ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Διπλωματική Εργασία

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΙΑΤΡΙΚΟΥ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD

Γρηγοριάδου Ξανθίππη

Εξεταστική Επιτροπή:

Νικόλαος Μπιλάλης,	Καθηγητής (Επιβλέπων)
Αριστομένης Αντωνιάδης,	Καθηγητής
Νικόλαος Μουστάκης,	Αναπληρωτής Καθηγητής

Χανιά, Σεπτέμβριος 2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση με χρήση Η/Υ ενός ορθοστάτη. Η σχεδίαση και συναρμολόγηση έγιναν με μοντέλα στερεών και πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα Autodesk Inventor Professional 2009 που είναι ένα πακέτο λογισμικού τρισδιάστατης και παραμετρικής μοντελοποίησης.

Στόχος της εργασίας είναι η κατανόηση του τρόπου ανάπτυξης ενός προϊόντος με τη συμβολή της τεχνολογίας σχεδιασμού και η εισαγωγή στην προχωρημένη σχεδίαση στο σύστημα Inventor.

Η εργασία που ακολουθεί περιλαμβάνει τρία κεφάλαια.

- Αρχικά, αναφέρονται εν συντομία τα συστήματα Σχεδιομελέτης, Παραγωγής & Προσομοίωσης με τη χρήση Η/Υ. Ακολουθεί η παρουσίαση της διαδικασίας σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός βιομηχανικού προϊόντος. Το πρώτο κεφάλαιο κλείνει με την παράθεση των ιδιοτήτων του λογισμικού Autodesk Inventor Professional 2009.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται μία σύντομη αναφορά στη σημαντικότητα της ορθόστασης για τον άνθρωπο. Επίσης, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του προϊόντος που μελετάται στην παρούσα εργασία καθώς και προτεινόμενες βελτιώσεις πάνω σε αυτό.
- Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο, περιγράφονται αναλυτικά όλες οι εντολές προχωρημένης σχεδίασης στο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε. Συγκεκριμένα μελετώνται η δυνατότητα παραμετροποίησης, τα χωρικά δικτυώματα, η δημιουργία νέων δομικών μορφών και τέλος η ανάλυση αντοχών με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων.

Η διπλωματική εργασία κλείνει με το παράρτημα όπου προβάλλονται όλα τα μηχανολογικά σχέδια του υπό μελέτη προϊόντος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Νικόλαο Μπιλάλη για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα καθώς επίσης και για την ελευθερία που μου παραχώρησε για τη λήψη πρωτοβουλιών κατά την εκπόνηση αυτής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο του εργαστηρίου βιομηχανικής παραγωγής με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή (CAM) κ. Αριστομένη Αντωνιάδη καθώς και τον διδακτορικό φοιτητή Νικόλαο Ταπόγλου για τη βοήθεια που μου παρείχαν.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους καθηγητές του τμήματος G.M.P. του Université des Sciences et Technologies de Lille, Claude Crincket και Jean-Paul Bernard, για τη συνεργασία και συμβολή τους κατά τη διεκπεραίωση του πρακτικού μέρους της διπλωματικής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω γονείς και φίλους για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ii

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ iii

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ iv

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7

1.1 ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Η/Υ 7

1.1.1 CAD – Computer Aided Design 7
1.1.2 CAM - Computer Aided Manufacturing 8
1.1.3 CAE - Computer Aided Engineering 8

1.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ 9

1.2.1 Έρευνα αγοράς 9
1.2.2 Βιομηχανικός σχεδιασμός ή σύλληψη προϊόντος 10
1.2.3 Δημιουργία τρισδιάστατου πρωτοτύπου 10
1.2.4 Δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων 11
1.2.5 Έλεγχος της κινηματικής και της δυνατότητα συναρμολόγησης 11
1.2.6 Ανάλυση και έλεγχος των αντοχών του προϊόντος 12
1.2.7 Ανάλυση λειτουργικότητας του πρωτοτύπου 13
1.2.8 Κατασκευή πρωτότυπων εξαρτημάτων 13
1.2.9 Έλεγχος δυνατότητας χρησιμοποίησης υπάρχοντος εξοπλισμού 13
1.2.10 Κοστολόγηση 14
1.2.11 Κατασκευή καλουπιών και εργαλείων 14
1.2.12 Δοκιμαστική παραγωγή και βελτιώσεις 14
1.2.13 Κανονική παραγωγή 15

1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD 15

1.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ CAD 17

2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ 20

2.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΟΥ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ 20

2.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ PROJECT 24

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ 25

3 ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ 30

3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ 32

3.1.1 Εισαγωγή 32
3.1.2 Δουλεύοντας με πίνακες 32
3.1.3 Δημιουργία εξωτερικού πίνακα 33
3.1.4 Κατανόηση και επεξεργασία παραμέτρων 35
3.1.5 Σύνδεση εξωτερικού πίνακα 36
3.1.6 Εκχώρηση παραμέτρων και τροποποίηση χαρακτηριστικών 36
3.1.7 Έλεγχος αντικειμένου από τις παραμέτρους 38
3.1.8 Σημεία που πρέπει να προσέξετε 39
3.1.9 Ανασκόπηση 41

3.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ FRAME GENERATOR 41

3.2.1 Εισαγωγή 41
3.2.2 Σκελετικό πρότυπο 42
3.2.3 Εισαγωγή προφίλ 42
3.2.4 Προσανατολισμός προφίλ 44
3.2.5 Δημιουργία προφίλ 49
3.2.6 Βασικά εργαλεία του Frame Generator 51
3.2.7 Τροποποίηση σκελετικού προτύπου 54

3.3 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ & ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΜΕ ΤΟ FRAME GENERATOR 55

3.3.1 Εισαγωγή 55
3.3.2 Αρχικές ενέργειες και ρυθμίσεις 55
3.3.3 Προετοιμασία 58
3.3.4 Δημιουργία δομικού πλαισίου 60
3.4.5 Ενημέρωση βιβλιοθήκης 63

3.4 STRESS ANALYSIS 65

3.4.1 Εισαγωγή 65
3.4.2 Εξοικείωση με τη Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων 66
3.4.3 Μία περισσότερο επιστημονική ανάλυση για την Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων 67
3.4.4 Η Autodesk, το Inventor και η Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων 68
3.4.5 Η Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων στο περιβάλλον του Inventor 69
3.4.6 Προετοιμασία και ανάλυση ενός εξαρτήματος 70

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 76

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 78

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 78

ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 78

ΑΠΟ ΔΙΚΤΥΑΚΟ ΤΟΠΟ 78

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **79**

ΜΕΡΟΣ Α - ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ **80**
ΜΕΡΟΣ Β - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ **85**
ΜΕΡΟΣ Γ - STRESS ANALYSIS REPORT **105**

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Η/Υ

1.1.1 CAD – Computer Aided Design

Computer Aided Design είναι η ψηφιακή δημιουργία ενός προϊόντος, εξαρτήματος ή συναρμολόγησης.

Πιο αναλυτικά, ως σχεδιομελέτη με χρήση Η/Υ ορίζεται η χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του προϊόντος και ιδιαιτέρα στη δημιουργία, τη μεταβολή, την ανάλυση και τη βελτιστοποίηση της μορφής του προϊόντος. Περιλαμβάνει την τεχνολογία γραφικών, βάσεων δεδομένων, μαθηματικής μοντελοποίησης, προσομοίωσης και ελέγχου δεδομένων για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου του προϊόντος.

Ως έννοια περιλαμβάνει τον αρχικό σχεδιασμό των ιδεών που σχετίζονται με την δημιουργία ενός αντικειμένου, το βιομηχανικό σχεδιασμό, που περιλαμβάνει τον σχεδιασμό ελεύθερων επιφανειών, και μετέπειτα τον λεπτομερή σχεδιασμό που θα καθορίσει την τελική μορφή του προϊόντος, όπως την έχει συλλάβει ο σχεδιαστής. Η ψηφιακή αυτή δημιουργία μπορεί να γίνει αντικείμενο περαιτέρω ανάλυσης προτού πάρει έγκριση για να προωθηθεί στην παραγωγή. Πολλά από τα προβλήματα κατά την ανάπτυξη του προϊόντος μπορούνε να αποφευχθούν με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων για τη συνεργασία της ομάδας ανάπτυξης. Βασικός σκοπός είναι αποφευχθούν οι αλλαγές στη φάση της παραγωγής καθώς και η διεξαγωγή δοκιμών με χρήση ψηφιακών μοντέλων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, η οποία επιτρέπει γρήγορες και ακριβείς τροποποιήσεις και ελαχιστοποιεί τα λάθη που προέρχονται από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Στην κατασκευή με χρήση Η/Υ στην ιδεατή του μορφή, δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο στον υπολογιστή, επιθεωρείται στην οθόνη, αναλύεται με τη χρήση κατάλληλων προγραμμάτων εφαρμογών (ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή) και τέλος χρησιμοποιείται για την καθοδήγηση των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου.

Στη μεθοδολογία αυτή το φυσικό μοντέλο δημιουργείται για λόγους επιθεώρησης κύρια και όχι για την αναπαραγωγή των αντικειμένων. Ακόμα και σήμερα όμως, στο στάδιο της αρχικής ιδέας δεν μπορούμε να πούμε ότι η λειτουργία

του είναι πλήρως ψηφιακή. Φυσικά πρωτότυπα χρησιμοποιούνται ακόμα και για μεγάλα προϊόντα, επειδή πολλές τεχνικές και μέθοδοι δεν είναι κατάλληλες για την πλήρη απόδοση της μορφής των αντικειμένων. Συνεπώς, χρησιμοποιείται ένα ενδιάμεσο μοντέλο λειτουργίας.

Γενικότερα, χρησιμοποιώντας κάποιο CAD λογισμικό, μπορούν να παραχθούν πιο καινοτόμα σχέδια σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερο κόστος. Με ένα CAD λογισμικό για τρισδιάστατη στερεά μοντελοποίηση, υπάρχει καλύτερη αντίληψη του μοντέλου και δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας σχεδίων παραγωγής, τρισδιάστατων σχεδίων, σχεδίων διαδικασιών συναρμολόγησης, φωτορεαλιστικών εικόνων και κινηματικής προσομοίωσης.

1.1.2 CAM - Computer Aided Manufacturing

Computer Aided Manufacturing είναι η διαδικασία όπου τα CAD δεδομένα επεξεργάζονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή για την καθοδήγηση CNC εργαλειομηχανών.

Η ψηφιακή πληροφορία ενός κομματιού εισάγεται στο σύστημα CAM από το λογισμικό CAD. Η πληροφορία μπορεί να είναι σε δυσδιάστατη (2D) ή τρισδιάστατη (3D) μορφή, ανάλογα με την κατεργασία για την οποία προορίζεται.

1.1.3 CAE - Computer Aided Engineering

Computer Aided Engineering είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την προσομοίωση, την επαλήθευση και την ανάλυση που πραγματοποιείται σε ένα ψηφιακό μοντέλο, προϊόν ή συναρμολόγημα, με τη βοήθεια του Η/Υ. Με τα προγράμματα CAE, δίνεται η δυνατότητα Εξέτασης και αξιολόγησης της απόδοσης ενός προϊόντος, πριν το στάδιο της παραγωγής, χωρίς να χρειαστεί να δημιουργηθεί ένα φυσικό πρωτότυπο. Με εξελιγμένα εργαλεία προσομοίωσης και ανάλυσης, οι μηχανικοί μπορούν να δοκιμάσουν την δομική & θερμική απόδοση, τις δονήσεις, την ανθεκτικότητα και την κινηματική απόδοση του προϊόντος, από το τρισδιάστατο CAD σχέδιο. Ορισμένα CAD/CAM συστήματα περιλαμβάνουν κάποια απλά εργαλεία ανάλυσης, αλλά για πιο απαιτητικές αναλύσεις, υπάρχουν πιο εξειδικευμένα προγράμματα.

Επιπρόσθετα, υπάρχει μια γκάμα εργαλείων βιομηχανικής ανάλυσης και προσομοίωσης, όπως η ανάλυση ροής πλαστικού και η επαλήθευση της βελτιστοποίησης της διαδικασίας injection molding.

Έτσι οι βιομηχανικές διεργασίες μπορούν να προσομοιωθούν και να βελτιστοποιηθούν, ελαχιστοποιώντας την σπατάλη ακριβών πρώτων υλών και εξασφαλίζοντας ένα προϊόν υψηλής ποιότητας.

1.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Στην εποχή της παγκοσμιοποίησης όπου τα προϊόντα και οι υπηρεσίες εξελίσσονται, κινούνται, μεταλλάσσονται και βελτιώνονται με αστραπιαίες ταχύτητες, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη νέων προϊόντων για μια βιομηχανία αποτελεί πλέον προϋπόθεση και κανόνα επιβίωσής της. Είναι αδύνατον να επιβιώσει μια εταιρεία αν δεν εξελίσσει διαρκώς τα προϊόντα της και αν δεν δημιουργεί νέα τα οποία να βρίσκονται ολοένα και πιο κοντά στις απαιτήσεις των πελατών της. Για να μπορεί λοιπόν μια εταιρεία να ανταπεξέλθει στον ανταγωνισμό της, πρέπει να παρακολουθεί τις εξελίξεις που συμβαίνουν στον χώρο της, και όχι μόνο, και να ακολουθεί μια μεθοδολογία ανάπτυξης και σχεδιασμού νέων προϊόντων που να είναι σύγχρονη, χρησιμοποιώντας ανάλογα εργαλεία σχεδίασης και ανάλογες τεχνικές διαχείρισης έργων. Η μεθοδολογία που ακολουθείται ποικίλει ανάλογα με το προϊόν αλλά σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα

1.2.1 Έρευνα αγοράς

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός νέου βιομηχανικού προϊόντος καλείται να καλύψει της ανάγκες κάποιων αγορών. Μερικές φορές μάλιστα όταν το προϊόν είναι πρωτοποριακό, πρέπει και να τις δημιουργήσει Οι αγορές αυτές πριν από μερικές δεκαετίες ήταν συνήθως τοπικές ή εθνικές, σήμερα όμως είναι διεθνείς και πολλές φορές παγκόσμιες.. Ένα προϊόν που απευθύνεται σε μια αγορά κορεσμένη από το συγκεκριμένο είδος, το οποίο μάλιστα δεν διαφοροποιείται και από τον ομοειδή ανταγωνισμό του, συνήθως δεν έχει τύχη. Έτσι το πρώτο στάδιο ενός τέτοιου εγχειρήματος πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι η έρευνα των αναγκών της αγοράς

στην οποία στοχεύει το υπό ανάπτυξιν προϊόν για να έχει επιτυχή εμπορική πορεία στην φάση της υλοποίησής του και της προώθησής του σ' αυτήν.

1.2.2 Βιομηχανικός σχεδιασμός ή σύλληψη προϊόντος

Έπειτα από την έρευνα και ανάλυση των αναγκών της αγοράς, δίνεται η έγκριση για την εκκίνηση δημιουργίας του προϊόντος. Αρχικά, υλοποιείται σε βιομηχανικό σχέδιο μια πρώτη προσέγγιση με βάση τα πορίσματα της έρευνας. Στο στάδιο αυτό δίνονται τα πρώτα σχέδια και η μορφή του προϊόντος, προσδιορίζονται τα κριτήρια μελέτης από τις γενικές απαιτήσεις για το προϊόν και ελέγχεται η λειτουργικότητά του. Το λογισμικό πρέπει να ενισχύει την δημιουργικότητα του μηχανικού στο έργο της μετατροπής των απαιτήσεων για το προϊόν σε σχέδια προϊόντος. Πρέπει να προσομοιάζει στη λειτουργία του τα βασικά στάδια που εκτελούνται σε ένα περιβάλλον βιομηχανικού σχεδιασμού. Αυτά είναι:

- Δημιουργία ιδέας, όπου οι ιδέες που σχεδιάζονται σε πρώτο στάδιο κάνουν χρήση σκίτσου και εικόνας, για την παρουσίαση εναλλακτικών λύσεων από τις οποίες στη συνέχεια θα διαλέξουμε την βέλτιστη.
- Χρήση σχεδίων για τα οποία υπάρχουν ήδη τελικά σχέδια και αντίστροφα εξαγωγή σκίτσων, σχεδίων σε τρισδιάστατο περιβάλλον.
- Εισαγωγή κριτηρίων μελέτης σε κάθε στάδιο, ώστε να αποφεύγονται λύσεις που δεν πληρούν τα κριτήρια.
- Επισκόπηση της μελέτης, τόσο στο δυσδιάστατο σχέδιο όσο και στο τρισδιάστατο
- Δυνατότητα αντίστροφης μελέτης (reverse engineering).
- Μεταφορά δεδομένων. μοντέλο σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ή παρουσίασης.

1.2.3 Δημιουργία τρισδιάστατου πρωτοτύπου

Για την φάση αυτή, ανάλογα με το προϊόν, υπάρχουν δύο εναλλακτικές προσεγγίσεις ανάπτυξης. Όταν η μορφή του προϊόντος είναι σχετικά απλή και μπορεί να αποτυπωθεί σαν ένα σύνολο αποτελούμενο από απλές γεωμετρικές επιφάνειες που παρίστανται από γνωστά μαθηματικά μοντέλα, τότε δημιουργείται με την βοήθεια

σύγχρονων εργαλείων σχεδίασης το τρισδιάστατο μοντέλο του προϊόντος με βάση το βιομηχανικό σχέδιο που έχει προηγηθεί. Τα περισσότερα σχεδιαστικά προγράμματα έχουν σήμερα πληθώρα δυνατοτήτων και δίνουν με φωτορεαλισμό μια σχεδόν φωτογραφική προσέγγιση του προϊόντος. Όταν όμως η μορφή του προϊόντος είναι αρκετά πολύπλοκη και αποτελείται από επιφάνειες που δεν εκφράζονται από συνήθη μαθηματικά μοντέλα, τότε ακολουθείται η ανάπτυξη του τρισδιάστατου σχεδιαστικού πρωτότυπου που αναπτύσσεται με την μέθοδο της αντίστροφης μηχανολογίας (Reverse engineering). Συγκεκριμένα, το τμήμα μελετών της εταιρείας αναθέτει σε ειδικευμένο τεχνίτη την δημιουργία τρισδιάστατου γλυπτού μοντέλου από κάποιο εύπλαστο και κατεργάσιμο υλικό (πηλό, ξύλο, κλπ.). Στην συνέχεια το μοντέλο αυτό σαρώνεται με 3D scanner, και δημιουργείται ένα αρχείο ASCI με τις συντεταγμένες των σημείων σάρωσης. Το αρχείο αυτό αναγνωρίζεται από αντίστοιχες εφαρμογές σύγχρονων σχεδιαστικών προγραμμάτων και δημιουργούνται αρχεία τύπου STL, IGES κλπ., τα οποία είναι αναγνώσιμα απ’ όλα τα δημοφιλή προγράμματα της αγοράς. Το τρισδιάστατο σχεδιαστικό πρωτότυπο είναι έτσι διαθέσιμο για παραπέρα επεξεργασία.

1.2.4 Δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων

Έχοντας λοιπόν έτοιμο το τρισδιάστατο σχεδιαστικό πρωτότυπο και αφού έχουν παραμετροποιηθεί οι διαστάσεις, είτε για λόγους δημιουργίας οικογένειας προϊόντων είτε για λόγους ευελιξίας στην σχεδίαση, δημιουργούνται τα κατασκευαστικά σχέδια των επί μέρους εξαρτημάτων του τελικού προϊόντος. Η παραμετροποίηση πρέπει να είναι τέτοια που κάθε αλλαγή διάστασης σε ένα εξάρτημα να μεταβάλει ανάλογα και τις αντίστοιχες διαστάσεις των παρελκόμενων εξαρτημάτων έτσι ώστε να διατηρείται η δυνατότητα συναρμολόγησης. Τα σχέδια αυτά μπορεί να είναι είτε σε τρισδιάστατη μορφή είτε σε δυσδιάστατη όπως το γνωστό μηχανολογικό σχέδιο.

1.2.5 Έλεγχος της κινηματικής και της δυνατότητα συναρμολόγησης

Αφού έχουν δημιουργηθεί όλα τα κατασκευαστικά σχέδια των επί μέρους εξαρτημάτων, γίνεται η ανασύνθεσή τους σε ένα ενιαίο προϊόν και στην συνέχεια

γίνεται ο έλεγχος για την δυνατότητα συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης αυτών. Επίσης εφόσον το προϊόν αποτελείται από κινούμενα τμήματα γίνεται και ο απαραίτητος κινηματικός έλεγχος. Όλα αυτά είναι δυνατόν να γίνουν με την βοήθεια σύγχρονων προγραμμάτων τρισδιάστατης σχεδίασης τα οποία συνήθως διαθέτουν το απαραίτητο μαθηματικό υπόβαθρο (modules) για τους ελέγχους αυτούς. Στην περίπτωση διαπίστωσης προβλημάτων γίνονται οι αναγκαίες διορθώσεις και ο επανέλεγχος με μια διαδικασία συνεχούς πειραματισμού με νέες τιμές (trial and error) μέχρι την εύρεση της ορθής λύσης.

1.2.6 Ανάλυση και έλεγχος των αντοχών του προϊόντος

Με την οριστικοποίηση της βασικής γεωμετρίας των εξαρτημάτων του υπό ανάπτυξη προϊόντος, το τμήμα μελετών της εταιρείας προχωρά στην ανάλυση των φορτίων που δέχεται το καθ’ ένα από αυτά κατά την διάρκεια της χρήσης του, και στην επιλογή των κατάλληλων υλικών που θα εξασφαλίζουν την αντοχή τους στα φορτία καθώς και την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Η ανάλυση αυτή μπορεί να γίνει είτε με τους γνωστούς από τα Στοιχεία Μηχανών τρόπους «Υπολογισμού μελέτης και υπολογισμού ελέγχου» είτε με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Πρόκειται για ειδικευμένα προγράμματα βελτιστοποίησης ανάλογα με το υλικό (πλαστικά, μέταλλα, σύνθετα υλικά, κλπ.), και το είδος της εφαρμογής (ροή, θερμότητα, αντοχή, έγχυση, κλπ.). Το σύστημα μοντελοποίησης είναι συνήθως εξοπλισμένο με έναν τελικό επεξεργαστή (post processor) ο οποίος χωρίζει το μοντέλο σε πεπερασμένα στοιχεία (πλεγματοποίηση). Το μοντέλο σε αυτήν του τη μορφή αναλύεται και εν συνεχεία βελτιστοποιείται με τη βοήθεια ενός προ-επεξεργαστή (pre-processor).Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά και αναλύονται από τον ειδικό μηχανικό. Από τον έλεγχο αυτόν, πιθανόν θα προκύψει η ανάγκη επανασχεδιασμού και ενίσχυσης κάποιων σημείων ή απλώς η απόδοση των σωστών φορτίσεων και συνθηκών εργασίας από τον ειδικό μηχανικό, αλλά η τεχνολογία των υλικών και η κατάλληλη επιλογή τους είναι αρωγός στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων, χωρίς μεγάλες αλλαγές στην μορφή των εξαρτημάτων.

1.2.7 Ανάλυση λειτουργικότητας του πρωτοτύπου

Η ανάλυση της λειτουργικότητας γίνεται με τη χρήση τεχνικών εικονικής πραγματικότητας που έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός εικονικού ή πλασματικού πρωτοτύπου (Virtual Prototype). Στόχος είναι η μείωση του αριθμού των πρωτοτύπων που πρόκειται να κατασκευαστούν και η αξιολόγηση των τεχνικών λύσεων σε πρώιμο στάδιο.

1.2.8 Κατασκευή πρωτότυπων εξαρτημάτων

Πολλές φορές, και ανάλογα με το είδος του προϊόντος, είναι αναγκαία η δημιουργία πρωτότυπων εξαρτημάτων. Τα πρωτότυπα αυτά συμβάλουν στην ύπαρξη μιας απτής πρώτης μορφής του προϊόντος, η οποία με τη σειρά της δίνει τη δυνατότητα συναρμολόγησης αλλά κυρίως διευκολύνει τον κατασκευαστή καλουπιών στην φάση της σχεδίασης και της κατασκευής τους. Η ύπαρξη πρωτοτύπων βοηθάει επίσης το τμήμα marketing στην απόκτηση μιας πρώτης εικόνας από τις αντιδράσεις επιλεγμένων πελατών. Η παραγωγή αυτών των εξαρτημάτων μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους όπως για παράδειγμα η μέθοδος της ταχείας παραγωγής πρωτοτύπου και παραγωγής (Rapid Prototype and Manufacture) όπου κατάλληλη μηχανή οδηγούμενη από σύστημα CAD/CAM κάνει έγχυση υλικού (συνήθως κάποιου πολυμερούς) υπό μορφή μικρών σταγονιδίων και «χτίζει» το πρωτότυπο εξάρτημα στον χώρο. Άλλος τρόπος παραγωγής είναι και η κατασκευή του με κατάλληλο κέντρο κατεργασίας το οποίο οδηγούμενο επίσης από σύστημα CAD/CAM μπορεί με την χρήση κατάλληλων κοπτικών εργαλείων να παράγει το πρωτότυπο.

1.2.9 Έλεγχος δυνατότητας χρησιμοποίησης υπάρχοντος εξοπλισμού

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός προϊόντος είναι το τελικό κόστος παραγωγής του. Έτσι, ένας από τους κύριους τρόπους μείωσης του κόστους είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης υπάρχοντος εξοπλισμού της εταιρείας. Ο εξοπλισμός αυτός μπορεί να είναι μηχανές παραγωγής, καλούπια που μπορούν να παράγουν μέρη του νέου προϊόντος είτε άλλο είδος εξοπλισμού ανάλογα με την περίπτωση. Βέβαια η ύπαρξη τέτοιου εξοπλισμού δεν

συνεπάγεται απαραίτητα και την διαθεσιμότητά του, αφού μπορεί να είναι πλήρως απασχολημένος. Ωστόσο είναι πολύ σημαντικό στο ξεκίνημα της παραγωγής ενός νέου προϊόντος να μπορεί να αποφευχθεί μια τέτοια επένδυση.

1.2.10 Κοστολόγηση

Ένα προϊόν, από τη στιγμή που θα βγει στην αγορά για να επιζήσει και να έχει μία επιτυχή εμπορική πορεία πρέπει να είναι ανταγωνιστικό. Έτσι, προτού μια εταιρεία αποφασίσει την παραγωγή ενός νέου προϊόντος πρέπει να γίνει η ακριβής κοστολόγησης αυτού με κριτήρια τα οποία θα εξασφαλίζουν μία ανταγωνιστική θέση στην αγορά. Βέβαια, ο παράγοντας του κόστους δεν εμφανίζεται μόνο σε αυτό το στάδιο, αφού εξετάζεται και λαμβάνεται υπόψη σε όλες της φάσης σχεδιασμού. Άλλωστε, όταν ξεκινάει μία σοβαρή επένδυση πρέπει να ελαχιστοποιείται αρχικά το ρίσκο από τους ελέγξιμους παράγοντες όπως είναι το προβλεπόμενο βιομηχανικό κόστος και έπειτα να εκτιμάται το κόστος του ίδιου του προϊόντος έτσι ώστε η τιμή διάθεσής του στην αγορά να είναι ανταγωνιστική.

1.2.11 Κατασκευή καλουπιών και εργαλείων

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία της παραγωγής του προϊόντος, πρέπει να εξασφαλιστεί η ύπαρξη των κατάλληλων εργαλείων που απαιτούνται για αυτήν. Έτσι λοιπόν, η εταιρεία εφόσον διαθέτει τον εξοπλισμό και την τεχνογνωσία αναλαμβάνει την κατασκευή μέρους ή όλων των καλουπιών ή και άλλων εργαλείων παραγωγής. Σε πολλές περιπτώσεις η κατασκευή ενός νέου προϊόντος, απαιτεί και την επένδυση της εταιρείας σε νέο εξοπλισμό όπως π.χ. σε αυτόματες μηχανές συναρμολόγησης ή ακόμα και βαρύτερο εξοπλισμό ανάλογα με το προϊόν. Ειδάλλως, σε περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα κατασκευής από την ίδια την εταιρεία, αυτή ανατίθεται στους καταλληλότερους κατασκευαστές.

1.2.12 Δοκιμαστική παραγωγή και βελτιώσεις

Μετά την κατασκευή των καλουπιών ξεκινά η φάση της δοκιμαστικής παραγωγής. Σκοπός είναι ο έλεγχος τόσο της σωστής γεωμετρίας των εξαρτημάτων

αλλά και του τελικού προϊόντος σαν σύνολο, όσο και της επίτευξης των παραγωγικών στόχων που τέθηκαν πριν από την κατασκευή αυτών. Σε περίπτωση ύπαρξης προβλημάτων γίνονται οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες μέχρι τελικά να επιτευχθούν οι προβλεπόμενοι στόχοι.

1.2.13 Κανονική παραγωγή

Μετά τις πιθανές διορθώσεις στα καλούπια και στα εργαλεία παραγωγής, οι οποίες προέκυψαν από το προηγούμενο βήμα, ξεκινά η κανονική παραγωγική διαδικασία. Κατά τη διάρκεια αυτής γίνονται συνεχώς βελτιώσεις που στοχεύουν συνήθως στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος αλλά και στην παραγωγικότητα.

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός νέου βιομηχανικού προϊόντος είναι ένα αρκετά δύσκολο project ιδιαίτερα όταν το προϊόν είναι πολύπλοκο και αποτελείται από πολλά εξαρτήματα. Βεβαίως τα σύγχρονα εργαλεία σχεδίασης, μοντελοποίησης και προσομοίωσης, έχουν επιταχύνει σημαντικότατα τον χρόνο ανάπτυξης ενός προϊόντος.

1.3 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD

Λαμβάνοντας υπόψη τη διαδικασία σχεδιασμού ενός προϊόντος, αλλά και τη σημαντικότητα του ρόλου που παίζουν τα αντίστοιχα συστήματα CAD σε αυτήν, παρουσιάζονται παρακάτω οι βασικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη ενός κατάλληλου λογισμικού:

- Ευκολία χρήσης και μάθησης, καθώς οι περισσότεροι χρήστες δεν θα απασχολούνται αποκλειστικά με το σύστημα, δεν έχουν ικανό χρόνο για μάθηση του συστήματος και πρέπει να είναι αποδοτικοί στην εργασία τους σε μικρό χρονικό διάστημα.
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υπαρχόντων σχεδίων. Πρέπει να μπορούν να διαβάζουν δεδομένα από άλλα συστήματα CAD και αποτελέσματα από συστήματα ανάλυσης.

- Εργαλεία σχεδίασης σε 2-διαστάσεις και εργαλεία διάταξης. Τα πρώτα σχέδια του προϊόντος είναι σε δυο διαστάσεις και σε μορφή σκίτσου. Τα συστήματα αυτά πρέπει να βοηθούν την εύκολη δημιουργία σκίτσων και να είναι ευέλικτα στην μετάβαση από το σκίτσο στο ακριβές σχέδιο.
- Απλό αλλά ακριβείας σύστημα τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Πρέπει να παρέχουν την δυνατότητα απόδοσης της τρισδιάστατης μορφής με μεγάλη ευκολία. Πρέπει επίσης να επιτρέπουν και τη δημιουργία συναρμολογήσεων.
- Κινηματική ανάλυση σε 2 και 3 διαστάσεις. Πολλά από τα προϊόντα απαιτούν κινηματική ανάλυση πριν από την έναρξη της λεπτομερούς μοντελοποίησης.
- Συμβατότητα και επικοινωνία με σύστημα CAD. Τα δεδομένα που προσδιορίζονται στο στάδιο της δημιουργίας του σχεδίου του προϊόντος πρέπει να μεταφέρονται με ακρίβεια στο σύστημα CAD για μηχανολογική μοντελοποίηση, χωρίς να απαιτείται πολύ διόρθωση στα δεδομένα.

Ένα σύστημα αυτού του είδους, είναι συνήθως σύστημα μοντελοποίησης με επιφάνειες και παρέχει στον χρήστη τις παρακάτω δυνατότητες:

- Ελεύθερη και παραμετρική σχεδίαση (freeform and parametric sketching). Στο στάδιο της δημιουργίας της ιδέας του προϊόντος δεν απαιτείται το σύστημα να έχει όλη τη λειτουργικότητα που δίνει ένα σύστημα μηχανολογικής σχεδίασης, αλλά βασικά εργαλεία για σκίτσο και σχέδιο, εργαλεία επεξεργασίας όλου του σχεδίου ή τμήματος του και εργαλεία χρωματισμού. Οι παραμετρικές δυνατότητες που υπάρχουν στην στερεά μοντελοποίηση παρέχονται εδώ στη δυσδιάστατη σχεδίαση.
- Ολοκλήρωση της δυσδιάστατης με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Πολλά σχέδια προϊόντος μπορούν να παρουσιαστούν σε 2-διαστάσεις. Τα περισσότερα όμως απαιτούν 3-διαστάσεις. Τα συστήματα αυτά παρέχουν ισχυρή και ευέλικτη μοντελοποίηση με ιδιαίτερη έμφαση στην απεικόνιση πολύπλοκων μορφών με επιφάνειες ελεύθερης μορφής και διαμόρφωση μορφής στην πραγματική απεικόνιση του προϊόντος. Τα συστήματα μπορούν να κάνουν χρήση της γεωμετρίας που έχει δημιουργηθεί στις 2-διαστάσεις και δεν απαιτούν επανάληψη της διαδικασίας
- Κινηματική ανάλυση στις 2- ή στις 3-διαστάσεις. Είναι απαραίτητο εργαλείο σε αυτά τα συστήματα. Η ανάλυση προϊόντων που απαιτούν κινούμενα αντικείμενα, απαιτούν εργαλεία για την ανάλυση συναρμολογήσεων σε

συνθήκες λειτουργίας. Η κινηματική ανάλυση είναι απαραίτητη τόσο στην 2-διαστάσεων γεωμετρία στα πρώτα στάδια της μελέτης όσο και στην 3-διαστάσεων στην τελική συναρμολόγηση ή στο ψηφιακό πρωτότυπο. Στην απλή δυσδιάστατη ανάλυση ο μηχανικός επιλέγει τις γραμμές που συνιστούν ένα σώμα και που κινούνται ταυτόχρονα. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να μπορεί να ορίζει τις ιδιότητες των συνδέσμων και τις κινήσεις, για να επισκοπήσει όλο το εύρος της κίνησης. Από αυτή την ανάλυση μπορεί να προσδιορίσει τον απαιτούμενο χώρο που πρέπει να παρέχεται στα επόμενα στάδια της μελέτης.

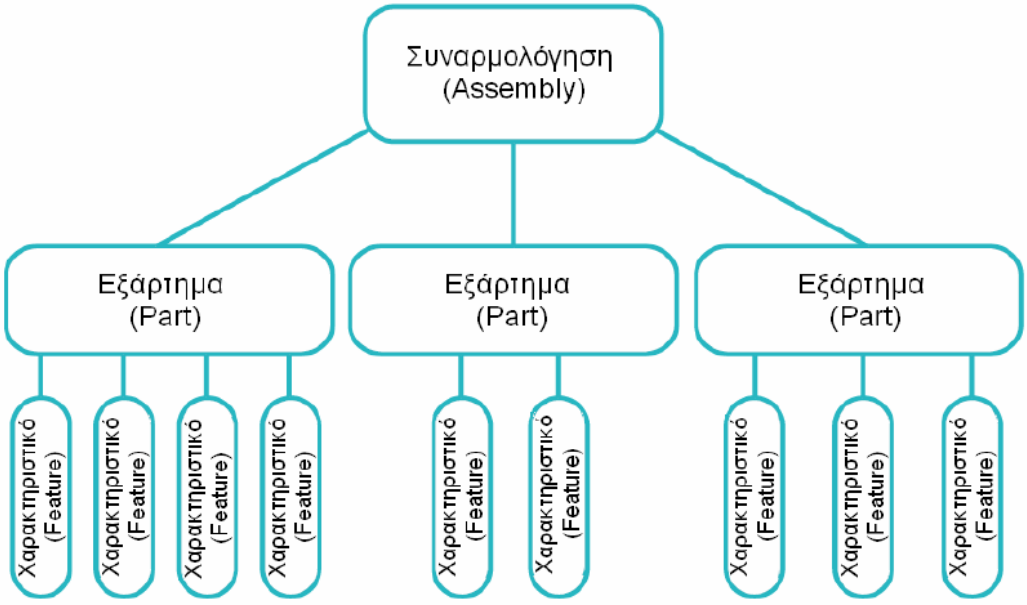
- Σύνδεση με τα συστήματα μηχανολογικής σχεδίασης, ώστε οι μελετητές να μην απαιτείται να επαναλάβουν γεωμετρία που έχει οριστεί από τα συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού.
- Δυνατότητες τροποποίησης μορφής και εξέτασης των αποτελεσμάτων σε συνθήκες λειτουργίας (πχ. ανάκλαση φωτός), πολύ καλά γραφικά με βάση δεδομένων με δομές και υλικά, έγχρωμες απεικονίσεις με δυνατότητα φωτισμού.

1.4 ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ CAD

Το Autodesk Inventor Professional 2009 είναι ένα λογισμικό CAD (Computer Aided Design), το οποίο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων στον Η/Υ. Τα μοντέλα αυτά αναφέρονται και ως εικονικά ή ψηφιακά μοντέλα, διότι κατά τη φάση της σχεδίασης υπάρχουν μόνο στον Η/Υ. Τα περισσότερα μοντέλα που σχεδιάζονται στο Autodesk Inventor Professional είναι μοντέλα στερεών, που σημαίνει ότι ο Η/Υ έχει πλήρη κατανόηση της τοπολογίας του αντικειμένου που σχεδιάζεται, δηλαδή πού υπάρχει υλικό και πού υπάρχει κενός χώρος. Οι σχεδιαστές στη στερεά μοντελοποίηση χρησιμοποιούν εντολές για τη σχεδίαση του μοντέλου, οι οποίες είναι παρόμοιες με τις φυσικές κατεργασίες κατά τη φάση της παραγωγής, όπως η εξώθηση (extrusion). Οι εντολές αυτές ονομάζονται μορφολογικά χαρακτηριστικά του μοντέλου (Model Features) και συνδυάζονται για τη δημιουργία εξαρτημάτων (Parts). Τα εξαρτήματα μπορεί να περιγράφονται από απλά ή πολύπλοκα σχήματα.

Το Autodesk Inventor Professional 2009 είναι ένα εξολοκλήρου παραμετρικό CAD λογισμικό. Αυτό σημαίνει ότι οι γεωμετρικές διαστάσεις του αντικειμένου μπορούνε να συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις και συναρτήσεις. Δηλαδή, αν το μέγεθος ενός εξαρτήματος αυξηθεί ή μειωθεί, υπάρχει τρόπος καθορισμού των μεγεθών των εξαρτημάτων που συνδέονται με το πρώτο και επηρεάζουν τη συναρμολόγηση. Έτσι, με τη μεταβολή ενός μόνο μεγέθους, επιτυγχάνεται αυτόματη τροποποίηση σε όλα τα εξαρτώμενα από αυτό κομμάτια ώστε να ταιριάζουν μεταξύ τους και να μην αλλοιώνεται η συναρμολόγηση.

Στην Εικόνα 1 φαίνεται η δομή ενός στερεού μοντέλου. Διάφορα μορφολογικά χαρακτηριστικά (Features) συνδυάζονται για τη δημιουργία ενός εξαρτήματος. Τα εξαρτήματα τοποθετούνται με περιορισμούς (Constraints) μεταξύ τους, για τη δημιουργία μίας συναρμολόγησης (Assembly).



Εικόνα 1.1: Δομή μοντέλου στερεών.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές δυνατότητες του προγράμματος αυτού:

- Σχεδίαση ολόκληρης της γραμμής παραγωγής ενός προϊόντος: Διαχείριση μεγάλων συναρμολογημάτων. Frame Generator (χωρικά δικτυώματα). iAssemblies (οικογένειες συναρμολογημάτων). Συγκολλήσεις. Βελτιωμένες λειτουργίες σχεδίασης καταναλωτικών προϊόντων. Βελτιωμένες βιβλιοθήκες στοιχείων μηχανών με δυνατότητα προσθήκης

δικών σας εξαρτημάτων. Διαμόρφωση επιπέδου ελάσματος. BOM (λίστες υλικών).

- Δημιουργία ποιοτικών προϊόντων με την πρώτη προσπάθεια: Βελτιωμένο περιβάλλον σχεδίασης. Auto Limits (παρακολούθηση κρίσιμων διαστάσεων κατά την διάρκεια της σχεδίασης). Geometry Analysis (έλεγχος ποιότητας επιφανειών). Έλεγχος παρεμβολών μεταξύ των εξαρτημάτων. Υπολογισμός φυσικών ιδιοτήτων.
- Παράδοση σχεδίων σε λιγότερο χρόνο: Supplier Content Center (πρόσβαση μέσω του Internet σε μοντέλα εξαρτημάτων 100 και πλέον κορυφαίων κατασκευαστών). Design Accelerators (ρουτίνες τυποποιημένων μηχανολογικών διαδικασιών για την σχεδίαση και υπολογισμό μηχανισμών). Βελτιωμένη δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων με την βοήθεια Styles (προτύπων σχεδίασης). Αυτόματη ενημέρωση όψεων κατασκευαστικών σχεδίων για αλλαγές που συμβαίνουν στο μοντέλο.
- Διαχείριση και διανομή δεδομένων σχεδίασης: Βελτιωμένη συνεργασία με άλλα 3D CAD/CAM συστήματα (εισαγωγή DWG, DXFTM, Pro/E®, SAT, IGES και STEP αρχείων, εξαγωγή SAT, IGES, STEP, STL και 2D/3D DWG, DWFTM, DXF αρχείων). AEC Exchange (δημιουργία “ευφυών μοντέλων” για τις βιβλιοθήκες του προγράμματος ηλεκτρομηχανολογικής σχεδίασης κτιρίων Autodesk® Building Systems). Αξιοποίηση του προγράμματος Autodesk Vault. Βελτιώσεις στο ενσωματωμένο πρόγραμμα Autodesk Inventor Studio (δημιουργία εικόνων και παρουσιάσεων υψηλής ποιότητας).
- Ομαλή μετάβαση από την 2D στη 3D σχεδίαση: Η καλύτερη δυνατή συνεργασία με τα προγράμματα AutoCAD, AutoCAD Mechanical και Mechanical Desktop. Αξιοποίηση υπαρχόντων 2D/3D σχεδίων σε μορφή DWG και DXF. Αναγνώριση δομής επιπέδων και προτύπων σχεδίασης του AutoCAD Mechanical. Προηγμένο σύστημα βοήθειας. eLearning / Support (παροχή εκπαίδευσης και βοήθειας, μέσω του Internet, για τους συνδρομητές του προγράμματος).

2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ

2.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΟΥ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ

Τα προγράμματα ορθοστάτησης με τη χρήση ορθοστάτη είναι μία συνήθης πρακτική στη θεραπευτική παρέμβαση παιδιών με διαταραχές της κινητικότητας. Υπάρχουν όμως επιστημονικές αποδείξεις που να επιβάλουν τη χρήση ορθοστάτη ως απαραίτητο στοιχείο της θεραπευτικής παρέμβασης; Η αρθρογραφία για την αναγκαιότητα της χρήσης ορθοστάτη συνεχώς πληθαίνει. Τα παιδιά που πάσχουν από εγκεφαλική παράλυση παρουσιάζουν μειωμένη οστική πυκνότητα και κυρίως αυτά που δε βαδίζουν ή έχουν μειωμένη κινητικότητα. Σύμφωνα με έρευνες στα παιδιά που δεν έχουν την ικανότητα ορθοστάτησης και βάδισης υπάρχει μειωμένη οστική πυκνότητα που φτάνει μόλις το 1\2 της φυσιολογικής οστικής πυκνότητας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση οστεοπενίας που σημαίνει αύξηση του κινδύνου καταγμάτων ύστερα ακόμα και από έναν σχετικά μικρό τραυματισμό. Η φόρτιση είναι σημαντικός παράγοντας ανάπτυξης των οστών και διαμόρφωσης της κοτύλης και η ορθοστάτηση εκτός από το γεγονός ότι συμβάλλει προς αυτήν την κατεύθυνση, έχει και άλλες θετικές επιπτώσεις τόσο στη σωματική όσο και στην ψυχολογική ανάπτυξη του παιδιού, αφού βελτιώνει την προσοχή και διευκολύνει την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Άλλα πιθανά οφέλη της ορθοστάτησης είναι η διατήρηση ή η βελτίωση της λειτουργίας του πεπτικού και του αναπνευστικού συστήματος, καθώς και της νεφρικής λειτουργίας.

Η αναγκαιότητα της χρήσης ορθοστάτη έχει φανεί από αρκετές μελέτες και προτείνεται από αρκετούς ερευνητές για παιδιά που πάσχουν από εγκεφαλική παράλυση, μηνιγγομυελοκήλη, μυϊκή δυστροφία ή ατελή οστεογένεση. Ένα πρόγραμμα ορθοστάτησης είναι δυνατόν να συμβάλλει στην αύξηση της οστικής πυκνότητας στο άνω τμήμα του μηριαίου οστού μέσα σε διάστημα 8 εβδομάδων. Η χρονική διάρκεια της ορθοστάτησης αποτελεί σημαντική παράμετρο αφού η μεγαλύτερη χρονική διάρκεια συμβάλλει στη μεγαλύτερη αύξηση της οστικής πυκνότητας στα σώματα των σπονδύλων και απομακρύνει τον κίνδυνο καταγμάτων της σπονδυλικής στήλης. Η χρήση του ορθοστάτη βοηθά στην πρόληψη των συγκάμψεων αφού η παρατεταμένης χρονικής διάρκειας διάταση των σπαστικών μυών βοηθά στην διατήρηση του μήκους των μυών, στη μείωση της σπαστικότητας

έως και για ώρες καθώς και στη διατήρηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων. Η ορθοστάτηση συμβάλλει επίσης στην αύξηση της δύναμης και της αντοχής των αντιβαρυτικών μυών, δηλαδή των μυών της στάσης, η οποία είναι δυνατό να διευκολύνει την ανεξάρτητη όρθια στάση σε ορισμένα άτομα. Εκτός από τα παραπάνω η χρησιμοποίηση προσαρμοσμένων βοηθημάτων για την τοποθέτηση των παιδιών όπως οι ορθοστάτες και τα ειδικά καθίσματα, βοηθά στην κατάλληλη ευθυγράμμιση του σώματος κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους σε φυσικές, εκπαιδευτικές και κοινωνικές δραστηριότητες.

Εικόνα 2.1: Ο ορθοστάτης βοηθά στην ευθυγράμμιση του σώματος κατά τις εκπαιδευτικές ή κοινωνικές δραστηριότητες.

Από τα παραπάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα παιδιά που δεν έχουν τη δυνατότητα ορθοστάτησης θα πρέπει να συμμετέχουν σε προγράμματα ορθοστάτησης. Δεν είναι όλοι οι ορθοστάτες κατάλληλοι για όλες τις περιπτώσεις. Θα πρέπει να επιλέγεται εκείνος ο ορθοστάτης ο οποίος καλύπτει τις εξατομικευμένες ανάγκες του κάθε παιδιού ανάλογα με την κατάστασή του και το θεραπευτικό στόχο.

Τα παιδιά που έχουν ικανοποιητικό έλεγχο κεφαλής και το ζητούμενο εκτός των άλλων είναι η ενεργοποίηση των εκτεινόντων (αντιβαρυτικών) μυών, θα πρέπει να θεωρούνται κατάλληλα για τη χρήση πρηνή ορθοστάτη. Αν ο έλεγχος της κεφαλής και του κορμού δεν είναι ικανοποιητικός και υπάρχει ανάγκη υποστήριξης της πλάτης τότε το παιδί θα πρέπει να χρησιμοποιεί ύπτιο ορθοστάτη. Όσο βελτιώνεται η δυνατότητα φόρτισης των κάτω άκρων ο ορθοστάτης θα πρέπει να ρυθμίζεται σε σχεδόν κατακόρυφη θέση. Ο λόγος είναι ότι όταν ο ορθοστάτης βρίσκεται σε σχεδόν κατακόρυφη θέση επιτρέπει φόρτιση που φτάνει στο 70% με 75% του βάρους του σώματος. Όταν τα χέρια του παιδιού δεν είναι ιδιαίτερα προσβεβλημένα και το ζητούμενο εκτός των άλλων είναι η εξερεύνηση του περιβάλλοντος δίνοντας τη δυνατότητα της ανεξάρτητης μετακίνησης του παιδιού στο χώρο, τότε θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανότητα χρήσης ενός δυναμικού ορθοστάτη. Η χρήση ενός δυναμικού ορθοστάτη που δίνει τη δυνατότητα για ασκήσεις εναλλαγής από την

καθιστή στην όρθια θέση (sit to stand) βοηθά στη φόρτιση των κάτω άκρων μέσα από ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας. Οι ασκήσεις αυτές έχει αποδειχθεί ότι εκτός από την αύξηση της οστικής πυκνότητας συμβάλλουν επίσης στην αύξηση της λειτουργικής δύναμης των κάτω άκρων, καθώς και στην έστω και προσωρινή μείωση της σπαστικότητας.

	Ο πρηνής ορθοστάτης διευκολύνει την ενεργοποίηση των εκτεινόντων μυών και είναι κατάλληλος για άτομα που έχουν ικανοποιητικό έλεγχο κεφαλής.
	Ο ύπτιος ορθοστάτης χρησιμοποιείται σε άτομα με πτωχό έλεγχο κεφαλής και κορμού.
	Ο δυναμικός ορθοστάτης δίνει τη ικανότητα εξερεύνησης του περιβάλλοντος σε όρθια στάση.
	Ορισμένοι δυναμικοί ορθοστάτες δίνουν τη δυνατότητα για ασκήσεις έκτασης των κάτω άκρων ενάντια στη βαρύτητα, βοηθώντας στην εκπαίδευση της ανεξάρτητης ορθοστάτησης.

Εικόνα 2.2: Διάφοροι τύποι ορθοστατών.

Εκτός από το πλήθος των ρυθμίσεων για την κάλυψη των αναγκών του παιδιού, οι ορθοστάτες που επιλέγονται θα πρέπει να προσφέρουν τη δυνατότητα της εύκολης τοποθέτησης του παιδιού και της εύκολης ρύθμισης ακόμα και από τους γονείς, αφού

οι παράμετροι αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την πιστή τήρηση του προγράμματος ορθοστάτησης.

Η ορθοστάτηση προτείνεται να αρχίζει από τη ηλικία των 12-16 μηνών σε παιδιά που δεν έχουν τη δυνατότητα ορθοστάτησης και βάδισης. Για να υπάρξουν τα μέγιστα οφέλη της ορθοστάτησης σε σχέση με την αύξηση της οστικής πυκνότητας και της διαμόρφωσης των οστών θα πρέπει η φόρτιση να φτάνει τουλάχιστο στο 70% με 75% του βάρους του σώματος. Η διάρκεια της ορθοστάτησης εξαρτάται από το στόχο που τίθεται κάθε φορά. Όταν ο στόχος είναι η αύξηση της οστικής πυκνότητας και η ανάπτυξη των οστών προτείνεται ένα πρόγραμμα ορθοστάτησης διάρκειας περίπου 60 λεπτών για 4 με 5 φορές την εβδομάδα, ενώ όταν ο στόχος είναι η πρόληψη των συγκάμψεων και η διατήρηση του εύρους κίνησης στις αρθρώσεις των κάτω άκρων προτείνεται ένα πρόγραμμα ορθοστάτησης διάρκειας 45 λεπτών με συχνότητα 2 με 3 φορές την ημέρα για 4 με 5 φορές την εβδομάδα.

Συνοπτικά, η χρήση ορθοστάτη είναι σημαντική διότι σύμφωνα με μελέτες συμβάλλει:

- Στην αύξηση της πυκνότητας των οστών.
- Στη διατήρηση του μήκους των μυών των κάτω άκρων και στην πρόληψη των συγκάμψεων.
- Στη μείωση της σπαστικότητας έως και για 12 ώρες.
- Στην καλή λειτουργία του αναπνευστικού και του πεπτικού συστήματος.
- Στη βελτίωση της νεφρικής λειτουργίας.
- Στην αύξηση της δύναμης και της αντοχής των μυών της στάσης.
- Στην αλληλεπίδραση με το περιβάλλον συμμετέχοντας σε περισσότερες δραστηριότητες.
- Στην πρόσληψη περισσότερων αντιληπτικών και γνωστικών ερεθισμάτων.
- Στην αύξηση της αυτοπεποίθησης

2.2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ PROJECT

Το 2008, το εργαστήριο Μηχανολογικής Σχεδίασης (Laboratoire Mécanique de Lille) του τμήματος DUT Génie Mécanique et Productique του πανεπιστημίου IUT de Lille ανέθεσε σε μια ομάδα φοιτητών τη σχεδίαση και κατασκευή ενός ιατρικού πρηνή ορθοστάτη, με βάση τις ανάγκες που προαναφέρθηκαν. Η ομάδα αυτή, προχώρησε στην υλοποίηση του project σε συνεργασία με τον οργανισμό “Challenge Handicap et Technologie”.

Ο οργανισμός αυτός διοργανώνει κάθε χρόνο έναν διαπανεπιστημιακό διαγωνισμό με θέμα τη δημιουργία και παρουσίαση τεχνολογικών επιτευγμάτων με στόχο την κάλυψη αναγκών των ατόμων με κινητικές δυσκολίες. Οι φοιτητές συμμετέχουν εκθέτοντας τις εργασίες τους στα πλαίσια ενός φιλικού συναγωνισμού ο οποίος επιδιώκει:

- Την καλύτερη ενημέρωση των ατόμων με κινητικές διαταραχές όσον αφορά στις δυνατότητες των τεχνολογικών βοηθημάτων.
- Την παραχώρηση της δυνατότητας στα άτομα αυτά να αποτελέσουν τους πραγματικούς αυτουργούς στην ανάπτυξη τεχνολογιών που τους αφορούν.
- Την ευαισθητοποίηση των νέων σε θέματα διαφορετικότητας.
- Την δραστηριοποίηση των σπουδαστών μέσω ενδιαφερόντων, χρήσιμων και παρακινητικών παιδαγωγικών προγραμμάτων.
- Τη γεφύρωση της πανεπιστημιακής κοινότητας με το σύνολο των ατόμων με ειδικές ανάγκες, προς κοινό τους όφελος.
- Την προώθηση επιστημονικών και τεχνικών καταρτίσεων.

Στα πλαίσια αυτής της δραστηριότητας και έπειτα από αναζήτηση και μελέτη υλοποιημένων σχεδίων, η ομάδα του εργαστηρίου Μηχανολογικής Σχεδίασης έφερε εις πέρας τη σχεδίαση των εξαρτημάτων που απαρτίζουν του υπό μελέτη ιατρικού βοηθήματος. Αυτό όμως αποτελεί μόνο το αρχικό βήμα, αφού είναι απαραίτητος ο έλεγχος σωστής συναρμολόγησης των επιμέρους εξαρτημάτων και λειτουργίας του τελικού προϊόντος προτού ξεκινήσει η διαδικασία της κατασκευής, ώστε να αποφευχθούν κάποια συνήθη προβλήματα, όπως οι αναπροσαρμογές που χρειάζονταν οι διαστάσεις ορισμένων εξαρτημάτων, η επιλογή των υλικών, ο τρόπος σύνδεσης των εξαρτημάτων και η μεταξύ τους επιτρεπόμενη κίνηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή μεταβολή των αρχικών σχεδίων κατά τη διάρκεια ολόκληρης της φάσης

κατασκευής. Ουσιαστικά, αυτό συνεπάγεται επιπλέον χρόνο για να πραγματοποιηθούν οι αλλαγές καθώς και επιπλέον κόστος στην περίπτωση όπου τα εξαρτήματα και τα υλικά χρειαστεί να αγοραστούν ξανά και να υποστούν νέες απαραίτητες κατεργασίες.

Σε αυτό το σημείο, παρουσιάστηκε η ανάγκη χρήσης ενός λογισμικού CAD και ξεκινάει ουσιαστικά η δική μου συνεισφορά στην υλοποίηση του project.

Αρχικά, η εργασία ξεκίνησε με τη μελέτη των υπαρχόντων μηχανολογικών σχεδίων. Σε συνδυασμό λοιπόν με τις ανάγκες που έρχεται να καλύψει το συγκεκριμένο προϊόν και τις δυνατότητες παραγωγής των εξαρτημάτων στο περιβάλλον του εργαστηρίου, έγιναν οι πρώτες διορθώσεις σε επίπεδο διαστάσεων και επιλογής υλικού.

Ακολούθησε η σχεδίαση των επιμέρους εξαρτημάτων στο σύστημα Autodesk Inventor Professional 2009. Σε αυτό το στάδιο, μελετήθηκαν και οι διάφορες δυνατότητες του προγράμματος που αφορούν στην προχωρημένη σχεδίαση, όπως η παραμετροποίηση, η δημιουργία χωρικών δικτυωμάτων, η ανάλυση και ο έλεγχος αντοχών των εξαρτημάτων.

Τέλος, δημιουργήθηκε το τελικό προϊόν και έγινε ο απαραίτητος έλεγχος της κινηματικής αυτού και της δυνατότητας συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης των εξαρτημάτων του.

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρατίθενται τα βασικά χαρακτηριστικά του ιατρικού ορθοστάτη που αποτελεί το αντικείμενο μελέτης καθώς και βελτιώσεις που μπορεί να υποστεί. Στο παράρτημα της παρούσης εργασίας, απεικονίζονται αναλυτικότερα τα μηχανολογικά σχέδια όλων των εξαρτημάτων καθώς και ολόκληρης της συναρμολόγησης.

Ο πρηνής ορθοστάτης που μελετήθηκε, διακρίνεται για την ποιότητα κατασκευής του και αποτελείται από ανθεκτικό σκελετό επενδυμένο με ειδικό αφρώδες μαλακό υλικό που απομακρύνει τη θερμότητα για την μεγαλύτερη άνεση του παιδιού. Δεν περιέχει latex για την αποφυγή αλλεργιών. Ο ορθοστάτης έχει τη δυνατότητα ρύθμισης της ανάκλισης από 0° έως περίπου 90° ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά του ασθενούς και να επιτρέπεται η προοδευτική φόρτιση των κάτω

άκρων. Ο ορθοστάτης είναι ειδικά σχεδιασμένος για την εύκολη τοποθέτηση του παιδιού και την κατάλληλη ευθυγράμμιση του σώματός του. Το μεγάλο τραπέζι εργοθεραπείας προσφέρει αρκετό χώρο για δραστηριότητες εκπαίδευσης και σίτισης του παιδιού. Διαθέτει ρύθμιση της κλίσης η οποία δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής της γωνίας κλίσης στο επιθυμητό επίπεδο.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Το συνολικό ύψος ξεκινάει από τα 1,40m με δυνατότητα επέκτασης έως και 1,50 m
- Η προσαρμογή του μεγέθους του συμβάλλει στην κάλυψη όλων των ηλικιών μέχρι την ενηλικίωση.
- Ο σκελετός του αποτελείται από χαλύβδινες τετραγωνικές ράβδους και ξύλινα μέρη υψηλής αντοχής.
- Οι άκρες είναι όσο το δυνατόν πιο στρογγυλεμένες, για εύκολο καθαρισμό αλλά και αποφυγή ατυχημάτων.
- Διαθέτει ρυθμιζόμενα στηρίγματα άνω άκρων για να παρέχει εξατομικευμένη στήριξη και κατάλληλη ευθυγράμμιση του σώματος για κάθε παιδί.
- Τα υφασμάτινα μέρη είναι κατασκευασμένα από αδιάβροχο αντιμικροβιακό ύφασμα και η ειδικά επεξεργασμένη επένδυση αφαιρείται και καθαρίζεται εύκολα.
- Υπάρχει δυνατότητα κλίσης από 0^o έως 90^o και η ρύθμισή της γίνεται με απλό χειροκίνητο μηχανισμό.
- Ο σχεδιασμός του είναι απλός και εργονομικός.
- Το ύψος του ρυθμίζεται εύκολα και με απλά εργαλεία.
- Ύπαρξη στηρίγματος σταθεροποίησης λεκάνης με απαγωγό ισχύων.
- Όταν ο ορθοστάτης είναι κάθετος η βάση ποδιών βρίσκεται σχεδόν στο επίπεδο του εδάφους, κάνοντας την τοποθέτηση του παιδιού εύκολη.
- Ο σκελετός είναι ειδικά σχεδιασμένος για τη διευκόλυνση του γονέα για την εύκολη πρόσβαση και φροντίδα του παιδιού.
- Η εύκολη τοποθέτηση του παιδιού και τα υψηλά επίπεδα άνεσης διασφαλίζουν τη συνεχή χρήση του ορθοστάτη και την πιστή τήρηση του προγράμματος ορθοστάτησης.

- Γενικότερα, το προϊόν είναι πλήρως εναρμονισμένο με την οδηγία περί ιατρικών συσκευών.

Προτεινόμενες βελτιώσεις-προσθήκες:

- Στήριγμα κεφαλής για μεγαλύτερη ευκολία στήριξης.
- Ζεύγος πλαϊνών στηριγμάτων γονάτων.

- Λαβή σταθεροποίησης του χεριού μπορεί να τοποθετηθεί στο τραπέζι εργοθεραπείας για να διευκολύνει τις λειτουργικές δραστηριότητες.

- Σανδάλια με δυνατότητα προσαρμογής ανάλογα με τις εξατομικευμένες ανάγκες του παιδιού.

- Ζώνη συγκράτησης κορμού για περισσότερη σταθερότητα
- Σύστημα στήριξης της λεκάνης ώστε να δίνεται η δυνατότητα ελάχιστης ή πλήρους στήριξης των κάτω άκρων ανάλογα με την ικανότητα του παιδιού.

- Παροχή στήριξης τόσο από την πρόσθια όσο και από την οπίσθια πλευρά του σώματος με στόχο τη βελτίωση του ελέγχου των κάτω άκρων.

- Δυνατότητα άσκησης από την καθιστή στην όρθια θέση για την ενδυνάμωση των μυών των κάτω άκρων βοηθώντας στην εκπαίδευση της ορθοστάτησης.
- Προσθήκη τροχών και φρένων σε αυτούς για μεγαλύτερη ευκολία κινήσεων.

- Πλαϊνά στηρίγματα κεφαλής για άτομα με αδυναμία στήριξης αυτής.

- Στήριγμα αγκαλιάς θώρακα και λεκάνης για την προσφορά υψηλών επιπέδων άνεσης και αισθήματος ασφάλειας στο χρήστη.

- Μικρή ανύψωση των μικρών τροχών για ευκολία στην προσπέλαση των εμποδίων.

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάστηκαν επιγραμματικά τα κύρια χαρακτηριστικά του υπό μελέτη ιατρικού ορθοστάτη, καθώς και η ανάγκη για περεταίρω βελτιώσεις με στόχο την κάλυψη περισσότερων αναγκών. Αυτό δε σημαίνει βέβαια ότι το συγκεκριμένο βοήθημα δεν επιδέχεται και άλλες προσθήκες και αναβαθμίσεις. Έτσι, μπορεί να αποτελέσει το αντικείμενο μελέτης κάποιας μελλοντικής εργασίας ως επέκταση της παρούσης.

3 ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ

Το εγχειρίδιο που ακολουθεί αναφέρεται στην έκδοση 2009 του Autodesk Inventor Professional. Σκοπός του είναι η εισαγωγή σε κάποιες βασικές λειτουργίες του προγράμματος χωρίς όμως να επεκτείνεται σε περεταίρω λεπτομέρειες. Όποιος επιθυμεί να εμβαθύνει τις γνώσεις του μπορεί να ανατρέξει στα αντίστοιχα manuals της Autodesk.

Οι λειτουργίες που θα παρουσιαστούν στο κεφάλαιο αυτό είναι:

- Παραμετροποίηση
- Εισαγωγή στο Frame Generator
- Προσαρμογή & Δημιουργία δομικών μορφών
- Ανάλυση αντοχών με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων (Stress Analysis)

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι ο χρήστης θα πρέπει να έχει κάποιες βασικές γνώσεις όσον αφορά στον καθορισμό του χώρου εργασίας (project workspace) και στη δημιουργία αρχείων τρισδιάστατης σχεδίασης.

Το Autodesk Inventor χρησιμοποιεί projects για να ομαδοποιεί και να διαχειρίζεται τα αρχεία αυτά. Ουσιαστικά ένα project οργανώνει τα δεδομένα διατηρώντας πληροφορίες για το πού βρίσκονται αποθηκευμένα τα στοιχεία του σχεδίου, πού μπορεί να γίνει η επεξεργασία των αρχείων, και διατηρεί έγκυρες συνδέσεις μεταξύ αυτών.

Από την γραμμή εργαλείων και συγκεκριμένα από **File → Projects** ανοίγει το παράθυρο διαλόγου με όλα τα διαθέσιμα projects. Σε αυτήν τη φάση ο χρήστης μπορεί να επιλέξει σε ποιο από αυτά θέλει να εργαστεί, ή να δημιουργήσει εκ νέου κάποιο δικό του επιλέγοντας την εντολή **New**. Από τη στιγμή που έχει καθοριστεί και ενεργοποιηθεί το project οποιαδήποτε ενέργεια γίνεται από εκεί και πέρα θα αποθηκεύεται σε αυτό.

Ας ρίξουμε τώρα μια ματιά στους διάφορους τύπους αρχείων που διαθέτει το Autodesk Inventor. Επιλέγοντας από **File → New** ανοίγει το παράθυρο διαλόγου για τη δημιουργία ενός καινούριου σχεδιαστικού αρχείου. Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται με βάση κάποιες έτοιμες φόρμες που καθορίζουν τις μονάδες και τα σχεδιαστικά πρότυπα και είναι τα παρακάτω:

Part (*.ipt*)

Sheet metal part (*.ipt*)

Assembly (*.iam*)

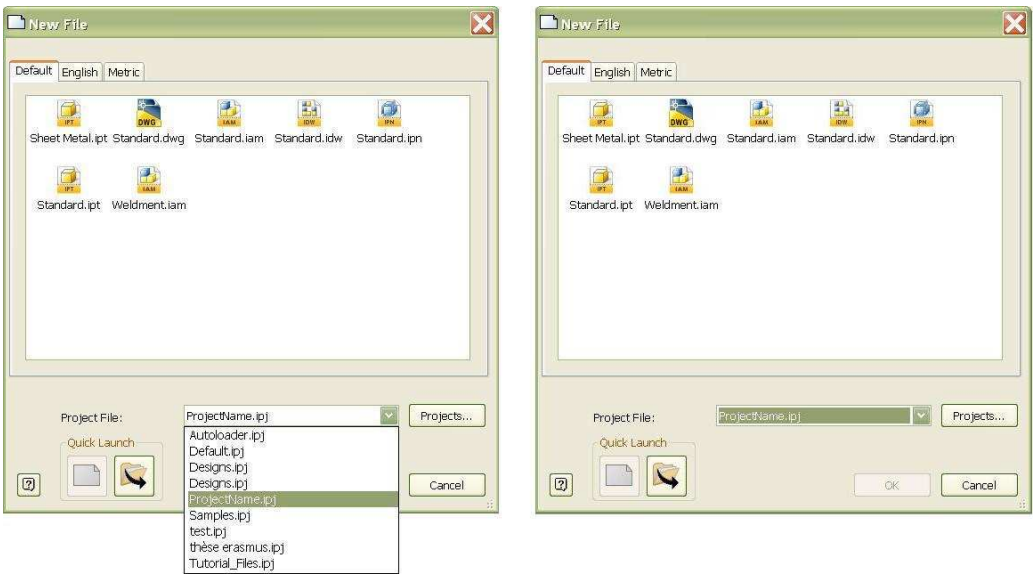
Weldment (*.iam*)

Presentation (*.ipn*)

Drawing (*.idw*)

Drawing (*.dwg*)

Επιλέγοντας λοιπόν τον τύπο του αρχείου που επιθυμεί να δημιουργήσει ο χρήστης και ελέγχοντας για ακόμα μία φορά το project file που είναι επιλεγμένο οι συνθήκες είναι κατάλληλες για την έναρξη σχεδιασμού του οποιουδήποτε προϊόντος.



Εικόνα 3.1: Επιλογή τύπου αρχείου και project file.

Τα βήματα που προαναφέρθηκαν είναι βασικά για τη σωστή αποθήκευση και ομαδοποίηση των αρχείων και πρέπει να ακολουθούνται κάθε φορά που ο χρήστης εισέρχεται στο περιβάλλον του Inventor.

3.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ

3.1.1 Εισαγωγή

Η δύναμη του λογισμικού παραμετρικής σχεδίασης έγκειται στο γεγονός ότι οι διαστάσεις όχι μόνο αντιπροσωπεύουν αριθμητικά το μέγεθος ενός αντικειμένου, αλλά στην πραγματικότητα το ελέγχουν. Εάν αλλάξει για παράδειγμα μια διάσταση, κατόπιν αλλάζει κατά αντιστοιχία και το μέγεθός του. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα, εισάγοντας τις κατάλληλες σχέσεις μεταξύ των διαστάσεων, με την τροποποίηση ενός μόνο μεγέθους να επιτυγχάνεται μεταβολή σε περισσότερα χαρακτηριστικά του αντικειμένου. Για παράδειγμα, η αλλαγή του μήκους ενός εξαρτήματος μπορεί να οδηγήσει και στην ταυτόχρονη αλλαγή του πάχους του.

Όλα τα παραπάνω πραγματοποιούνται αφού ο χρήστης έχει δημιουργήσει έναν εξωτερικό πίνακα παραμέτρων. Έπειτα, συνδέοντάς τον με ένα υπάρχον αρχείο εξαρτήματος (**part file**) του δίνεται η δυνατότητα να μετατρέψει το αντικείμενό του σε ένα παραμετρικό μοντέλο, το οποίο και μπορεί να ελέγξει από τον πίνακα παραμέτρων.

Οι ικανότητες που αναπτύσσονται στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνουν:

- Δημιουργία πίνακα.
- Σύνδεση του πίνακα σε ένα υπάρχον αντικείμενο.
- Εκχώρηση παραμέτρων σε υπάρχουσες διαστάσεις.
- Αλλαγή του μεγέθους του αντικειμένου μεταβάλλοντας κάποια διάσταση.

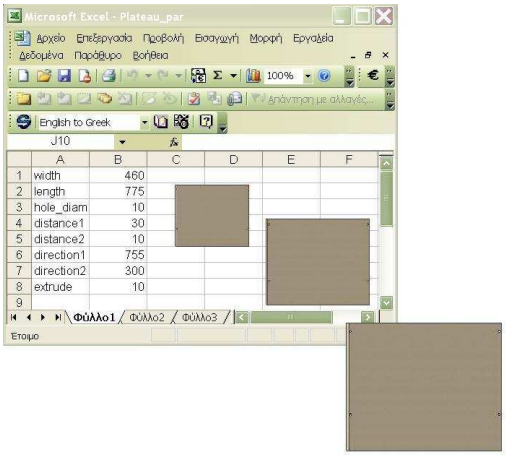
3.1.2 Δουλεύοντας με πίνακες

Σημείωση: Πριν ξεκινήσετε να ασχολείστε με αυτό το κομμάτι, βεβαιωθείτε ότι υπάρχει εγκατεστημένη στον υπολογιστή σας η εφαρμογή Microsoft Office Excel.

Ο πίνακας δεν είναι άλλο από ένα φύλλο εργασίας Excel που περιέχει εκείνες τις παραμέτρους που ελέγχουν το μέγεθος και το σχήμα του εξαρτήματος. Είναι στην κρίση του χρήστη να αποφασίσει ποιες παραμέτρους θα χρησιμοποιήσει και ποια θα είναι η μεταξύ τους σχέση, ανάλογα με τις ιδιότητες που επιθυμεί να προσδώσει στο εξάρτημα με το οποίο εργάζεται.

Στο παράδειγμα που ακολουθεί θα εργαστούμε με ένα απλό αντικείμενο (Plateau_par.ipt) ώστε να γίνουν εύκολα αντιληπτές οι λειτουργίες της παραμετροποίησης.

Σε αυτήν λοιπόν την περίπτωση, ο πίνακας περιέχει οχτώ παράμερους που ελέγχουν το σχήμα και το μέγεθος του. Οι έξι από αυτές είναι συναρτήσεις. Αντίθετα, το μήκος του αντικειμένου και η διάμετρος της οπής έχουν απόλυτες τιμές. Μεταβάλλοντας δηλαδή τις τιμές τους, αυτόματα εκχωρούνται νέες τιμές στα εξαρτώμενα από αυτές μεγέθη.



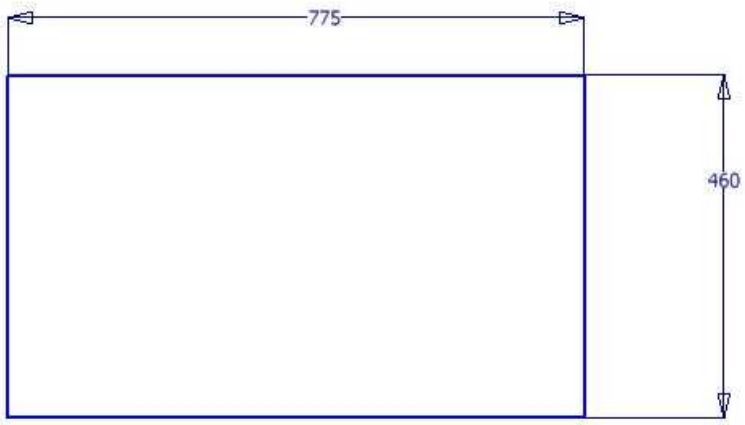
Εικόνα 3.2: Εξωτερικός πίνακας παραμέτρων και μεταβολή του αντικειμένου.

3.1.3 Δημιουργία εξωτερικού πίνακα

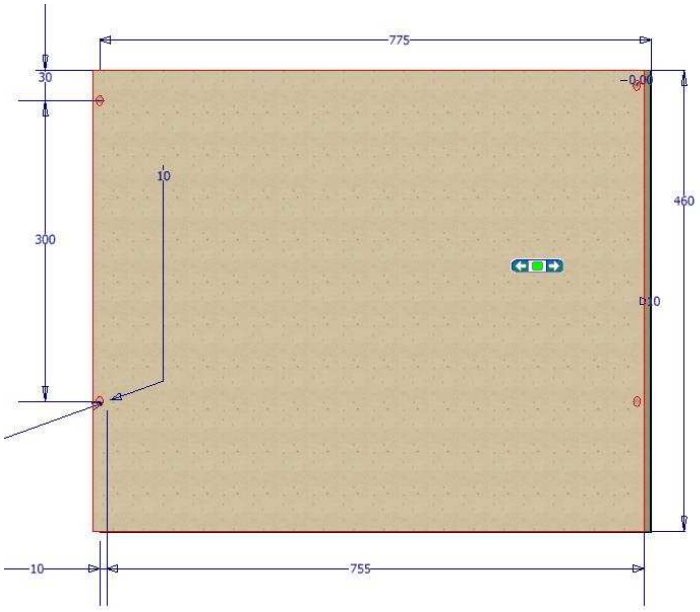
Ανοίξτε το Microsoft Office Excel. Εισάγετε τις παρακάτω τιμές στις δύο πρώτες στήλες.

A	B
width	460
length	=B1*2-145
Hole_diam	10
distance1	=B3*3
distance2	=B3
direction1	=B2-2*B5
direction2	=B1-ROUND(B1/2,875;0)
extrude	=IF(B1<800;10;40)

Οι παράμετροι 1 και 2 αναφέρονται στο Sketch1 ,η 8 στο Extrusion1 , οι 3, 4 και 5 στο Hole1 και τέλος οι 6 και 7 στο Rectangular Pattern1 .



Εικόνα 3.3: Sketch1



Εικόνα 3.4: Όλα τα χαρακτηριστικά μεγέθη του αντικειμένου.

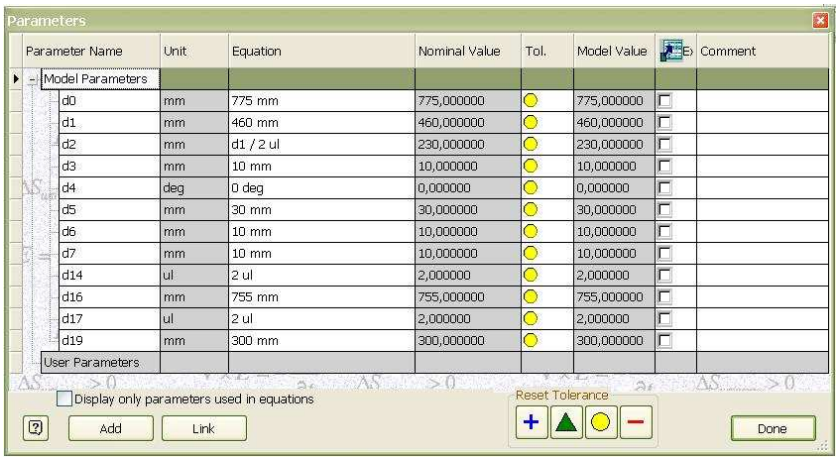
Αποθηκεύστε το αρχείο που μόλις δημιουργήσατε με το όνομα Plateau_par.xls στον χώρο εργασίας (project workspace) όπου έχει δημιουργηθεί το προς μελέτη αντικείμενο Plateau_par.ipt.

3.1.4 Κατανόηση και επεξεργασία παραμέτρων

Οι παράμετροι είναι τιμές που εκχωρούνται στα στοιχεία που δημιουργεί ο χρήστης. Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού ενός αντικειμένου και της απόδοσης διαφόρων χαρακτηριστικών σε αυτό, οι παράμετροι των τιμών που ελέγχουν τα διάφορα στοιχεία εισάγονται αυτόματα από το Autodesk.

f_x Επιλέξτε τώρα το εργαλείο **Parameters**.

Ανοίγει το παράθυρο των παραμέτρων, όπου φαίνεται η λίστα των παραμέτρων (Model Parameters) που έχουν αποδοθεί αυτόματα από το πρόγραμμα στο αντικείμενο.



Εικόνα 3.5: Παράθυρο παραμέτρων όπως εισάγονται από το πρόγραμμα.

- Κάθε φορά που γίνεται η διαστασιολόγηση κάποιου στοιχείου ή ο καθορισμός ενός χαρακτηριστικού, το Autodesk Inventor εκχωρεί μία παράμετρο (όνομα) στην τιμή αυτή.
- Κάθε παράμετρος στο μοντέλο έχει ως πρόθεμα το γράμμα **d**. Μπορείτε να επεξεργαστείτε οποιαδήποτε παράμετρο, όμως το **d** είναι ένα δεσμευμένο από το πρόγραμμα όνομα. Για να αποφευχθούν τυχόν περιπλοκές, καλό είναι να μην χρησιμοποιείται το όνομα αυτό κατά τον προσδιορισμό των παραμέτρων στον εξωτερικό πίνακα.
- Για να επεξεργαστείτε το όνομα μιας παραμέτρου, αφού ενεργοποιήσετε το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου με τη βοήθεια του εργαλείου f_x, απλά ενεργοποιήστε το κελί που επιθυμείτε και προβείτε στις επιθυμητές αλλαγές.

- Με τον ίδιο τρόπο μπορείτε να προσθέσετε και διάφορα σχόλια.

3.1.5 Σύνδεση εξωτερικού πίνακα

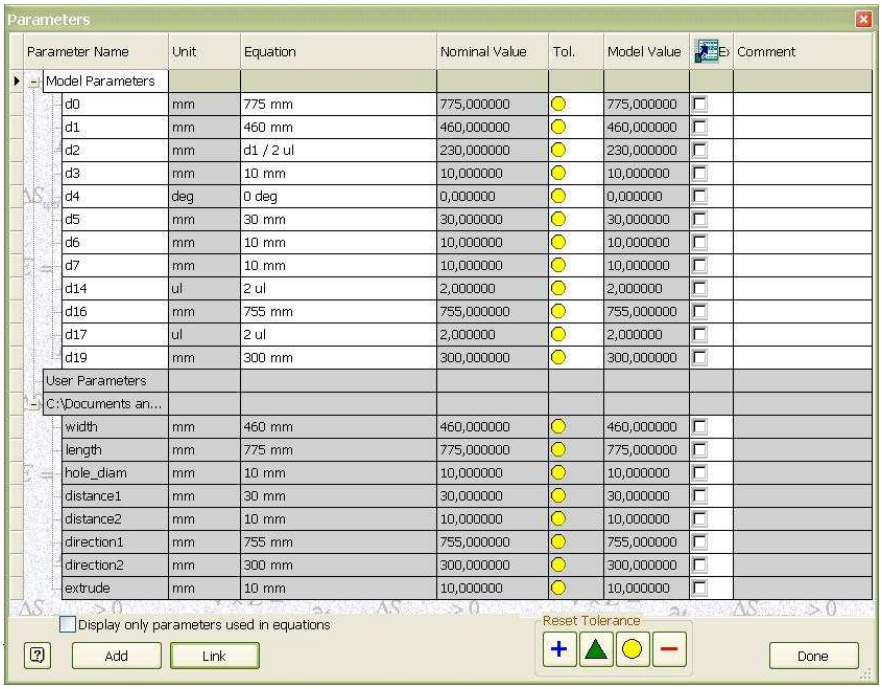
- Πατήστε το

στο παράθυρο διαλόγου των παραμέτρων.
- Έπειτα επιλέξτε το αρχείο Plateau_par.xls που έχετε δημιουργήσει.

Το πρόγραμμα εισάγει με αυτόν τον τρόπο τον εξωτερικό πίνακα στο παράθυρο των παραμέτρων (Parameters).

- Επιθεωρήστε τα ονόματα και τις τιμές των παραμέτρων που εισήγατε.
- Αφού τελειώσετε επιλέξτε το κουμπί

.



Εικόνα 3.6: Σύνδεση του εξωτερικού πίνακα στο παράθυρο παραμέτρων.

3.1.6 Εκχώρηση παραμέτρων και τροποποίηση χαρακτηριστικών

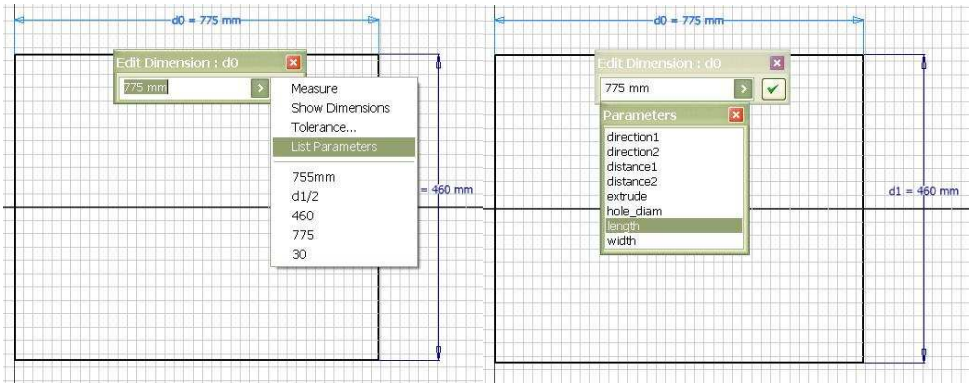
Αρχικά, τροποποιείστε τις διαστάσεις του

αφού εισέλθετε στο περιβάλλον σχεδίασης:

- Κάντε δεξί κλικ στο παράθυρο γραφικών και επιλέξτε **Dimension Display → Expression**. Εμφανίζονται με αυτόν τον τρόπο οι τιμές των

διαστάσεων με τις αντίστοιχες παραμέτρους που έχουν δοθεί από το πρόγραμμα (π.χ. d0 = 755 mm).

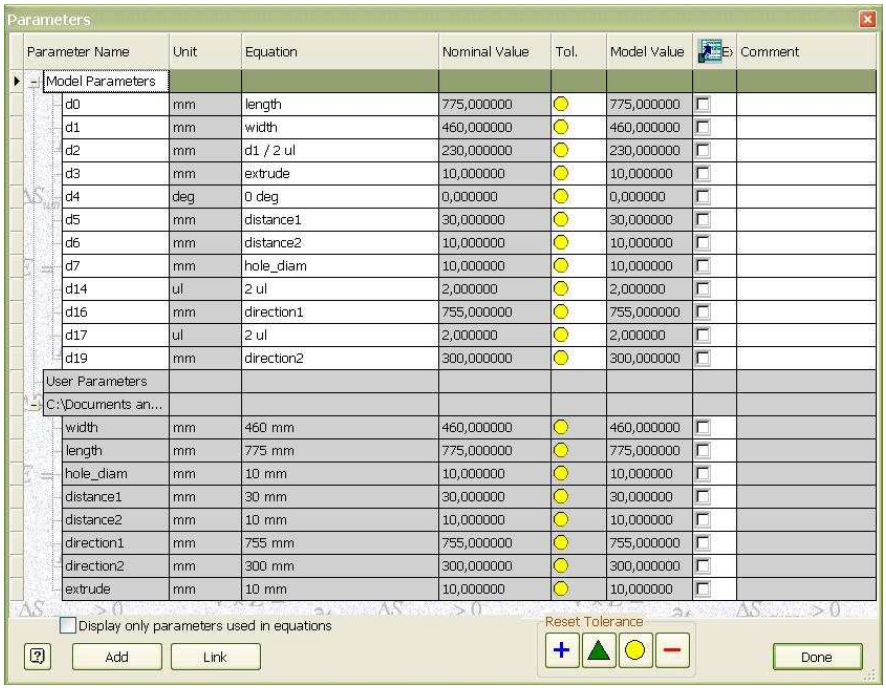
- Επιλέξτε με διπλό κλικ την οριζόντια διάσταση των 755 mm. Εμφανίζεται το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου.
- Πατήστε το σύμβολο του δεξιού βέλους κι έπειτα την επιλογή **List Parameters**. Ανοίγει με αυτόν τον τρόπο ένα παράθυρο παραμέτρων που καταγράφει τις οχτώ παραμέτρους που έχετε εισάγει από τον εξωτερικό πίνακα.
- Στην λίστα των παραμέτρων διαλέξτε **length** και για να αποδεχτείτε την επιλογή σας πατήστε το σύμβολο . Το σχέδιο έχει ενημερωθεί και απεικονίζει πλέον την τιμή από το αρχείο Plateau_par.xls.



Εικόνα 3.7: Εκχώρηση παραμέτρου στη μία διάσταση του αντικειμένου.

- Με παρόμοιο τρόπο εκχωρούμε και τις υπόλοιπες παραμέτρους στα αντίστοιχα στοιχεία. Η αντιστοίχηση θα πρέπει να είναι ως εξής:
  - ✓ Extrusion1 → d3 = extrude
  - ✓ Hole1 → d5 = distance1, d6 = distance2 και d7 = hole_diam
  - ✓ Rectangular Pattern1 → d16 = direction1 και d19 = direction2

  Και ο πίνακας παραμέτρων έχει τελικά τη μορφή:



Εικόνα 3.8: Τελική μορφή του πίνακα παραμέτρων.

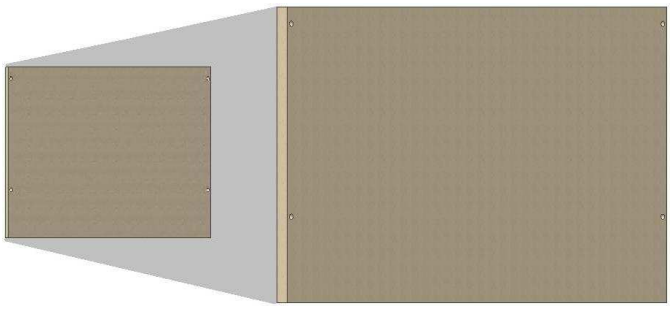
3.1.7 Έλεγχος αντικειμένου από τις παραμέτρους

Αφού λοιπόν σε όλες τις τιμές που ελέγχουν το μέγεθος, το σχήμα και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του αντικειμένου εκχωρήθηκαν οι αντίστοιχοι παράμετροι, μπορείτε να ελέγξετε την μεταβολή του από τον εξωτερικό πίνακα.

- Μεταβείτε στο περιβάλλον του Microsoft Excel και στο αρχείο Plateau_par.xls.
- Αλλάξτε το πλάτος (**width**) του αντικειμένου εισάγοντας την τιμή **800**. Μπορείτε αν θέλετε να μεταβάλλετε και την τιμή της διαμέτρου της οπής (**hole_diam**) στα **15 mm**.
- Σώστε την αλλαγή ή τις αλλαγές που κάνατε.
- Επιστρέψτε στο παράθυρο του Autodesk Inventor και επιλέξτε το **update tool** για να δείτε τη νέα έκδοση του αντικειμένου.

Το πρόγραμμα κατασκευάζει εκ νέου το εξάρτημα λαμβάνοντας ως δεδομένα τις τιμές του εξωτερικού πίνακα.

	A	B
1	Width	800
2	Length	1455
3	hole_diam	15
4	distance1	45
5	distance2	15
6	Direction1	1425
7	Direction2	522
8	Extrude	40



Εικόνα 3.9: Η αύξηση του πλάτους και της διαμέτρου της οπής οδηγούν στη μεταβολή των εξαρτώμενων από αυτά μεγεθών.

3.1.8 Σημεία που πρέπει να προσέξετε

Σε αυτό το σημείο που ολοκληρώθηκε η διαδικασία της παραμετροποίησης, πρέπει να αναφερθούν κάποιες λεπτομέρειες ώστε να αποφευχθούν ορισμένες συνήθεις παγίδες.

- Τα ονόματα που αποδίδει ο χρήστης στις μεταβλητές πρέπει να είναι μοναδικά. Αν το υπολογιστικό φύλλο (*.xls) περιέχει ένα όνομα μεταβλητής που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί από τον χρήστη για να καθορίσει κάποιο στοιχείο του αντικειμένου, τότε το λογισμικό θα αγνοήσει τη μεταβλητή στο πρώτο.
- Υπάρχει η δυνατότητα να συνδέσετε περισσότερους του ενός εξωτερικούς πίνακες στο ίδιο αρχείο εξαρτήματος (**part file**). Και σε αυτήν την περίπτωση όμως τα ονόματα των μεταβλητών πρέπει να είναι μοναδικά. Αν υπάρχουν πανομοιότυπα ονόματα, αυτό που έχει δημιουργηθεί πρώτο λαμβάνεται υπ’ όψιν στους υπολογισμούς, ενώ το άλλο αγνοείται.
- Επίσης, περισσότερα από ένα αντικείμενα (**part**) μπορούν να συσχετίζονται στον ίδιο εξωτερικό πίνακα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να καθιερωθούν σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών εξαρτημάτων σε μία συναρμολόγηση (**assembly**).
- Τα ονόματα των μεταβλητών διακρίνουν κεφαλαίους και μικρούς χαρακτήρες (case sensitive). Για παράδειγμα, η μεταβλητή *Width* είναι διαφορετική από την *width*, που με τη σειρά της διαφέρει από την *width*.

Για τον λόγο αυτόν ο χρήστης πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός κατά την ονομασία των μεταβλητών.

- Η σύνδεση του εξωτερικού πίνακα με το αντικείμενο μπορεί να αφαιρεθεί κάνοντας δεξί κλικ στο όνομά του που βρίσκεται στο παράθυρο του **Model Browser** κάτω από το **3rd Party** και επιλέγοντας **Delete**. Όταν γίνει αυτό, οι μεταβλητές «παγώνουν» στις τρέχουσες τιμές τους. Ο μόνος τρόπος να επανεγκαθιδρυθεί η σύνδεση είναι να ανοίξετε το πλαίσιο διαλόγου των παραμέτρων, να διαγραφεί κάθε μεταβλητή και έπειτα να επανασυνδεθούν με τον εξωτερικό πίνακα.
- Σε περίπτωση που ενσωματωθούν αντί να συνδεθούν οι παράμετροι, τότε αυτές «απορροφούνται» από το ίδιο το εξάρτημα και επηρεάζουν μόνο αυτό.
- Στη συνέχεια παρουσιάζεται μία λίστα που περιλαμβάνει ορισμένα παραδείγματα δεσμευμένων χαρακτήρων και ονομάτων, οι οποίοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το χρήστη για την ονομασία παραμέτρων. Μην ξεχνάτε το γεγονός ότι τα ονόματα των μεταβλητών διακρίνουν κεφαλαίους και μικρούς χαρακτήρες (case sensitive).

Parameter	Reason Reserved
W	symbol for Watt
J	symbol for Joule
K	symbol for Kelvin
l (lowercase L)	symbol for liter
N	symbol for Newton
E	scientific notation symbol
c	symbol for Centigrade
f	symbol for Fahrenheit
g	acceleration due to gravity
s	second

Επιπροσθέτως, όλες οι μονάδες μέτρησης αποτελούν και αυτές δεσμευμένα ονόματα (πχ *in, mm, cm, ft, deg, mps, rad, gal,...*).

Επίσης, ενώ δεν επιτρέπεται η χρήση αριθμητικών χαρακτήρων (πχ *1, 12, 145*), μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αλφαριθμητικά ως ονόματα παραμέτρων (πχ *d1, t23,…*) αρκεί το αριθμητικό να μη βρίσκεται στην

αρχή του ονόματος (το *2z* δεν είναι έγκυρο ενώ το *z2* μπορεί να χρησιμοποιηθεί).

Τέλος, όλα τα ονόματα συναρτήσεων (πχ *ceil, max, round, ...*) είναι κατειλημμένα από το πρόγραμμα. Η λίστα των συναρτήσεων αυτών είναι διαθέσιμη στη βοήθεια του προγράμματος.

3.1.9 Ανασκόπηση

Συνοπτικά, τα βήματα που πρέπει να κάνει κανείς για να ελέγξει ένα εξάρτημα χρησιμοποιώντας παραμέτρους είναι τα παρακάτω:

- Άνοιγμα ενός αρχείου εξαρτήματος (*.ipt).
- Δημιουργία ενός εξωτερικού πίνακα.
- Σύνδεση του πίνακα στο αρχείο.
- Εκχώρηση παραμέτρων σε υπάρχουσες διαστάσεις.
- Τροποποίηση της τιμής μίας ή παραπάνω παραμέτρων.
- Ενημέρωση και προσαρμογή του αντικειμένου

Εφαρμόζοντας την παραπάνω μέθοδο, μπορείτε εύκολα να δημιουργήσετε οποιοδήποτε παραμετρικό μοντέλο το οποίο θα εξαρτάται από έναν εξωτερικό πίνακα παραμέτρων.

3.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ FRAME GENERATOR

3.2.1 Εισαγωγή

Η γεννήτρια πλαισίων (**Frame Generator**) του Autodesk Inventor δημιουργεί γρήγορα και εύκολα χωρικά δικτυώματα. Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή ενός σκελετικού προφίλ το οποίο αποτελείται από δυσδιάστατα ή τρισδιάστατα σκίτσα, ακμές και κορυφές, ώστε να καθοριστεί η θέση των δομικών μελών. Οποιεσδήποτε αλλαγές γίνονται στο σκελετικό μέρος ενημερώνουν αυτόματα τα σχετικά μέλη των δομικών πλαισίων. Μόλις προστεθούν τα μέλη των δικτυωμάτων, ο χρήστης μπορεί να μεταπλάσσει τις άκρες τους και τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται με τη χρήση ενός ή περισσότερων από τα διαθέσιμα εργαλεία τροποποίησης στο πλαίσιο (Panel) του Frame Generator.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα χρησιμοποιηθεί το Frame Generator για να δημιουργηθούν δομικές συναρμολογήσεις πλαισίων. Στο πρώτο κομμάτι, χρησιμοποιείται ένα προκαθορισμένο σκελετικό πρότυπο για να καθορίσει την τοποθέτηση και την έκταση των τμημάτων πλαισίων (όπως η τετραγωνική σωλήνωση), τα οποία είναι τυποποιημένα και υπάρχουν στις βιβλιοθήκες του προγράμματος , και να συνταιριάξει έπειτα τα συστατικά που δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια κατάλληλων εντολών.

3.2.2 Σκελετικό πρότυπο

Το Frame Generator χρησιμοποιεί τα μέλη πλαισίων που περιλαμβάνονται στο Content Center του προγράμματος. Για να αποκτήσετε πρόσβαση σε αυτό, πρέπει να ανοίξετε την κονσόλα ADMS και να συνδεθείτε. Αυτό γίνεται επιλέγοντας από το μενού **File → Autodesk Data Management Server → Log In**.

Έπειτα, ενεργοποιείστε το project με το οποίο θα ασχοληθείτε και δημιουργήστε ένα νέο, κενό αρχείο συναρμολόγησης χρησιμοποιώντας το μετρικό πρότυπο. Ονομάστε το Bâtis.iam. Τοποθετήστε το αρχείο Bâtis.ipt που αποτελείται από ένα δισδιάστατο και ένα τρισδιάστατο σχέδιο τα οποία καθορίζουν μαζί το σκελετικό πρότυπο. Το πρότυπο αυτό θα καθορίσει στη συνέχεια την τοποθέτηση και την έκταση των τμημάτων πλαισίων στη συναρμολόγηση. Αποθηκεύστε το αρχείο ώστε να μπορέσετε να χρησιμοποιήσετε τις λειτουργίες του Frame Generator.

3.2.3 Εισαγωγή προφίλ

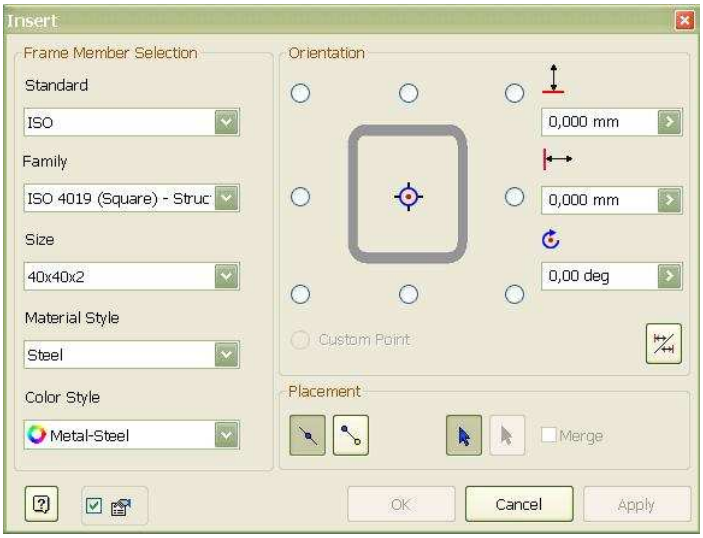
- Στο πλαίσιο εντολών (**Panel Bar**) πατήστε το βέλος που βρίσκεται δίπλα στο **Assembly Panel** και επιλέξτε **Frame Generator**. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται η μετάβαση στο νέο περιβάλλον εργασίας.

Εικόνα 3.10: Μετάβαση στο περιβάλλον του Frame Generator.

- Με την επιλογή του εργαλείου **Insert** εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου για την επιλογή ενός τμήματος πλαισίου από μία λίστα προτύπων που υπάρχουν στις βιβλιοθήκες του προγράμματος.

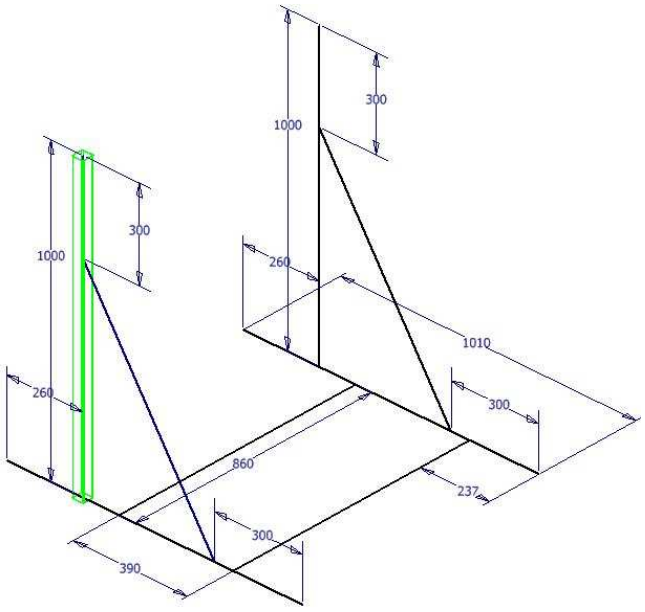
Σημείωση: Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας νέων δομικών μορφών από τον ίδιο τον χρήστη, αλλά θα γίνει αναλυτικότερη παρουσίαση σε επόμενη παράγραφο.

- Στο χώρο που πρέπει να εισάγετε το πρότυπο (**Standard**) επιλέξτε **ISO**.
- Έπειτα εισάγετε στο μενού της κατηγορίας των μελών (**Family**) τον τύπο τετραγωνικής ράβδου **ISO 4019 (Square) – Structural Steels – Cold-formed, welded, structural hollow sections**.
- Όσον αφορά στο μέγεθος (**Size**) της ράβδου η επιλογή εδώ θα είναι **40x40x2**.
- Τέλος, για το υλικό (**Material Style**) και για το χρώμα (**Color Style**) του αντικειμένου εισάγετε αντίστοιχα **Steel** και **Metal Steel**.



Εικόνα 3.11: Παράθυρο διαλόγου για την εισαγωγή και επιλογή ενός μέλους πλαισίου.

Επιλέξτε τη μπροστινή κάθετη γραμμή του σκίτσου όπως φαίνεται στην εικόνα.

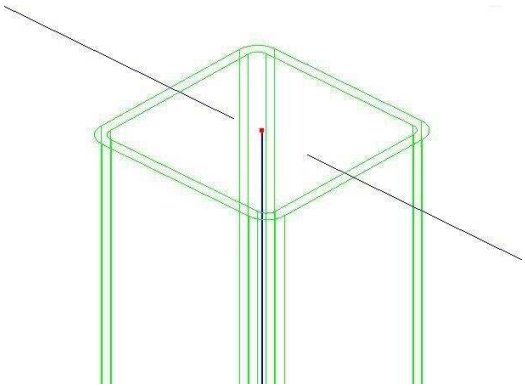


Εικόνα 3.12: Προεπισκόπηση του αγωγού.

Σημείωση: Για να αφαιρέσετε μια γραμμή από το σύνολο επιλογής, αρκεί να επιλέξετε πάλι την ίδια γραμμή ή την προεπισκόπηση του πλαισίου που έχει δημιουργηθεί έχοντας πατημένο το πλήκτρο Ctrl.

3.2.4 Προσανατολισμός προφίλ

Η προκαθορισμένη τοποθέτηση του προφίλ της ράβδου είναι στο κέντρο των επιλεγμένων γραμμών του σκελετικού προτύπου.

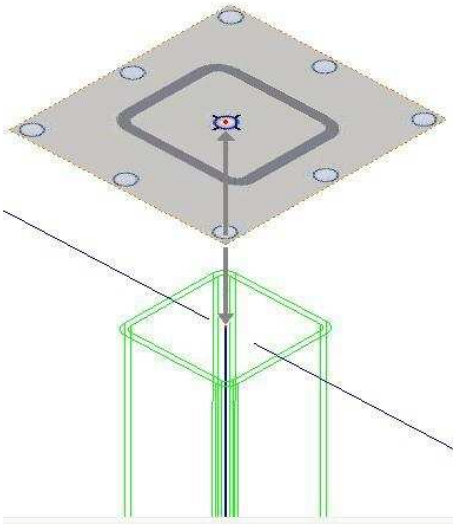


Εικόνα 3.13: Προεπιλεγμένη θέση του αγωγού.

Αφού τοποθετηθεί το μέλος πλαισίου στην προεπιλεγμένη του θέση, υπάρχει η δυνατότητα μετατόπισης αυτού με τη βοήθεια σχετικών εντολών που παρουσιάζονται παρακάτω.

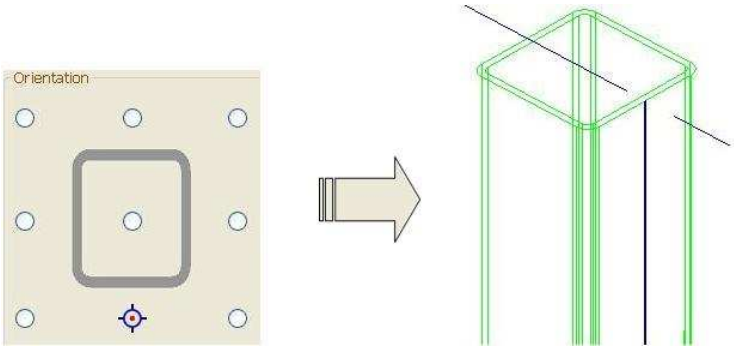
- Δείκτης Προσανατολισμού (**orientation indicator**)

Ο δείκτης αυτός αντιστοιχεί στην επιλεγμένη γραμμή του σκίτσου.



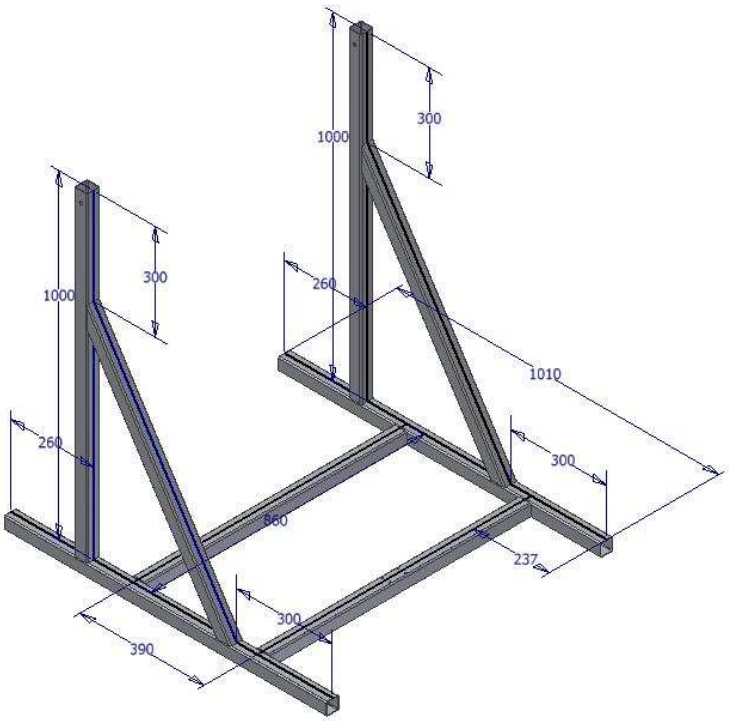
Εικόνα 3.14: Αντιστοιχία δείκτη προσανατολισμού και θέσης του πλαισίου.

Τώρα επιλέξτε την κεντρική θέση κάτω από την εικόνα πρόβλεψης σχεδιαγράμματος. Παρατηρήστε ότι κάθε μια από τις προεπισκοπήσεις του προφίλ στο παράθυρο γραφικών, μετατοπίζεται σε σχέση με τη γραμμή του σκίτσου που έχει επιλεγεί ώστε να προσαρμόζεται με τη θέση του δείκτη προσανατολισμού.



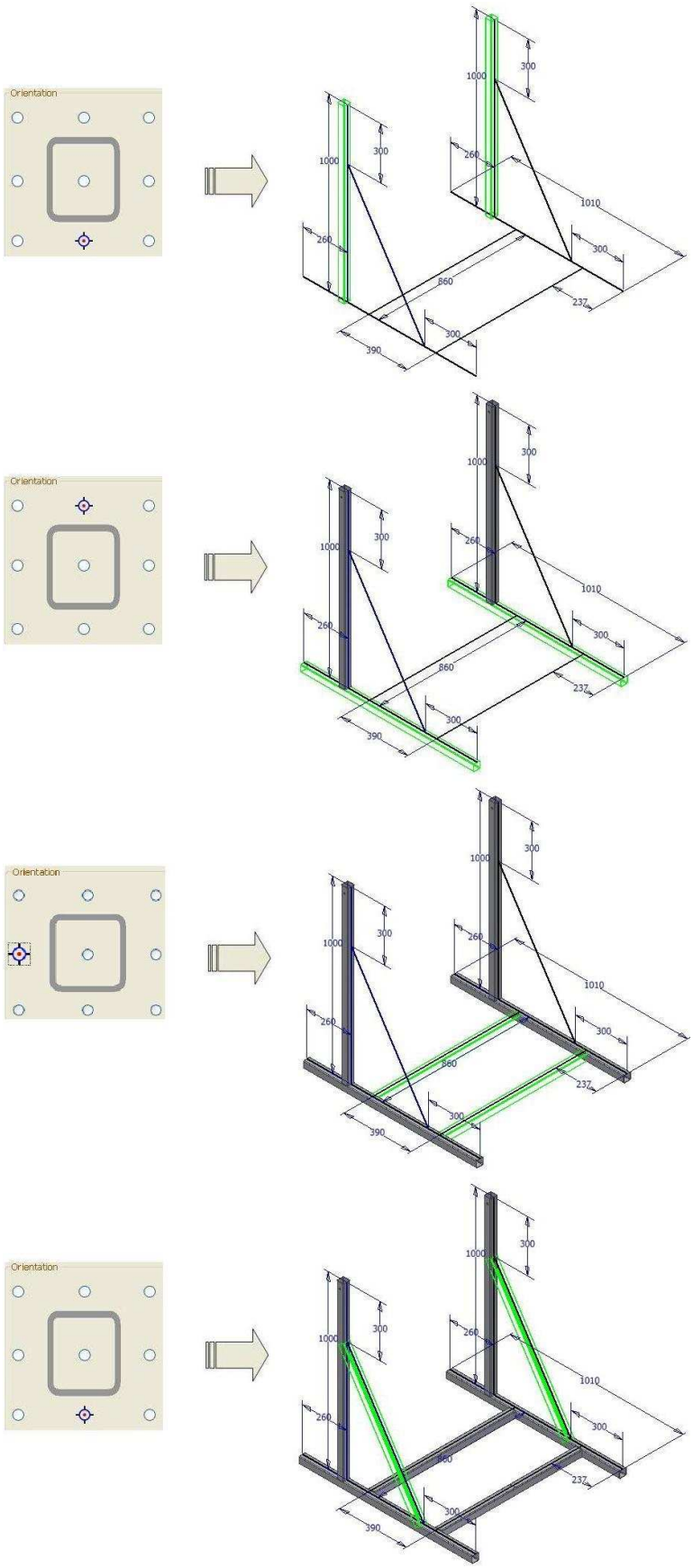
Εικόνα 3.15: Αλλαγή του προσανατολισμού.

Με την τελευταία επιλογή σας, τοποθετήθηκε σωστά και το πρώτο μέλος στη συναρμολόγηση. Με παρόμοιο τρόπο, δημιουργούνται και τοποθετούνται οι υπόλοιπες ράβδοι ώστε να έχουμε το παρακάτω τελικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 3.16: Τελική μορφή του κομματιού.

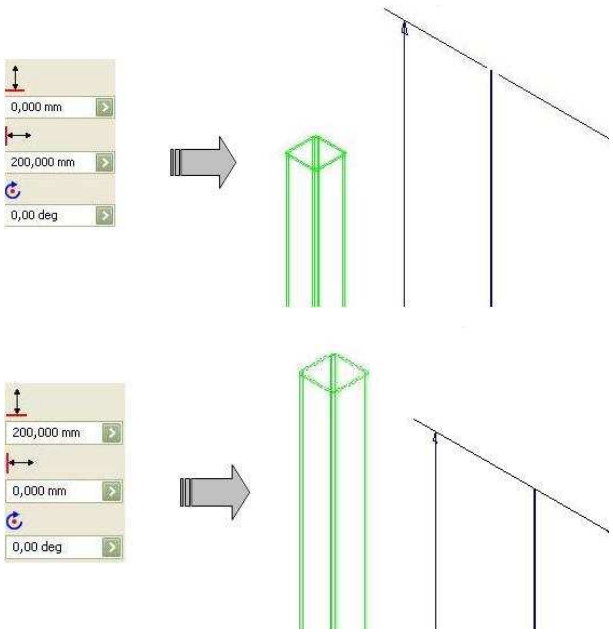
Ακολουθεί μία σειρά εικόνων όπου παρουσιάζεται ο προσανατολισμός όλων των κομματιών, ανά δύο όμοιων μεταξύ τους, και φαίνεται η σταδιακή δημιουργία του αντικειμένου.



Εικόνα 3.17: Τοποθέτηση και προσανατολισμός των ράβδων στο σκελετικό πρότυπο.

- Πεδία μετατόπισης (**offset fields**)

Τα πεδία μετατόπισης ελέγχουν την απόσταση κατά την οποία το προφίλ απομακρύνεται από την επιλεγμένη γραμμή σκίτσου. Εισάγετε **200mm** στο οριζόντιο πεδίο μετατόπισης. Έπειτα δοκιμάστε μια κάθετη μετατόπιση βάζοντας **200mm** στο κάθετο πεδίο. Παρατηρείστε τις αλλαγές του προφίλ.

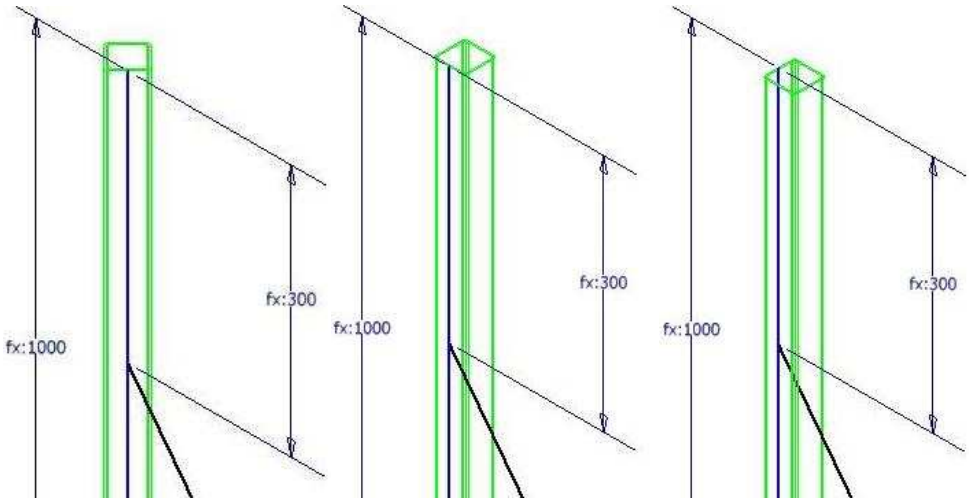


Εικόνα 3.18: Οριζόντια και κάθετη μετατόπιση του προφίλ κατά 200mm.

Το κουμπί (**Mirror Profile**) ελέγχει τον προσανατολισμό του προφίλ σχετικά με την επιλεγμένη γεωμετρία, σε αυτήν την περίπτωση, μια γραμμή σκίτσου. Επιλέξτε το και παρατηρήστε τις αλλαγές κατεύθυνσης στο παράθυρο γραφικών.

- Πεδίο Γωνιακής Μετατόπισης (**angle field**)

Μεταβείτε στο πεδίο της γωνίας, και εισάγετε τις τιμές 45°, 90° και 180°. Προσέξτε τις αλλαγές στο παράθυρο γραφικών.



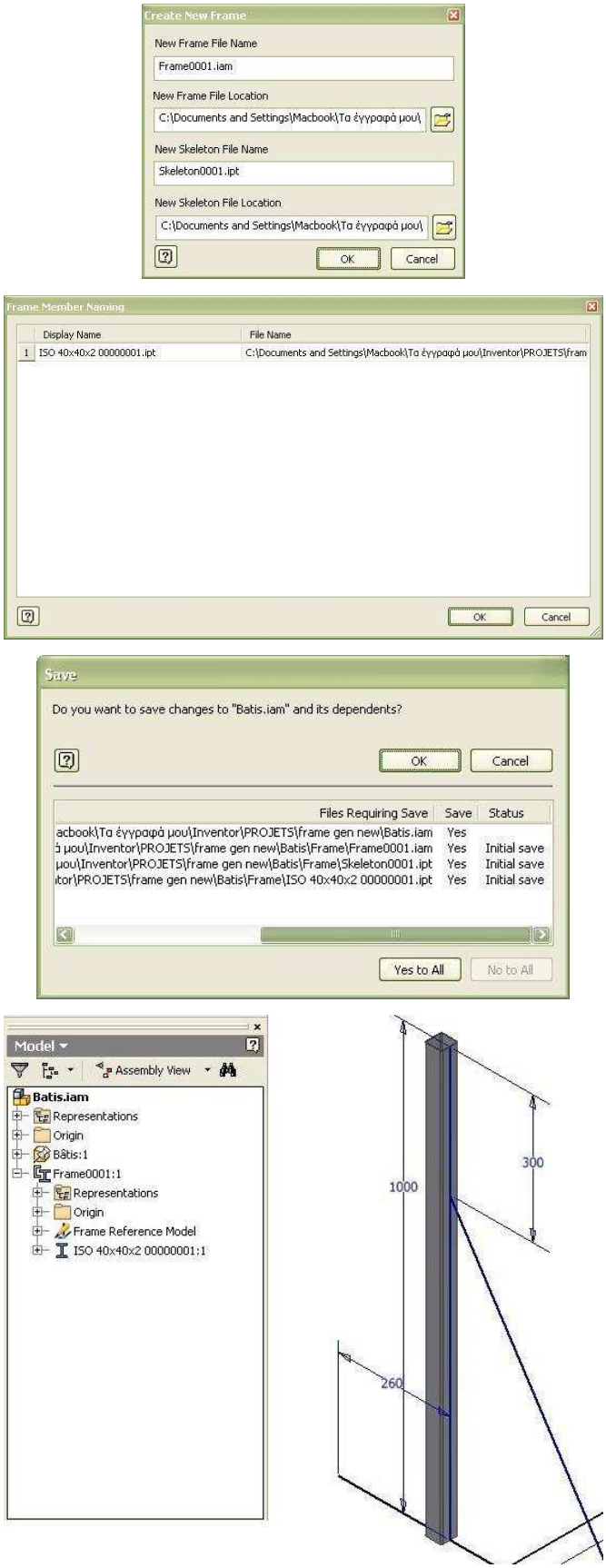
Εικόνα 3.19: Γωνιακή μετατόπιση κατά 45°, 90° και 180° αντίστοιχα.

Επαναφέρετε τα σχεδιαγράμματα στον αρχικό τους προσανατολισμό.

3.2.5 Δημιουργία προφίλ

Αφού έχετε καθορίσει τον προσανατολισμό του προφίλ επιλέξτε την εντολή **Apply**. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου για τα δημιουργία του νέου πλαισίου (**Create New Frame** dialog box). Για να συνεχίσετε πατάτε **OK** με αποτέλεσμα να μεταβείτε στο παράθυρο διαλόγου που αφορά στην ονομασία (**Frame Member Naming**) του νέου μέλους. Σε αυτό το σημείο έχετε τη δυνατότητα να αλλάξετε το όνομα εμφάνισης του μέλους που δημιουργήσατε, αλλά και το όνομα και τη θέση του αρχείου όπου πρόκειται να αποθηκευτεί. Επιλέξτε για ακόμα μία φορά το **OK** χωρίς να κάνετε καμία αλλαγή. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται το προφίλ και μπορείτε να συνεχίσετε με την εισαγωγή νέων μελών στη συναρμολόγησή σας.

Σημείωση: Αν κατά τη διάρκεια της ονομασίας του μέλους πατήσετε **Cancel**, τότε τα μέλη πλαισίων δημιουργούνται χρησιμοποιώντας τα προεπιλεγμένα από το πρόγραμμα ονόματά τους.

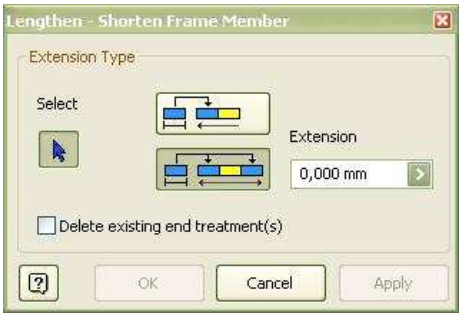


Εικόνα 3.20: Η διαδικασία που ακολουθείται για τη δημιουργία ενός νέου δομικού μέλους.

3.2.6 Βασικά εργαλεία του Frame Generator

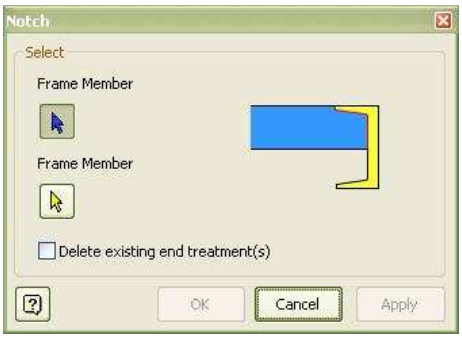
Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν εν συντομία τα εργαλεία που επιτρέπουν στο χρήστη την επεξεργασία των δομικών πλαισίων χωρίς να χρειαστεί να επέμβει στο αρχικό σκελετικό πρότυπο.

Επιμήκυνση – Περικοπή Πλαισίου



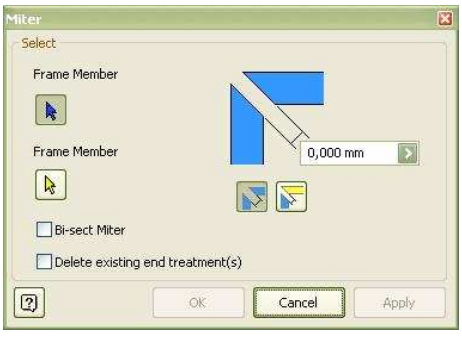
Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται για την αυξομείωση του μήκους ενός πλαισίου και υπάρχουν δύο τρόποι πραγματοποίησης αυτού με το πάτημα του αντιστοίχου κουμπιού. Με το πρώτο, η επιλεγμένη ράβδος αυξομειώνεται μόνο από το ένα της άκρο. Αντίθετα, με το δεύτερο η μεταβολή του μήκους της επιτυγχάνεται με ισότιμη προσθήκη ή αφαίρεση υλικού και από τα δύο άκρα.

Χάραγμα εγκοπής



Σε περίπτωση που εργάζεστε και με πιο πολύπλοκα πλαίσια, εκτός από απλές ράβδους, όπως γωνίες, κανάλια ή άλλου τύπου ανοιχτά πλαίσια, για την καλύτερη μεταξύ τους εφαρμογή συστήνεται η χρήση της συγκεκριμένης εντολής. Αρχικά, επιλέγετε το τμήμα το οποίο θα υποστεί την κοπή κι έπειτα εκείνο με βάση το σχήμα του οποίου θα πραγματοποιηθεί αυτή.

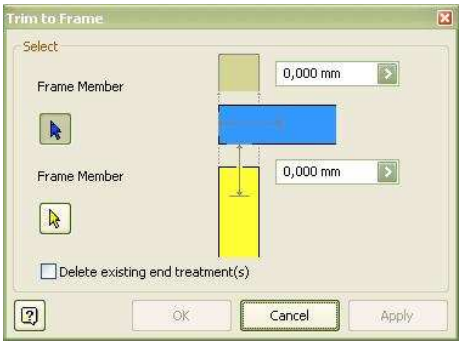
Συναρμογή Ενώσεων



Με αυτήν την εντολή γίνεται η προετοιμασία για τη συνένωση δύο κάθετων ράβδων. Η συνένωση αυτή γίνεται είτε με την ίση προσθαφαίρεση υλικού και από τα δύο κομμάτια, ή μόνο από το ένα εξ' αυτών.

Αποκοπή ως προς Πλαίσιο Trim To Frame

Επιλέγοντας πρώτα το δομικό πλαίσιο το οποίο θα μείνει ανέπαφο και θα αποτελέσει το στοιχείο αναφοράς, καθορίζεται η κατεύθυνση αφαίρεσης/προσθήκης του επιπλέον υλικού. Έπειτα το μέλος που θα υποστεί την τροποποίηση, μειώνεται ή επιμηκύνεται μέχρι να συναντήσει το πρώτο.



Αποκοπή – Επέκταση ως προς Επιφάνεια Trim - Extend To Face

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, έτσι κι εδώ πρόκειται για αφαίρεση αλλά και προσθήκη υλικού στο επιλεγμένο δομικό στοιχείο. Αυτήν τη φορά όμως, η κοπή/επέκταση γίνεται σε σχέση με μία συγκεκριμένη επιφάνεια την οποία ορίζει ο χρήστης.

Απαλοιφή Τροποποιήσεων Remove End Treatments

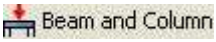
Το εργαλείο της απαλοιφής είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση όπου λόγω λάθους χειρισμού, η επεξεργασία κάποιου κομματιού πρέπει να γίνει εξολοκλήρου από την αρχή. Έτσι λοιπόν, επιλέγοντας τις ράβδους που έχουν υποστεί ανεπιθύμητες μετατροπές το πρόγραμμα τις επαναφέρει στην αρχική τους αυτούσια κατάσταση.

Πληροφορίες Προφίλ

Χρησιμοποιείστε την εντολή αυτή για να επιθεωρήσετε τα χαρακτηριστικά ενός δομικού στοιχείου της συναρμολόγησης. Επιλέξτε το εργαλείο κι έπειτα διαλέξτε το μέλος πλαισίου που σας ενδιαφέρει. Το παράθυρο διαλόγου παραθέτει τις πληροφορίες του επιλεγμένου στοιχείου. Την ίδια στιγμή το κουμπί της επιλογής παραμένει ενεργό κι έτσι μπορείτε να εξετάσετε τα γνωρίσματα κάποιου άλλου συστατικού χωρίς να κλείσετε το παράθυρο.

Τροποποίηση Προφίλ

Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται για την εκτέλεση αλλαγών και διορθώσεων στο επιλεγμένο στοιχείο. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής πολλαπλών προφίλ (Multi-Select Profiles) ώστε οι αλλαγές να μην προορίζονται για ένα μόνο κομμάτι, αλλά να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα και με μία μόνο εκτέλεση της εντολής σε περισσότερα.

Φόρτωση Υπολογισμών 

Με την εντολή αυτή, δίνεται η δυνατότητα καθορισμού και ανάλυσης των διαφόρων φορτίων σε δοκούς και κολώνες που μπορεί να υπάρχουν στη συναρμολόγηση, και προβάλλονται οι επιρροές αυτών στο όλο σχέδιο.

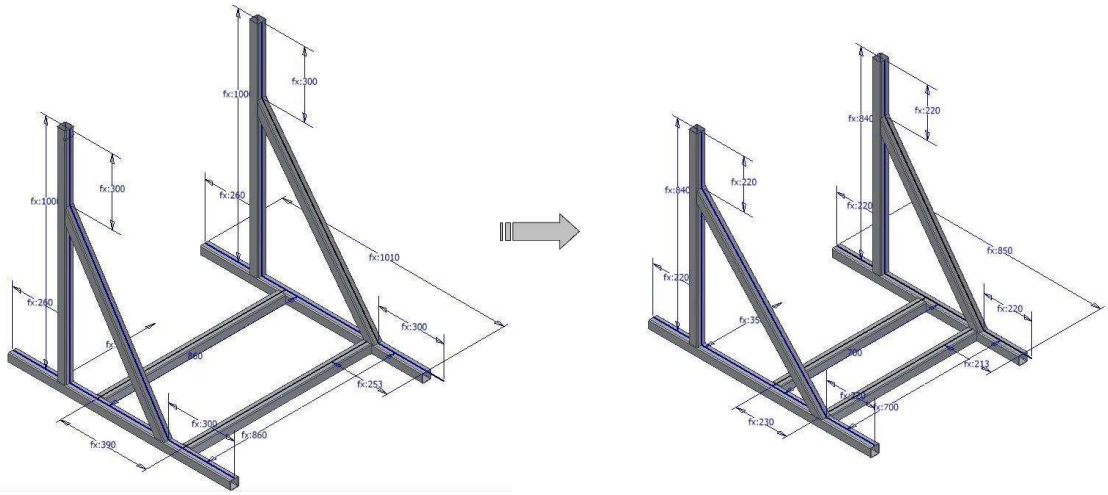
Ανανέωση

Το συγκεκριμένο εργαλείο οδηγεί στην ενημέρωση ενός πλαισίου στην περίπτωση που τα σχετικά με αυτό μέλη που βρίσκονται στο Content Center έχουν υποστεί τροποποιήσεις.

3.2.7 Τροποποίηση σκελετικού προτύπου

Τέλος, κάθε τμήμα πλαισίου συσχετίζεται άμεσα με τα σκελετικά πρότυπα πάνω στα οποία δουλεύει ο χρήστης. Με αυτόν τον τρόπο, οποιαδήποτε αλλαγή υποστεί το σκελετικό πρότυπο, αυτομάτως επηρεάζεται και η τελική μορφή της συναρμολόγησης που αποτελείται από τα επιμέρους πλαίσια.

Μπορείτε να κάνετε μία δοκιμή επεμβαίνοντας σε μία παράμετρο του αρχείου που δουλεύατε προηγουμένως (Bâtis.ipt). Επιλέξτε το εργαλείο **Parameters** f_x . Μεταβάλετε την τιμή **d0** που αντιστοιχεί στο μήκος της ράβδου στη βάση του αντικειμένου από **860mm** σε **700mm** κι έπειτα επιλέξτε **Done** ώστε να κλείσει το παράθυρο των παραμέτρων. Αφού βρεθείτε και πάλι στο παράθυρο γραφικών, ενημερώστε το αρχείο Bâtis.ipt με την επιλογή του εργαλείου **Update** . Έπειτα, επιστρέψτε στο αρχείο συναρμολόγησης Bâtis.iam και αφού το ενημερώσετε και αυτό, παρατηρήστε ότι όλα τα μέλη πλαισίου, συμπεριλαμβανομένων και των διάφορων ενώσεων και περικοπών, έχουν τροποποιηθεί σε αντιστοιχία με την αλλαγή που πραγματοποιήσατε προηγουμένως.



Εικόνα 3.21: Το αντικείμενο πριν και μετά την τροποποίηση.

3.3 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ & ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΜΕ ΤΟ FRAME GENERATOR

3.3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το μέρος, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει ο ίδιος τα δομικά πλαίσια και να τα χρησιμοποιήσει αργότερα στις συναρμολογήσεις. Σε προηγούμενες εκδόσεις του Inventor, το Frame Generator χρησιμοποιούσε προφίλ που τα ανακτούσε από βιβλιοθήκη, όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως. Το μειονέκτημα όμως ήταν ότι τα προφίλ ήταν συγκεκριμένα και ο χρήστης δεν είχε τη δυνατότητα να επέμβει σε αυτά με αποτέλεσμα τον περιορισμό των τύπων πλαισίου που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν. Το Inventor 2009 επιτρέπει στο χρήστη να ενημερώσει εύκολα και γρήγορα το Content Center με τα σχέδια προτίμησής του εμπλουτίζοντας έτσι τη βάση δεδομένων του προγράμματος, με αποτέλεσμα την επίτευξη ακόμα πιο εύρωστων αποτελεσμάτων και την απόκτηση καλύτερου διαχειριστικού ελέγχου των περιεχομένων.

3.3.2 Αρχικές ενέργειες και ρυθμίσεις

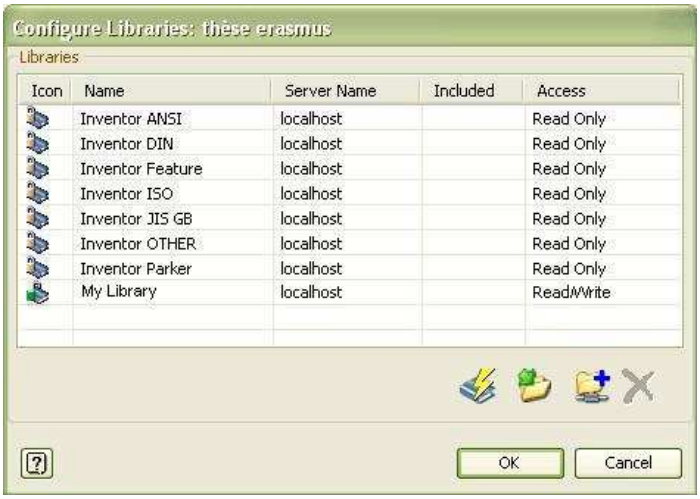
Προτού ξεκινήσει η διαδικασία κατασκευής των νέων δομικών μορφών, πρέπει να δημιουργηθεί μια βιβλιοθήκη την οποία θα μπορείτε να διαβάζετε και να επεξεργάζεστε (**Read/Write Library**) και στην οποία θα συμπεριληφθούν τα αρχεία που θα δημιουργήσετε. Η επιλογή των βιβλιοθηκών του Content Center οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν από το χρήστη γίνεται μέσω ενός project του προγράμματος.

Παρακάτω, παρουσιάζεται ο τρόπος χρήσης των βιβλιοθηκών και παρατίθενται αναλυτικά τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για τη δημιουργία νέων.

1. Πρόσβαση στις βιβλιοθήκες

- Επιλέξτε από το κύριο μενού εντολών **File → Open**
- Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται μεταβείτε στα **Projects**
- Αφού βρεθείτε στο παράθυρο των projects και τσεκάρετε αυτό με το οποίο θα δουλέψετε, κάντε κλικ στο κουμπί που αντιστοιχεί στη διαμόρφωση βιβλιοθηκών (**Configure Content Center Libraries**) .

2. Επεξεργασία βιβλιοθηκών



Εικόνα 3.22: Λίστα των βιβλιοθηκών και παρουσίαση των ιδιοτήτων τους.

Icon: Υποδηλώνει την κατάσταση της βιβλιοθήκης ανάλογα με το εικονίδιο που της αντιστοιχεί

- Read-only
- Read/write

Name: Εμφανίζει το όνομα της κάθε βιβλιοθήκης

Server Name: Προσδιορίζει τον υπολογιστή στον οποίο είναι συνδεδεμένη η βιβλιοθήκη. Αν η τελευταία βρίσκεται σε κάποιο δίκτυο, τότε εμφανίζεται το όνομα του διαχειριστή δικτύου

Included: Οι βιβλιοθήκες που συμπεριλαμβάνονται στο ενεργό project σημαδεύονται με ένα Yes

Access: Φανερώνει την κατάσταση της βιβλιοθήκης

Η διαμόρφωση βιβλιοθηκών επιτρέπει:

(**Update tool**) Ενημέρωση των βιβλιοθηκών του Content Center.

(**Import Library**) Προσθήκη διαθέσιμων βιβλιοθηκών από το content server στο Content Center configuration.

(**Add Library**) Εισαγωγή/Μεταφορά βιβλιοθηκών από προηγούμενες εκδόσεις του Autodesk Inventor.

(**Remove Library**) Κατάργηση βιβλιοθηκών από το Content Center configuration.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπου θέλουμε να δημιουργήσουμε νέα προφίλ δομικών πλαισίων, μας ενδιαφέρει η προσθήκη μιας νέας βιβλιοθήκης. Επιλέγοντας λοιπόν το εικονίδιο , εμφανίζεται το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου. Σε αυτό το βήμα δίνεται η δυνατότητα επιλογής μίας βιβλιοθήκης μέσα από λίστα. Η λίστα περιέχει βιβλιοθήκες οι οποίες είναι διαθέσιμες στον server και δεν υπάρχουν στο ενεργό project. Κάθε φορά που προστίθεται μία από αυτές, αφαιρείται ταυτόχρονα και από τη λίστα. Επειδή σκοπός μας είναι η δημιουργία μίας **read/write library** ώστε να μπορέσουμε αργότερα να την επεξεργαστούμε και να τη διαμορφώσουμε κατάλληλα, επιλέξτε τη **My Library** και έπειτα **OK** για να κλείσει το παράθυρο.

Εικόνα 3.23: Προσθήκη βιβλιοθήκης.

3. Αποθήκευση αλλαγών

Έπειτα από όποιες αλλαγές αφορούν στη διαμόρφωση βιβλιοθηκών, πατήστε το **OK** για να κλείσει το παράθυρο διαλόγου επεξεργασίας βιβλιοθηκών (**Configure Library** dialog box). Στο σημείο αυτό, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει το φάκελο όπου αποθηκεύονται τα διάφορα στοιχεία. Ανοίξτε το **Folder Options** και κάντε δεξί κλικ στο **Content Center Files**. Έπειτα επιλέξτε **Edit** και εισάγετε τη νέα τοποθεσία του φακέλου. Αφού τελειώσετε με όλες τις ρυθμίσεις, πατήστε **Save** και **Done** στο παράθυρο διαλόγου των **Projects**. Οι αλλαγές που κάνατε έχουν αποθηκευτεί.

Λεπτομέρειες που αξίζει να αναφερθούν:

- Η διαμόρφωση των βιβλιοθηκών πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε project ξεχωριστά και ισχύει μόνο σε αυτό.
- Για να γίνει οποιαδήποτε αλλαγή που αφορά στη διαμόρφωση κάποιας βιβλιοθήκης πρέπει ο χρήστης να είναι συνδεδεμένος με το δίκτυο της Autodesk (ADMS Console).
- Για ελάττωση άχρηστων δεδομένων και καλύτερη απόδοση του προγράμματος, προτείνεται η αφαίρεση βιβλιοθηκών που δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Οι απομακρυσμένες βιβλιοθήκες μπορεί να μην υπάρχουν στο συγκεκριμένο project, αλλά παραμένουν στο content center, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν όποτε και όπου χρειαστεί.

Αυτά είναι τα βασικά βήματα στη διαδικασία δημιουργίας έγκυρων δημοσιευμένων μορφών (Published Shapes), καθώς επίσης και στην οργάνωση και ονομαστική τους σύνθεση μέσα στα σχέδια. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα δημιουργίας κατηγοριών και μικρογραφιών για την απεικόνισή τους, καθώς επίσης και επιλογές χαρτογράφησης των παραμέτρων για καλύτερο έλεγχο και συστηματοποίηση των αποτελεσμάτων δημοσίευσης των αρχείων.

3.3.3 Προετοιμασία

Κατά τη δημιουργία ενός προφίλ, σημαντικό ρόλο για την προσαρμογή του παίζουν η ακρίβεια της μορφής και η λεπτομερής σχεδίασή του. Εάν ένα σχεδιάγραμμα είναι υπερβολικά λεπτομερές, η γενική όψη του πλαισίου θα είναι πολύ «φορτωμένη» και θα επιβραδύνει τη σχεδίαση. Ωστόσο, οι βασικές διαστάσεις του αντικειμένου πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά ώστε να ικανοποιείται ο αρχικός σκοπός σχεδίασής του.

Ξεκινώντας λοιπόν τη σχεδίαση του προφίλ, διαστασιολογήστε πλήρως το σχεδιάγραμμα ανάλογα με τις ανάγκες σας, εισάγετε τους κατάλληλους περιορισμούς και κάνετε ορθή χρήση των παραμέτρων. Ύψος, πλάτος και πάχος τοιχωμάτων είναι τα πιο κοινά και γνωστά μεγέθη. Για πιο πολύπλοκα σχέδια όμως όπου υπάρχουν περισσότερα δεδομένα θα γίνει χρήση επιπρόσθετων μεγεθών. Κατόπιν ακριβούς

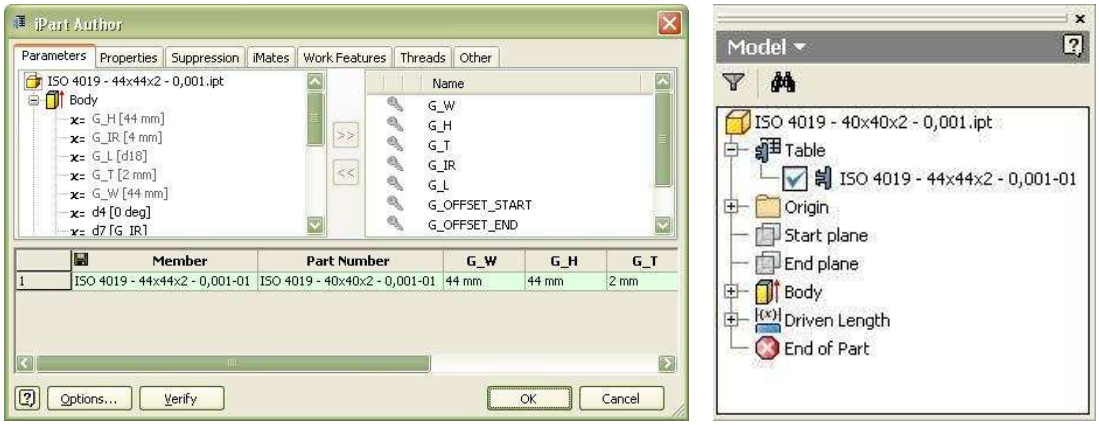
σχεδίασης, συνιστάται η επιλογή απλών και αντιπροσωπευτικών ονομάτων για το χαρακτηρισμό των παραμέτρων.

Το επόμενο βήμα είναι ο σχηματισμός μιας απλής εξώθησης (**extrude**) ώστε να εξομαλυνθεί η διαδικασία δημιουργίας του πλαισίου. Αυτή είναι η εύκολη και συνιστώμενη μέθοδος. Εναλλακτικά, υπάρχει μία πιο σύνθετη προσέγγιση κάνοντας χρήση άλλης λειτουργίας του λογισμικού για όσους επιθυμούν μια πρόκληση ή περισσότερο έλεγχο. Η δεύτερη μέθοδος απαιτεί τη δημιουργία πολλαπλών επιπέδων εργασίας (work planes) και παραμέτρων τα οποία όμως περιπλέκουν τη ροή εργασίας αλλά παρέχουν καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας δημιουργίας. Σε αυτό το εγχειρίδιο δε θα γίνει περαιτέρω αναφορά σε αυτήν τη μέθοδο, αλλά όποιος ενδιαφέρεται μπορεί να αποκτήσει παραπάνω πληροφορίες ανατρέχοντας στη βοήθεια του προγράμματος.

Πριν προχωρήσετε στη διαδικασία δημιουργίας, σιγουρευτείτε ότι υπάρχει το υλικό για τη νέα δομική μορφή στα πρότυπα (Styles and Standards). Το υλικό πρέπει να έχει τουλάχιστον τη σωστή πυκνότητα αλλά μπορεί επίσης να περιέχει περισσότερες πληροφορίες που αφορούν στις ιδιότητες υλικών. Εάν θέλετε να χρησιμοποιήσετε ένα νέο υλικό το οποίο δεν προϋπάρχει στη βάση δεδομένων απλά το προσθέτετε μέσω του συντάκτη μορφών και προτύπων επιλέγοντας από το κύριο μενού **Format → Style and Standard Editor**.

Εικόνα 3.24: Προσδιορισμός των iProperties και χρήση του Style and Standard Editor αντίστοιχα.

Εάν απαιτείται η ύπαρξη ενός iPart από το Content Center, σιγουρευτείτε ότι αυτό σχεδιάζεται και επικυρώνεται πριν από τη διαδικασία δημιουργίας. Από το κύριο μενού εντολών επιλέγετε **Tools → Create iPart** και έπειτα ελέγχετε όλες τις πληροφορίες που περιέχει το κομμάτι σας. Αφού τελειώσει η διαδικασία, τα δεδομένα εμφανίζονται με μορφή πίνακα (**Table**) στο **Browser Bar** μαζί με τα υπόλοιπα στοιχεία του κομματιού.



Εικόνα 3.25: Δημιουργία iPart. Έλεγχος δεδομένων και εμφάνισή τους στο Browser Bar.

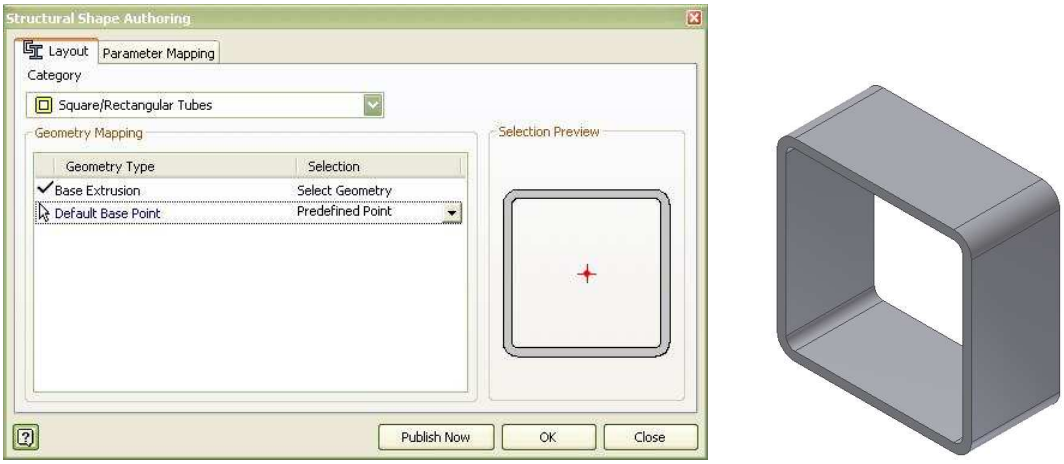
3.3.4 Δημιουργία δομικού πλαισίου

Πριν τη δημιουργία, μπορεί να χρειαστεί να επιθεωρήσετε κάποιες ιδιότητες (**iProperties**) και μερικές ρυθμίσεις εγγράφου (**Document Settings**). Μία κοινή iProperty είναι για παράδειγμα ο αριθμός αποθεμάτων (Stock Number) ή ο αριθμός πωλήσεων και αγορών (Sales and Purchasing - SAP), και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έναν κατάλογο υλικού (Bill of Materials - BOM) ή σε μία λίστα εξαρτημάτων (Parts List). Το Autodesk Inventor 2009 επιτρέπει στο χρήστη τη δημιουργία εκφράσεων βασισμένες στις εξαγόμενες παραμέτρους (Exported Parameters) και στις υπάρχουσες iProperties. Η προεπιλεγμένη από το πρόγραμμα ονομασία των κομματιών του Frame Generator είναι:
(Standard Organization)(Stock Number)(Unique Number) όπου,

- **Standard Organization**: επιλέγεται από τη διαδικασία ενημέρωσης βιβλιοθήκης
- **Stock Number**: αποσπάται από τις iproperties του εξαρτήματος
- **Unique Number**: είναι το 8ψήφιο νούμερο που αποδίδεται στο δομικό πλαίσιο κατά τη διάρκεια δημιουργίας του.

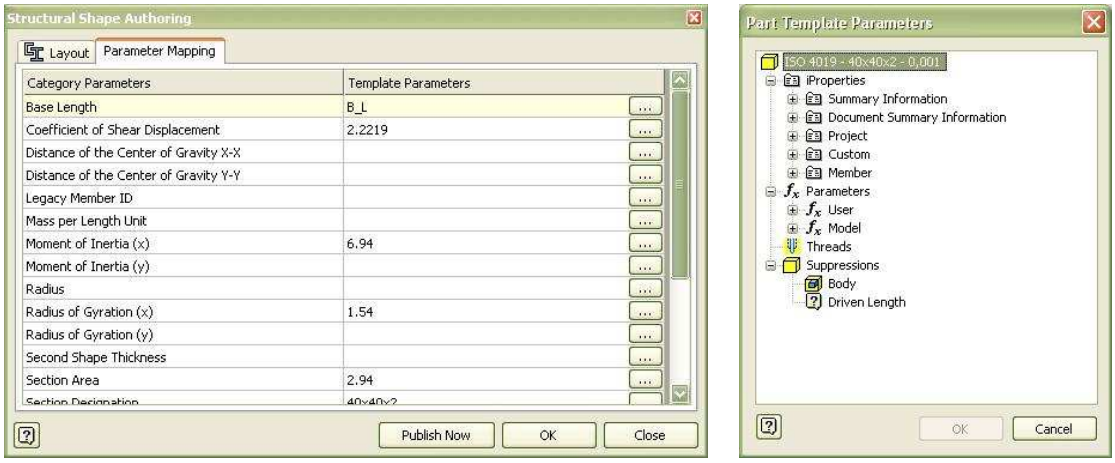
Με την επιλογή του εργαλείου Structural Shape Authoring, η απλή εξώθηση που πραγματοποιήσατε στο προηγούμενο μέρος μετατρέπεται σε ένα έγκυρο σκελετικό προφίλ του Frame Generator, μέσω της διαδικασίας αυτόματης τροποποίησης χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.

Αρχικά, στην πρώτη καρτέλα που εμφανίζεται (**Layout**) επιλέξτε την κατηγορία στην οποία θα κατατάξετε τη μορφή που δημιουργήσατε και η οποία πρέπει να ανήκει σε μία Read/Write βιβλιοθήκη του Content Center. Το πρόγραμμα επιλέγει αυτόματα τη γεωμετρία του κομματιού με βάση την εξώθηση που έχει πραγματοποιηθεί και προκαθορίζει κατά αντιστοιχία ένα σημείο ως γεωμετρικό κέντρο του προφίλ. Στην περίπτωση όμως που οι επιλογές αυτές δεν σας ικανοποιούν, μπορείτε να ορίσετε κάποια διαφορετική γεωμετρία (εφόσον υπάρχουν πάνω από μία εξωθήσεις στο κομμάτι) ή κάποιο άλλο γεωμετρικό κέντρο.



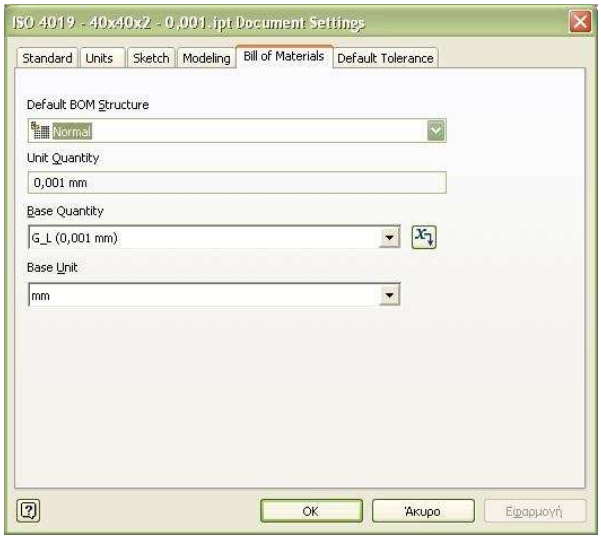
Εικόνα 3.26: Επιλογή κατηγορίας καταχώρησης και γεωμετρίας κομματιού.

Επιλέξτε τώρα τη δεύτερη καρτέλα (**Parameter Mapping**). Τα πεδία με το κίτρινο φόντο είναι απαραίτητοι τομείς που καθορίζονται από το Content Center. Τα πεδία με το λευκό φόντο είναι προαιρετικά, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν είναι σημαντικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βασική σχεδίαση/χαρτογράφηση στη γεννήτρια πλαισίων, όπως το ύψος και το πλάτος τμημάτων, δεδομένου ότι λειτουργούν ως πληροφορίες μεγέθους κατά τη διάρκεια της επιλογής. Στην στήλη **Template Parameters** επιλέγοντας το κουμπί ... προσδιορίστε την κάθε κατηγοριοποιημένη παράμετρο του Content Center με ένα παραμετρικό πρότυπο από το παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται.



Εικόνα 3.27: Προσδιορισμός των Category Parameters.

Από τη στιγμή που έχουν καθοριστεί όλες οι παράμετροι υπάρχουν δύο δυνατότητες. Επιλέγοντας **OK**, το πρόγραμμα απλά δημιουργεί το κομμάτι επανεξετάζοντας τη γεωμετρία του και ενημερώνει το χρήστη για την ύπαρξη ενός αντίστοιχου αρχείου (log file) το οποίο καταγράφει λεπτομερώς τις αλλαγές που έγιναν. Το αρχείο αυτό βρίσκεται στο working directory του εξαρτήματος. Επιλέγοντας όμως **Publish Now** θα συνεχιστεί η διαδικασία τοποθέτησης του νέου δομικού πλαισίου στα περιεχόμενα του Content Center. Προτού προχωρήσετε, καλό είναι να επιθεωρήσετε ξανά κάποιες ρυθμίσεις (Document Settings) ώστε η δομική μορφή να είναι πλήρως ενημερωμένη και έτοιμη για χρήση.

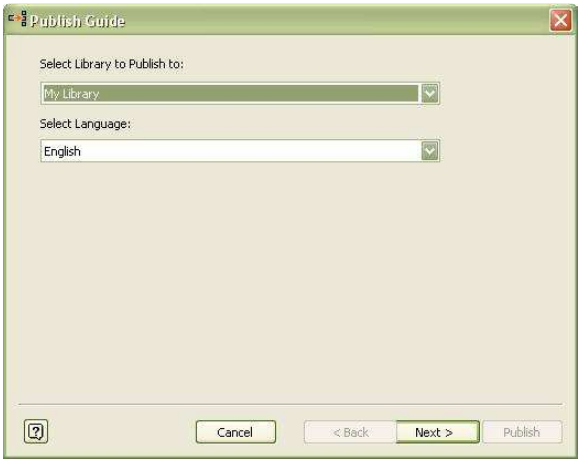


Εικόνα 3.28: Επιθεώρηση των ρυθμίσεων του νέου δομικού πλαισίου.

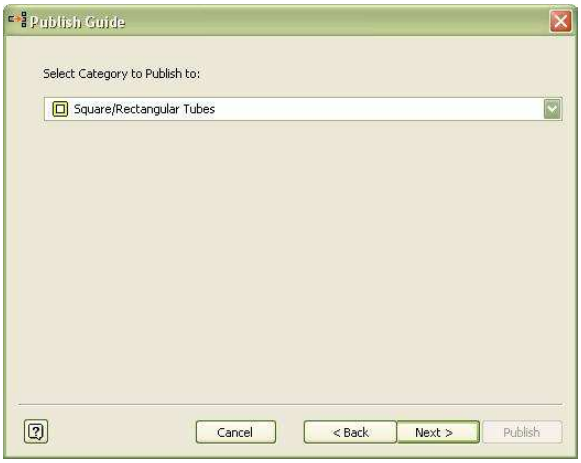
3.4.5 Ενημέρωση βιβλιοθήκης

Μετά τη δημιουργία της δομικής μορφής και τον προσδιορισμό των σχεδιαστικών ιδιοτήτων αυτής, το σχέδιο τώρα μπορεί να προστεθεί στο Content Center για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί στο Frame Generator. Για να ξεκινήσει η διαδικασία ενημέρωσης της βιβλιοθήκης όπου θα είναι διαθέσιμο το νέο δομικό προφίλ επιλέξτε **Tools → Publish Part…** .Εμφανίζεται ο αντίστοιχος οδηγός που σας οδηγεί βήμα προς βήμα στις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν και οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

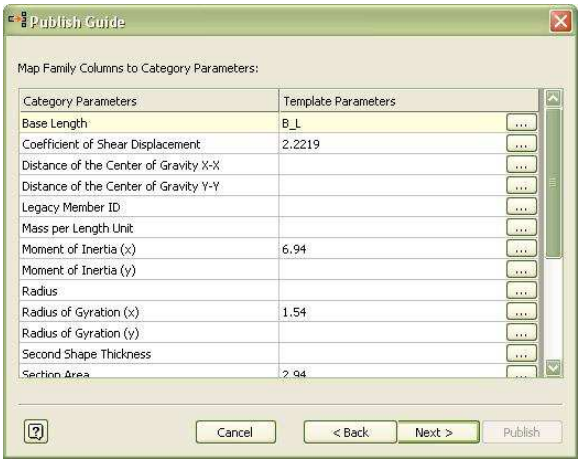
Αρχικά επιλέξτε μία βιβλιοθήκη (Read/Write) όπου θα καταχωρήσετε το προφίλ που δημιουργήσατε και τη γλώσσα προτίμησής σας. Πατήστε **Next**.



Διαλέξτε μία κατηγορία/υποκατηγορία. Πατήστε **Next**.



Επιβεβαιώστε ή επαναπροσδιορίστε τις ιδιότητες και τις παραμέτρους που πιθανότατα έχουν υποστεί αλλαγές. Πατήστε **Next**.

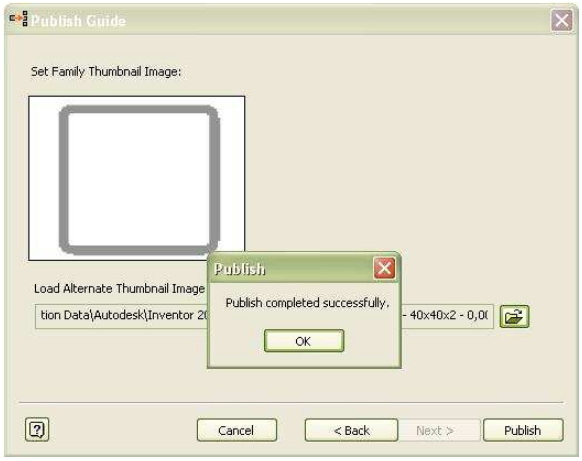


Σε αυτό το βήμα πρέπει να προσδιορίσετε τουλάχιστον μία στήλη ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία ενημέρωσης βιβλιοθήκης. Επιλέξτε αυτήν η οποία περιγράφει καλύτερα το δομικό προφίλ. Πατήστε **Next**.

Εισάγετε ένα όνομα και μια περιγραφή που να περιγράφουν καλύτερα την κατηγορία στην οποία θα προστεθεί το προφίλ. Συμπληρώστε και τα υπόλοιπα πεδία (Standard Organization, Standard, Manufacturer και Standard Revision). Πατήστε **Next**.

Επικυρώστε τη μικρογραφία η οποία θα απεικονίζει το νέο προφίλ τόσο στο Content Center όσο και στο Frame Generator.

Πατήστε **Publish** για να ολοκληρώσετε τη διαδικασία. Θα εμφανιστεί ένα παράθυρο που θα επιβεβαιώνει την ολοκλήρωση της ενημέρωσης.



Η βιβλιοθήκη του Content Center περιλαμβάνει τώρα το νέο δομικό προφίλ το οποίο είναι έτοιμο για χρήση στο Frame Generator όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

3.4 STRESS ANALYSIS

3.4.1 Εισαγωγή

Οι επιχειρήσεις σήμερα για να κατακτήσουν μία ανταγωνιστική θέση στην παγκόσμια αγορά προμηθευτών κατασκευής, πρέπει να έχουν ως απώτερο στόχο:

- Μείωση του χρόνου ανάπτυξης και του κόστους παραγωγής του προϊόντος
- Αύξηση των καινοτομιών και της δημιουργικότητας
- Παραγωγή προϊόντων ανώτερης ποιότητας.

Η ενσωμάτωση της ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων (FEA – Finite Element Analysis) στη διαδικασία σχεδιασμού προϊόντων μπορεί να συμβάλλει στην επιτάχυνση της παραγωγής. Με τη συρρίκνωση του κύκλου ανάπτυξης, οι επιχειρήσεις μπορούν να ελαττώσουν το χρόνο διείσδυσης ενός προϊόντος στην αγορά και να προσαρμοστούν γρήγορα στις νέες απαιτήσεις της αγοράς. Ειδικότερα, η ανάλυση αντοχής με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων ελαχιστοποιεί τη φάση διαμόρφωσης πρωτοτύπου. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων που απαιτούνται για την διόρθωση τυχόν ελαττωμάτων που

δημιουργούνται κατά την κατασκευή του πρωτοτύπου και τα οποία ο κατασκευαστής καλείται να διορθώσει.

Συγκεκριμένα, η ανάλυση και ο έλεγχος αντοχών ενός προϊόντος, όταν αυτά πραγματοποιηθούν νωρίς στη φάση σχεδιασμού, μπορούν να αποκαλύψουν πιθανά προβλήματα πριν την κατασκευή του πρωτοτύπου. Τα ενδεχόμενα προβλήματα μπορούν να διορθωθούν στο σχέδιο ώστε να ελαχιστοποιήσουν τις αλλαγές που απαιτούνται στο πρωτότυπο, επιταχύνοντας έτσι τόσο την ανάπτυξη όσο και την παραγωγή του προϊόντος. Το Autodesk Inventor Professional ενσωματώνει στο σύστημά του την ανάλυση με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων και συνεισφέρει στην ταχύτερη και πιο επικερδή ολοκλήρωση βιώσιμων σχεδίων.

3.4.2 Εξοικείωση με τη Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων

Αναφέροντας τον όρο FEA, το πρώτο πράγμα που δημιουργείται στο μυαλό ενός μηχανικού είναι μία εικόνα από πολύχρωμα διαγράμματα, τα οποία παριστάνουν την παραμόρφωση λόγω της καταπόνησης που δέχεται μία κατασκευή, εξαιτίας της δράσης κάποιας φόρτισης, παράλληλα με την “ικανοποίηση” συγκεκριμένων “συνοριακών συνθηκών”.

Στην πραγματικότητα, η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων είναι μία υπολογιστική μέθοδος με εφαρμογή στην επίλυση ενός ευρύτερου πεδίου προβλημάτων. Από την αντοχή υλικών και την εύρεση ιδιοσυχνοτήτων ενός εξαρτήματος ή μίας συναρμολόγησης, μέχρι την κατανομή θερμότητας και την μηχανική ρευστών, η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων, εκμεταλλευόμενη την υπολογιστική ισχύ των σύγχρονων συστημάτων, επιλύει προβλήματα των οποίων η λύση δεν μπορεί να προσεγγιστεί σε αναλυτική μορφή.

Μπορεί ακόμα να μελετηθεί η συμπεριφορά της κατασκευής με ταυτόχρονη επίδραση διαφόρων παραγόντων, όπως την καταπόνησή της λόγω κατανομής θερμότητας ή επίδρασης ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, αλλά τότε γίνεται λόγος για MultiPhysics. Σε αυτήν την εργασία δεν πρόκειται να γίνει αναφορά σε τέτοιο βάθος.

3.4.3 Μία περισσότερο επιστημονική ανάλυση για την Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων

Η FEA μέθοδος αποτελεί μία ισχυρή υπολογιστική τεχνική, η οποία δημιουργεί προσεγγιστικές λύσεις για μία ποικιλία "πραγματικών" κατασκευαστικών προβλημάτων, αναπτυσσόμενα σε διάφορα πεδία εφαρμογών, τα οποία διέπονται από συνοριακές συνθήκες. Η FEA μέθοδος έχει εξελιχθεί σε βασικό βήμα για την σχεδίαση ή την μοντελοποίηση ενός φυσικού φαινόμενου σε διάφορες εφαρμογές της μηχανικής. Ένα "φυσικό φαινόμενο" συνήθως παρατηρείται σε ένα συνεχές μέσο (στερεό, υγρό ή αέριο), το οποίο ονομάζεται "πεδίο" (domain) και προσδιορίζεται από διάφορες "μεταβλητές πεδίου" (domain variables). Επειδή αυτές οι μεταβλητές είναι διαφορετικές από σημείο σε σημείο, απαιτείται η επεξεργασία ενός απεριόριστου αριθμού λύσεων, στο εσωτερικό του πεδίου.

Η βασική ιδέα της FEA μεθόδου συνίσταται στην υποδιαίρεση του πεδίου σε ένα πεπερασμένο αριθμό υπό-πεδίων, που ονομάζονται "στοιχεία" (elements), για τα οποία μπορούμε να προσδιορίσουμε μία προσεγγιστική λύση, θεωρώντας ότι αυτή περιγράφεται από μία αναλυτική μαθηματική συνάρτηση, πολυωνυμικής ή άλλης μορφής. Το όριο (boundary) κάθε στοιχείου προσδιορίζεται από χαρακτηριστικά σημεία, που ονομάζονται "κόμβοι" (nodes). Με αυτόν τον τρόπο η μέθοδος FEA επικεντρώνεται στην επίλυση κάθε στοιχείου, δηλαδή στην εύρεση της συνάρτησης ("συνάρτηση παρεμβολής") που ισχύει για κάθε κόμβο. Γειτονικά στοιχεία έχουν ορισμένους κοινούς κόμβους. Η συνολική λύση για ολόκληρο το πεδίο προκύπτει από το αθροιστικό αποτέλεσμα των λύσεων σε κάθε στοιχείο.

Ενώνοντας τους κόμβους με ευθύγραμμα τμήματα παράγεται το "πλέγμα" ή αλλιώς "δικτύωμα" (mesh) του συγκεκριμένου πεδίου. Το πλέγμα αυτό, εκτός από το ότι αποτελεί ένα μέσο οριοθέτησης του χώρου που καταλαμβάνει το υπό μελέτη πεδίο, αποτελεί τον φορέα της φόρτισης και της παραμόρφωσής του, στοιχεία που υπεισέρχονται στην λύση. Η πυκνότητα του πλέγματος σε σημεία με πολύπλοκη γεωμετρία, που μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα, επηρεάζει την ακρίβεια του αποτελέσματος.

Ο χρήστης το μόνο που χρειάζεται να κάνει είναι να εισάγει σωστά τα δεδομένα (γεωμετρία, επιλογή υλικού, φόρτιση, συνοριακές συνθήκες) και στη συνέχεια να αξιολογήσει τα αποτελέσματα. Οι κατασκευάστριες εταιρείες FEA προγραμμάτων ισχυρίζονται ότι δεν χρειάζεται υπάρχουν ειδικές γνώσεις για τη χρησιμοποίηση των

προγραμμάτων τους. Στην πράξη όμως αποδεικνύεται ότι όταν υπάρχει και θεωρητικό υπόβαθρο, ο χειρισμός των προγραμμάτων και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιούνται με μεγαλύτερη αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα.

3.4.4 Η Autodesk, το Inventor και η Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων

Τον τελευταίο καιρό η Autodesk έχει εξελιχθεί όσον αφορά στο θέμα της ενσωμάτωσης μίας ολοκληρωμένης FEA εφαρμογής στη λύση της "Ψηφιακής Προτυποποίησης" (Digital Prototyping Solution). Ήδη στις τελευταίες εκδόσεις των προγραμμάτων Autodesk Inventor Professional και Autodesk Inventor Simulation, έχει ενσωματωθεί η εφαρμογή της εταιρείας ANSYS, η οποία επιτρέπει την πραγματοποίηση FEA υπολογισμών σε μεμονωμένα εξαρτήματα ή σε εξαρτήματα στο εσωτερικό συναρμολογήσεων (assemblies).

Οι δυνατότητες που υπάρχουν, προς το παρόν, είναι ο υπολογισμός της εντατικής κατάστασης εξαρτήματος (stress analysis) και ο υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων αυτού (modal analysis). Αυτοί οι υπολογισμοί μπορούν να πραγματοποιηθούν ακόμη και σε μικρού πάχους εξαρτήματα, όπως ελάσματα (sheet metal), επιλέγοντας τον κατάλληλο αλγόριθμο.

Στην έκδοση 2009 των Inventor Professional και Inventor Simulation οι χρήστες μπορούν να εκμεταλλευτούν τις προηγμένες δυνατότητες δυναμικής προσομοίωσης, που τους προσφέρει το Dynamic Simulation περιβάλλον εργασίας, το οποίο η Autodesk πρόσθεσε στο Inventor.

Κατά την μελέτη ενός εξαρτήματος στο εσωτερικό μίας συναρμολόγησης, το Inventor μπορεί να τροφοδοτήσει τις FEA ρουτίνες με τα αποτελέσματα (δυνάμεις, επιταχύνσεις, στήριξη), τα οποία έχουν προκύψει από την μελέτη της Δυναμικής Προσομοίωσης (Dynamic Simulation Analysis). Αυτό είναι εξαιρετικά χρήσιμο, διότι σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή της κίνησης ενός μηχανισμού μπορούμε πολύ εύκολα να υπολογίσουμε την εντατική κατάσταση και τις παραμορφώσεις ενός οποιουδήποτε εξαρτήματός του. Το πλεονέκτημα που προσφέρει, σε σχέση με άλλα προγράμματα, είναι ότι μπορούν να εξαχθούν ταυτόχρονα, για όλα τα χρονικά σημεία, τα αποτελέσματα της εφαρμογής Dynamic Simulation Analysis στο περιβάλλον της FEA και να πραγματοποιηθούν όλοι οι σχετικοί υπολογισμοί.

Στις μελλοντικές του εκδόσεις το Inventor θα μπορεί να πραγματοποιεί υπολογισμούς γραμμικών εντατικών καταστάσεων στατικής φόρτισης (linear static stress analysis), ανάλυσης συχνοτήτων και ιδιοσυχνοτήτων (frequency & modal analysis), βελτιστοποίησης και πλευρικής παραμόρφωσης (optimization and buckling). Επίσης θα συμπεριληφθούν υπολογισμοί δυναμικής εντατικής κατάστασης (dynamic stress), μετάδοσης θερμότητας (transient thermal), καθώς και υπολογισμοί μεγάλων παραμορφώσεων σε συμπαγή και κελυφωτά μοντέλα (large deformation analysis of solid & shell models). Οι παραπάνω υπολογισμοί θα είναι δυνατοί τόσο για διακεκριμένα εξαρτήματα, όσο και για ολόκληρες συναρμολογήσεις.

3.4.5 Η Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων στο περιβάλλον του Inventor

Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση ενός προϊόντος με την μέθοδο αυτή, απαιτείται αρχικά ο προσδιορισμός των οριακών συνθηκών από το χρήστη (υλικά των εξαρτημάτων, καθορισμός λειτουργίας εξαρτημάτων, κλπ.). Έπειτα, το λογισμικό προσομοιώνει τη συμπεριφορά του εξαρτήματος στο φυσικό του περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό και πώς αυτές το επηρεάζουν.

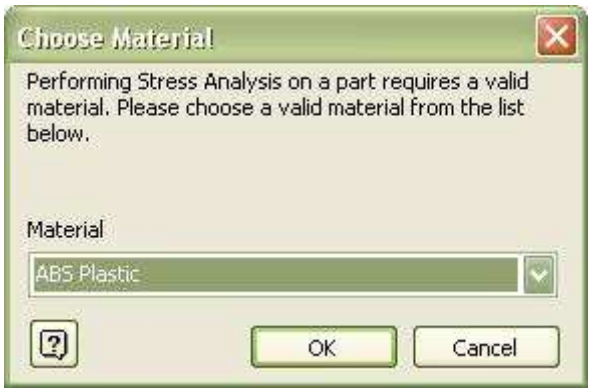
Η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων είναι απόλυτα ενσωματωμένη στο περιβάλλον του Autodesk Inventor Professional. Με αυτόν τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα ανάλυσης ενός κομματιού στην ίδια την εφαρμογή.

Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν είναι εξοικειωμένος με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων, μπορεί να χρησιμοποιήσει τις εντολές με τη σειρά που βρίσκονται στο αντίστοιχο πλαίσιο. Σε αυτό, εμπεριέχονται οι απαραίτητες εντολές που εισάγουν όλα τα απαιτούμενα δεδομένα για την ενίσχυση των υπολογισμών. Επίσης, οι εντολές είναι οργανωμένες με τέτοιον τρόπο ώστε να διευκολύνονται και να καθοδηγούνται οι λιγότερο έμπειροι χρήστες και να εξασφαλίζεται η εισαγωγή όλων των απαραίτητων πληροφοριών. Επίσης, μπορούν να δοκιμάσουν την ανάλυση εξαρτημάτων των οποίων τα αποτελέσματα είναι ήδη γνωστά και να τα ελέγξουν με τα αποτελέσματα που θα δώσουν τα εργαλεία του προγράμματος.

3.4.6 Προετοιμασία και ανάλυση ενός εξαρτήματος

Για να ξεκινήσετε, πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί το εξάρτημα στο περιβάλλον σχεδίασης του Inventor και να ακολουθήσει η συναρμολόγησή του (assembly), εάν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Στο παράδειγμα που ακολουθεί, το κομμάτι που μελετάται είναι το Pièce latérale.ipt. Αφού ανοίξετε το αρχείο εξαρτήματος (.ipt) με το οποίο θα ασχοληθείτε επιλέξτε από το μενού εντολών **Applications → Stress Analysis**.

- Το πρώτο βήμα στην ανάλυση αντοχών είναι ο καθορισμός του υλικού του εξαρτήματος. Προσδιορίστε ένα από τα προκαθορισμένα υλικά κατά την εισαγωγή σας στο περιβάλλον των FEA υπολογισμών και το πρόγραμμα θα το αναθέσει στο κομμάτι. Η σωστή επιλογή υλικού είναι κρίσιμος παράγοντας για την εξέλιξη της διαδικασίας. Το πρόγραμμα χρειάζεται να γνωρίζει τις μηχανικές ιδιότητες του εξαρτήματός σας: την πυκνότητα (Density), το E του υλικού δηλαδή το Μέτρο του Young (Young's Modulus), το όριο διαρροής (Yield Strength), το άνω όριο θραύσης (Ultimate Tensile Strength), κλπ. Εάν στις επιλογές που σας προσφέρει το πρόγραμμα δεν περιέχεται ένα τέτοιο υλικό με τις επιθυμητές ιδιότητες, μπορείτε να το δημιουργήσετε.



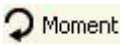
Εικόνα 3.29: Προσδιορισμός υλικού του εξαρτήματος.

- Αφού λοιπόν έχει καθοριστεί το υλικό του εξαρτήματος, επόμενο βήμα είναι η μετάβαση στο περιβάλλον εργασίας της Stress Analysis, όπου θα οριστούν οι συνοριακές συνθήκες (Boundary Conditions), δηλαδή την φόρτιση και τον τρόπο έδρασης του εξαρτήματος. Γενικά, η φόρτιση

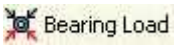
του εξαρτήματος μπορεί να δημιουργείται από εξωτερικά φορτία ή από φορτία λόγω της μάζας του.

Εξωτερικά φορτία:

-

Σημειακές δυνάμεις
- 

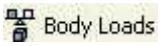
Ροπές
-

Ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία
- 

Φορτία από φορείς κύλισης

Θα πρέπει να οριστεί το μέγεθος, η κατεύθυνση και τα σημεία/ακμές/επιφάνειες εφαρμογής αυτών των φορτίων.

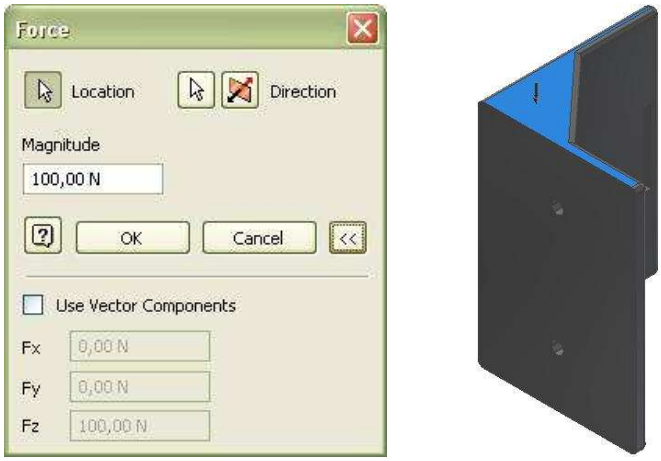
Φορτία μάζας:

- 

Το βάρος του εξαρτήματος

Θα πρέπει να καθοριστεί η κατεύθυνση της βαρύτητας καθώς επίσης και η υφιστάμενη γραμμική και γωνιακή επιτάχυνση του εξαρτήματος την δεδομένη χρονική στιγμή, που θέλετε να πραγματοποιήσετε τους υπολογισμούς.

Για παράδειγμα, εφαρμόστε μία προς τα κάτω δύναμη 100N στην επιφάνεια όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Επιλέξτε το εργαλείο **Force** από το πλαίσιο εντολών και εισάγετε το μέγεθός της. Η δύναμη μπορεί να εφαρμοστεί σε επιφάνειες, ακμές και σημεία. Επιλέγοντας το σύμβολο με το διπλό βέλος μπορείτε να προσδιορίσετε τις διάφορες συνιστώσες της δύναμης στους τρεις άξονες. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής της κατεύθυνσης της δύναμης με την επιλογή της εντολής **Direction**.



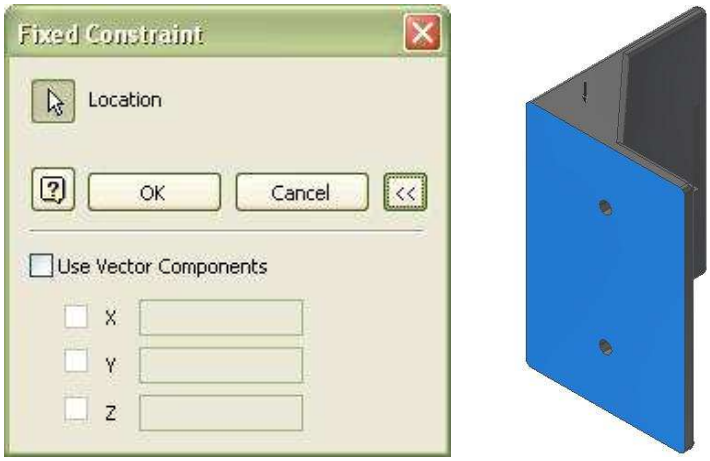
Εικόνα 3.30: Εισαγωγή δύναμης με φορά προς τα κάτω.

- Φόρτιση επίσης του εξαρτήματος μπορεί να προκύπτει εξαιτίας κάποιας ιδιόμορφης έδρασής του. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να εισαχθεί ένας τρόπος έδρασης που θα διατηρήσει τα επιλεγμένα σημεία/ακμές/επιφάνειες σε συγκεκριμένες θέσεις.

  Εδράσεις:

  - Fixed Constraint — Πάκτωση, με μηδενική ή διάφορη του μηδενός μετατόπιση (στην περίπτωση αυτή έχουμε φόρτιση λόγω έδρασης)
  - Pin Constraint — Έδραση Περιστροφής
  - Frictionless Constraint — Έδραση κύλισης

  Συνεχίζοντας με το παράδειγμα, επιλέξτε το αντίστοιχο εργαλείο και ορίστε ως σταθερή την επιφάνεια που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 3.31: Εισαγωγή πάκτωσης.

- Το επόμενο βήμα είναι να ανοίξετε το πλαίσιο διαλόγου **Stress Analysis Settings** για να ορίσετε ρυθμίσεις βάση των οποίων θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί. Επειδή οι ρυθμίσεις αυτές δεν επηρεάζονται από τους ορισμούς της φόρτισης και έδρασης του εξαρτήματος, μπορούν να πραγματοποιηθούν και πριν από αυτούς.

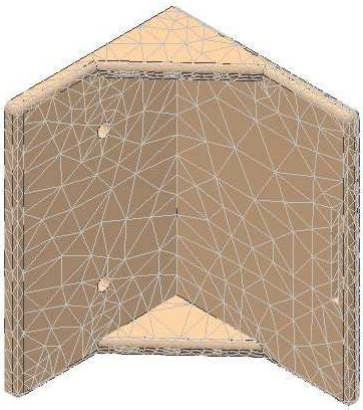
  Επιλογή αλγορίθμου (Analysis Type):

  - **Stress Analysis**: Υπολογισμός εντατικής κατάστασης. Υπολογίζονται η ισοδύναμη τάση (Equivalent Stress) κατά Von Misses, η μέγιστη ονομαστική τάση (Maximum Principal Stress), η ελάχιστη ονομαστική τάση (Minimum Principal Stress), η παραμόρφωση (Deformation) και ο συντελεστής ασφάλειας (Safety Factor) του εξαρτήματος.
  - **Modal Analysis**: Υπολογίζονται οι ιδιοσυχνότητες του εξαρτήματος.

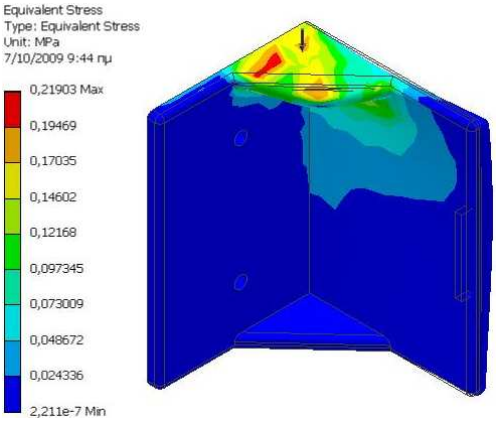
  Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, θα μας απασχολήσει μόνο ο υπολογισμός της εντατικής κατάστασης, οπότε στο αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου πρέπει να είναι επιλεγμένη η **Stress Analysis**.

- Τέλος, η μόνη ενέργεια που έχει απομείνει είναι η ενημέρωση του προγράμματος με την επιλογή της εντολής (**Stress Analysis Update**) από το μενού. Η εφαρμογή της ANSYS τίθεται σε λειτουργία και πραγματοποιεί τους υπολογισμούς. Μόλις τελειώσει η διαδικασία των υπολογισμών τα αποτελέσματα δίνονται από το πρόγραμμα

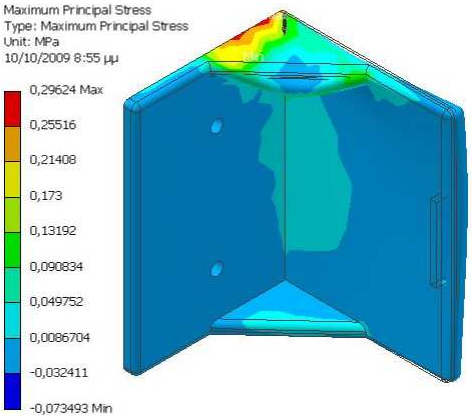
γραφικά στο ενεργό παράθυρο. Στο εξάρτημα που μελετάται τα αποτελέσματα που έδωσε η ανάλυση αντοχών παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί:



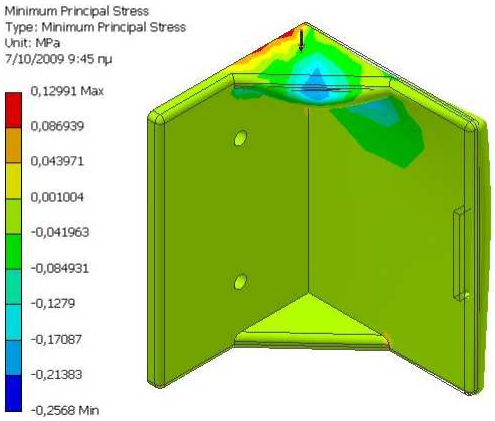
Προεπισκόπηση πλέγματος (Preview Mesh)



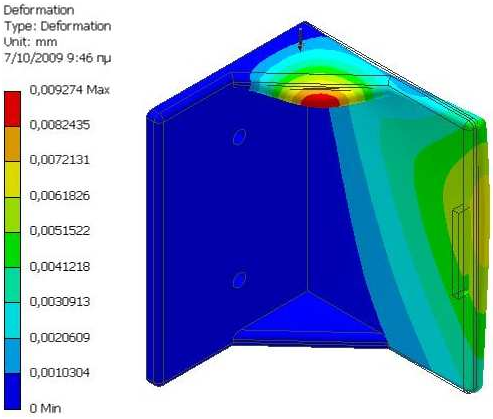
Ισοδύναμη Τάση (Equivalent Stress)



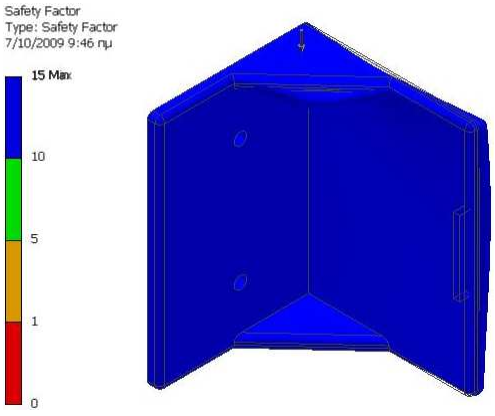
Μέγιστη Ονομαστική Τάση (Maximum Principal Stress)



Ελάχιστη Ονομαστική Τάση (Minimum Principal Stress)



Παραμόρφωση (Deformation)



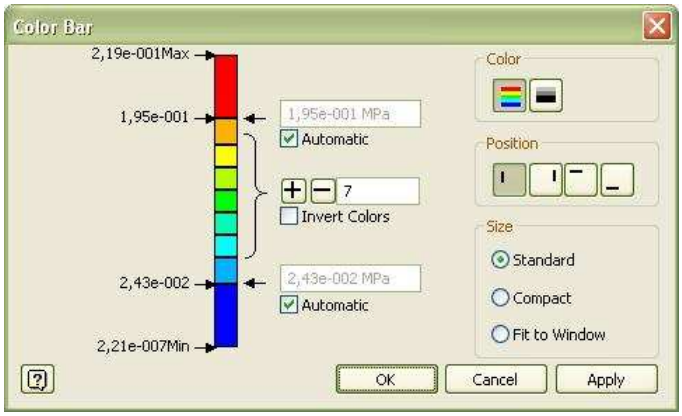
Συντελεστής Ασφάλειας (Safety Factor)

Εικόνα 3.32: Πλεγματοποίηση και αποτελέσματα της Stress Analysis.

Στα πλαίσια της ανάλυσης, το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε αρχείο (τύπου *.htm) απλά επιλέγοντας το εργαλείο Report από το πλαίσιο εντολών. Η αναφορά της ανάλυσης του υπό μελέτη εξαρτήματος του παραδείγματος, παρατίθεται στο τρίτο μέρος του παραρτήματος.

Υπάρχει επίσης η επιλογή εξαγωγής των αποτελεσμάτων γραφικά, σε μορφή βίντεο (αρχείο *.avi) αρκεί να επιλέξετε την εντολή Animate Results. Έπειτα, από το παράθυρο διαλόγου που θα εμφανιστεί, επιλέγετε την ταχύτητα εγγραφής και τέλος το κουμπί . Αφού εισάγετε το όνομα με το οποίο θα αποθηκευτεί το αρχείο, στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται δέχεστε τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις και επιλέγετε **OK**.

Τέλος, ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει τη χρωμο-κλίμακα αποτελεσμάτων επιλέγοντας με ποιον τρόπο θέλει να του παρουσιάζονται τα εξαγόμενα της ανάλυσης. Με το εργαλείο Color Bar από το πλαίσιο εντολών εμφανίζεται το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου.



Εικόνα 3.33: Προσαρμογή χρωμο-κλίμακας.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Autodesk Inventor Professional 2009 αποτελεί ένα ολοκληρωμένο πακέτο παραμετρικού λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Αποτέλεσμα αξιοποίησης των εφαρμογών του, είναι η παραγωγή απλών και έγκυρων μοντέλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων αλλά κυρίως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλα στάδια της παραγωγής με το σωστό προσδιορισμό υλικών, αντοχών και με τη βοήθεια διαφόρων συναρμολογήσεων και προγραμμάτων μελέτης και ανάλυσης.

Το λογισμικό αυτό είναι φιλικό για το χρήστη σε κάθε περιβάλλον (σχεδίασης, συναρμολόγησης , παραγωγής σχεδίων) με συνέπεια η εργασία να γίνεται εξαιρετικά εύκολη. Επίσης, ευνοείται αρκετά η εκμάθησή του χάρη στο προηγμένο σύστημα βοήθειας που διαθέτει.

Κατόπιν της πρώτης επαφής με το περιβάλλον εργασίας, ο χρήστης έρχεται αντιμέτωπος με την πληθώρα επιλογών και λειτουργιών που διαθέτει το πρόγραμμα. Συνδυάζοντας μοντελοποίηση ακμών, στερεών και επιφανειών, εφοδιάζει το χρήστη με πλήθος εργαλείων και μεθόδων σχεδίασης οποιουδήποτε απλού ή πολύπλοκου αντικειμένου. Εξαιτίας του βελτιωμένου περιβάλλοντος σχεδίασης αλλά και την ύπαρξη πολλών και εύχρηστων χαρακτηριστικών (features), είναι εφικτή η δημιουργία ποιοτικών και έγκυρων προϊόντων εύκολα και γρήγορα.

Η δομή του Inventor του επιτρέπει να λειτουργεί πολύ γρήγορα και απλά. Τα αρχεία τόσο των εξαρτημάτων όσο και των συναρμολογήσεων είναι αρκετά μικρά και επισπεύδουν τις διαδικασίες δημιουργίας και αποθήκευσης.

Το Autodesk Inventor Professional 2009 επιτρέπει τη σχεδίαση ενός εξαρτήματος σε περιβάλλον συναρμολόγησης, δυνατότητα πολύ χρήσιμη για την σχεδίαση και συναρμολόγηση εξαρτημάτων. Επίσης, η ενημέρωση των συναρμολογήσεων και των όψεων κατασκευαστικών σχεδίων γίνεται αυτόματα με βάση τις αλλαγές που συμβαίνουν στο μοντέλο.

Μία ακόμα χρήσιμη λειτουργία είναι ο έλεγχος παρεμβολών μεταξύ των εξαρτημάτων σε περιβάλλον συναρμολόγησης μέσω προσομοίωσης της κίνησης. Το πρόγραμμα, βάσει υπαρκτών περιορισμών και αλληλεξαρτήσεων, δίνει κίνηση στα εξαρτήματα, με στόχο την επιθεώρηση σωστής λειτουργίας του τελικού προϊόντος.

Στο τελευταίο συμβάλλει και η δυνατότητα υπολογισμού των φυσικών ιδιοτήτων του κάθε εξαρτήματος, αλλά και ολόκληρης της συναρμολόγησης.

Πλεονέκτημα του Inventor επίσης αποτελεί και η συνεργασία που έχει με τα προγράμματα AutoCAD, AutoCAD Mechanical και Mechanical Desktop, καθώς επίσης και η δυνατότητα αξιοποίησης υπαρχόντων 2D/3D σχεδίων σε μορφή DWG και DXF.

Ένα ακόμη δυνατό σημείο του προγράμματος αποτελούν τα εργαλεία φωτοσκίασης. Η ύπαρξη έτοιμων υφών για ρεαλιστική απεικόνιση ενός αντικειμένου, ποικίλων φόντων, διάφορων εφέ και διαφορετικών τύπων φωτισμού και αντανακλάσεων, συντελούν στη δημιουργία αρκετά ρεαλιστικών εικόνων.

Συνοψίζοντας, το Autodesk Inventor Professional 2009 αποτελεί ένα πολύ ισχυρό και πολλαπλών δυνατοτήτων πακέτο εφαρμογών, που ωστόσο προϋποθέτει εμπειρία. Είναι άλλωστε λογικό το γεγονός ότι για την εκμάθηση ενός τέτοιου λογισμικού, ο χρόνος που απαιτείται είναι αρκετός για να διασφαλιστεί η σωστή και πλήρης εκμετάλλευσή όλων των δυνατοτήτων του.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, αποτελεί ένα αρχικό στάδιο για την εισαγωγή στην προχωρημένη σχεδίαση στο σύστημα Autodesk Inventor Professional 2009. Ωστόσο, είναι επιθυμητή η επέκτασή της με στόχο την αξιοποίηση και των υπόλοιπων εφαρμογών και δυνατοτήτων του λογισμικού αυτού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Νικόλαος Μπιλάλης, (2006), *Μελέτη & Σχεδίαση Με Χρήση Η/Υ*, Πολυτεχνείο Κρήτης.
2. Νικόλαος Μπιλάλης, (2006), *Μελέτη & Ανάπτυξη Προϊόντων*, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Διεθνής Βιβλιογραφία

1. Autodesk Inventor Professional 2009 Tutorials.

Από Δικτυακό Τόπο

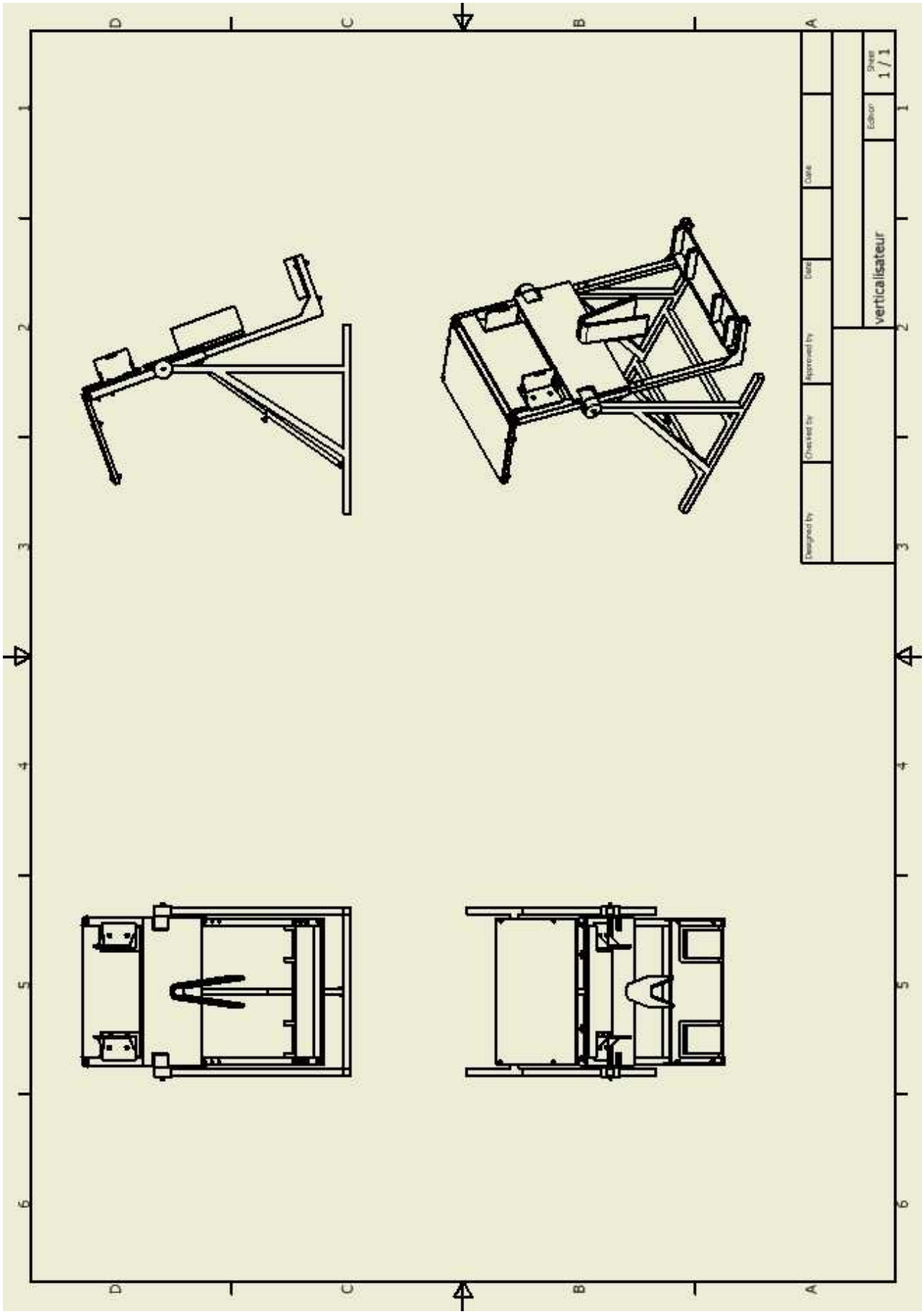
1. Autodesk Official website, http://usa.autodesk.com
2. Autodesk Education Community, http://students3.autodesk.com/
3. Manufacturing Community, http://mfgcommunity.autodesk.com/
4. Autodesk Inventor Tutorials, http://www.caddigest.com/subjects/adsk_inventor/tutorials.htm
5. Autodesk Inventor Frame Generator Tutorials, http://www.cadalyst.com/cad/inventor/autodesk-inventor-2009-frame-generator-solutions-synergis-tutorial-11245
6. Introduction to Autodesk Inventor http://www.pdfgeni.com
7. Synergis, Engineering Design Solutions, http://www.synergis.com
8. Autodesk Labs site, http://labs.autodesk.com/technologies/advanced_simulation/
9. PC Magazine, http://e-pcmag.gr
10. CAD informations, http://www.cadinfo.net
11. Promed, http://www.promed.gr
12. Physipro, http://www.physipro.com
13. Medinov, http://www.medinov.fr
14. Rehatec, http://www.rehatec.ch
15. Challenge Handicap & Technologie, http://challenge-ht.sciences.univ-metz.fr/

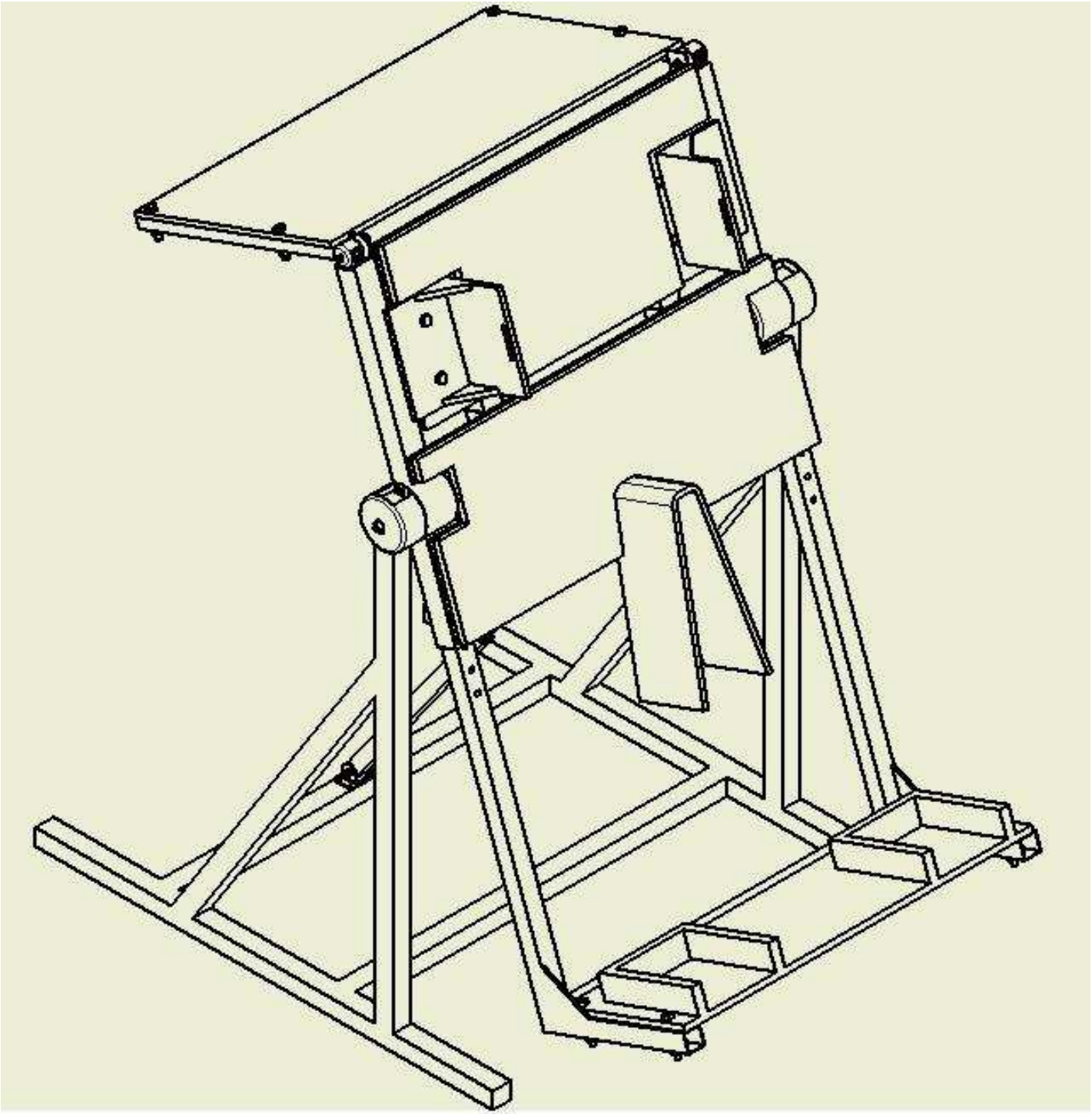
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

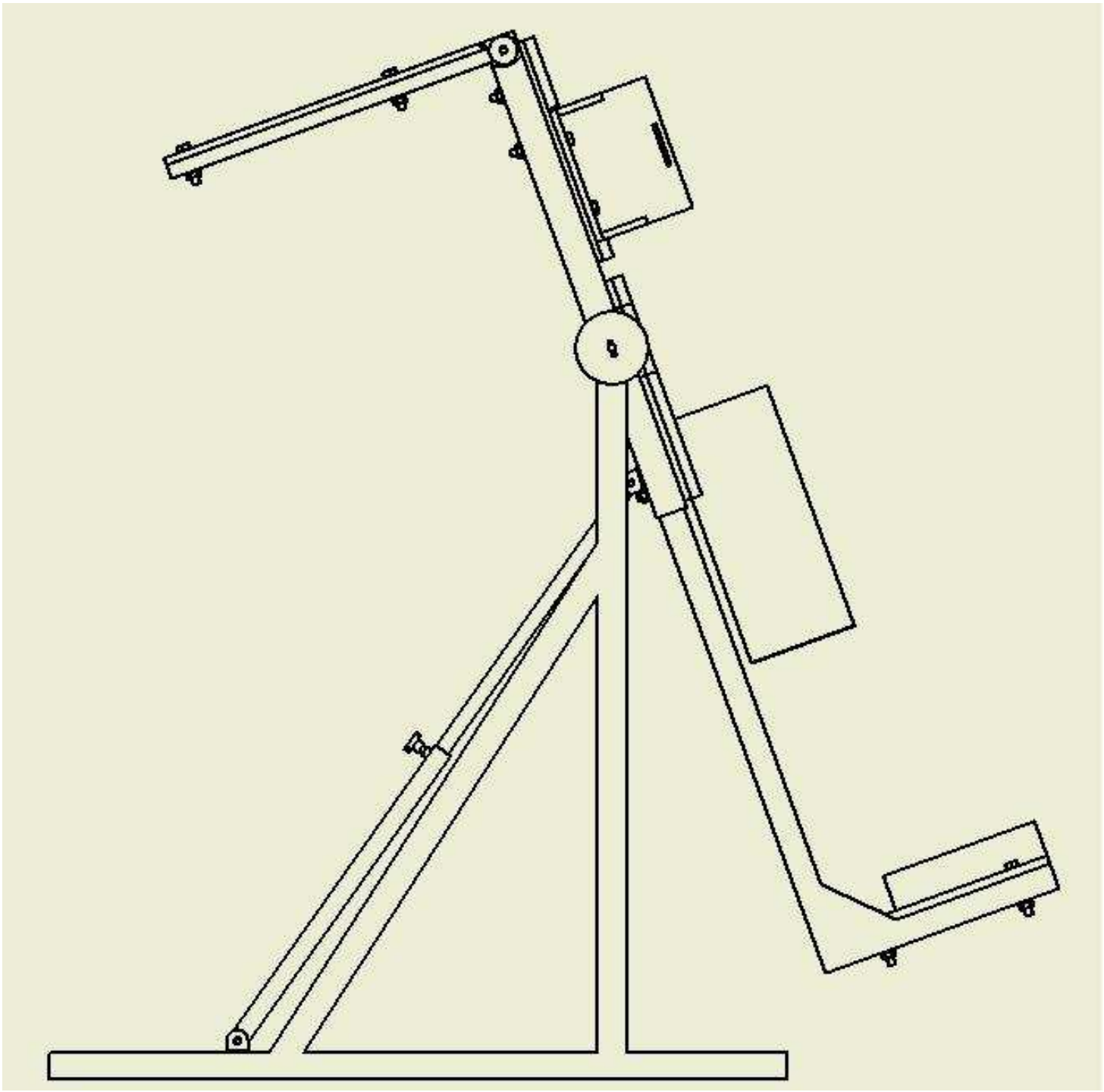
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

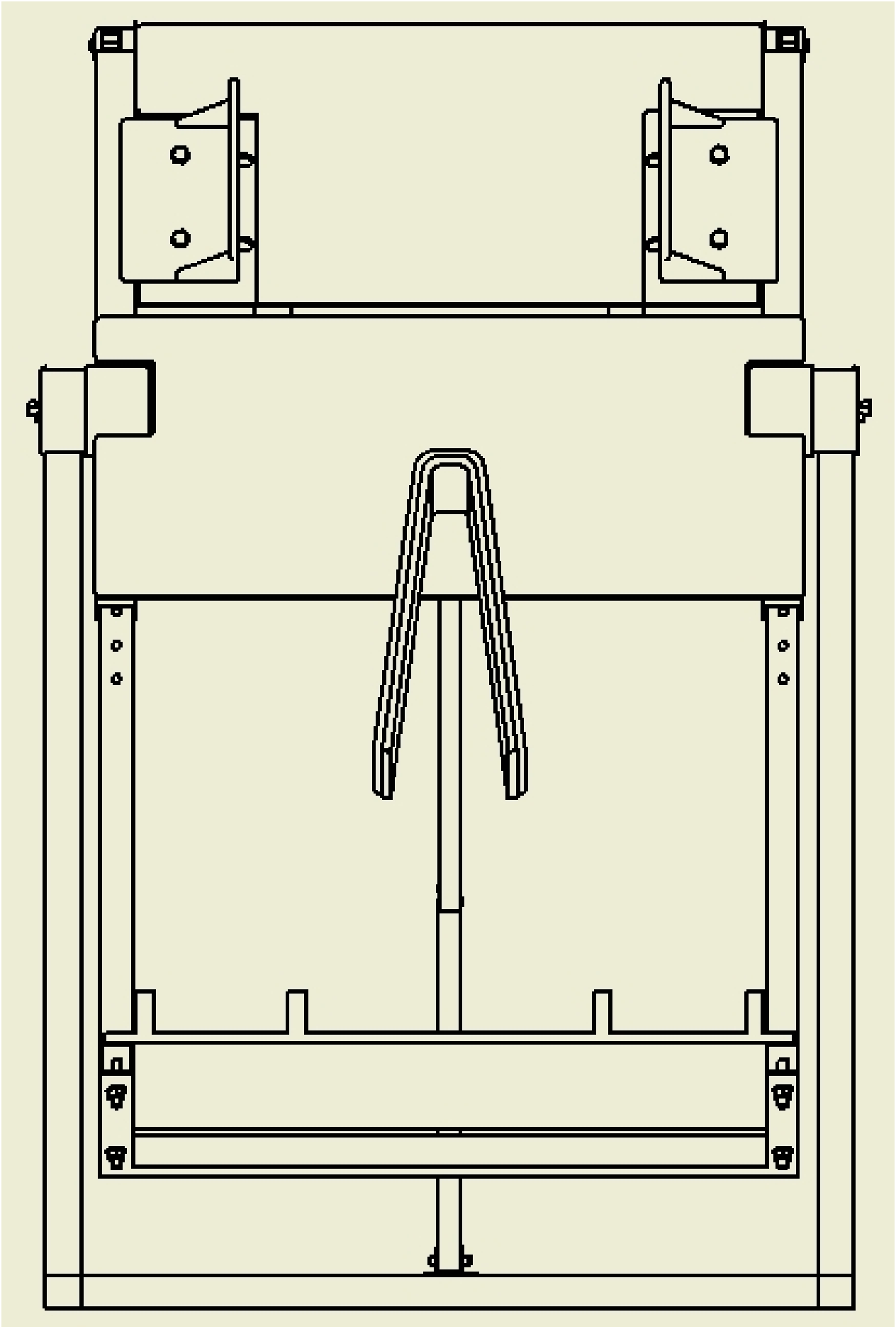
ΜΕΡΟΣ Α

ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ


verticalisateur
Designed by
Checked by
Approved by
Date
Date
Editor
Sheet
1 / 1

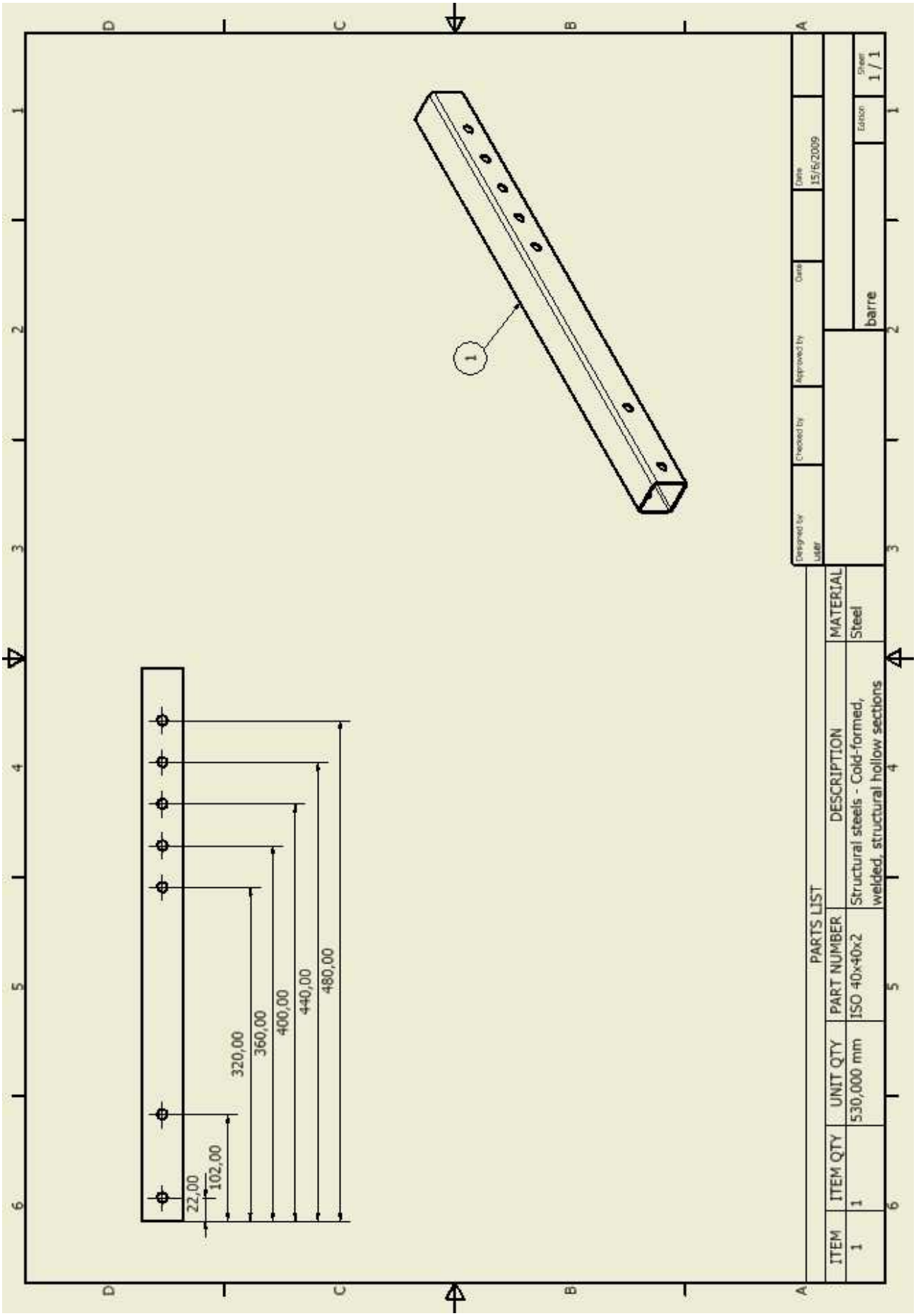


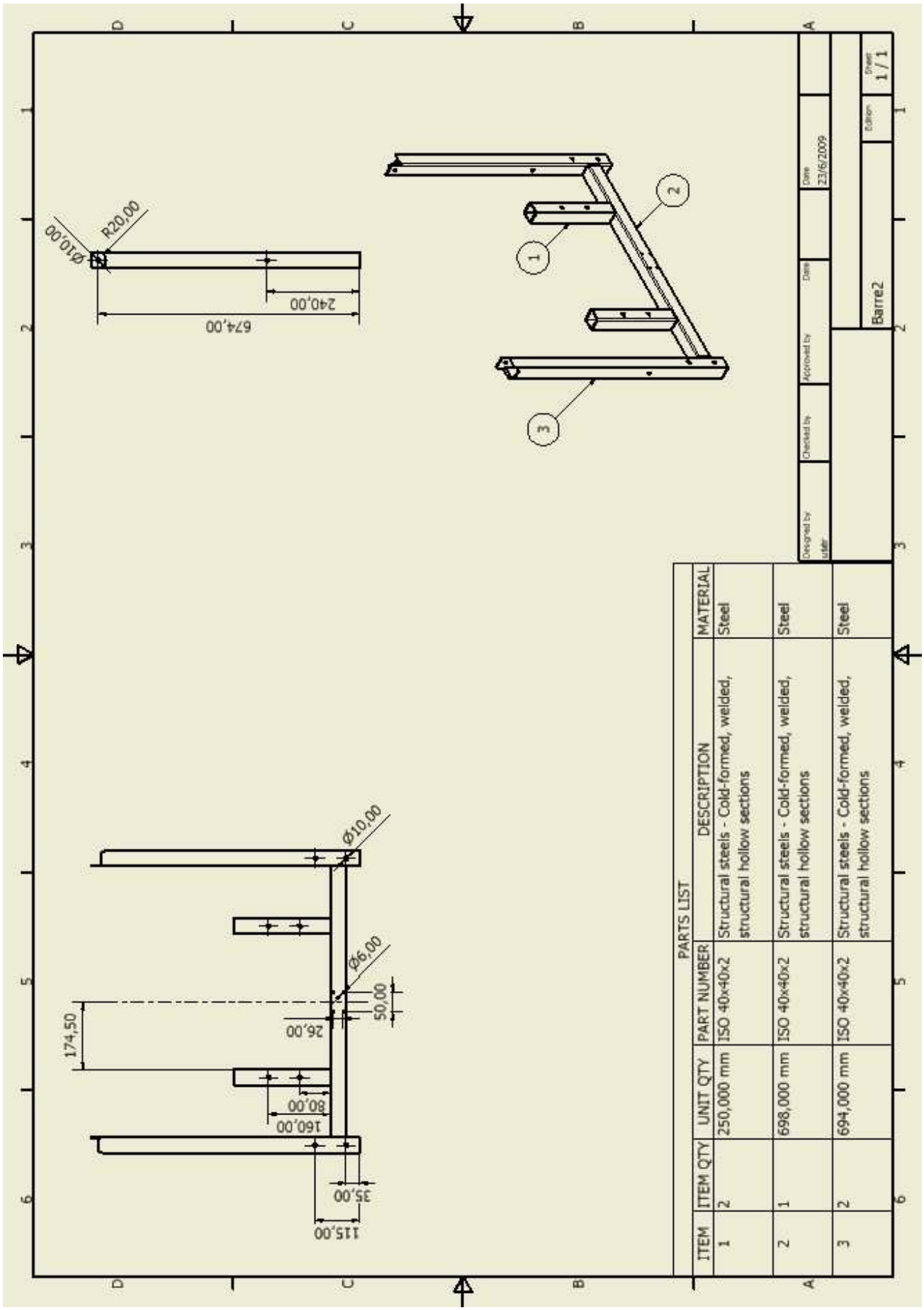


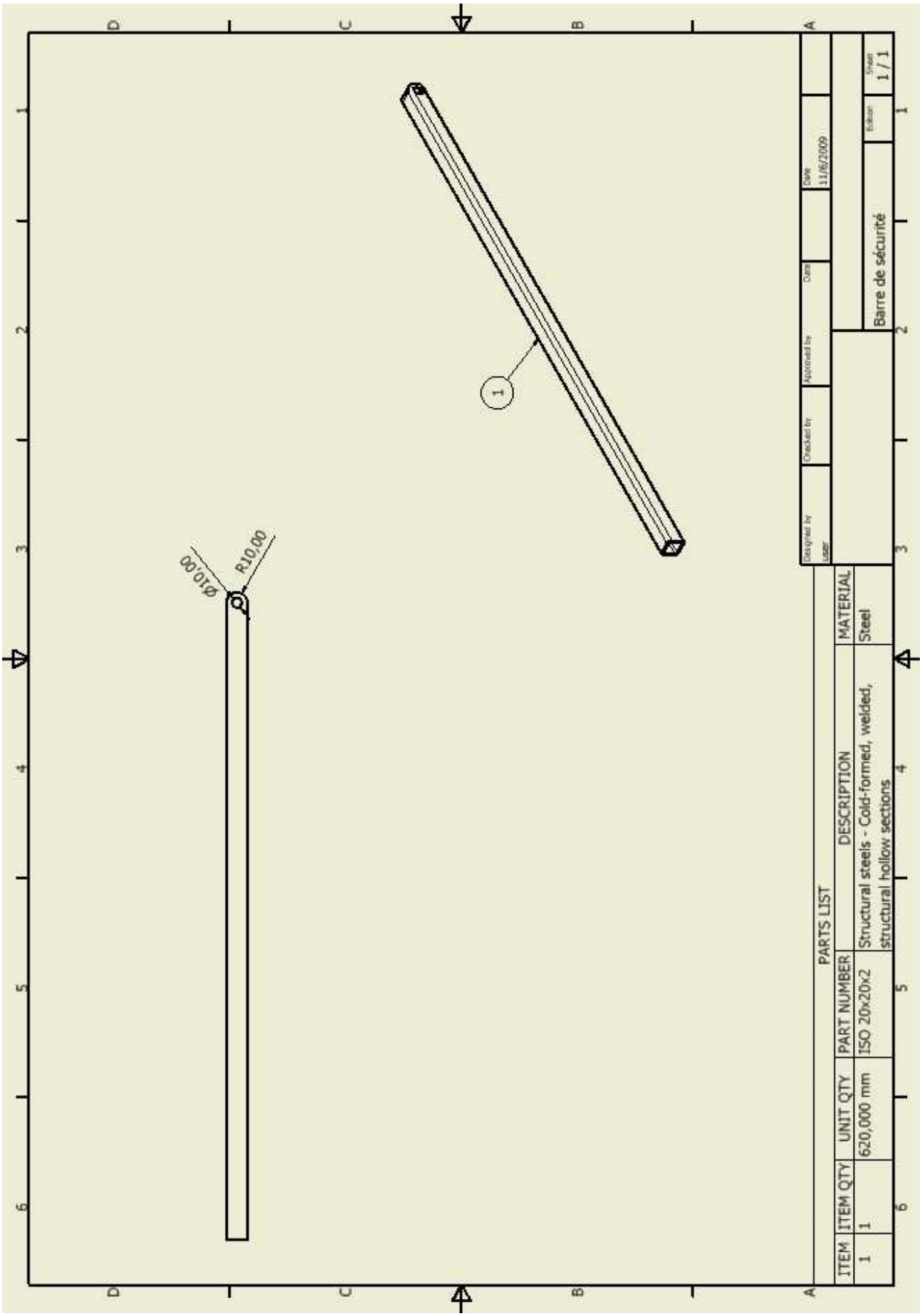


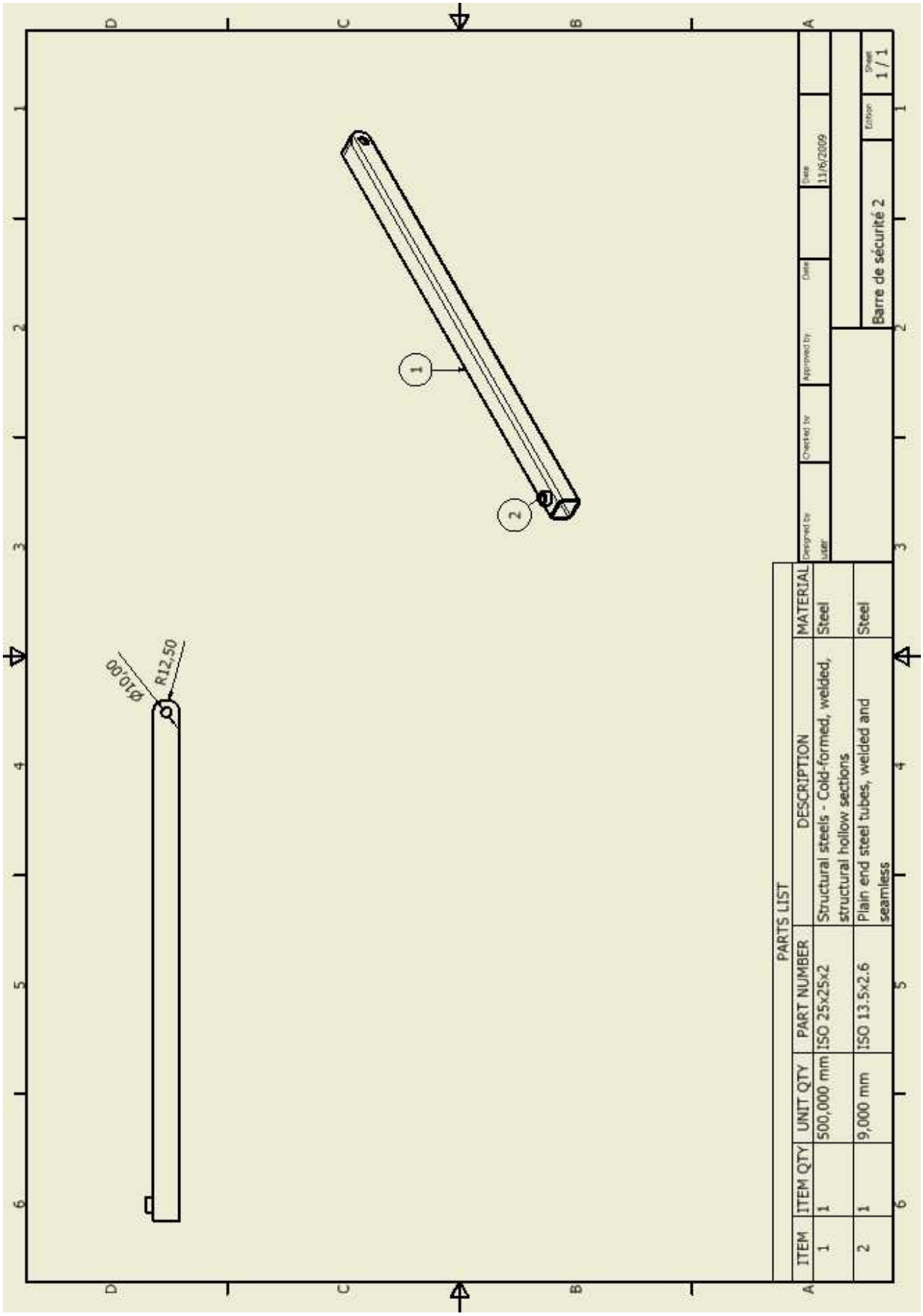
ΜΕΡΟΣ Β

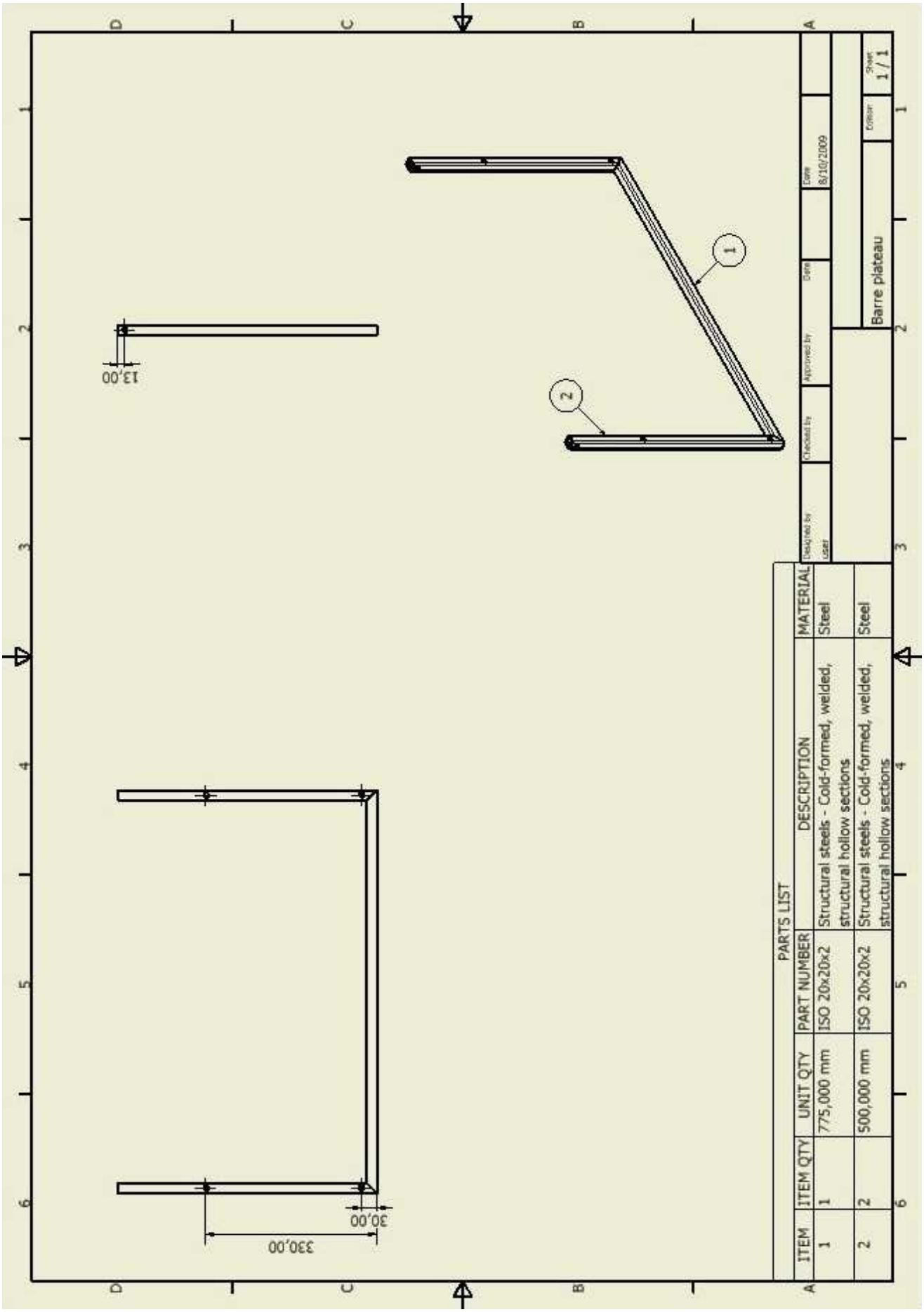
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

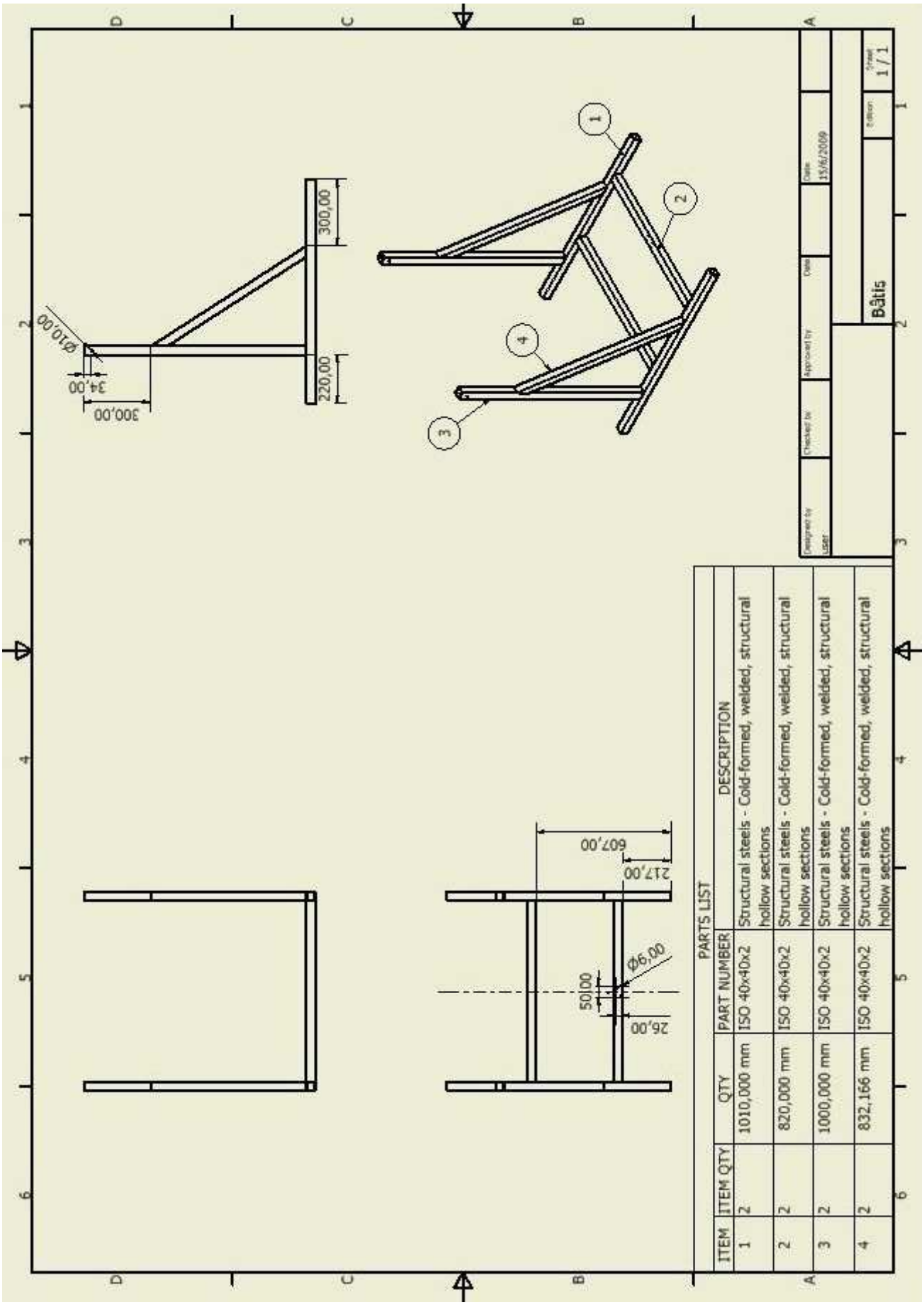

barre
Designed by Lutfi
Checked by
Approved by
Date
15/6/2009
Edison
Sheet 1 / 1
PARTS LIST
ITEM | ITEM QTY | UNIT QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION | MATERIAL
1 | 1 | 530,000 mm | ISO 40x40x2 | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections | Steel
22,00
102,00
320,00
360,00
400,00
440,00
480,00

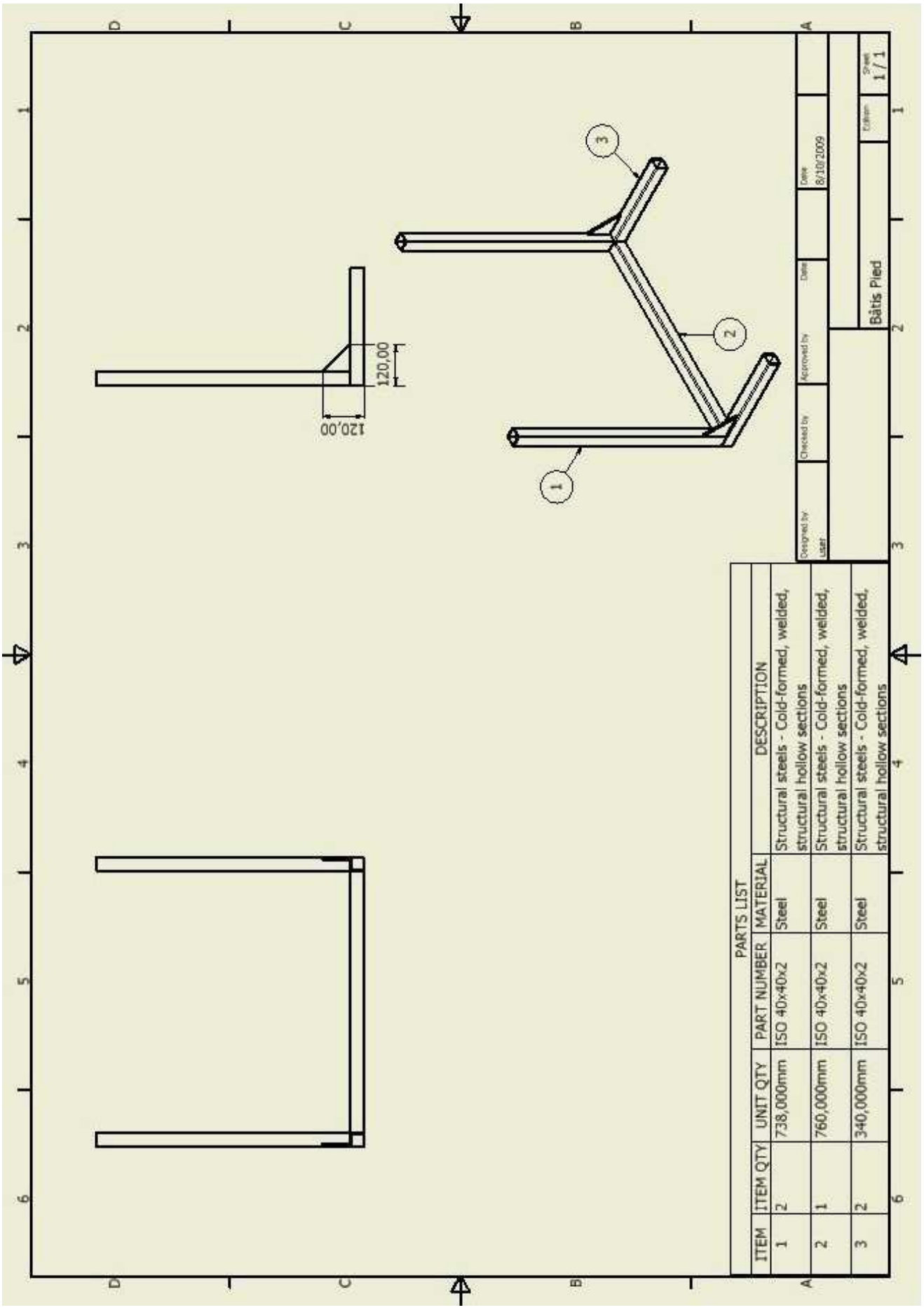

R20,00
Ø10,00
240,00
674,00
1
2
3
Ø10,00
Ø6,00
50,00
26,00
174,50
80,00
160,00
35,00
115,00
Designed by
Checked by
Approved by
Date
23/6/2009
Edition
Sheet
1 / 1
Barre2
PARTS LIST
ITEM
ITEM QTY
UNIT QTY
PART NUMBER
DESCRIPTION
MATERIAL
1
2
250,000 mm
ISO 40x40x2
Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
Steel
2
1
698,000 mm
ISO 40x40x2
Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
Steel
3
2
694,000 mm
ISO 40x40x2
Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
Steel

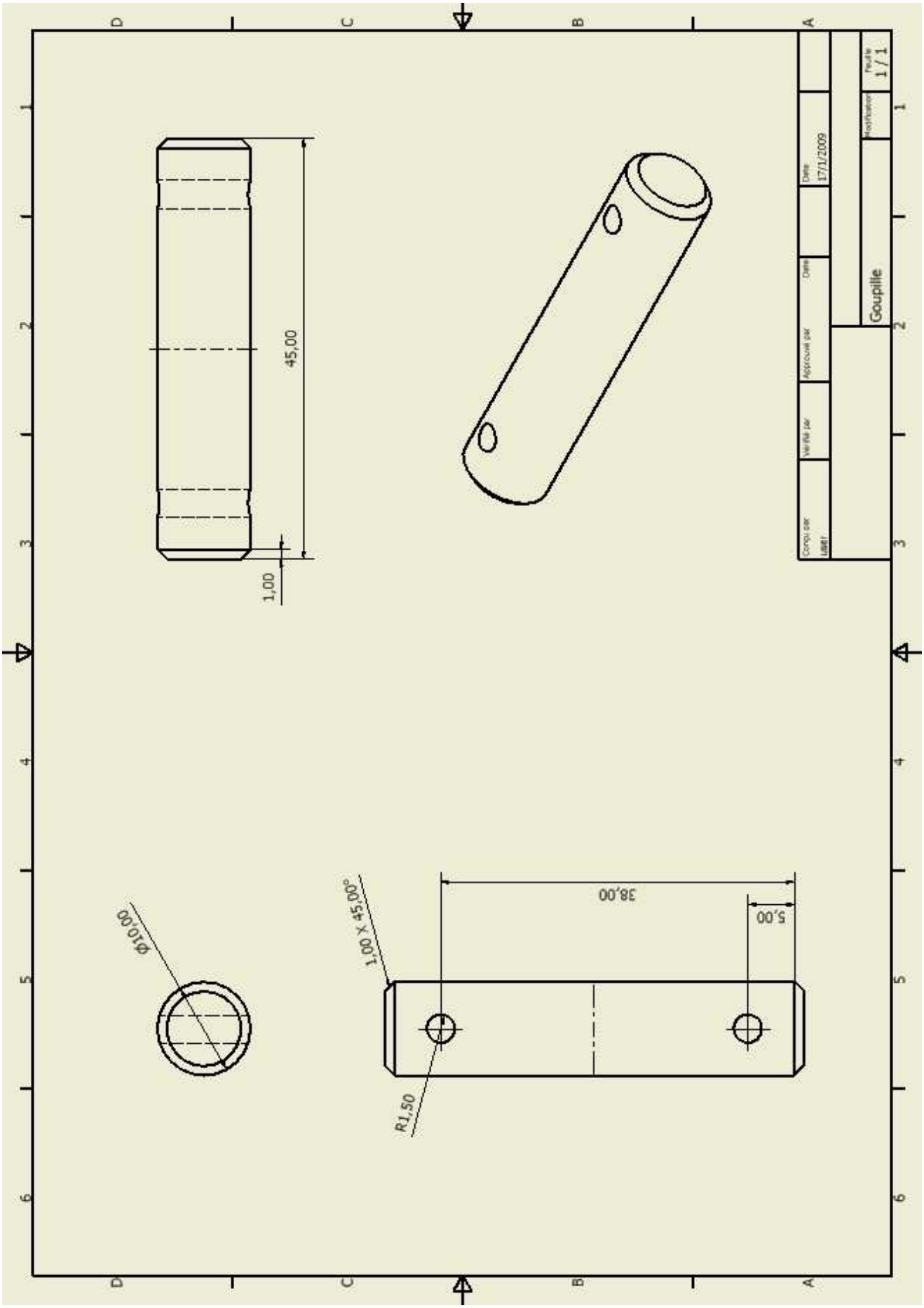

Ø10,00
R10,00
1
PARTS LIST
ITEM | ITEM QTY | UNIT QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION | MATERIAL
1 | 1 | 620,000 mm | ISO 20x20x2 | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections | Steel
Designed by
Checked by
Approved by
Date
Date 11/6/2009
Barre de sécurité
Edition
Sheet 1 / 1

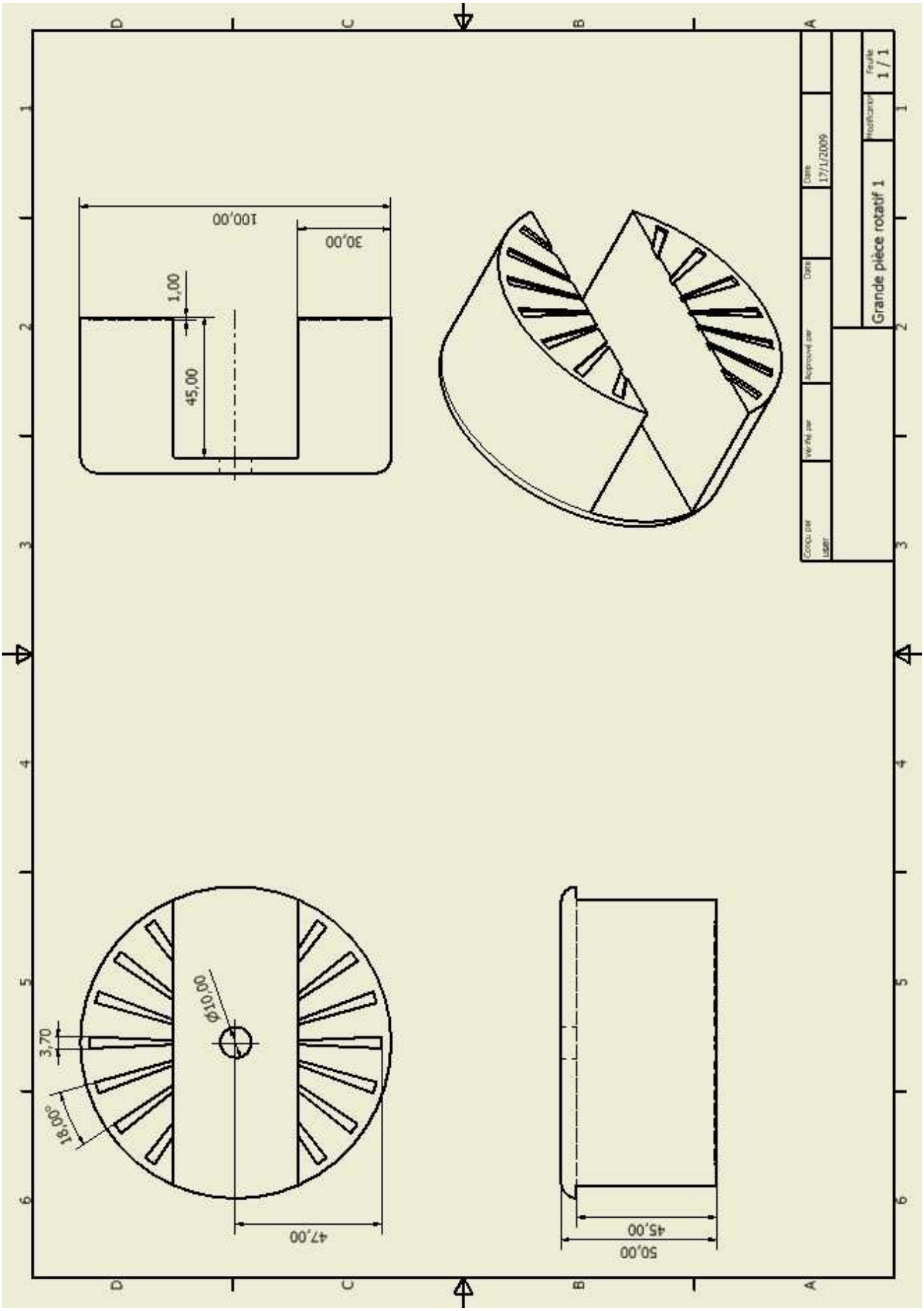

R12,50
Ø10,00
PARTS LIST
ITEM | ITEM QTY | UNIT QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION | MATERIAL
1 | 1 | 500,000 mm | ISO 25x25x2 | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections | Steel
2 | 1 | 9,000 mm | ISO 13.5x2.6 | Plain end steel tubes, welded and seamless | Steel
Designed by user
Checked by
Approved by
Date
11/6/2009
Barre de sécurité 2
Edition
Sheet 1 / 1

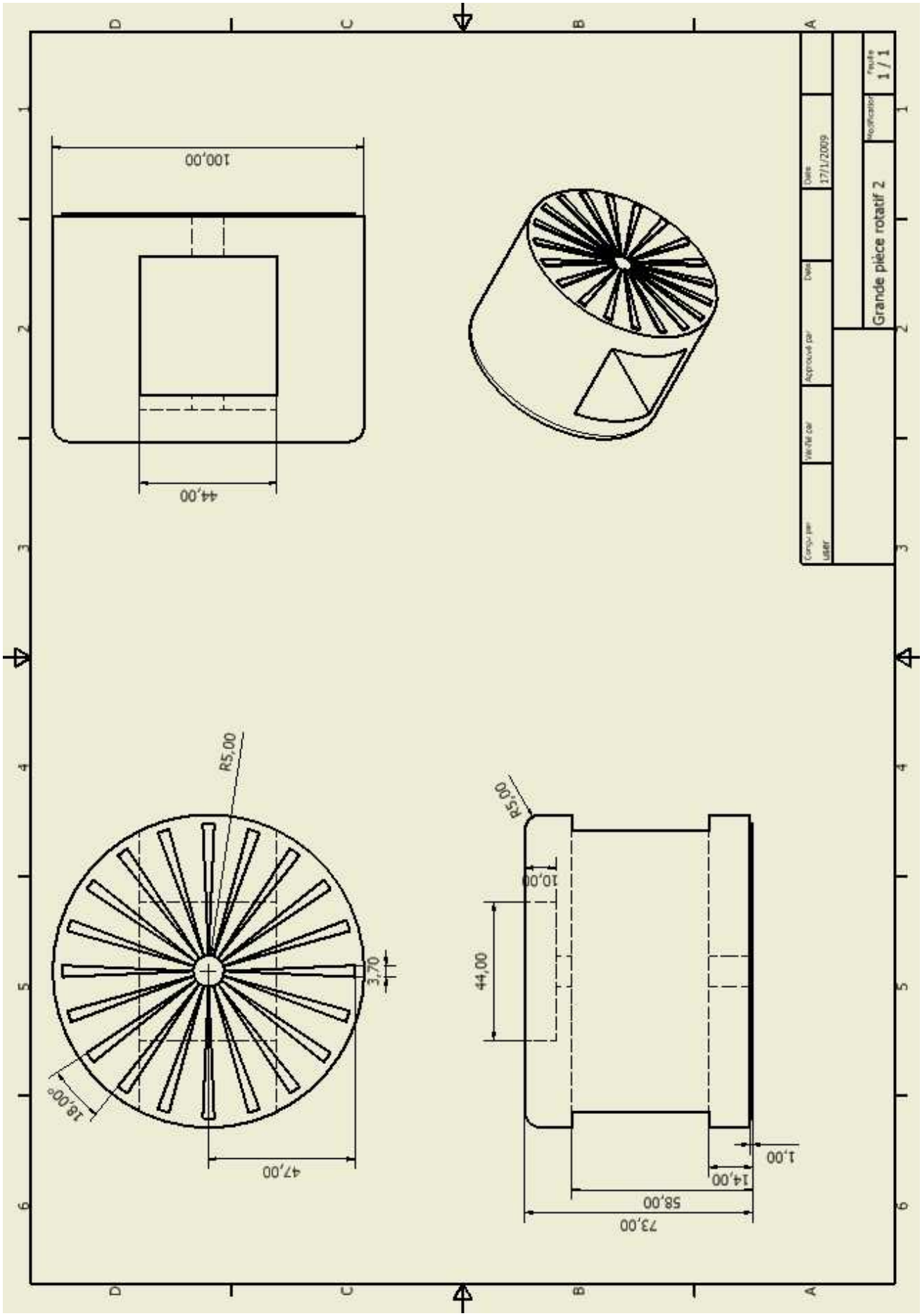

PARTS LIST
ITEM
ITEM QTY
UNIT QTY
PART NUMBER
DESCRIPTION
MATERIAL
1
1
775,000 mm
ISO 20x20x2
Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
Steel
2
2
500,000 mm
ISO 20x20x2
Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
Steel
Barre plateau
Date
8/10/2009
Sheet
1 / 1
13,00
30,00
330,00

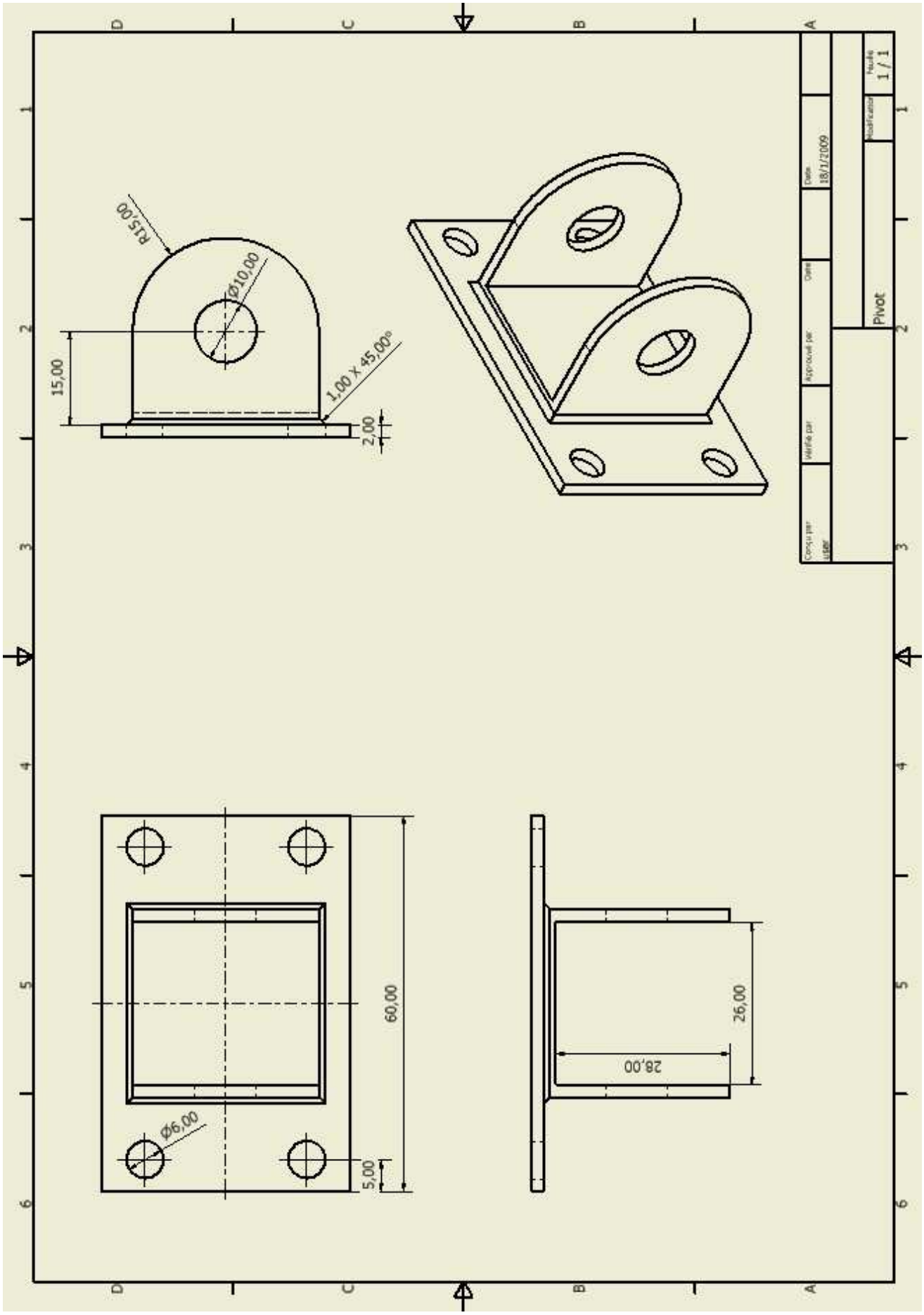

PARTS LIST
ITEM | ITEM QTY | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION
1 | 2 | 1010,000 mm | ISO 40x40x2 | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
2 | 2 | 820,000 mm | ISO 40x40x2 | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
3 | 2 | 1000,000 mm | ISO 40x40x2 | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
4 | 2 | 832,166 mm | ISO 40x40x2 | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
300,00
220,00
Ø10,00
34,00
300,00
607,00
217,00
Ø6,00
50,00
26,00
Bâtis
15/6/2009
1 / 1

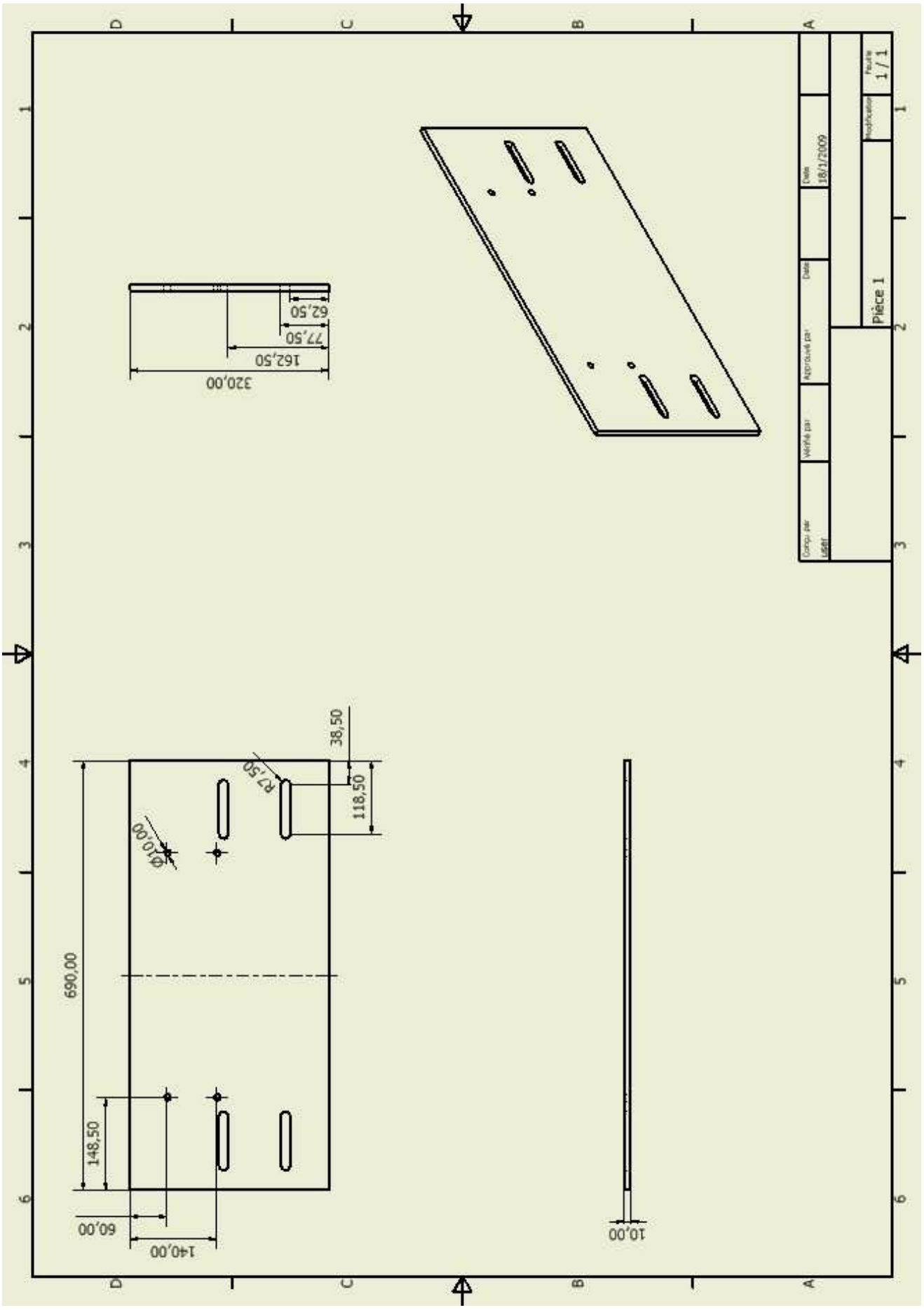

120,00
120,00
PARTS LIST
ITEM | ITEM QTY | UNIT QTY | PART NUMBER | MATERIAL | DESCRIPTION
1 | 2 | 738,000mm | ISO 40x40x2 | Steel | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
2 | 1 | 760,000mm | ISO 40x40x2 | Steel | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
3 | 2 | 340,000mm | ISO 40x40x2 | Steel | Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
Designed by
User
Checked by
Approved by
Date
Date
8/10/2009
Bâtis Pied
Sheet
1 / 1

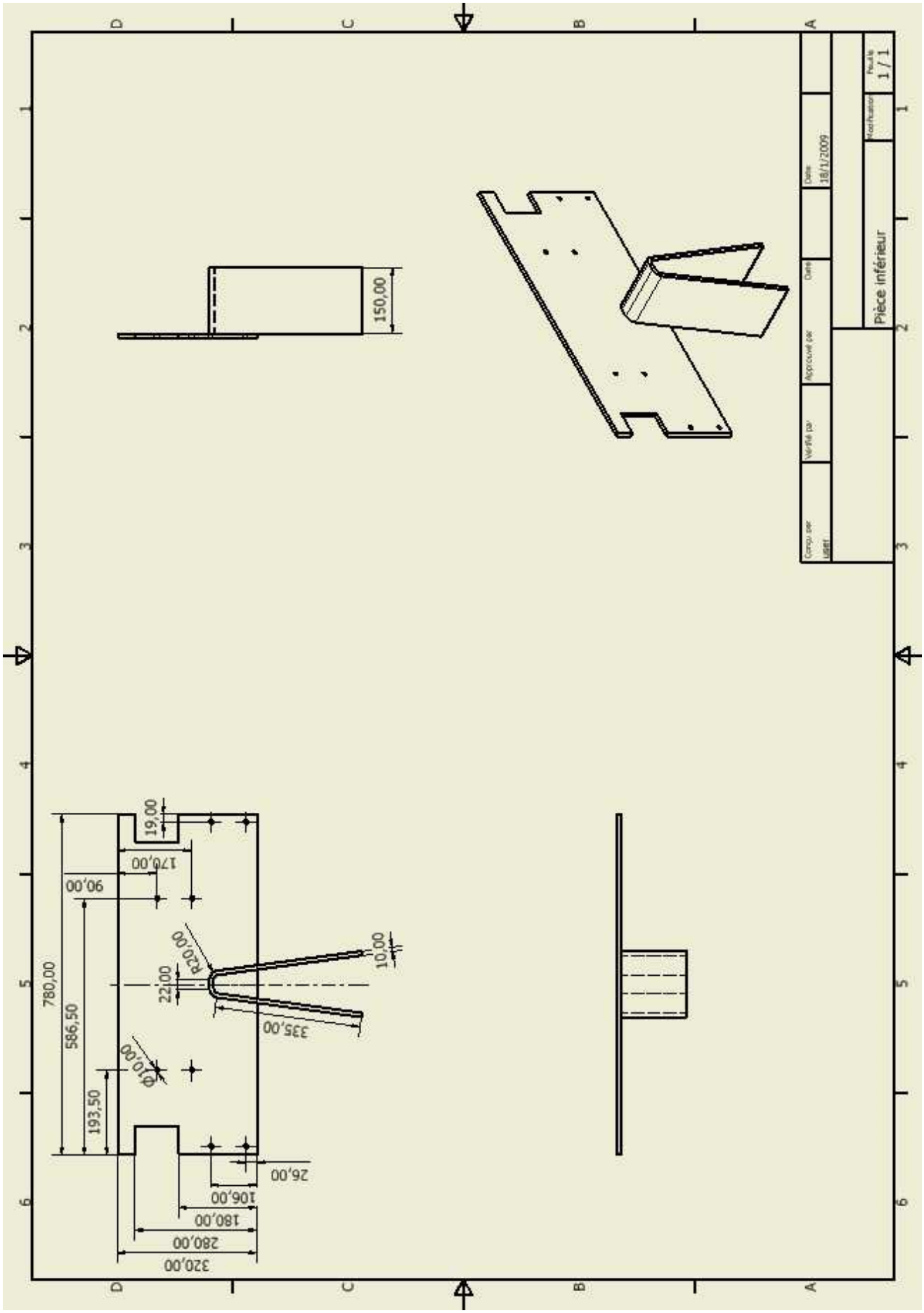

45,00
1,00
Ø10,00
1,00 X 45,00°
38,00
5,00
R1,50
Goupille
Feuille 1/1
17/11/2009

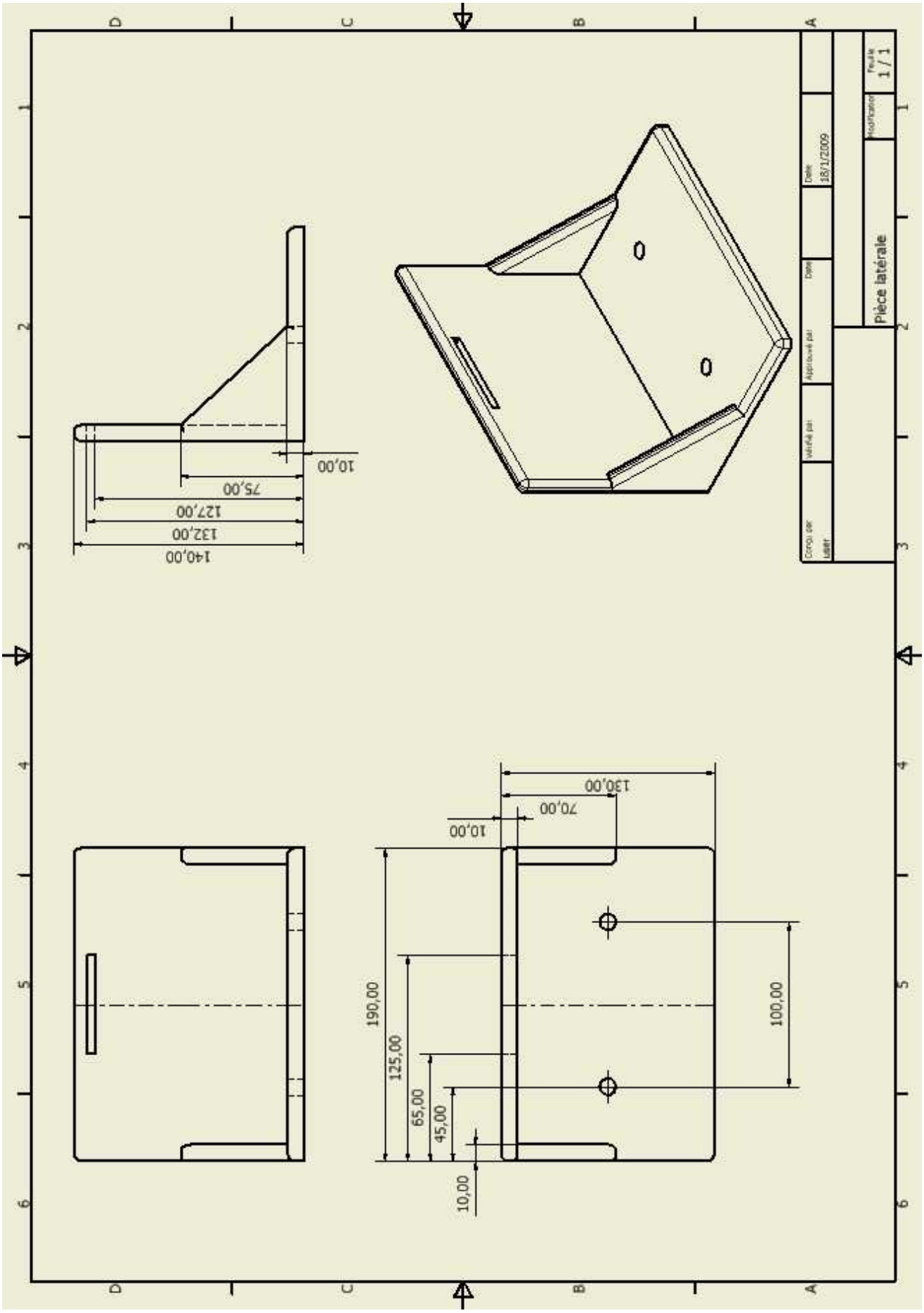

100,00
30,00
1,00
45,00
Grande pièce rotatif 1
Date
17/11/2009
Feuille
1 / 1
Ø10,00
3,70
18,00°
47,00
50,00
45,00

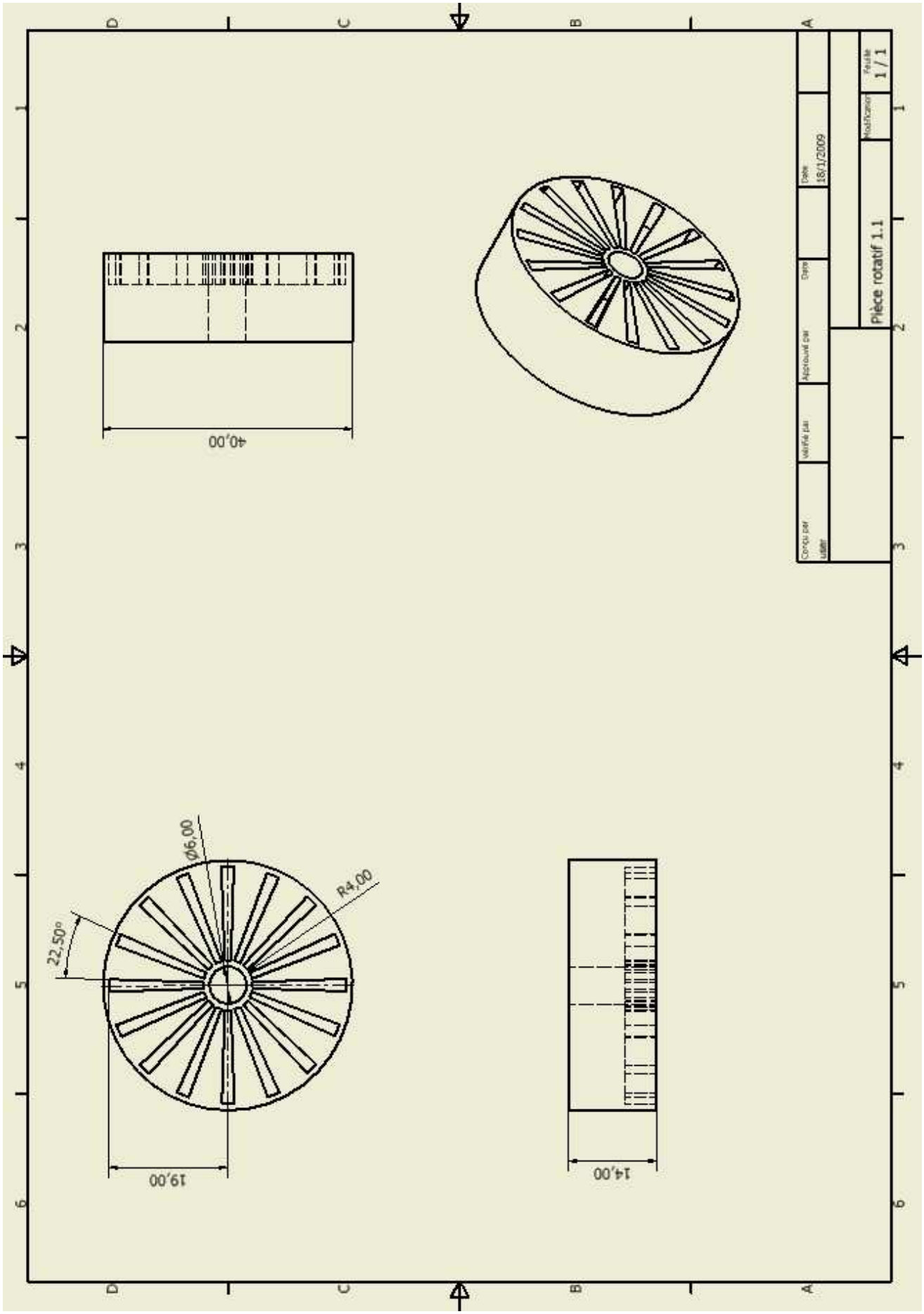

100,00
44,00
R5,00
18,00°
47,00
3,70
R5,00
10,00
44,00
1,00
14,00
58,00
73,00
Grande pièce rotatif 2
Date
17/1/2009
Feuille
1 / 1

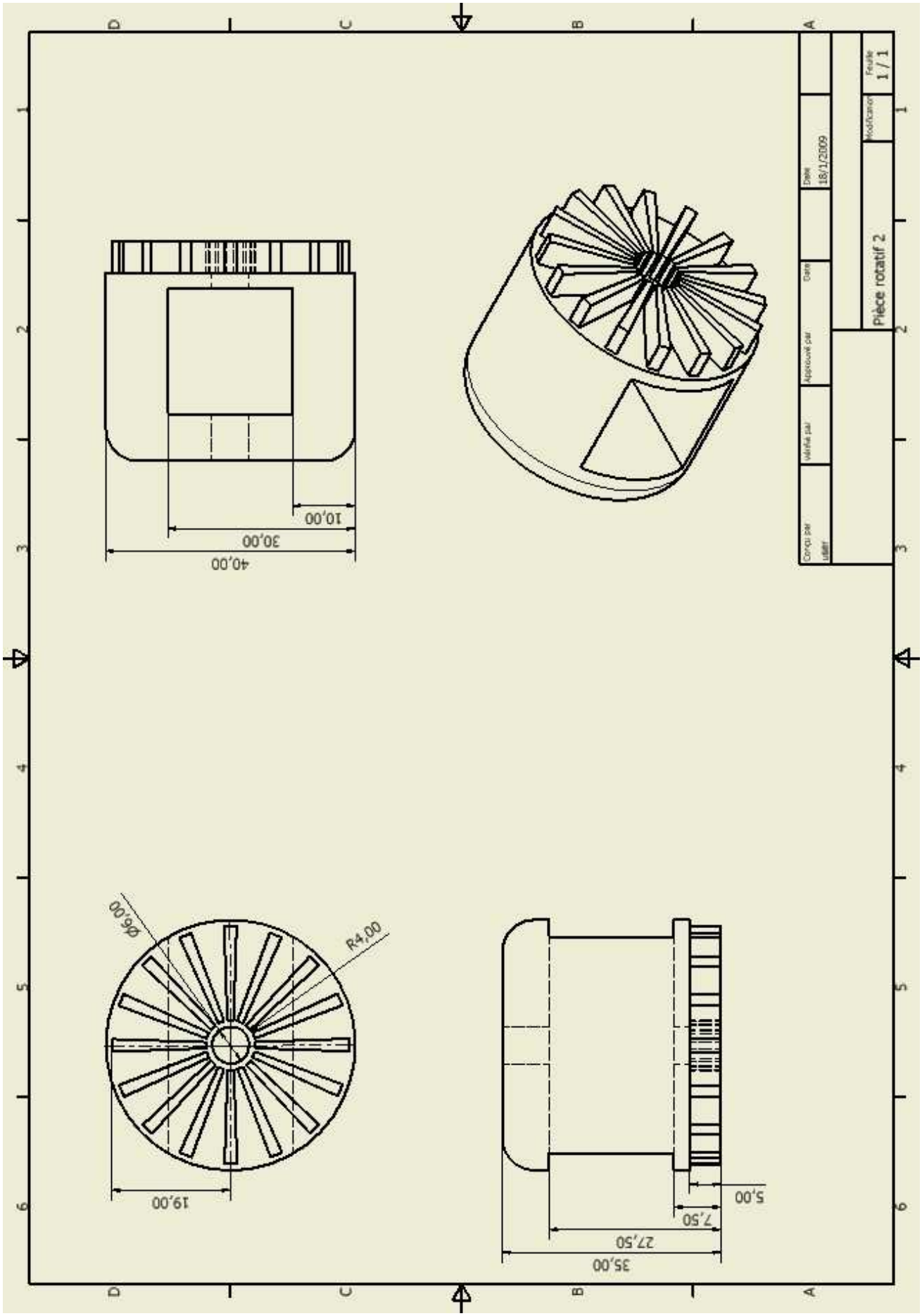

R15,00
Ø10,00
15,00
1,00 X 45,00°
2,00
60,00
Ø6,00
5,00
28,00
26,00
Pivot
1 / 1
18/1/2009

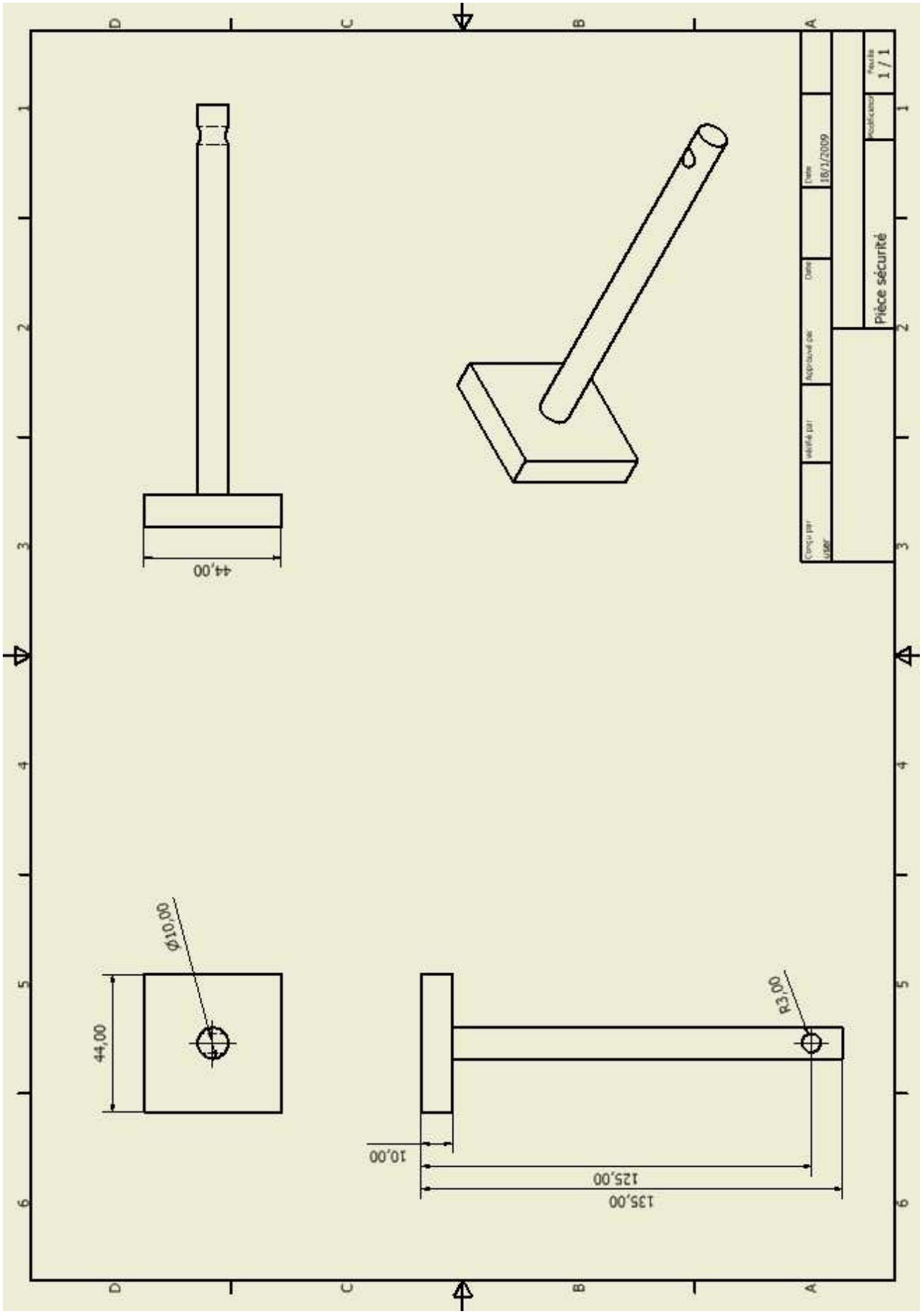

62,50
77,50
162,50
320,00
38,50
R7,50
118,50
Ø10,00
690,00
148,50
60,00
140,00
10,00
Pièce 1
1 / 1
18/1/2009

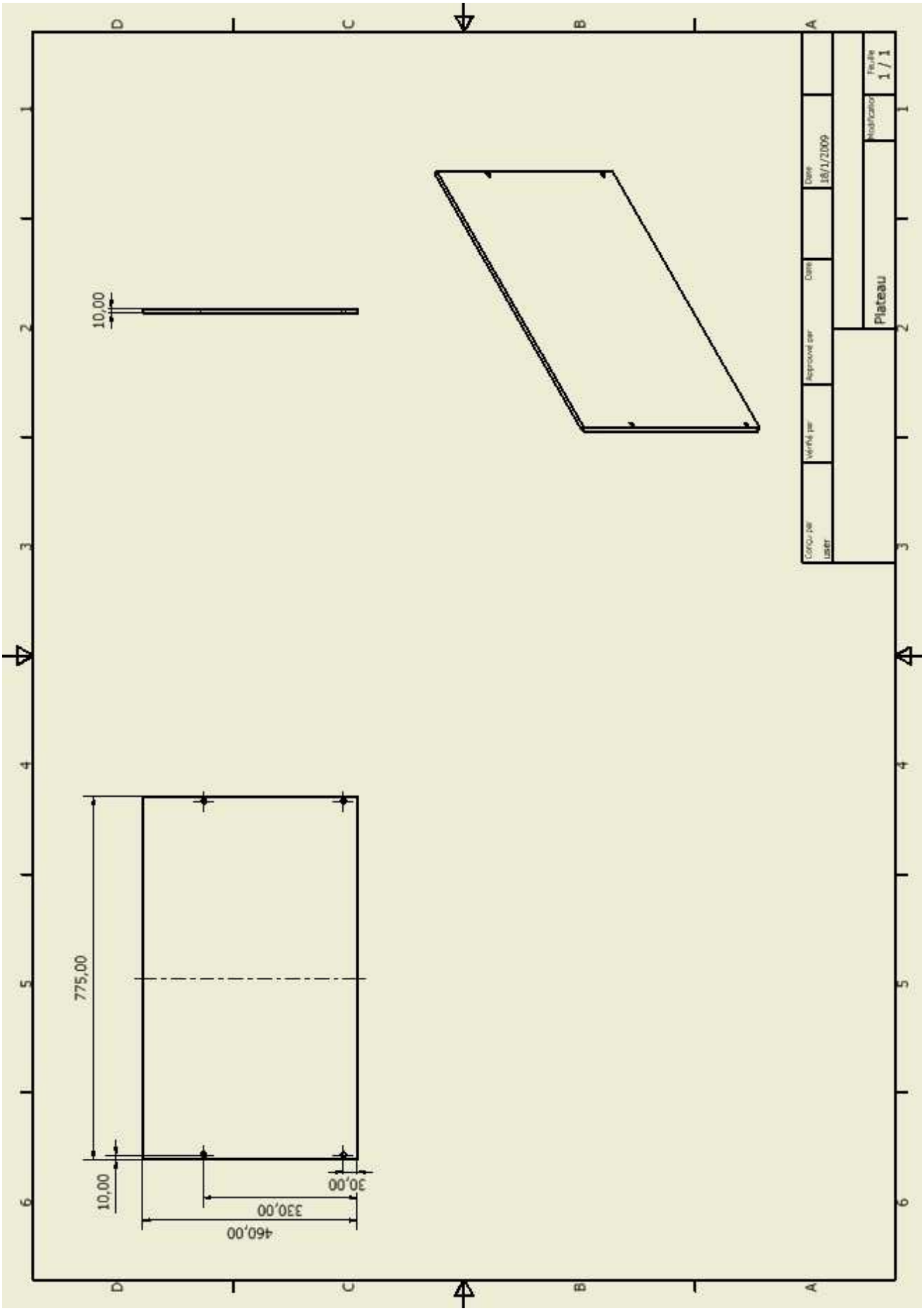

150,00
Pièce inférieur
Date
18/1/2009
Feuille
1 / 1
780,00
586,50
193,50
90,00
170,00
19,00
22,00
R20,00
10,00
335,00
Φ10,00
26,00
106,00
180,00
280,00
320,00

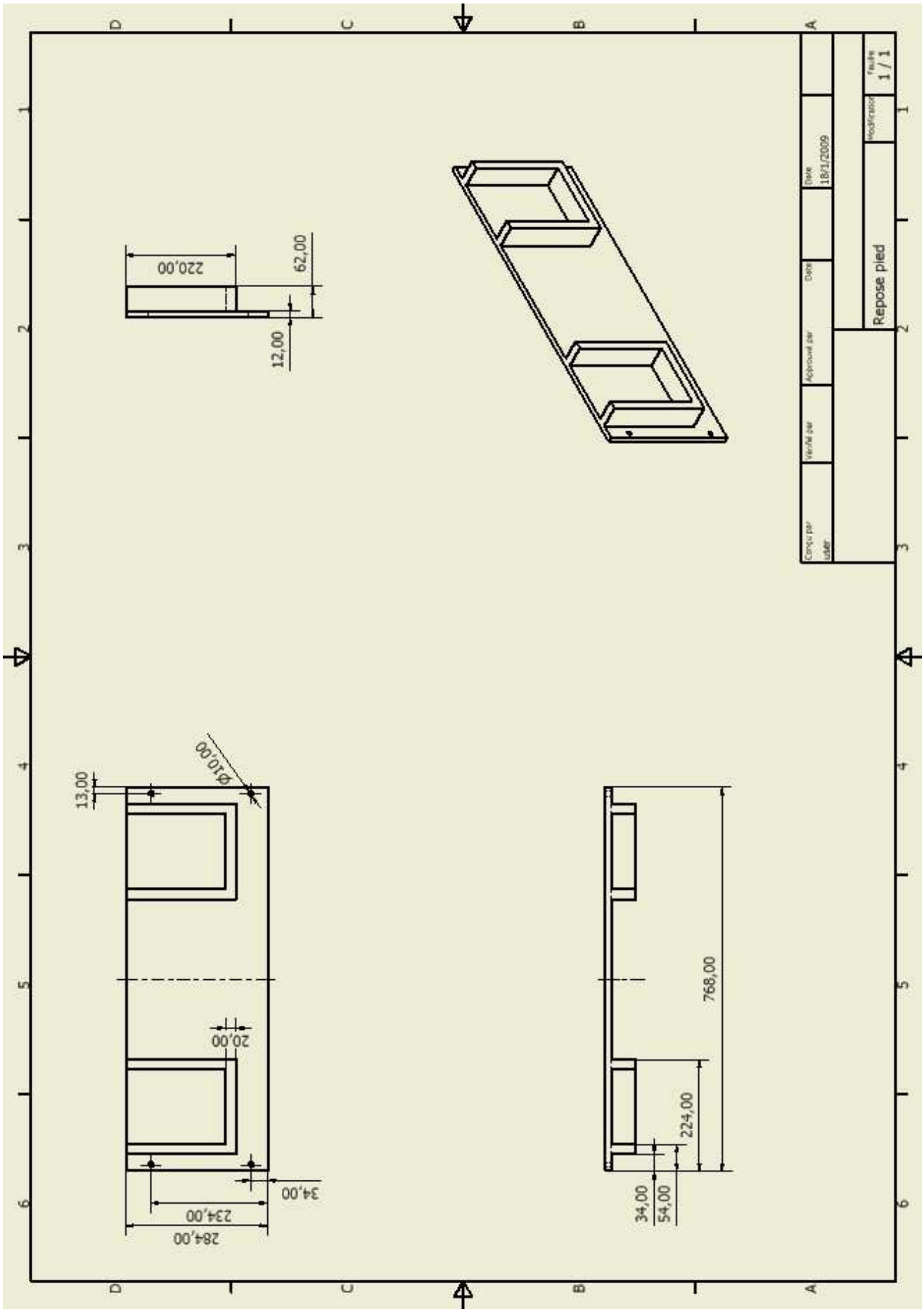

Pièce latérale
Date 18/1/2009
Feuille 1 / 1
10,00
75,00
127,00
132,00
140,00
130,00
70,00
10,00
190,00
125,00
65,00
45,00
10,00
100,00


Pièce rotatif 1.1
Date 18/1/2009
Feuille 1 / 1
40,00
Ø6,00
R4,00
22,50°
19,00
14,00


Pièce rotatif 2
Date 18/1/2009
Feuille 1 / 1
10,00
30,00
40,00
Ø6,00
R4,00
19,00
5,00
7,50
27,50
35,00


Pièce sécurité
1 / 1
16/1/2009
44,00
Φ10,00
44,00
R3,00
10,00
125,00
135,00


10,00
775,00
10,00
30,00
330,00
460,00
Plateau
Date
18/1/2009
Feuille
1 / 1


Repose pied
Date
18/1/2009
Feuille
1 / 1
220,00
62,00
12,00
Ø10,00
13,00
20,00
34,00
234,00
284,00
768,00
224,00
34,00
54,00

ΜΕΡΟΣ Γ

STRESS ANALYSIS REPORT

Analysis of Pièce latérale

Author:	user
Analysis Created:	Sunday, 21 June 2009 12:49:14 am
Analysis Last Modified:	Sunday, 21 June 2009 12:49:14 am
Report Created:	Sunday, 21 June 2009 12:50:02 am
Database:	C:\Documents and Settings\user\Τα έγγραφά μου\Inventor\PROJETS\Pièce latérale.ipa
Software:	Autodesk Inventor Professional 2009 ANSYS Technology

Introduction

Autodesk Inventor Professional Stress Analysis was used to simulate the behavior of a mechanical part under structural loading conditions. ANSYS technology generated the results presented in this report.

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

Additional information on AIP Stress Analysis and ANSYS products for Autodesk Inventor is available at http://www.ansys.com/autodesk.

Geometry and Mesh

The Relevance setting listed below controlled the fineness of the mesh used in this analysis. For reference, a setting of -100 produces a coarse mesh, fast solutions and results that may include significant uncertainty. A setting of +100 generates a fine mesh, longer solution times and the least uncertainty in results. Zero is the default Relevance setting.

TABLE 1
Piece laterale.ipt Statistics

Bounding Box Dimensions	130,0 mm 140,0 mm 190,0 mm
Part Mass	0,5548 kg
Part Volume	5,234e+005 mm³
Mesh Relevance Setting	0
Nodes	5226
Elements	2429

Bounding box dimensions represent lengths in the global X, Y and Z directions.

Material Data
The following material behavior assumptions apply to this analysis:

- Linear - stress is directly proportional to strain.
- Constant - all properties temperature-independent.
- Homogeneous - properties do not change throughout the volume of the part.
- Isotropic - material properties are identical in all directions.

TABLE 2
ABS Plastic

Young's Modulus	2890 MPa
Poisson's Ratio	0,38
Mass Density	1,06e-006 kg/mm³
Tensile Yield Strength	40,33 MPa
Tensile Ultimate Strength	40,0 MPa

Loads and Constraints
The following loads and constraints act on specific regions of the part. Regions were defined by selecting surfaces, cylinders, edges or vertices.

TABLE 3
Load and Constraint Definitions

Name	Type	Magnitude	Vector
Force 1	Surface Force	100,0 N	0,0 N 0,0 N -100,0 N
Fixed Constraint 1	Surface Fixed Constraint	0,0 mm	0,0 mm 0,0 mm 0,0 mm

TABLE 4
Constraint Reactions

Name	Force	Vector	Moment	Moment Vector
Fixed Constraint 1	100,0 N	-5,49e-011 N 5,276e-011 N 100,0 N	4049 N·mm	2602 N·mm 3102 N·mm -1,033e-005 N·mm

Note: vector data corresponds to global X, Y and Z components.

Results
The table below lists all structural results generated by the analysis. The following section provides figures showing each result contoured over the surface of the part. Safety factor was calculated by using the maximum equivalent stress failure theory for ductile materials. The stress limit was specified by the tensile yield strength of the material.

TABLE 5
Structural Results

Name	Minimum	Maximum
Equivalent Stress	2,211e-007 MPa	0,219 MPa
Maximum Principal Stress	-7,349e-002 MPa	0,2962 MPa
Minimum Principal Stress	-0,2568 MPa	0,1299 MPa
Deformation	0,0 mm	9,274e-003 mm
Safety Factor	15,0	N/A

Figures

FIGURE 1
Equivalent Stress

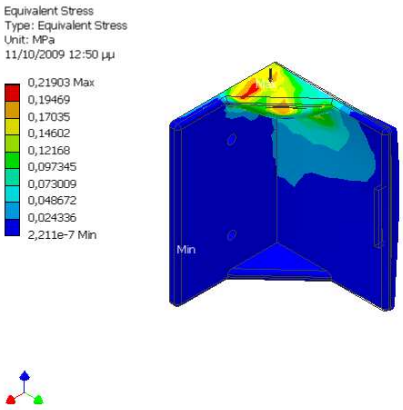


FIGURE 2
Maximum Principal Stress

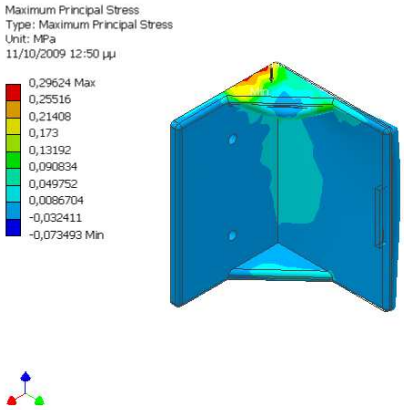


FIGURE 3
Minimum Principal Stress

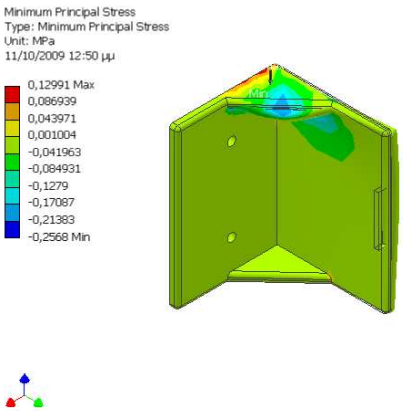
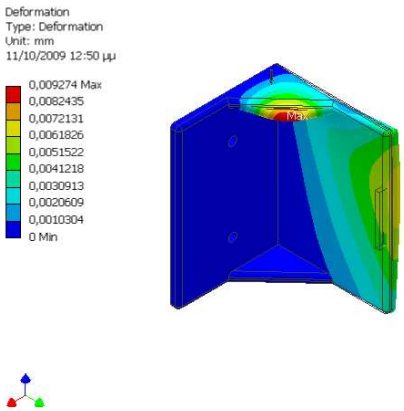



FIGURE 4
Deformation