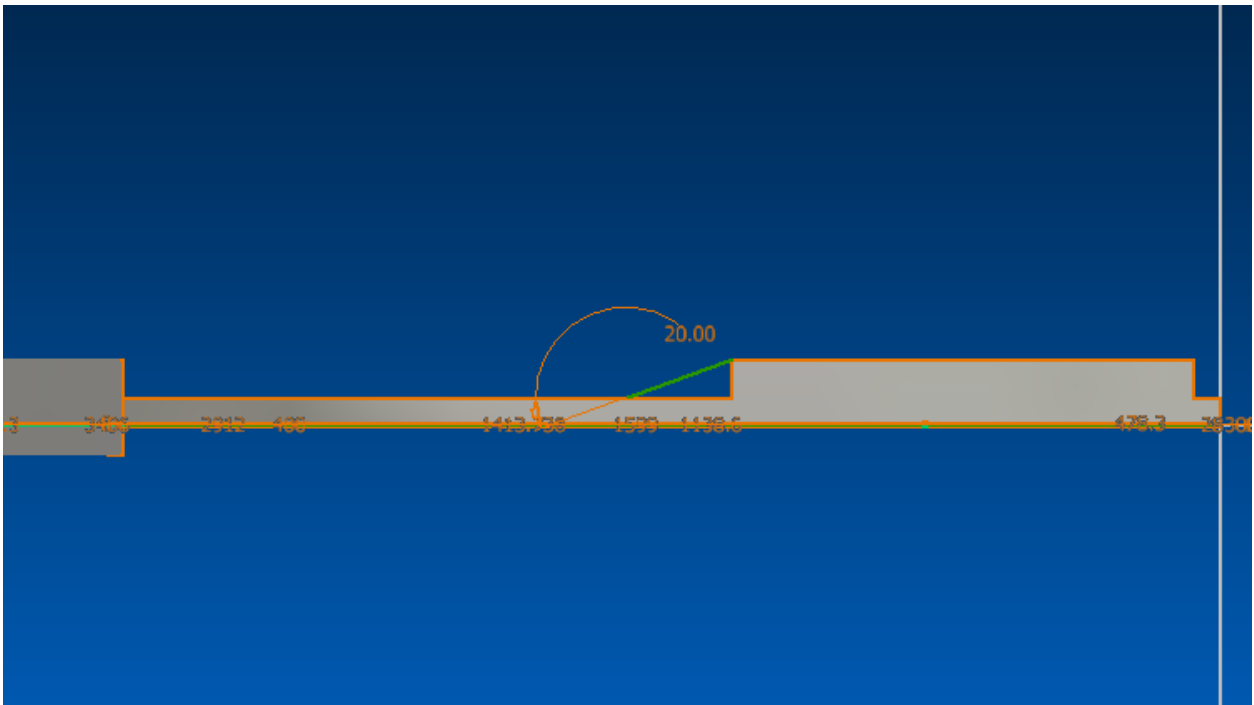
ΒΗΜΑ 17: Με την εντολή extrude, δίνεται όγκος.



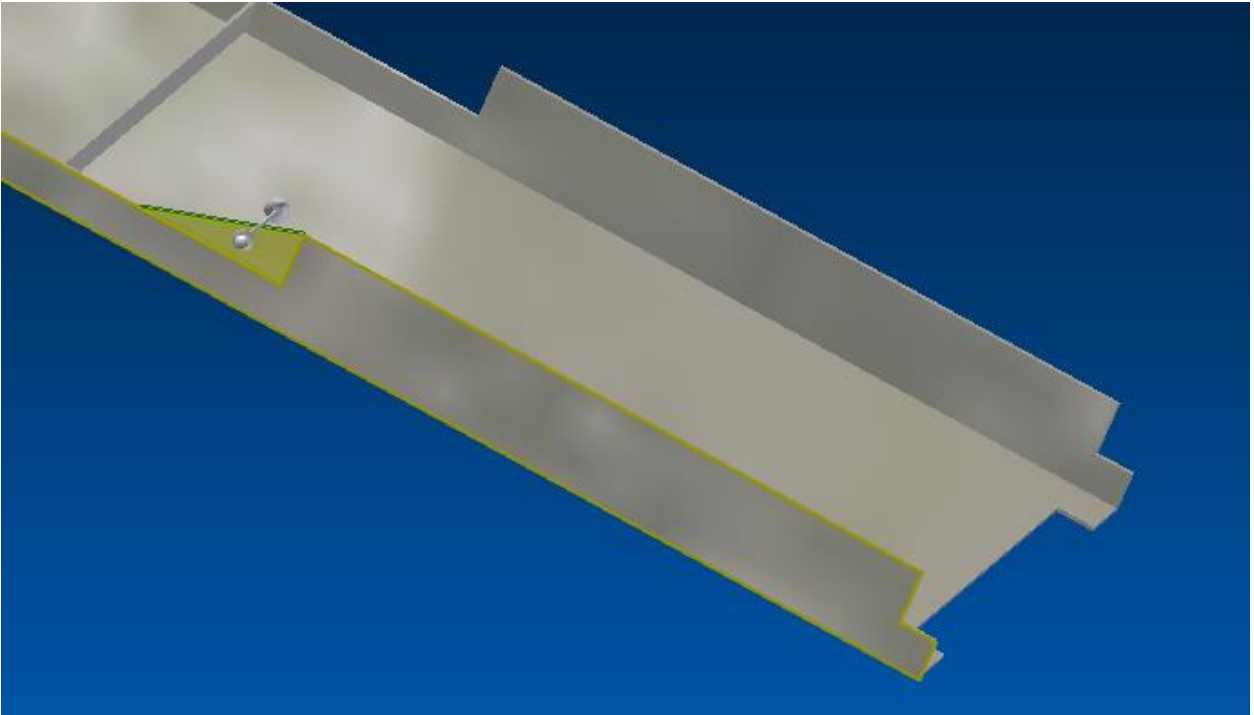
ΒΗΜΑ 18: Με την εντολή mirror, γίνεται αμτιγραφή στην συμμετρική πλευρά.



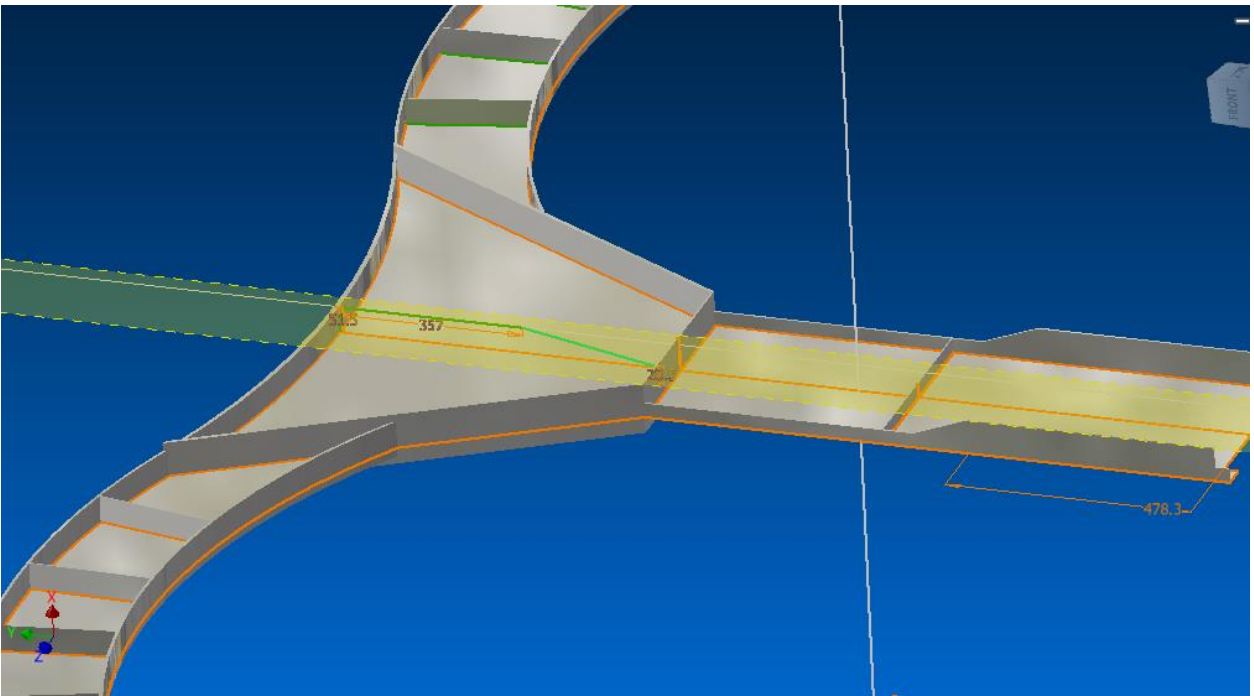
ΒΗΜΑ 19: Γίνεται μοντελοποίηση το νεύρου που συνδέει τα δύο διαφορετικά πάχη.



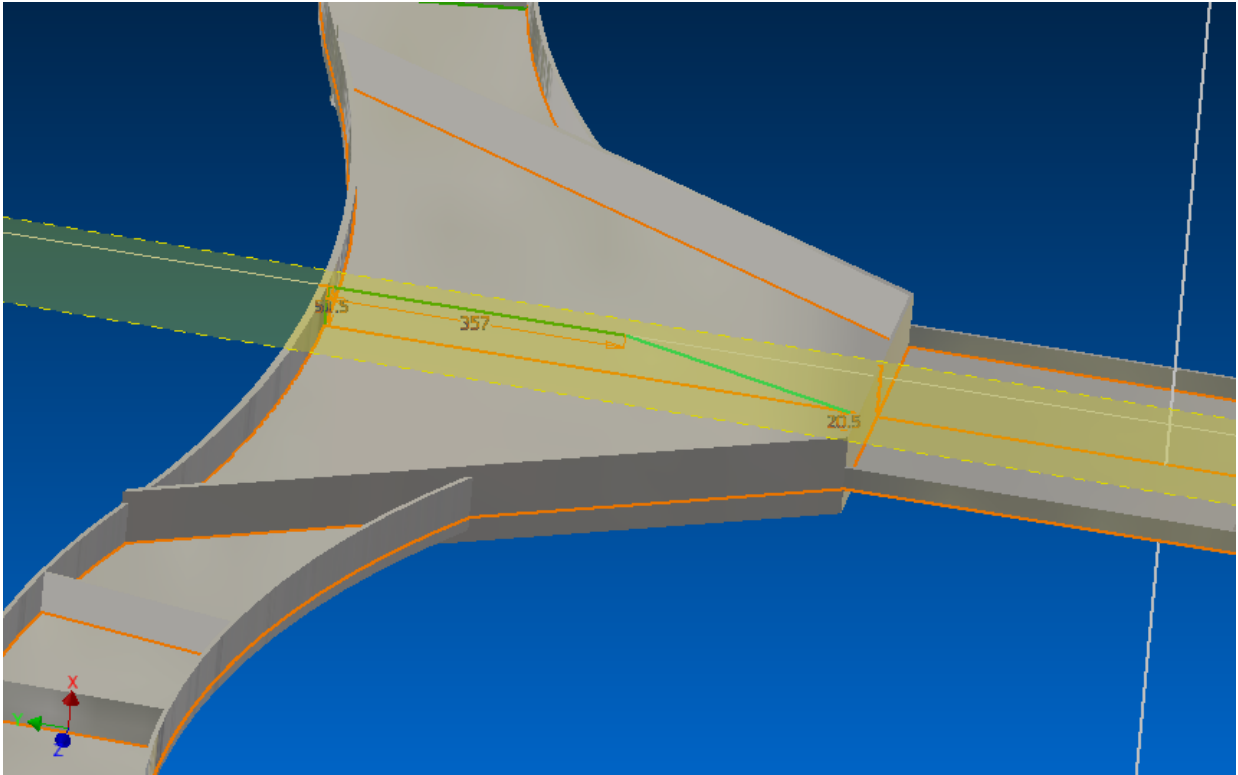
ΒΗΜΑ 20: Στη συνέχεια δίνεται όγκος. Ομοίως με τα προηγούμενα, γίνεται αντιγραφή στην συμμετρική πλευρά με την εντολή mirror.



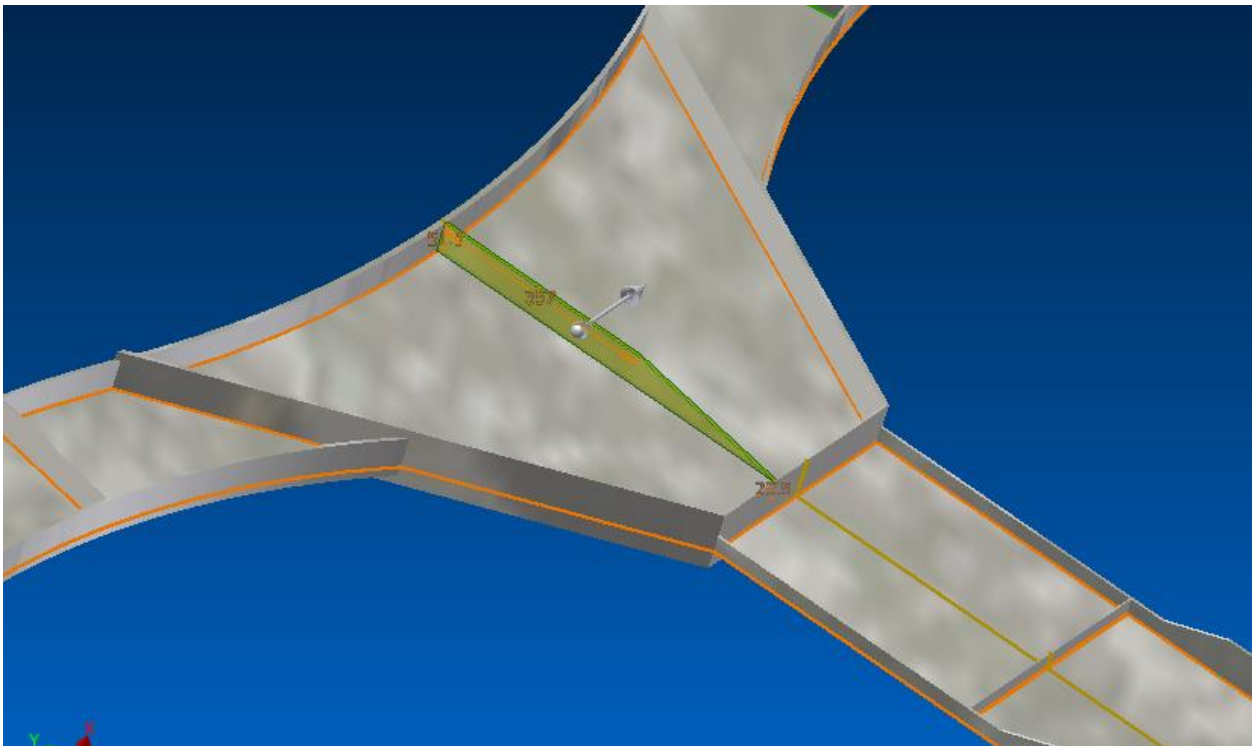
ΒΗΜΑ 21: Με εντολή Plane και αφού γίνει επιλογή ο κάθετος άξονας συμμετρίας Y του αντικειμένου, δημιουργείται ένα Workplane.



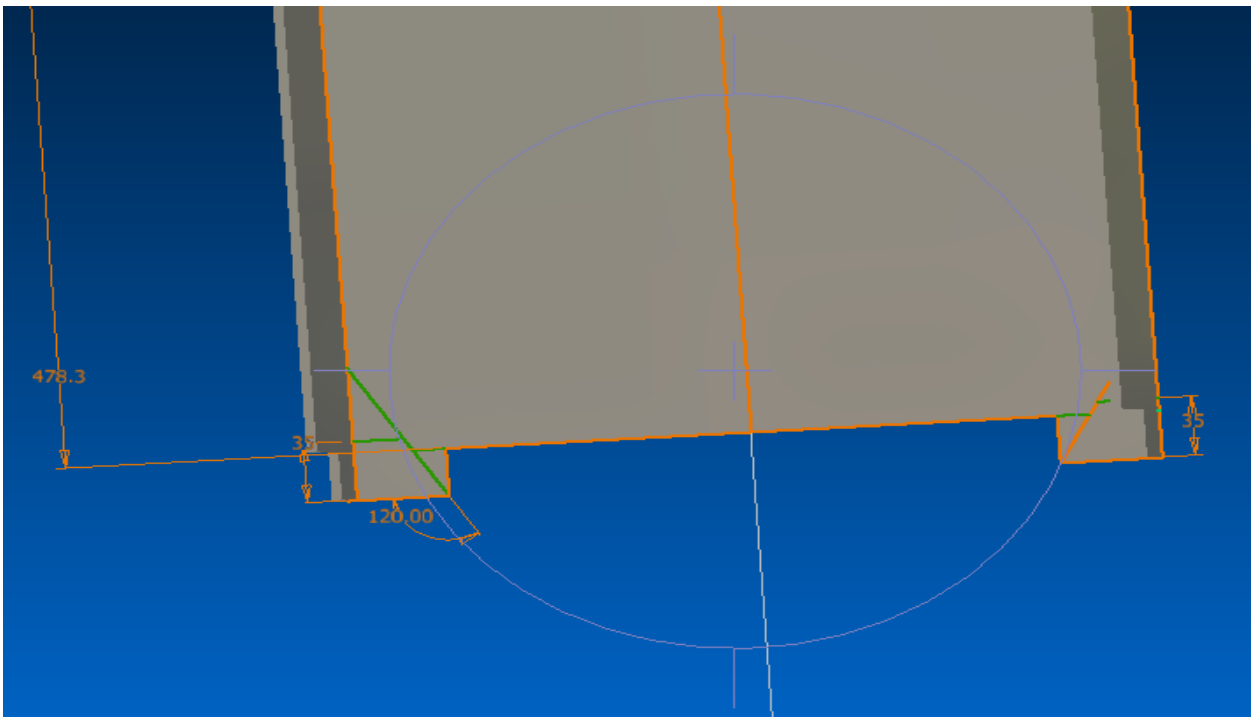
ΒΗΜΑ 22: Γίνεται μοντελοποίηση πάνω στο Workplane , το κεντρικό νεύρο του σημείου ένωσης των πτερυγίων.



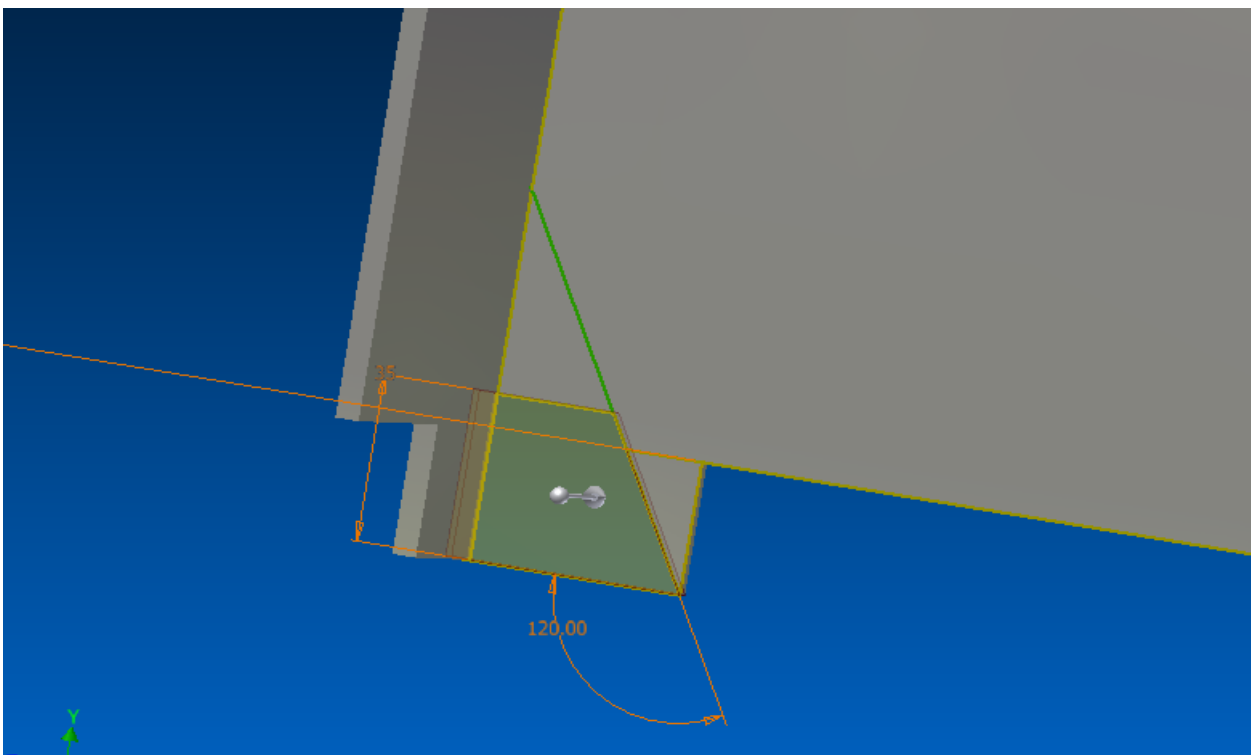
ΒΗΜΑ 22: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος.



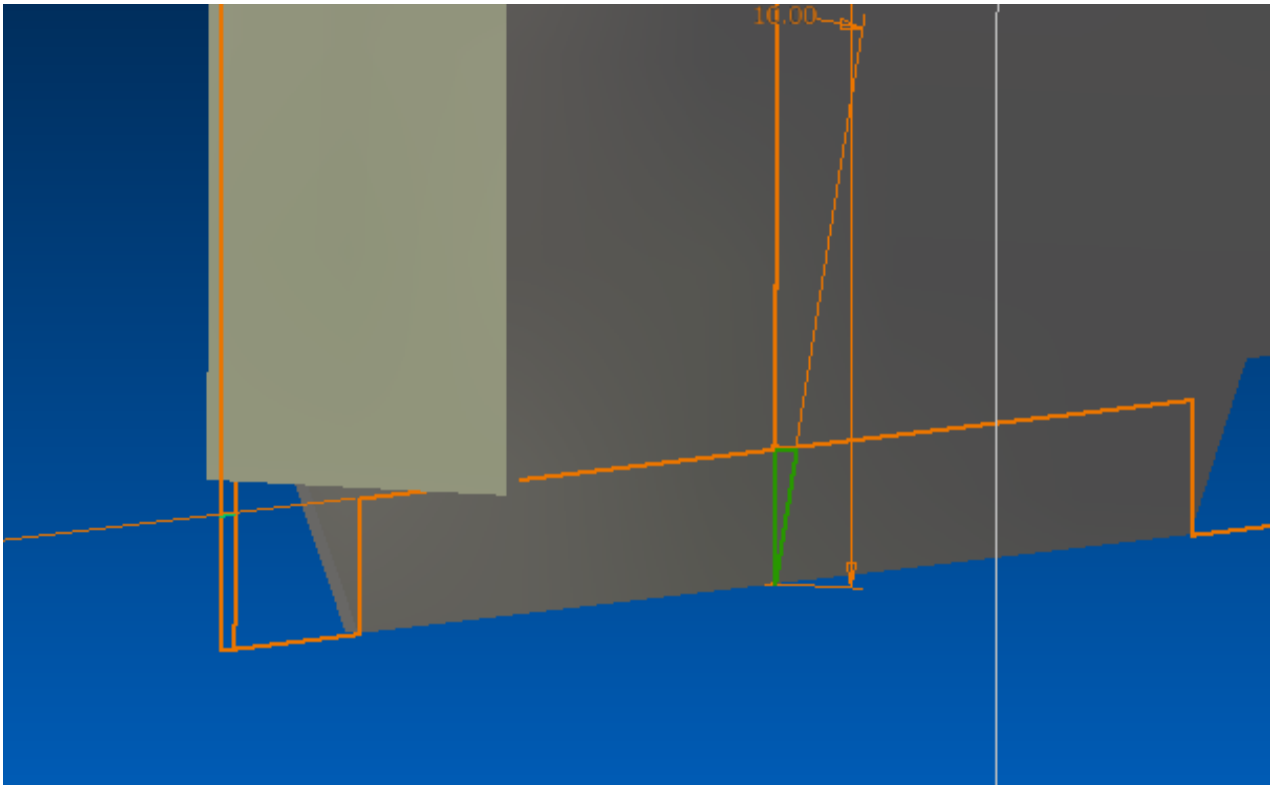
ΒΗΜΑ 23: Γίνεται μοντελοποίηση πάνω στο υπάρχον κομμάτι , την διαμόρφωση που έχει ο κορμός του κομματιού στο κάτω μέρος, με σκοπό να αφαιρεθεί υλικό.



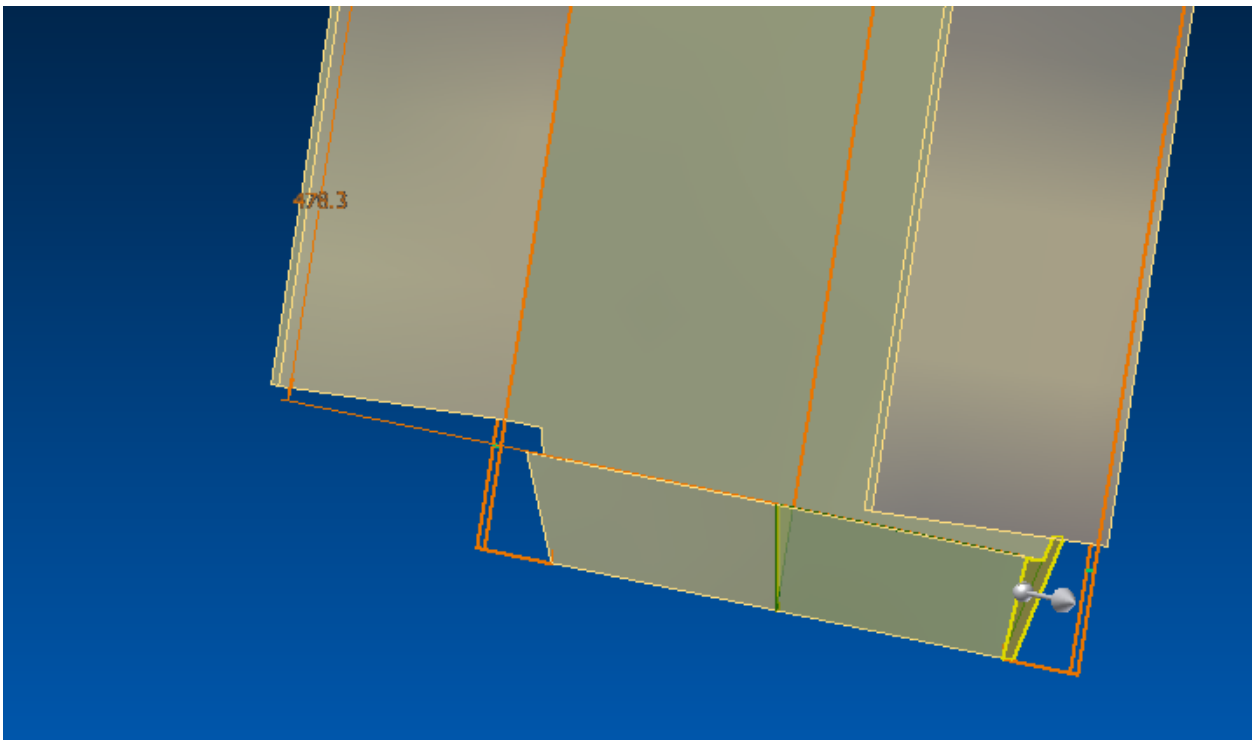
ΒΗΜΑ 24: Με την εντολή extrude-cut αφαιρείται υλικό με σκοπό την απαραίτητη διαμόρφωση.



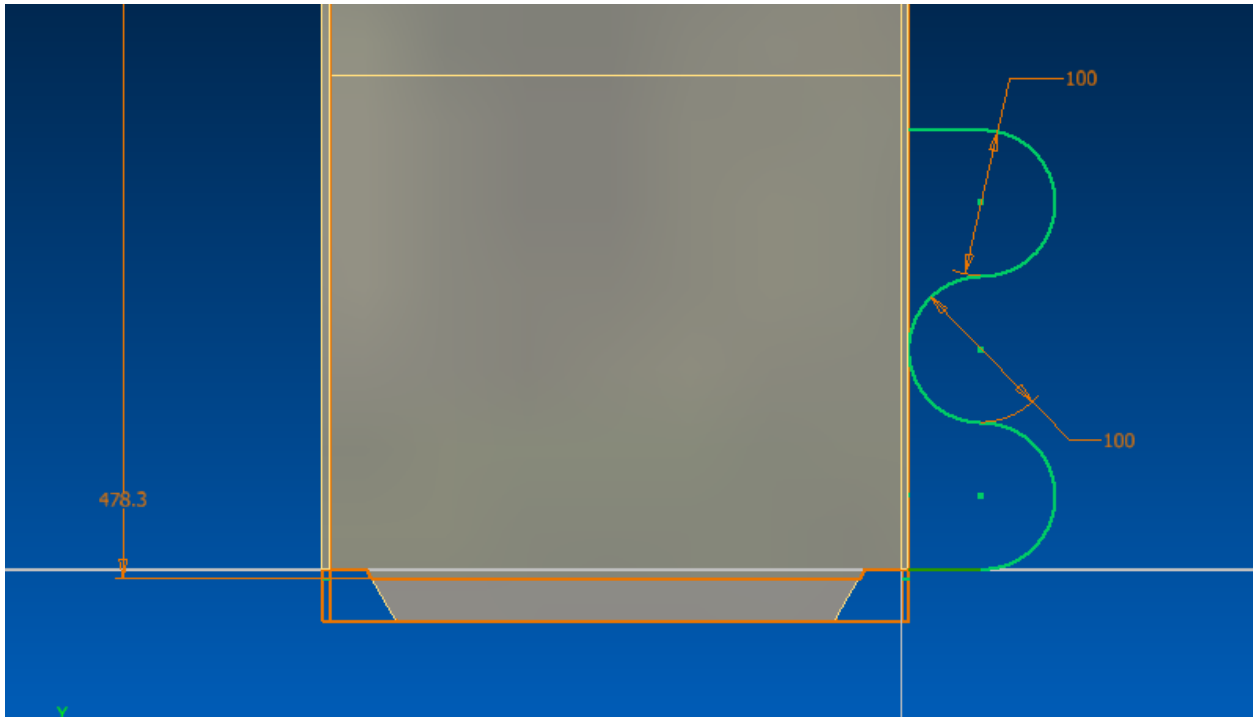
ΒΗΜΑ 25: Γίνεται μοντελοποίηση πάνω στο workplane του βήματος 22, την τριγωνική διατομή που απαιτείται στο άκρο το κορμού.



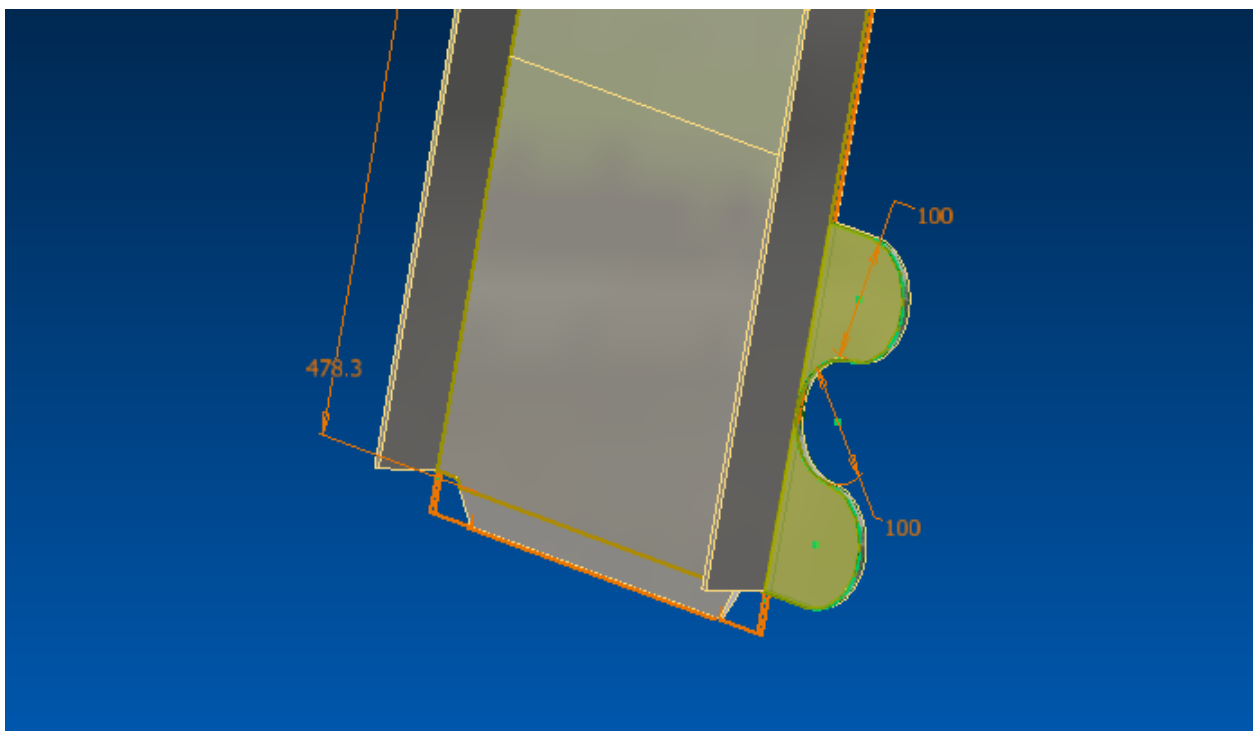
ΒΗΜΑ 26: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος στην διατομή αριστερά και δεξιά.



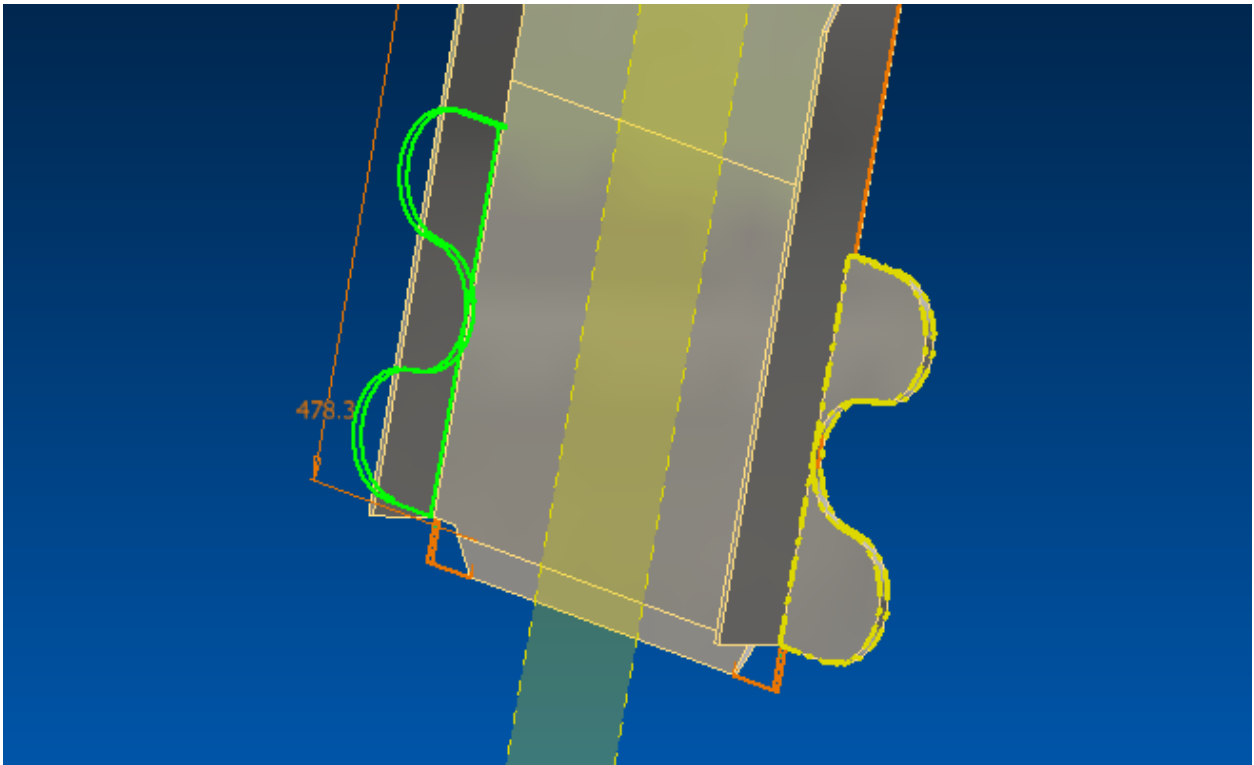
ΒΗΜΑ 27: Γίνονται μοντελοποίηση τα «αυτάκια» της βάσης.



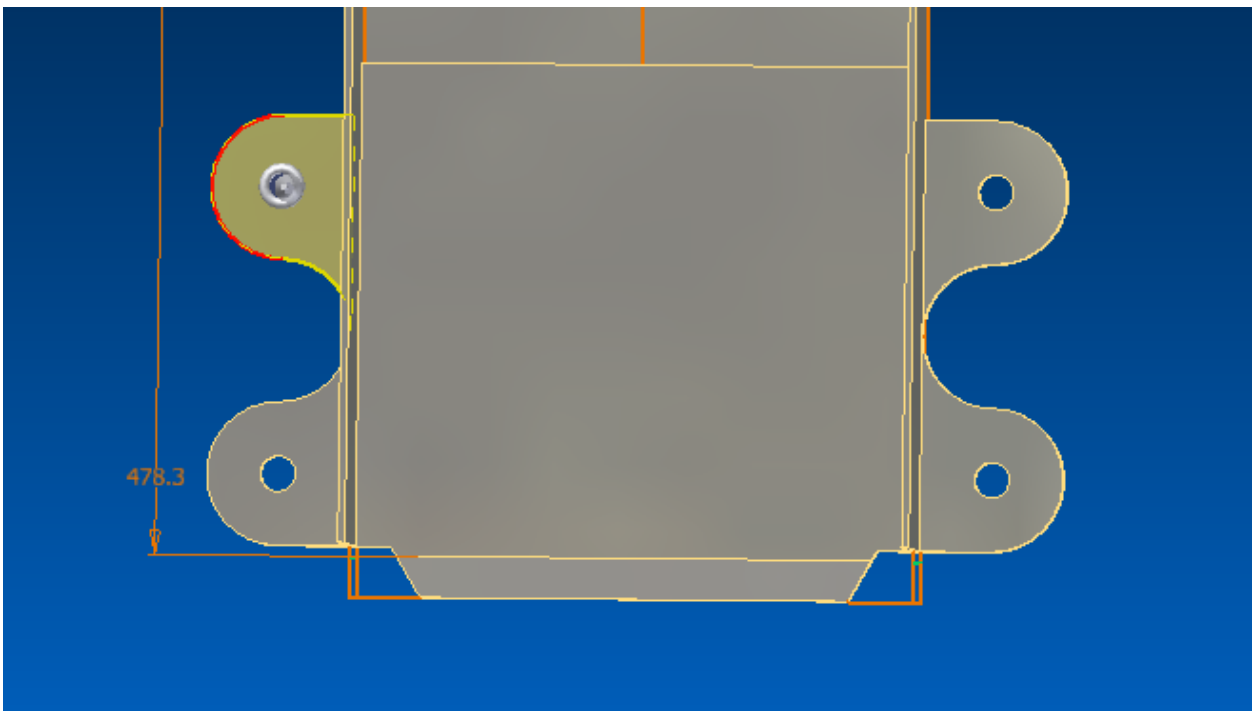
ΒΗΜΑ 28: Στη συνέχεια τους δίνεται όγκος με την εντολή extrude.



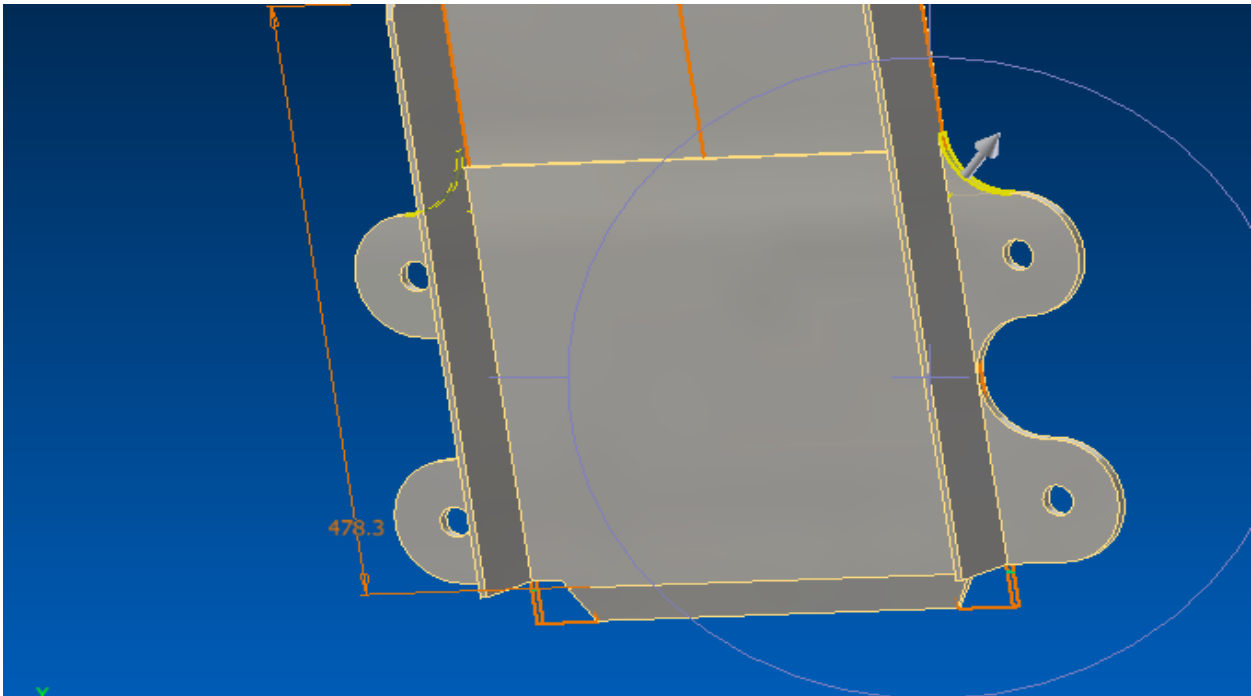
ΒΗΜΑ 29: Με την εντολή mirror γίνονται αντιγραφή τα «αυτάκια» στην συμμετρική πλευρά.



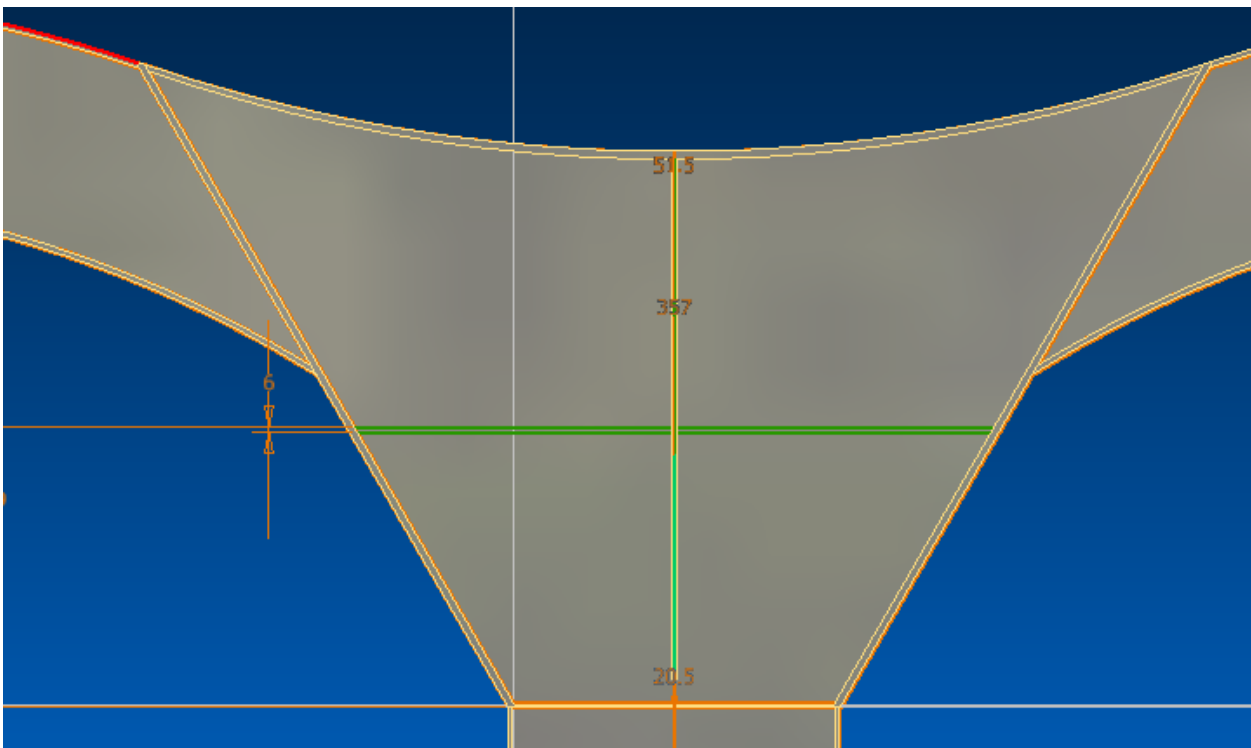
ΒΗΜΑ 30: Με την εντολή hole , ανοίγονται τρύπες, ομόκεντρες με την καμπύλη, στα «αυτάκια».



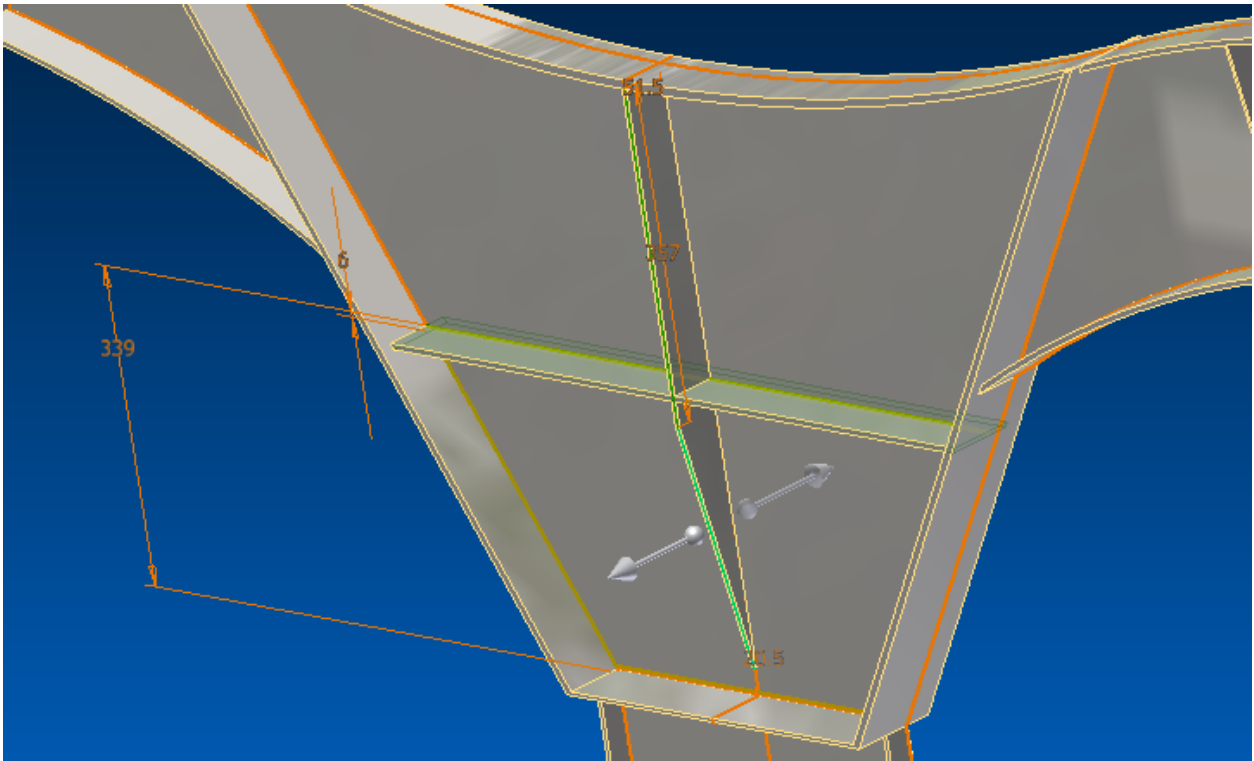
ΒΗΜΑ 31: Με την εντολή fillet δημιουργείται καμπυλότητα στο σημείο που συνδέεται το άνω «αυτί» με τον κορμό.



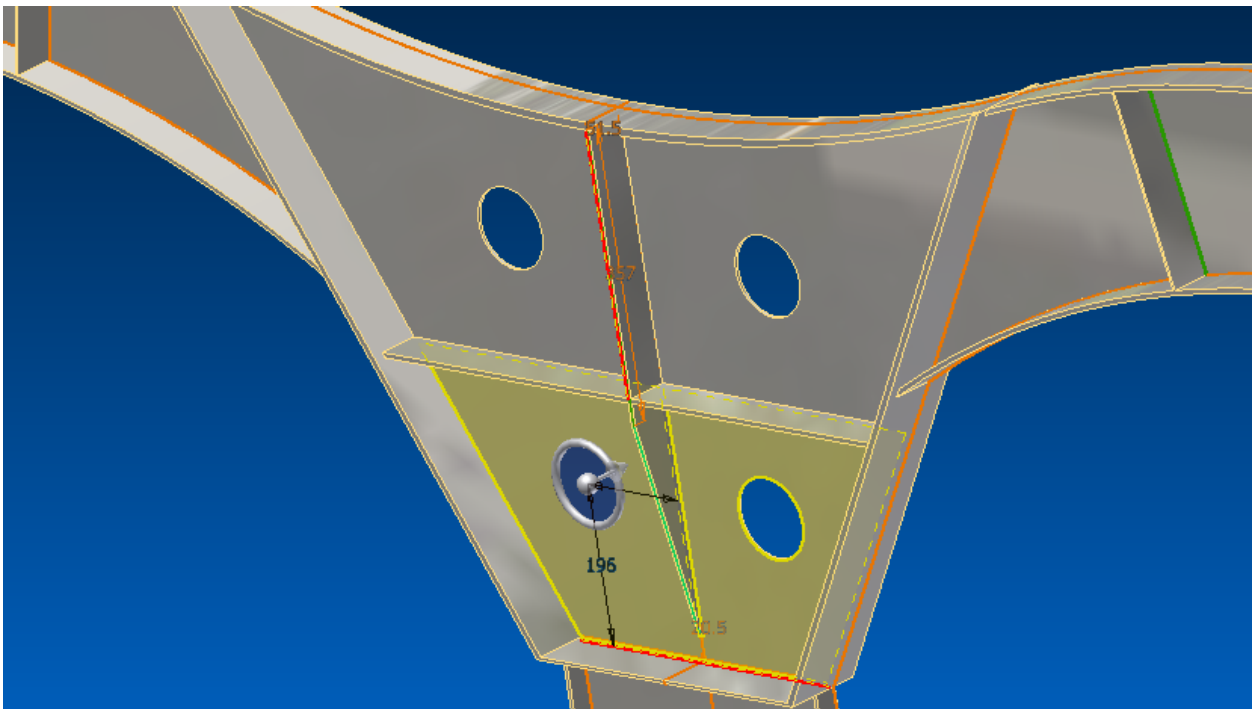
ΒΗΜΑ 32: Γίνεται μοντελοποίηση του νεύρου ,παράλληλο στον άξονα X, νεύρο του σημείου ένωσης των πτερυγίων.



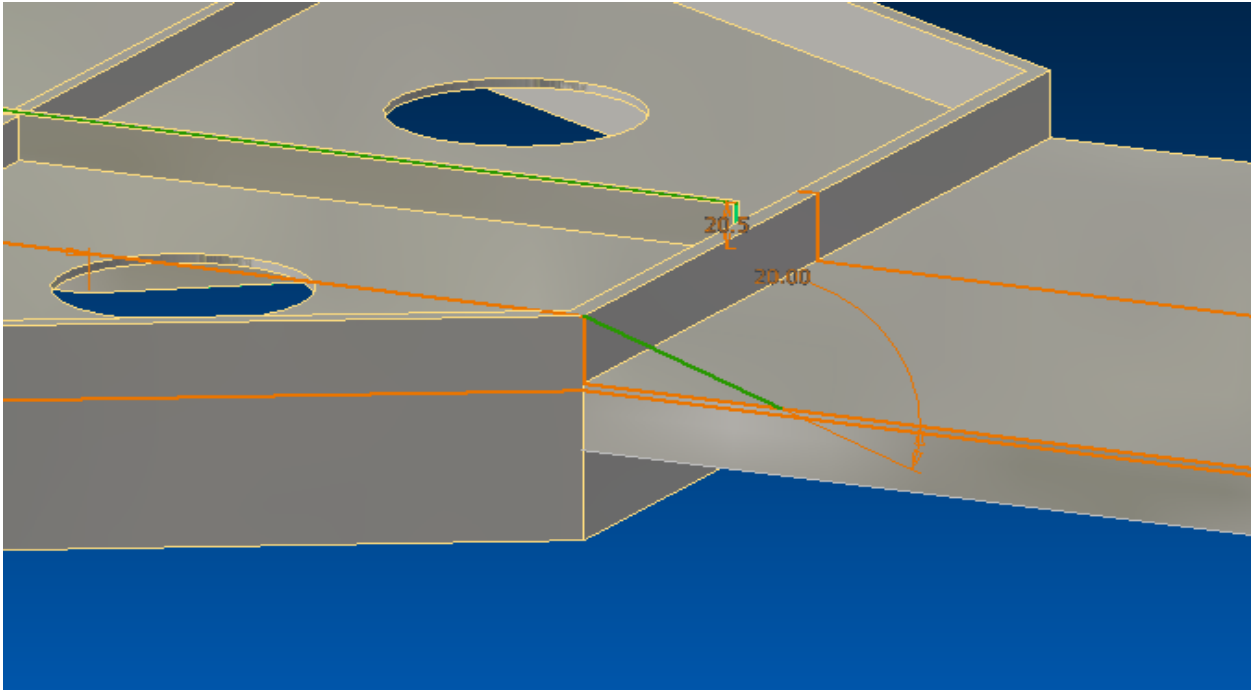
ΒΗΜΑ 33: Στη συνέχεια με την εντολή extrude, δίνεται όγκος στο νεύρο.



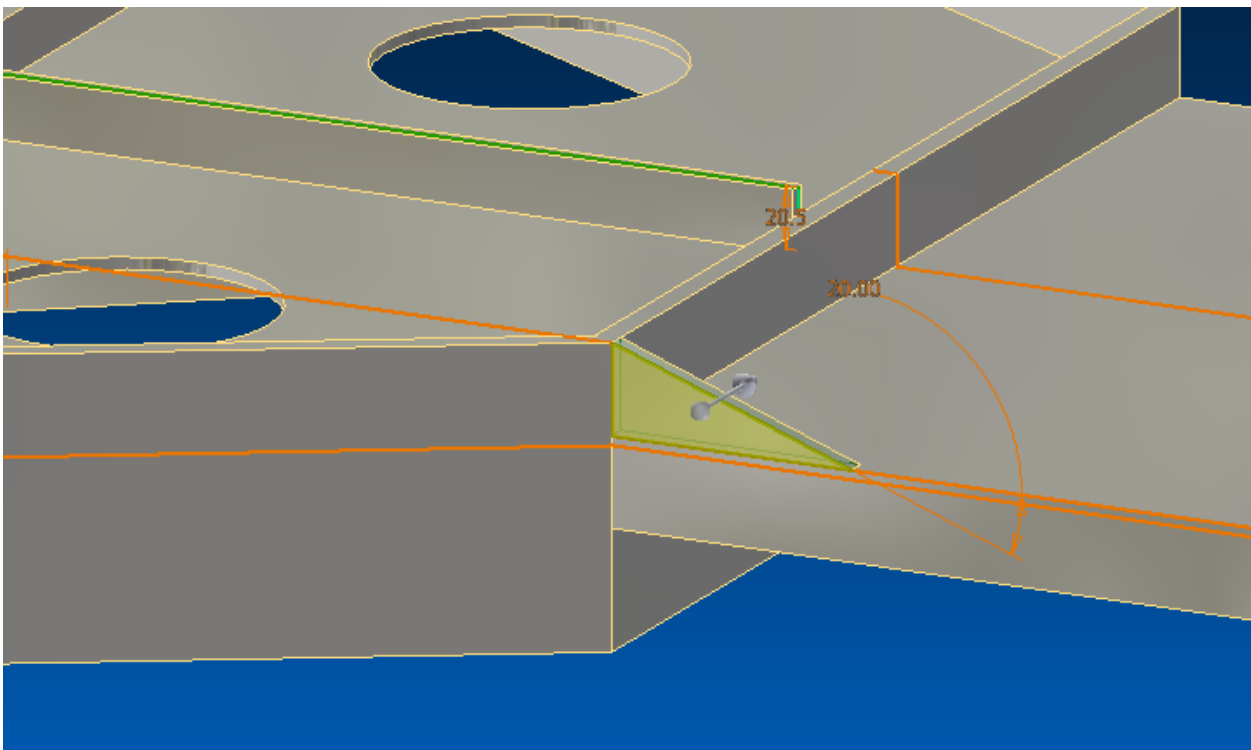
ΒΗΜΑ 34: Με την εντολή hole ανοίγονται τρύπες στο σημείο ενώσεις , δίνοντας συγκεκριμένες αποστάσεις από ορισμένες ακμές.



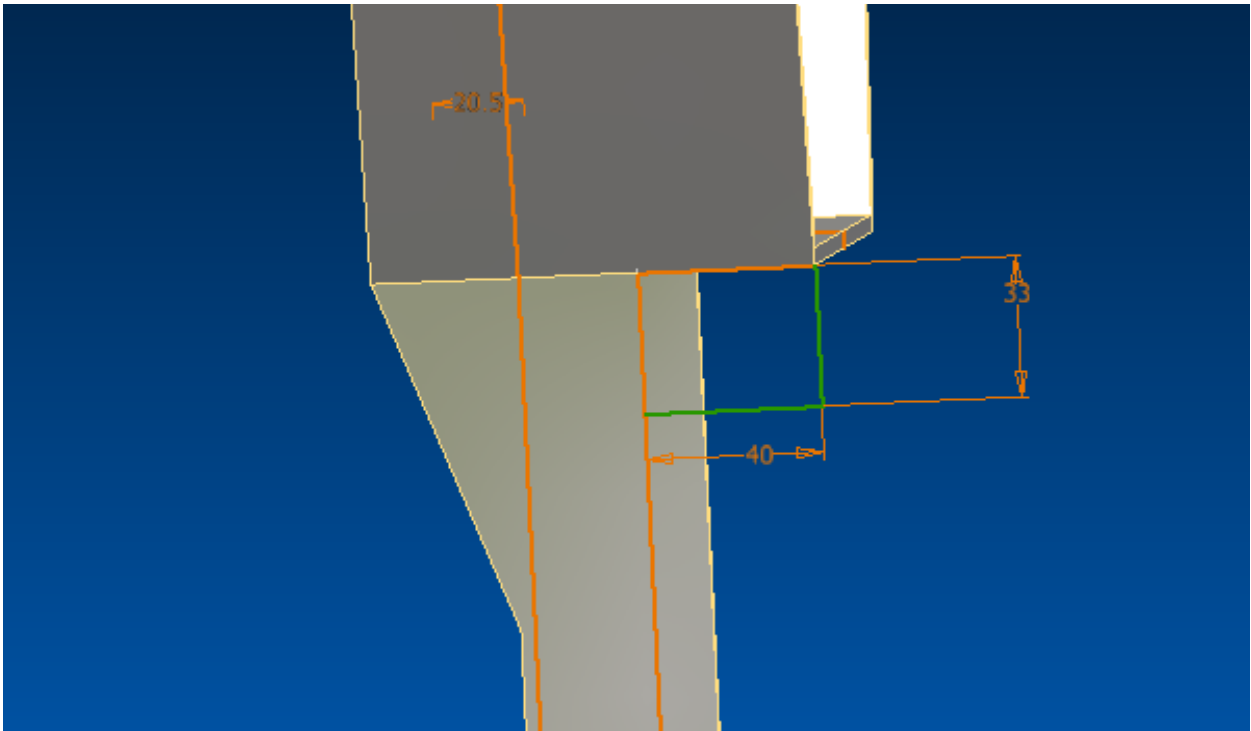
ΒΗΜΑ 35: Γίνεται μοντελοποίηση το νεύρο που συνδέει το σημείο ένωσης με τον κορμό στην πίσω πλευρά του κομματιού.



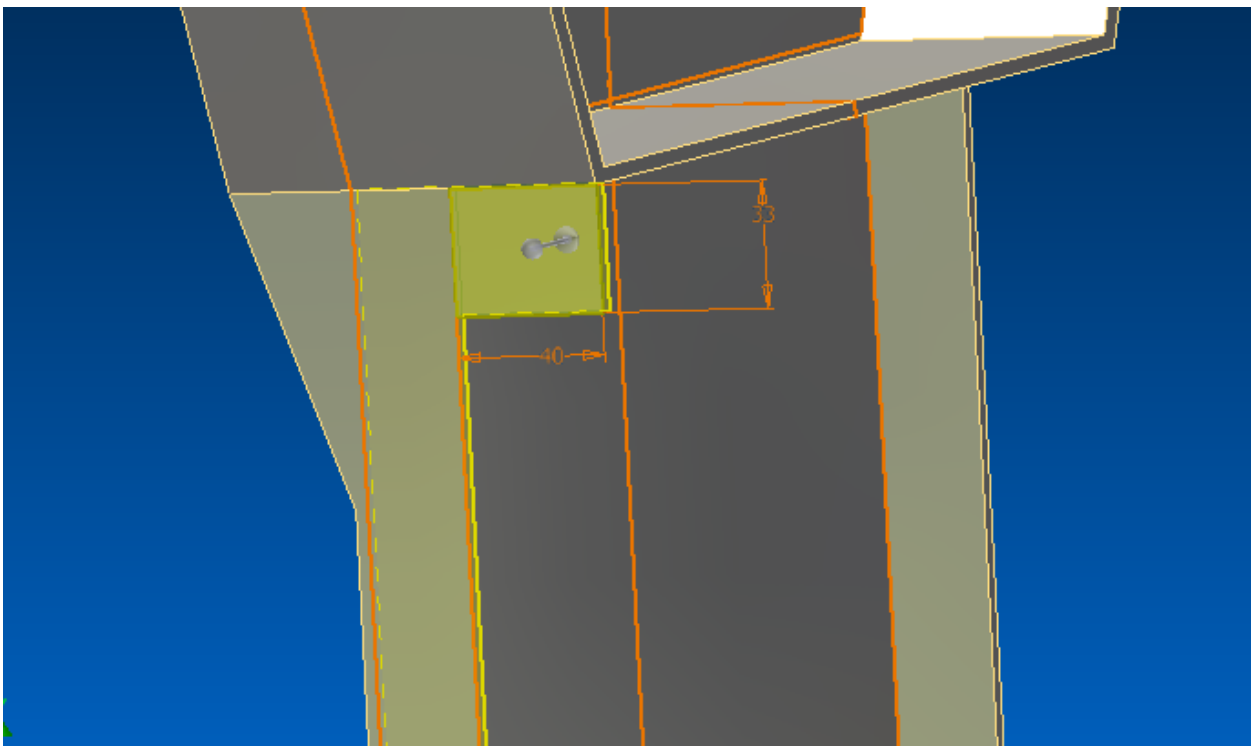
ΒΗΜΑ 36: Στη συνέχεια δίνεται όγκος στο νεύρο και αντιγράφεται με την εντολή mirror στην συμμετρική πλευρά.



ΒΗΜΑ 37: Γίνεται μοντελοποίηση το αντίστοιχο νεύρο στην μπροστινή πλευρά, το οποίο έχει διαφορετικό σχήμα.



ΒΗΜΑ 38: Στη συνέχεια του δίνεται όγκος με την εντολή extrude και αντιγράφεται στην συμμετρική πλευρά με την εντολή mirror.

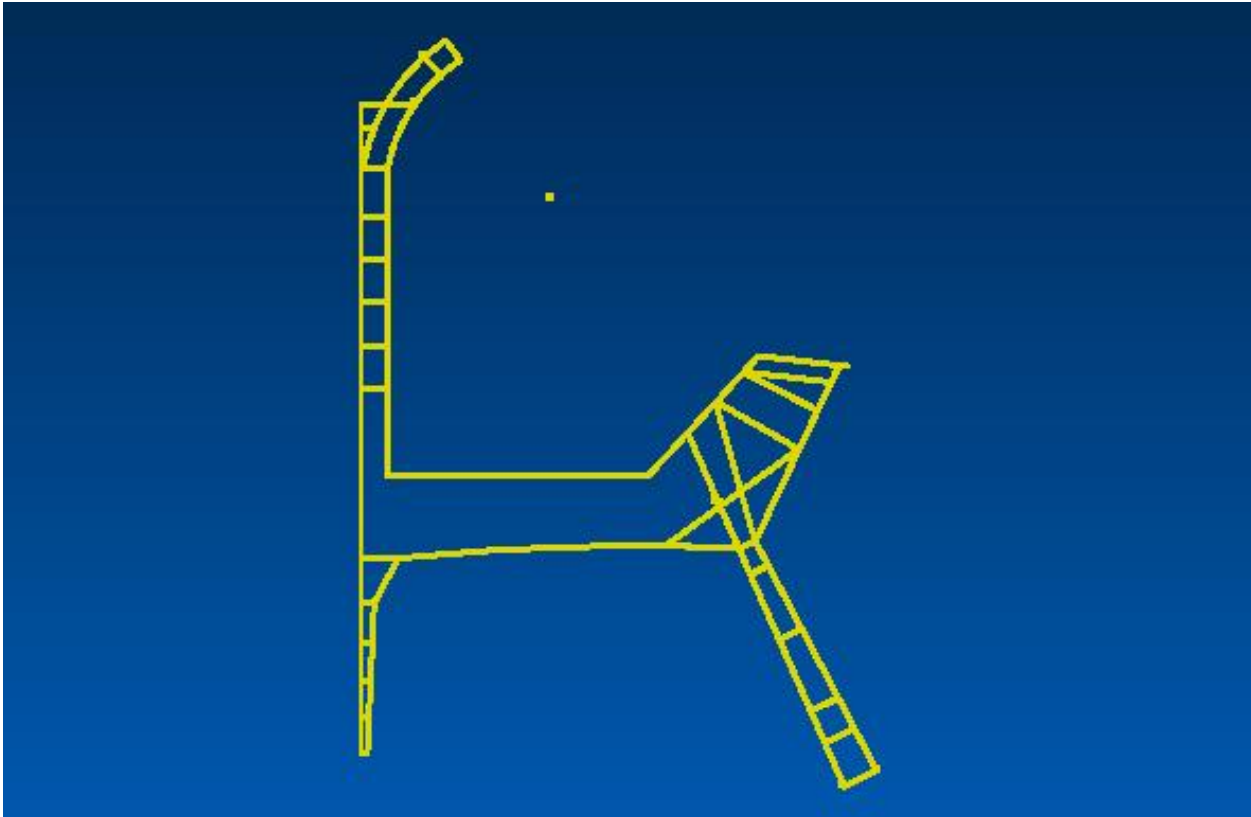


ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΟΨΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ



3.5 F22 Raptor – Εμπρόσθιο Διάφραγμα (Front Bulkhead)

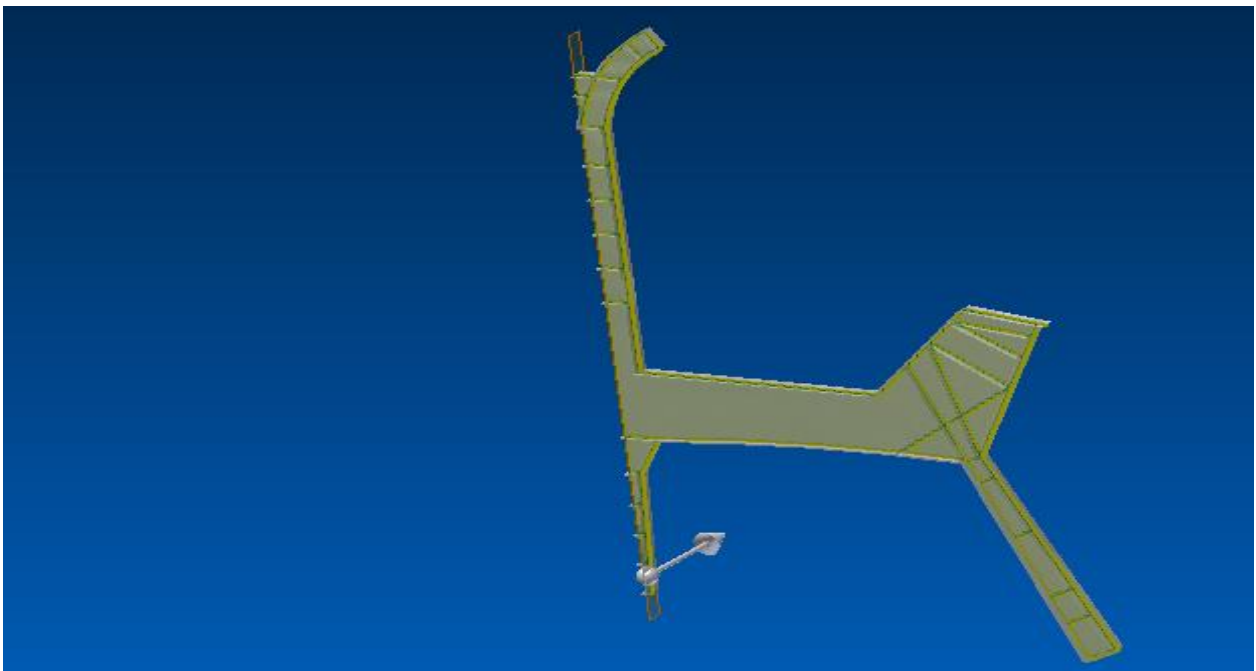
ΒΗΜΑ 1: Γίνεται μοντελοποίηση το μισό κομμάτι με σκοπό να χρησιμοποιηθεί η εντολή mirror στην συνέχεια, εφόσον το κομμάτι στα αρχικά στάδια της μοντελοποίησης είναι συμμετρικό.



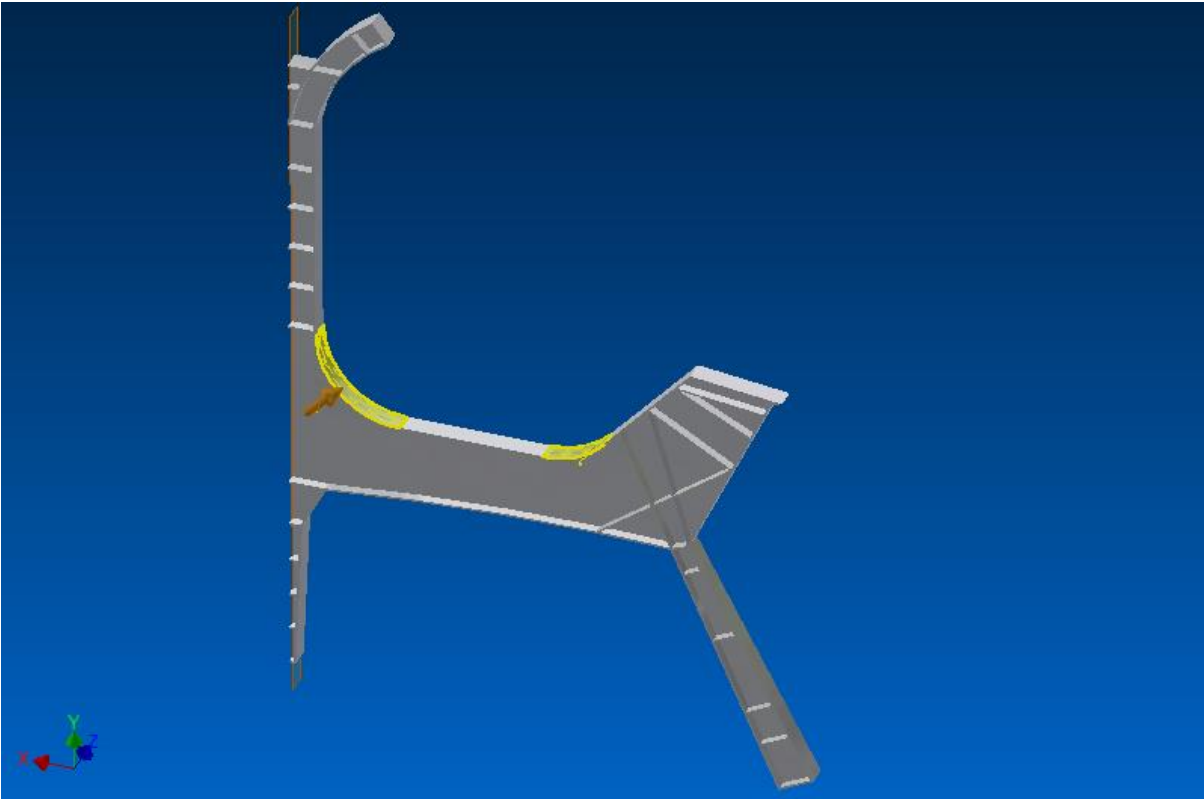
ΒΗΜΑ 2: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος στο περίγραμμα και στα νεύρα που έχουν σχεδιάσει.



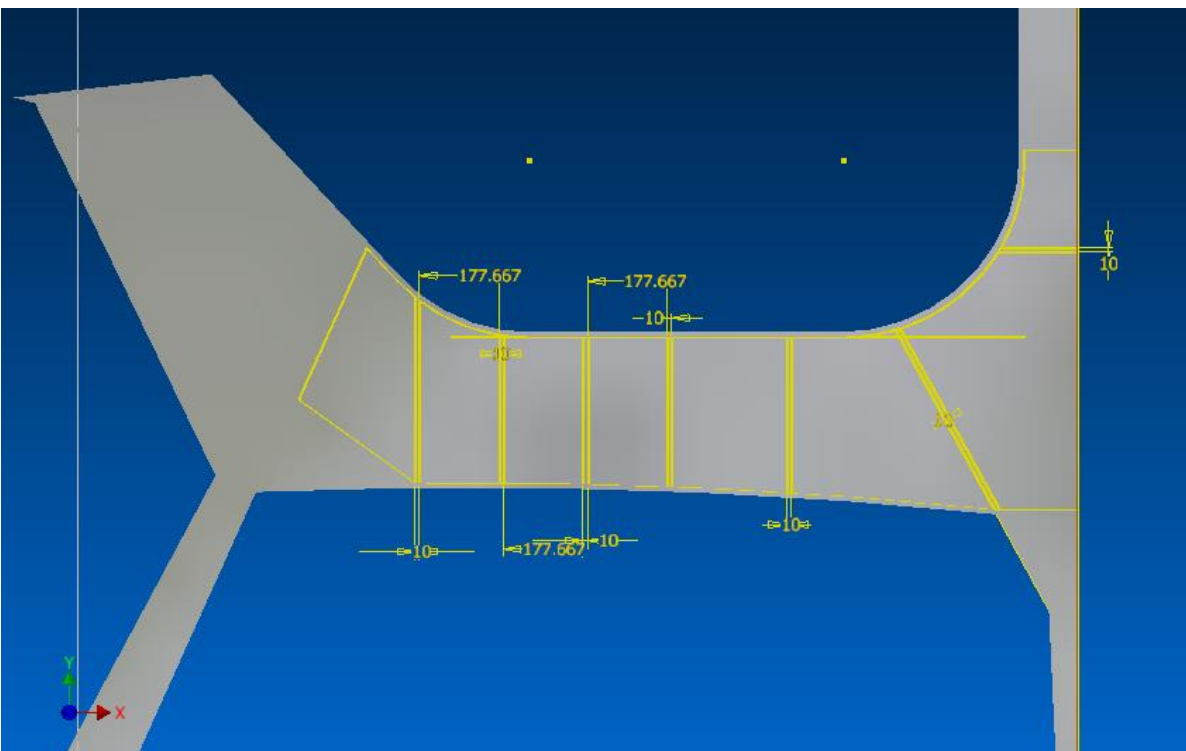
ΒΗΜΑ 3: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος και στις υπόλοιπες επιφάνειες του αντικειμένου.



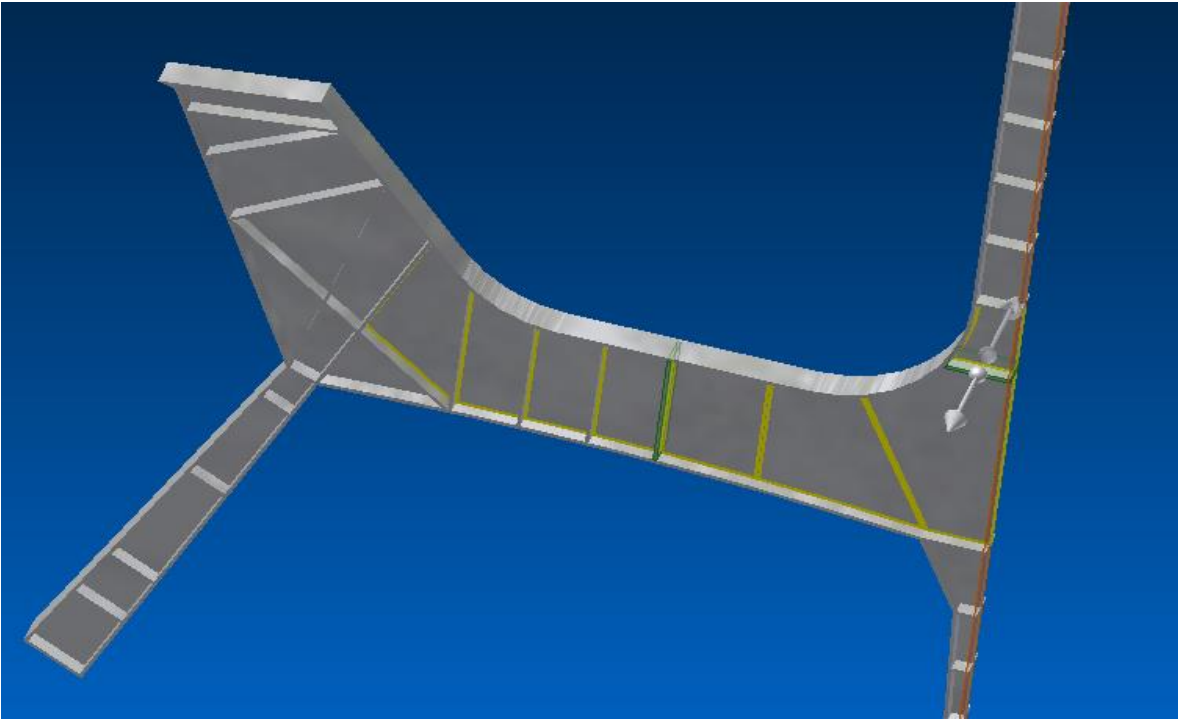
ΒΗΜΑ 4: Με την εντολή fillet δίνεται καμπυλότητα στις συγκεκριμένες ακμές.



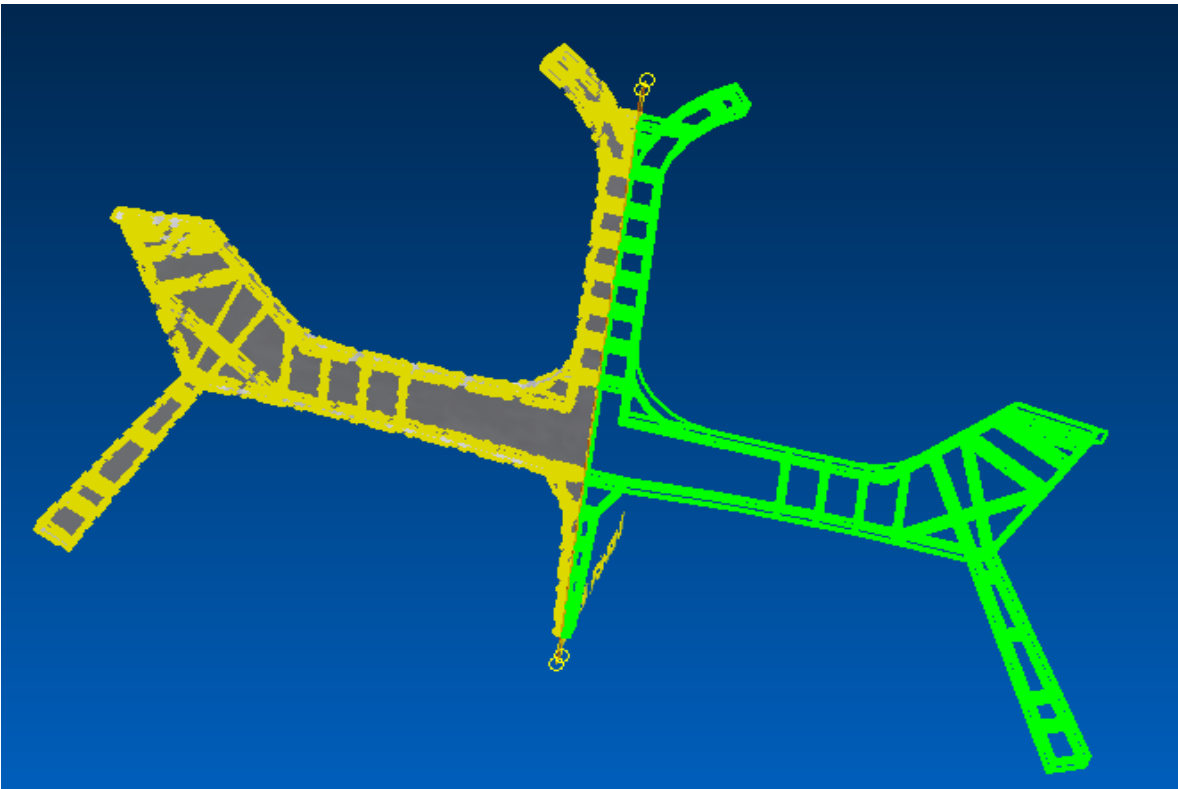
ΒΗΜΑ 5: Γίνεται μοντελοποίηση ορισμένα νεύρα στην μία πτέρυγα.



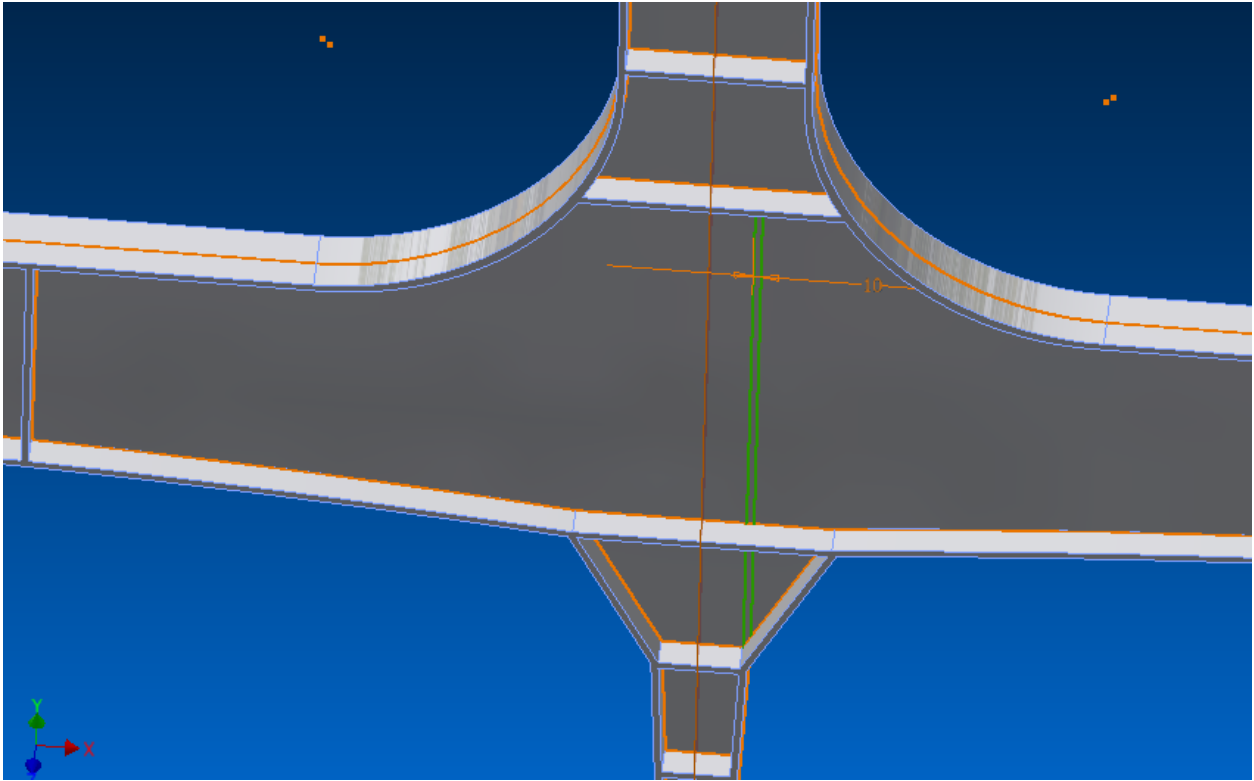
ΒΗΜΑ 6: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος.



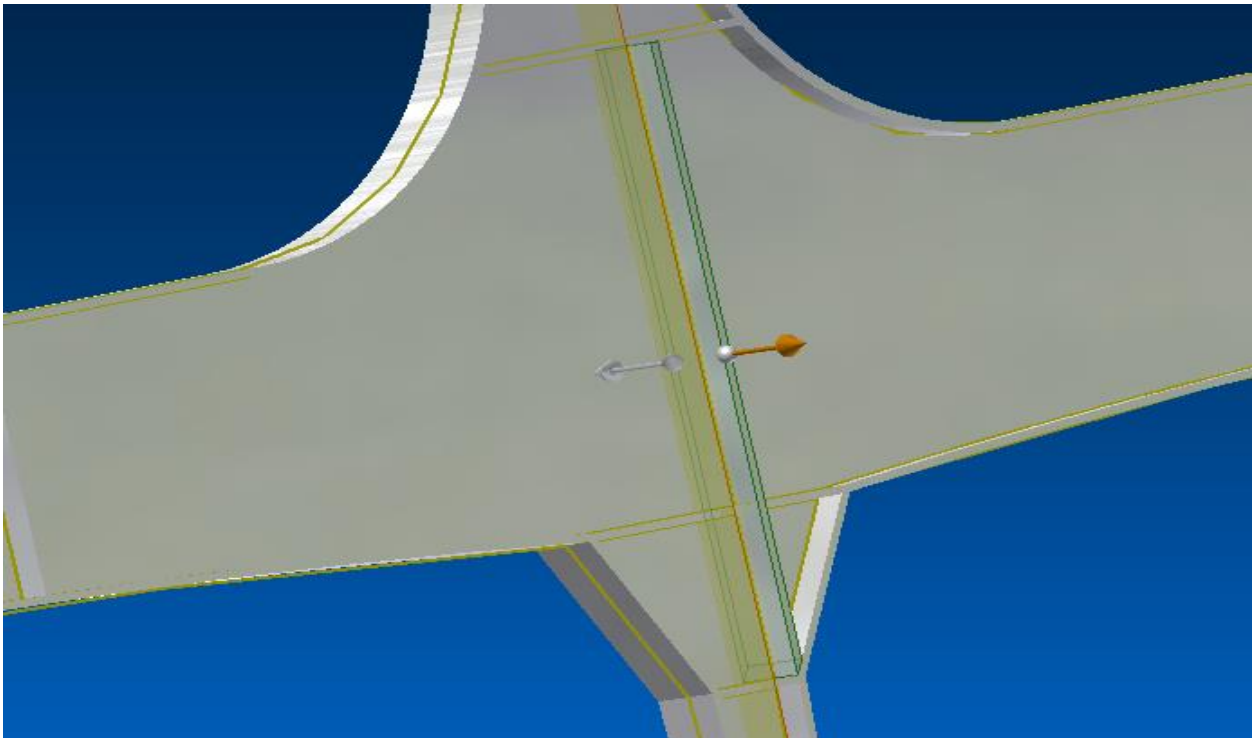
ΒΗΜΑ 7: Με την εντολή mirror, αντιγράφεται ότι έχει σχεδιάσει, στην συμμετρική πλευρά του κομματιού.



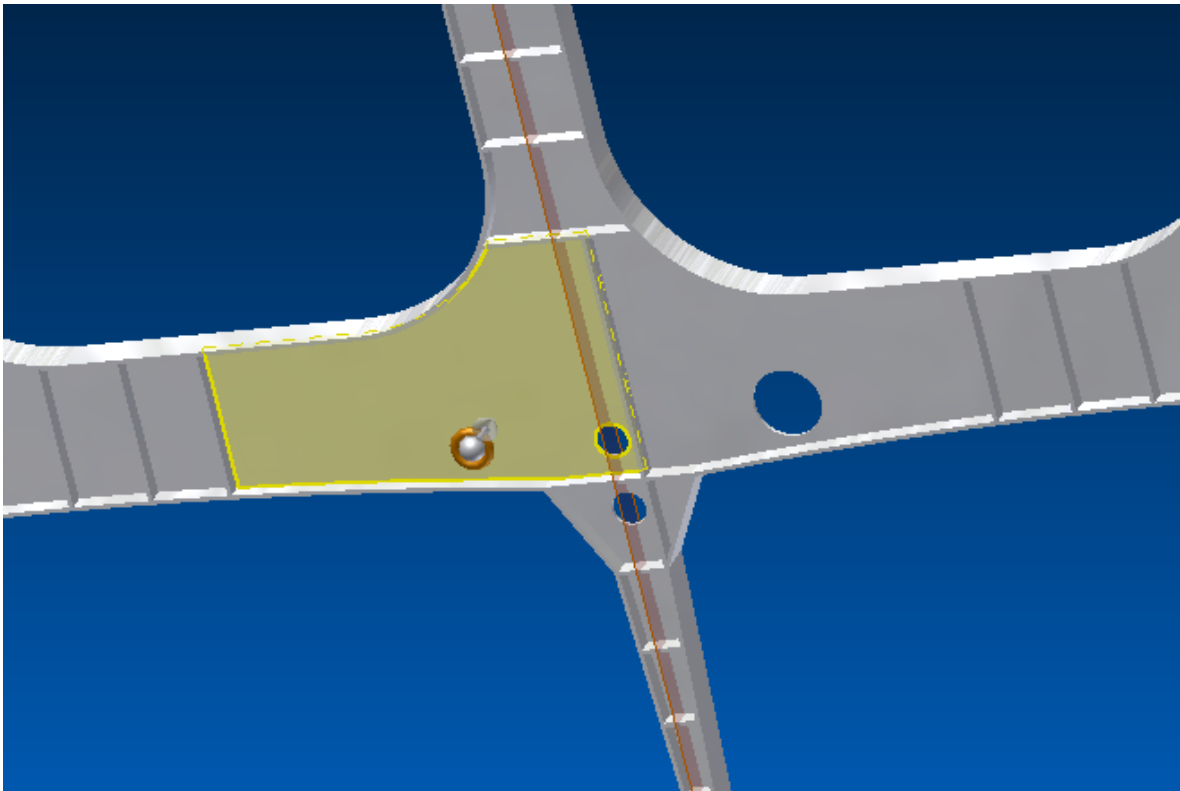
ΒΗΜΑ 8: Γίνεται μοντελοποίηση τα μη συμμετρικά στοιχεία, όπως ένα κάθετο νεύρο στην στο κέντρο του κομματιού.



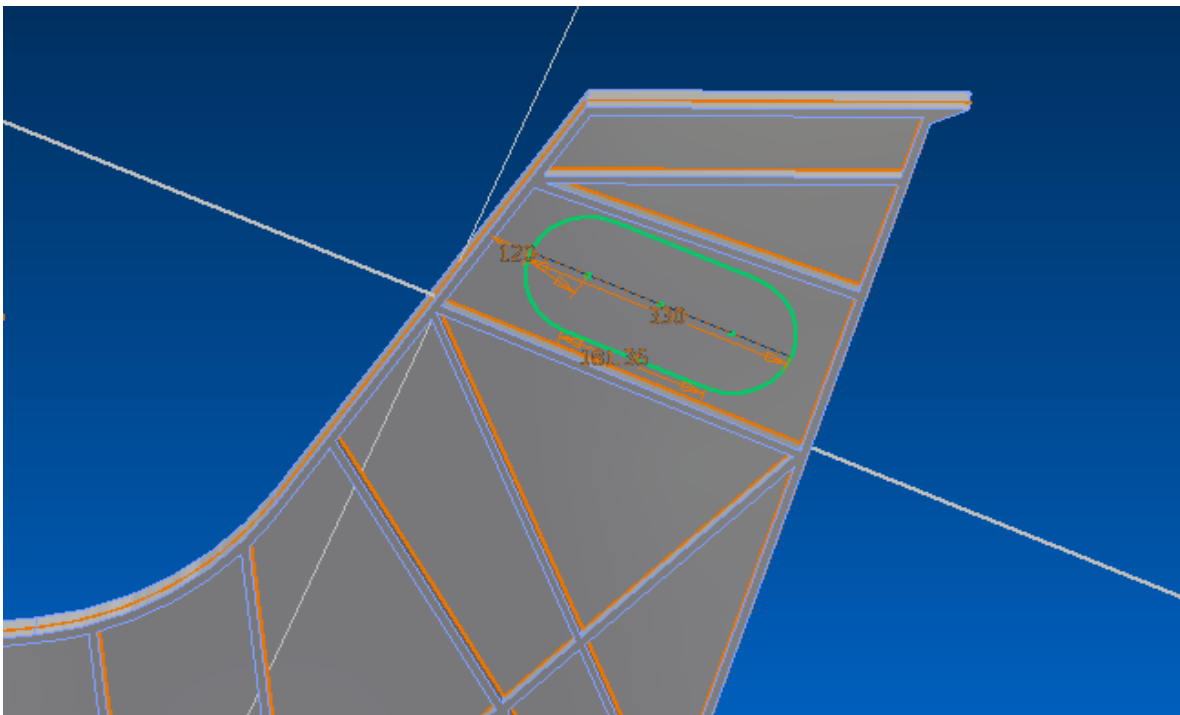
ΒΗΜΑ 9: Με την εντολή extrude δίνεται όγκος.



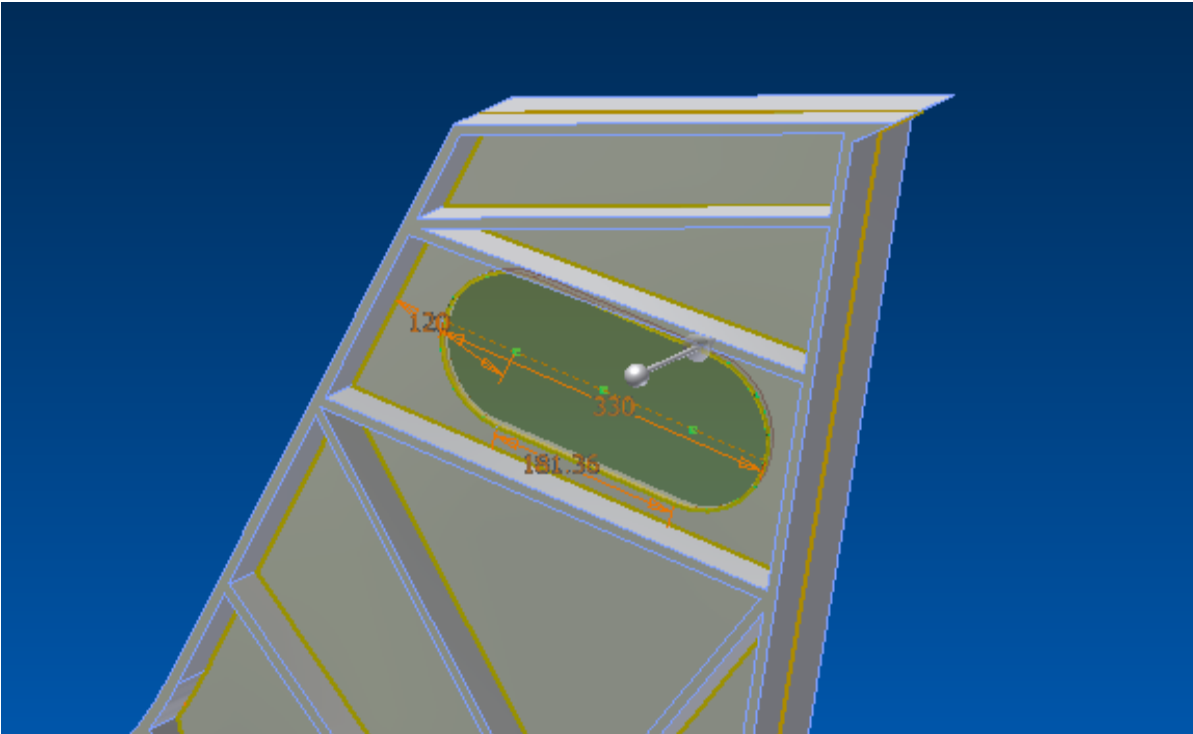
ΒΗΜΑ 10: Με την εντολή Hole, ανοίγονται τρύπες στο κέντρο του αντικειμένου, δίνοντας αποστάσεις από ορισμένες ακμές.



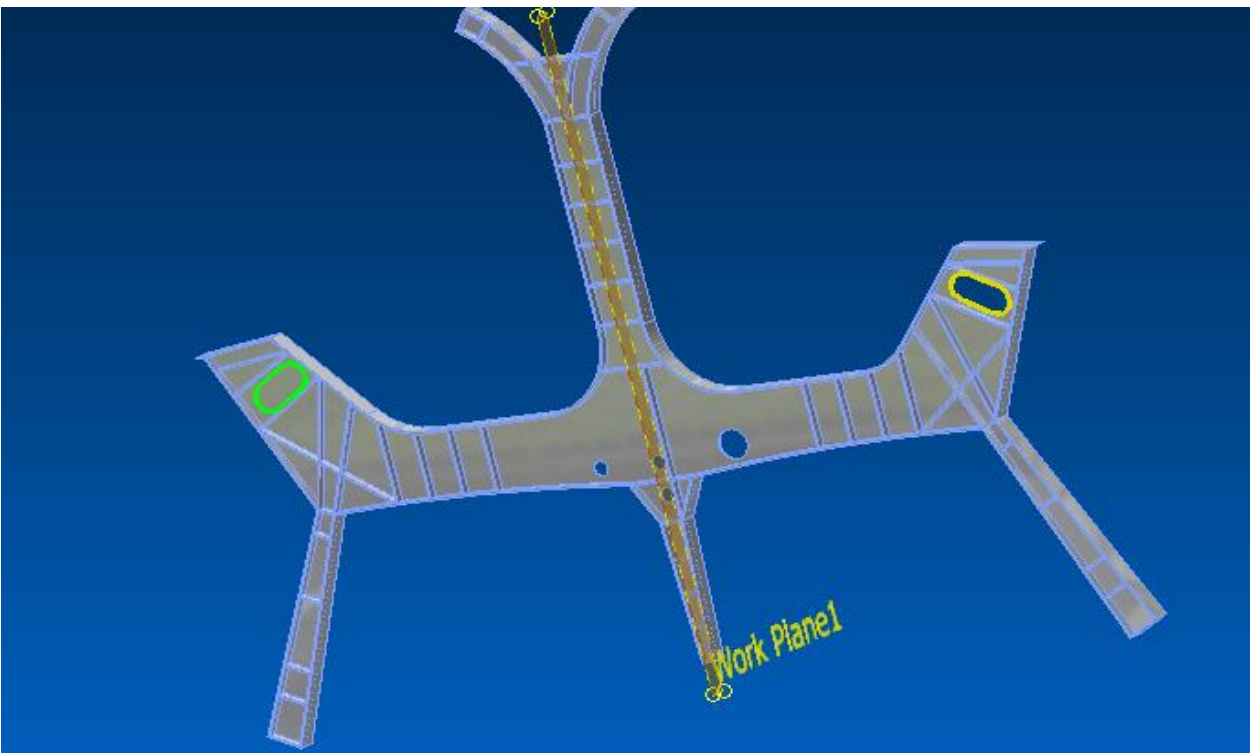
ΒΗΜΑ 11: Γίνεται μοντελοποίηση ενός οβάλ με σκοπό να αφαιρεθεί υλικό στο επόμενο βήμα.



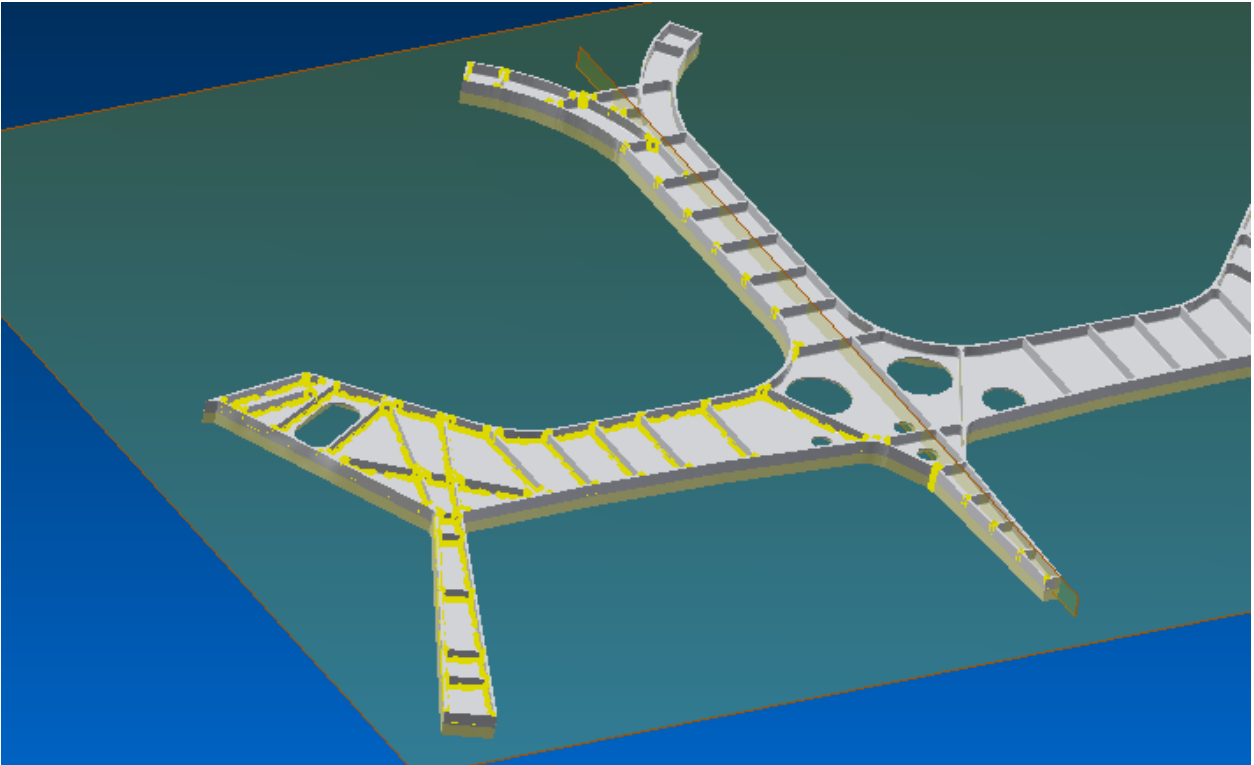
ΒΗΜΑ 12: Με την εντολή extrude-cut αφαιρείται υλικό, ώστε να δημιουργηθεί η απαιτούμενη οπή.



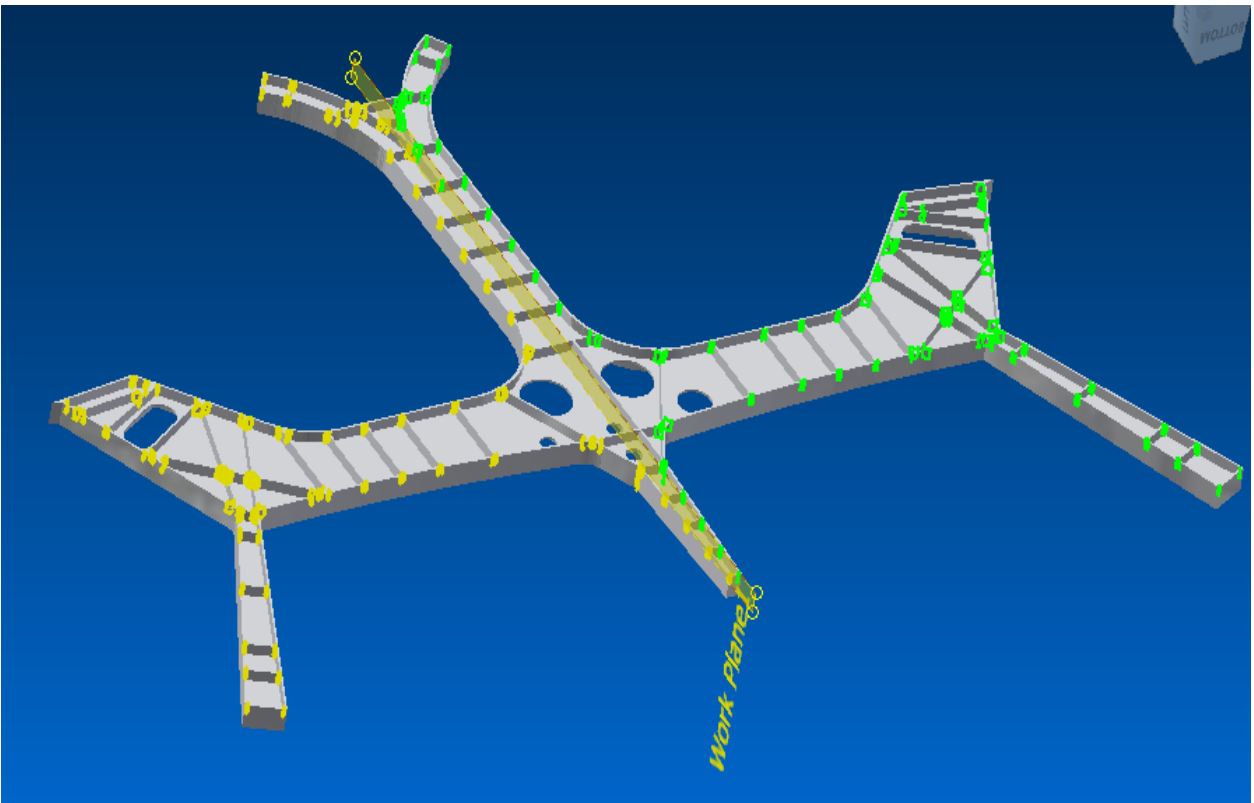
ΒΗΜΑ 13: Με την εντολή mirror αντιγράφεται η οπή στην συμμετρική πλευρά.



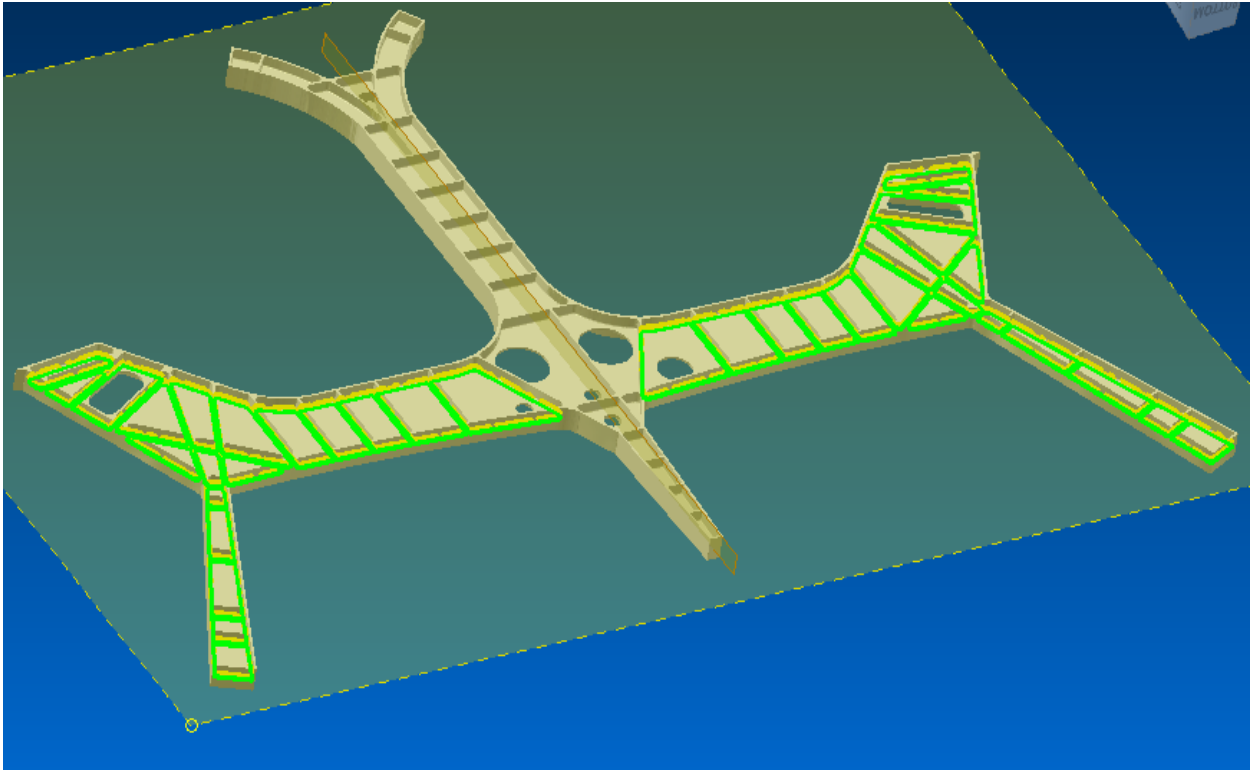
ΒΗΜΑ 14: Με την εντολή fillet , δημιουργείται καμυλότητα σε όσες ακμές είναι απαραίτητο.



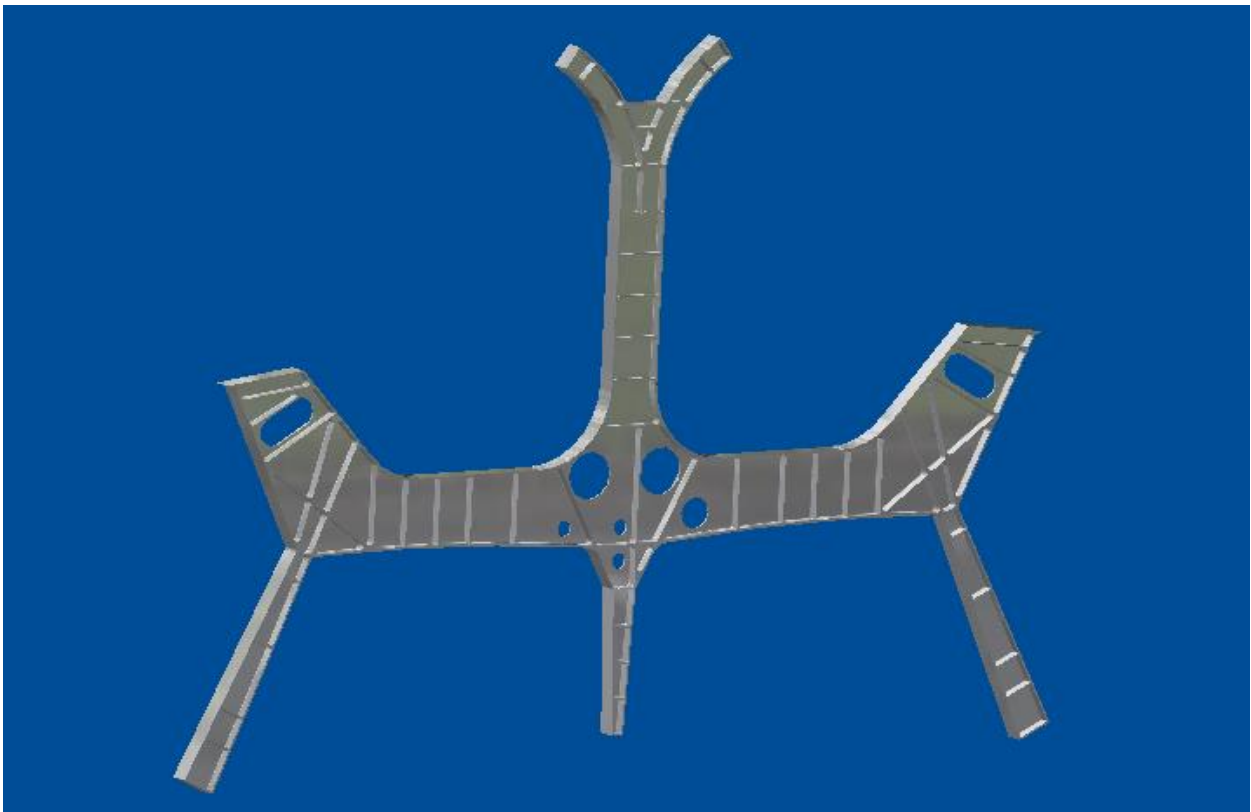
ΒΗΜΑ 15: Με την εντολή mirror , αντιγράφονται οι καμυλότητες στην συμμετρική πλευρά.

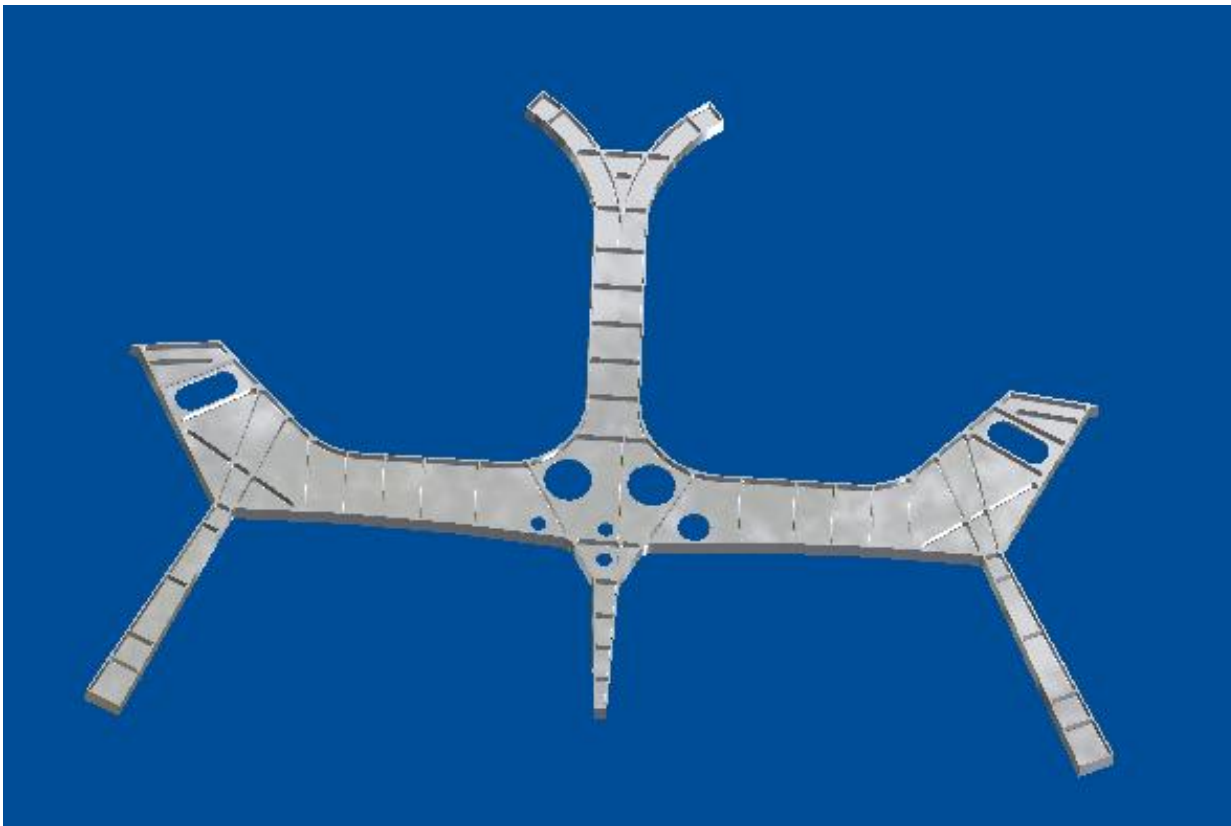


ΒΗΜΑ 16: Με την εντολή fillet , δημιουργείται καμυλότητα και στις υπόλοιπες ακμές.



ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΟΨΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ





4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας υπήρχαν δυσκολίες τόσο στο κομμάτι της διαστασιολόγησης όσο και στο σχεδιαστικό κομμάτι.

Αρχικά ο αριθμός των φωτογραφιών για κάθε εξάρτημα ήταν αρκετά μικρός. Εξαιτίας του γεγονότος ότι το Airbus A400M και το Lockheed F22 Raptor είναι στρατιωτικά αεροπλάνα, οι διαδικασίες κατασκευής και συντήρησής τους είναι απόρρητες και είναι αρκετά απίθανο να διαρρεύσουν φωτογραφίες. Ακόμα, οι λιγοστές φωτογραφίες ήταν χαμηλής ποιότητας και δεν ήταν ευκρινείς όλες τις λεπτομέρειες των εξαρτημάτων. Επιπρόσθετα, τα συγκεκριμένα αντικείμενα ήταν αρκετά απαιτητικά στην σχεδίαση. Εκπαιδευτικά βίντεο και εγχειρίδια χρήσης του προγράμματος Autodesk Inventor ήταν η λύση στις όποιες απαιτήσεις. Φυσικά χρειάστηκε να γίνει ο σχεδιασμός κάθε αντικειμένου αρκετές φορές μέχρι να φτάσει στην τελική του μορφή.

Συμπερασματικά και ολοκληρώνοντας τον κύκλο των επιμέρους στοιχείων αυτής της μελέτης, στην παρούσα πτυχιακή έγινε προσπάθεια να μοντελοποιηθούν το σύστημα προσγείωσης του μεταγωγικού αεροσκάφους Airbus A400M Atlas και δύο διαφράγματα του μαχητικού αεροσκάφους Lockheed Martin F-22 Raptor.

Το βασικό πρόβλημα κατά τη σύνταξη της εργασίας ήταν η έλλειψη διαστάσεων, γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη μιας διαδικασίας για την επίλυση του. Η διαδικασία αυτή αναλύεται στο κεφάλαιο «ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ» και καθιστά δυνατό για κάθε ενδιαφερόμενο να μοντελοποιήσει ένα μηχανολογικό εξάρτημα αγνώστων διαστάσεων, έχοντας στην κατοχή του αποκλειστικά φωτογραφικό υλικό και γενικές διαστάσεις της υπόλοιπης κατασκευής.

Επιπρόσθετα στο κεφάλαιο «ΣΧΕΔΙΑΣΗ», παρουσιάζεται βήμα-βήμα η σχεδίαση των εξαρτημάτων, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Autodesk Inventor Professional 2016. Μπορεί λοιπόν, να αποτελέσει βοήθημα για οποιονδήποτε θελήσει να σχεδιάσει εξαρτήματα αεροσκαφών ή παρόμοια μηχανολογικά εξαρτήματα, και οι ακαδημαϊκές του γνώσεις δεν επαρκούν.

Τέλος η παρούσα πτυχιακή μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για την μοντελοποίηση περισσότερων εξαρτημάτων από τα αεροπλάνα A400M και F-22 Raptor στο μέλλον. Επιπλέον

υπάρχει δυνατότητα τα παρόντα εξαρτήματα να ενσωματωθούν σε μια συναρμογή (Assembly) ολόκληρων των αεροσκαφών.

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Currey, N.S., 1988. *Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices*.

Pace, S., 1999. *F-22 Raptor - America's Next Lethal War Machine*. Aviaton Week.

Wikipedia, 2018. *Wikipedia*. [Online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Landing_gear.

Wikipedia, 2018. *Wikipedia - Airbus A400M Atlas*. [Online] Available at: https://el.wikipedia.org/wiki/Airbus_A400M_Atlas.

Wikipedia, 2018. *Wikipedia - Lockheed Martin F-22 Raptor*. [Online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_F-22_Raptor.

Β.Κοτορλός, 2016. *valadis-kotorlos.blogspot.com*. [Online] Available at: https://valadis-kotorlos.blogspot.com/2016/03/blog-post_25.html.

Δ.Πλιάτσικας, 2018. Μελέτη αγροτικού μηχανήματος - μεγάλη συναρμολόγηση.

Wikipedia, 2018. *Wikipedia - Σύστημα προσγείωσης*. [Online] Available at: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82

Wikipedia, 2018. *Wikipedia - Airbus A400M Atlas*. [Online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_A400M_Atlas

Wikipedia, 2018. *Wikipedia - Undercarriage arrangements*. [Online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Undercarriage_arrangements

Airbus S.A.S, 2018. *Airbus A400M Atlas*. [Online] Available at: <http://www.airbus.com/defence/a400m.html>

https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_hanbook/media/ama_Ch13.pdf [Online] Available at: <https://www.faa.gov>

<https://www.scribd.com/document/54828116/A400M-Pocket-Guide> [Online] Available at:

Scribd Inc., 2018.

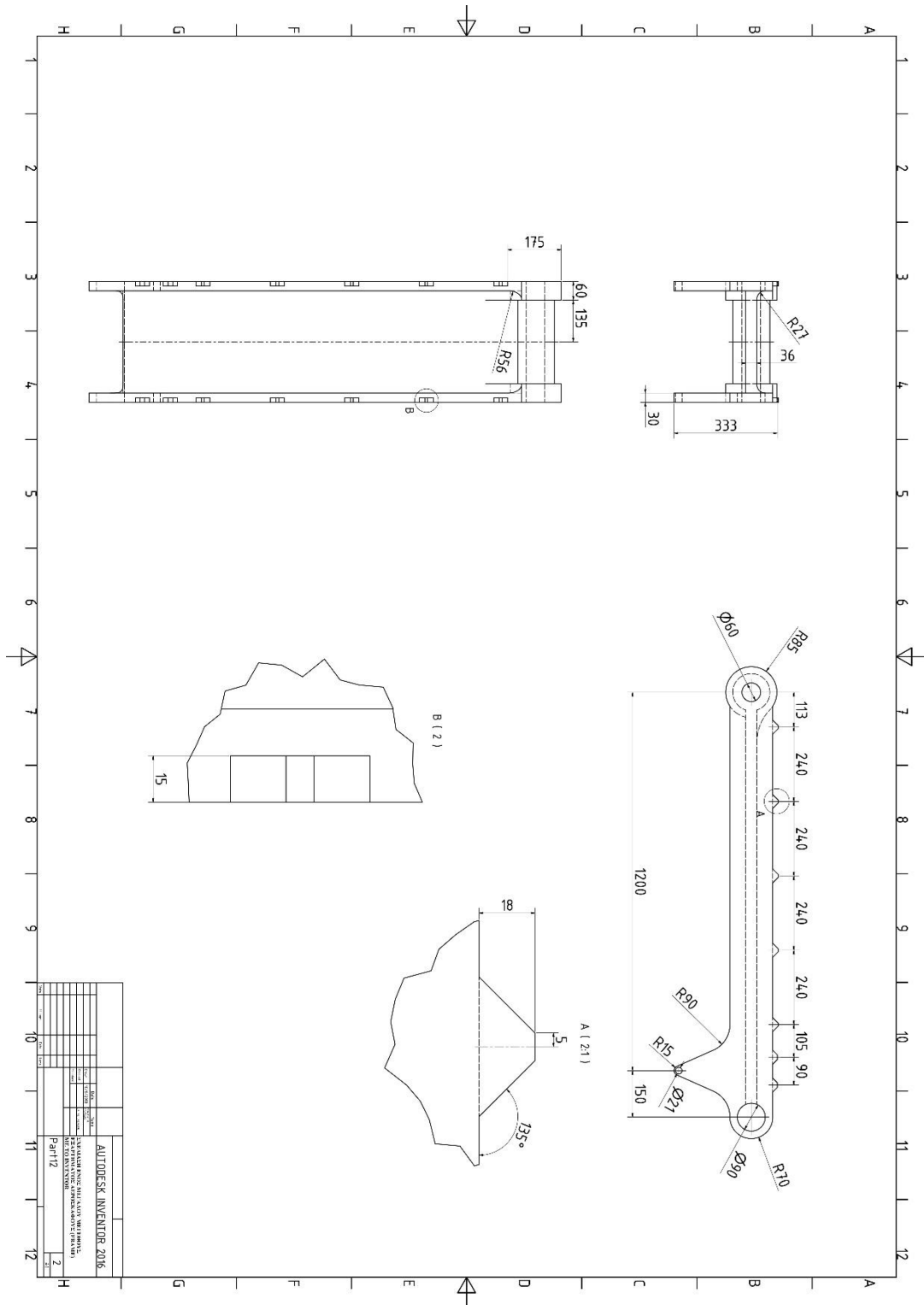
repository.kallipos.gr Κεφάλαιο 7 - Συστήματα CAD/CAM και CNC [Online] Available at:
<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1490/2/%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%207.pdf>

Lee, K. (1999). Principles of CAD/CAM/CAE Systems. Addison-Wesley

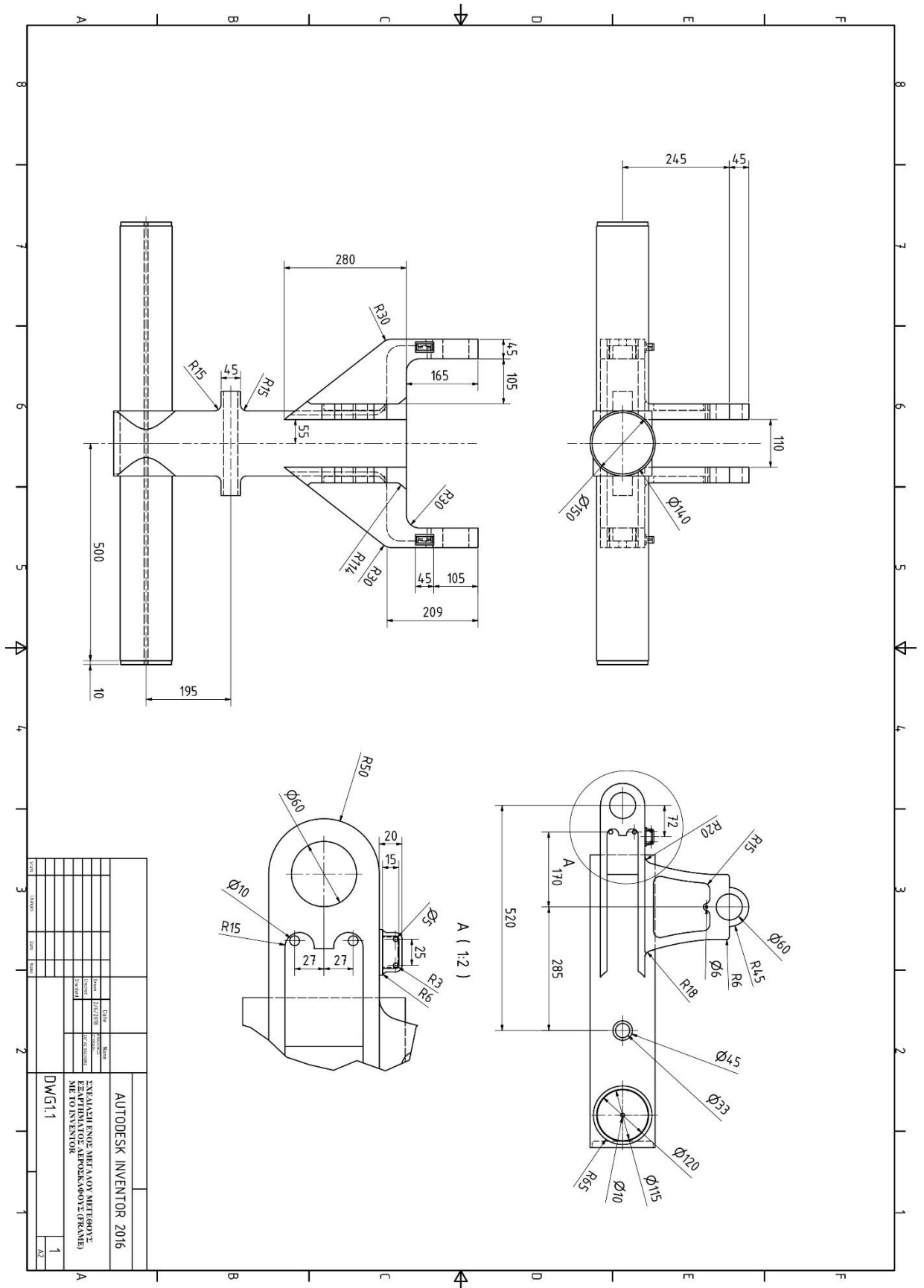
Κουμούσης Β. (2018). Η αντίστροφη μηχανική ως μέθοδος σχεδιασμού και βελτίωσης συσκευών.

Μπιλάλης, Ν. & Μαραβελάκης, Ε. (2014). Συστήματα CAD/CAM & Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση. Εκδόσεις Κριτική.

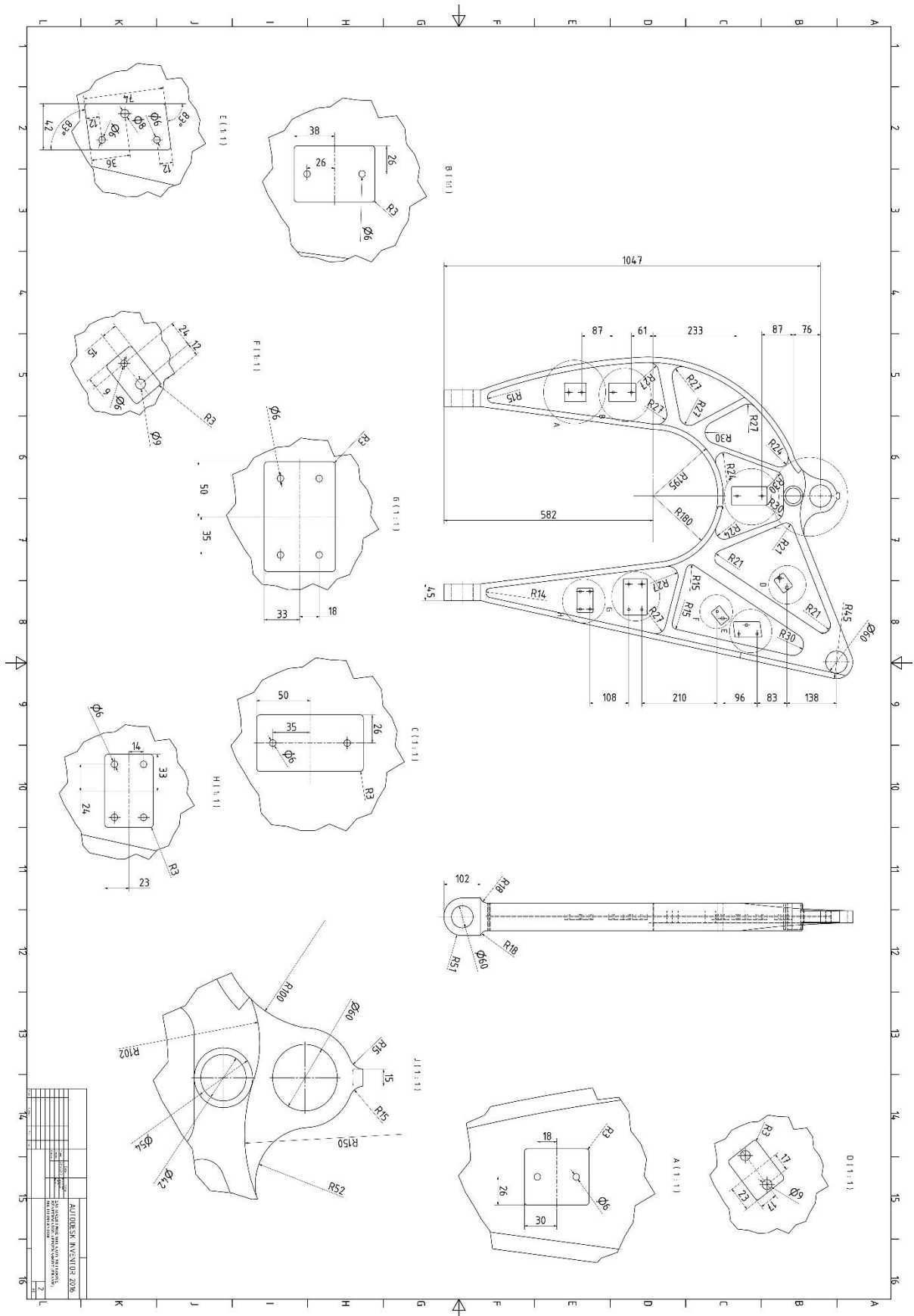
6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ (FRAME) ΜΕ ΤΟ INVENTOR



ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ (FRAME) ΜΕ ΤΟ INVENTOR



ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ (FRAME) ΜΕ ΤΟ INVENTOR

