

Ευχαριστίες

Η πτυχιακή εργασία αυτή, είναι αποτέλεσμα μιας πολύμηνης και επίπονης, αλλά και ευχάριστης προσπάθειας, στο χώρο του εργαστηρίου Μετρήσεων Τεχνικών Μεγεθών του Τμήματος Μηχανολογίας του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Επιβλέπων καθηγητής και εμπνευστής της παρούσας πτυχιακής ήταν ο κ. Ι. Λεκάκης, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την αμέριστη βοήθεια του όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Ευχαριστώ και τον επιστημονικό συνεργάτη κ. Θ. Παπαδόπουλο για την πλήρη και ουσιαστική βοήθειά του στην επίλυση των όποιων προβλημάτων.

Επίσης ευχαριστώ τους γονείς μου, στους οποίους αφιερώνω την εργασία αυτή για την αγάπη τους και τη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Στην Οικογένειά μου.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένας από τους τρόπους αεροδυναμικής μελέτης είναι η τοποθέτηση μοντέλου εντός πεδίου ροής που παράγεται από αεροδυναμική σήραγγα. Σε ορισμένες περιπτώσεις το μοντέλο είναι υπό κλίμακα, όπως φέρ' ειπείν αν πρόκειται για πτέρυγα αεροσκάφους, καθότι δεν είναι πρακτικό να είναι το ίδιο το φυσικό αντικείμενο εντός της σήραγγας .

Η μελέτη αεροδυναμικών μοντέλων, απαιτεί και την επίλυση ενός βασικού προβλήματος, τη στήριξη των μοντέλων, τη μετατόπισή τους και τη λήψη μετρήσεων με διαφόρων ειδών αισθητήρια, εντός του ανοιχτού ή κλειστού θαλάμου δοκιμών με τη βέλτιστη σταθερότητα – ασφάλεια, ακρίβεια-επαναληψιμότητα θέσης και ακρίβεια μέτρησης.

Για το σκοπό αυτό έχουν γίνει μελέτες και έχουν υλοποιηθεί συστήματα στήριξης, μετατόπισης και μέτρησης, γνωστά στους μελετητές – ερευνητές ως Traversing systems for wind tunnels.

Σκοπός και στόχος αυτής της πτυχιακής αποτελεί η μελέτη – κατασκευή ενός συστήματος μετατόπισης αισθητήρων 3 + 1 αξόνων ελεγχόμενο μέσω Η/Υ, εφαρμογή που είναι απαραίτητη στη βελτίωση και αναβάθμιση του εργαστηρίου Μετρήσεων Τεχνικών Μεγεθών. Πρόκειται για μια από τις βασικές διατάξεις στη μελέτη αεροδυναμικών φαινομένων, ώστε να υλοποιηθούν πλήθος πειραμάτων – μελετών τόσο σε προπτυχιακό επίπεδο φοιτητών όσο και σε ερευνητικό επίπεδο, με αποτέλεσμα τη διενέργεια σύγχρονων μελετών αεροδυναμικών φαινομένων.

SUMMARY

A fundamental analysis tool in aerodynamics is wind tunnel-based modelling. This involves placing a model, quite often a scale model, within a flow field.

Fixing the model within the flow field and taking accurate measurements is an interesting technological problem examined in this dissertation which is submitted in partial fulfilment to the requirements for a Beng degree accompanied by the actual mechanism it discusses.

The mechanism is required to support the model, allow it to traverse within the flow field and accommodate measurements with different types of sensors. Positioning accuracy, measurements precision and overall personnel and material safety are of paramount importance in this design.

The aim of the project is to contribute to the instrumentation and metrology laboratory with the mechanical infrastructure for a computer-controlled 3+1 axis traversing mechanism. It is the author's hope that once this is put in place it will enable high quality research in the field of aerodynamics.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
SUMMARY	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	9
1.1 Εισαγωγή στις Αεροσήραγγες	9
1.1.1 Ταξινόμηση αεροσηράγγων	10
1.1.2 Συγκρίσεις μεταξύ αεροσηράγγων	14
1.2 Σύστημα μετατόπισης αισθητήρων - Μοντέλου	15
2. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	18
2.1 Καθορισμός των αξόνων	18
2.2 Επιλογή αξόνων	20
2.3 Επιλογή διαστάσεων	21
3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ	23
3.1 Η διαδικασία επιλογής υλικών	23
3.2 Υλικά και βιομηχανική παραγωγή	25
3.3 Κύριο υλικό κατασκευής	26
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	27
4.1 Παράθεση υλικών – Περιγραφή μηχανισμών	27
4.1.1 Υλικά εμπορίου	27
4.1.2 Μηχανισμός με ράουλα – Ιδιοκατασκευή	29
4.1.3 Βασικό πλαίσιο στήριξης	30
4.1.4 Βάσεις οδηγού – Κύρια μετατόπιση – Θεμελίωση κατασκευής	32
4.1.5 Σύστημα κάθετης μετατόπισης με οριζόντιες μικρό-μετατοπίσεις	33
4.1.6 Σύστημα οριζόντιας μετατόπισης με κάθετες μικρό-μετατοπίσεις ακριβείας	34
4.1.7 Σύστημα μετατόπισης τεσσάρων αξόνων	36
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	37
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	38
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	39
7.1 Κατασκευαστικά σχέδια	39
Α) Τρισδιάστατη απεικόνιση συστήματος Traversing system	39
1. Κάθετο τμήμα	39

2. Μηχανισμός με ρόδες.....	39
3. Μηχανισμός πάκτωσης	39
4. Εξωτερικό δεξιά – αριστερά.....	39
5. Εξωτερικό οριζόντιο τμήμα.....	39
6. Σύστημα μεταφοράς τεσσάρων αξόνων	39

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη λήψη πειραματικών μετρήσεων σε αεροδυναμικές σήραγγες, με σκοπό τη μελέτη αεροδυναμικών φαινομένων και ροών γύρω από διάφορες γεωμετρίες, απαιτείται η δημιουργία ενός συστήματος στήριξης – μετατόπισης, για τη λήψη μετρήσεων σε επαναλήψιμες θέσεις με την απαιτούμενη ακρίβεια για μεγάλο εύρος τύπων αισθητήρων. Τα συστήματα αυτά στην πλειονότητά τους είναι ηλεκτρομηχανικές διατάξεις υψηλής ακρίβειας που ελέγχονται μέσω Η/Υ και κατάλληλο λογισμικό.

Στο πλαίσιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας σχεδιάστηκε πλήρως και κατασκευάστηκε σε μεγάλο ποσοστό ένα σύστημα μετατόπισης αισθητήρων για τις ανάγκες του εργαστηρίου Μετρήσεων Τεχνικών Μεγεθών που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε πειραματικές μετρήσεις στην αεροσήραγγα ανοικτού θαλάμου δοκιμών του εργαστηρίου.

Το σύστημα μετατόπισης που σχεδιάστηκε, είναι πλήρως εφαρμόσιμο και αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους υποσυστήματα όπως: το σύστημα μετάδοσης κίνησης (μοτέρ, τροχαλίες, μάντες χρονισμού, ράουλα, οδηγοί κίνησης κ.α.).

Το σύστημα αυτομάτου ελέγχου (Η/Υ, σερβομοτέρ – βηματικοί κινητήρες, ηλεκτρική καλωδίωση, παροχής ενέργειας, αποστολής και λήψης δεδομένων στον Η/Υ κ.α.).

Και το βασικό σύστημα στήριξης (μεταλλικός σκελετός στήριξης υπό μορφή δικτυώματος για αντοχή και στιβαρότητα, ιδιοκατασκευές, μηχανισμοί κ.α.). Τέλος θα προσαρμοστεί, το σύστημα λήψης μετρήσεων (μετρητικές διατάξεις, αισθητήρια πίεσης, θερμοκρασίας, ταχύτητας κ.α.).

Κατά το σχεδιασμό λήφθηκαν υπόψη οι ακόλουθες απαιτήσεις:

A) 3 + 1 ηλεκτρονικά ελεγχόμενοι άξονες, που θα διαθέτει η κατασκευή για την επίτευξη της βέλτιστης θέσης των μετρητικών διατάξεων.

B) Διαστάσεις του συστήματος, θα επιλεγούν σύμφωνα με τις διαστάσεις του ανοικτού θαλάμου δοκιμών, της διατομής των αγωγών εισαγωγής και εξαγωγής του ροϊκού πεδίου αέρα.

Γ) Βήμα μετατόπισης, θα επιλεγεί ανάλογα με τις απαιτήσεις των πειραμάτων και τα διαθέσιμα στην αγορά υλικά (βήμα – τύπος σπειρώματος του μεταφορικού κοχλίου).

Δ) Αντοχή του συστήματος, που εξαρτάται από την ισχύ – ταχύτητα ροϊκού πεδίου της αεροδυναμικής σήραγγας και το χώρο του εργαστηρίου.

Ε) Τέλος, έλεγχος μέσω Η/Υ, με κατάλληλο λογισμικό που χρησιμοποιεί το εργαστήριο.

Σε όλα τα στάδια της μελέτης και για την εξαγωγή κατασκευαστικών σχεδίων χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο λογισμικό σχεδίασης (AUTODESK INVENTOR 2012 STUDENT EDITION).

1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Εισαγωγή στις Αεροσήραγγες

Ως αεροσήραγγα ονομάζεται η πειραματική εγκατάσταση μέσα στην οποία παράγεται ένα ελεγχόμενο ροϊκό πεδίο που προσβάλλει ένα υπό κλίμακα μοντέλο μιας πτέρυγας, ενός αεροσκάφους, ή ενός σώματος το οποίο αποτελεί αντικείμενο μελέτης. Η αεροσήραγγα δηλαδή αποτελεί το μέσο με το οποίο μπορεί να προσομοιωθεί ένα πραγματικό ροϊκό πεδίο και δίνει τη δυνατότητα για την κατανόηση σε βάθος των υπό μελέτη φυσικών φαινομένων.

Τα πειραματικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μελέτη ενός μοντέλου στην αεροσήραγγα μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα στο βαθμό που μπορεί να προσομοιωθεί μέσα σε αυτή το ροϊκό πεδίο γύρω από το πρότυπο σώμα. Η ακριβής προσομοίωση του προτύπου ροϊκού πεδίου στην αεροσήραγγα είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί λόγω του ότι απαιτείται να ικανοποιούνται ταυτόχρονα η γεωμετρική, δυναμική και κινηματική ομοιότητα του ροϊκού πεδίου του προτύπου και του μοντέλου.

Η γεωμετρική ομοιότητα προϋποθέτει ότι το πρότυπο και το μοντέλο έχουν το ίδιο σχήμα και όλες τις αντίστοιχες γραμμικές διαστάσεις με τον ίδιο παράγοντα κλίμακας, συνεπάγεται επίσης ότι όλες οι αντίστοιχες γωνίες πρέπει να είναι ίσες. Προβλήματα στην εξασφάλιση της γεωμετρικής ομοιότητας προκαλούν κυρίως:

- η ανάγκη στήριξης του μοντέλου, και
- οι πολύ υψηλές απαιτήσεις για την τραχύτητα των επιφανειών του μοντέλου (1-5 μm).

Το πρόβλημα στήριξης του μοντέλου γίνεται προσπάθεια τα τελευταία χρόνια να αντιμετωπισθεί με τη χρήση μαγνητικής στήριξης. Η μέθοδος αυτή όμως απαιτεί πολύπλοκα συστήματα και είναι αντισυμβατική στη χρήση της.

Η κινηματική ομοιότητα προϋποθέτει ότι οι ταχύτητες σε αντίστοιχα σημεία των δύο ροών να έχουν την ίδια διεύθυνση και τα μέτρα τους να συνδέονται με τον ίδιο παράγοντα κλίμακας και συνεπάγεται για τις περισσότερες μελέτες ομοιόμορφο πεδίο ροής και χαμηλό επίπεδο τύρβης στο τμήμα δοκιμών. Πρόβλημα δημιουργούν τα τοιχώματα της αεροσήραγγας που ανακλούν τις διαταραχές που προκαλούνται στο ροϊκό πεδίο από το μοντέλο και επομένως επηρεάζουν το ροϊκό πεδίο γύρω από το μοντέλο κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωση του προτύπου, π.χ. αεροσκάφος.

Για τις υποηχητικές ταχύτητες το πρόβλημα αυτό δεν είναι σημαντικό καθώς οι διαταραχές αποσβένονται εκθετικά.

Η δυναμική ομοιότητα επιβάλλει ίδιες τιμές ταυτόχρονα για ένα ή περισσότερους αδιάστατους χαρακτηριστικούς αριθμούς (Re , Ma , Pr , C_p / C_v , κτλ) πράγμα που είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί ιδιαίτερα σε υψηλές ταχύτητες (υπερηχητικές). Η ικανοποίηση του κριτηρίου των αδιάστατων αριθμών επιτρέπει τη μεταφορά των πειραματικών μετρήσεων στο πραγματικό ροϊκό πεδίο.

Οι απαιτήσεις για δυναμική ομοιότητα είναι: για $Ma < 0.3$ ίδιο αριθμό Re και για $0.3 < Ma < 4$ ταυτόχρονα ίδιους αριθμούς Re και Pr . Η επίτευξη του ίδιου αριθμού Re στην αεροσήραγγα με τον αντίστοιχο σε ελεύθερη πτήση επιτυγχάνεται είτε με συμπίεση του αέρα στην αεροσήραγγα, είτε με μείωση του ιξώδους του αέρα, είτε με χρήση όσο το δυνατό μεγαλύτερου μοντέλου για δεδομένη εγκατάσταση.

1.1.1 Ταξινόμηση αεροσηράγγων

Οι αεροσήραγγες διακρίνονται συνήθως σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

- την ταχύτητα ροής στο τμήμα δοκιμών
- με το είδος του πειράματος
- είδος του θαλάμου δοκιμών
- το κύκλωμα διαμέσου του οποίου κινείται ο αέρας στην εγκατάσταση της αεροσήραγγας, και

a) Ανάλογα με την ταχύτητα ροής στο τμήμα δοκιμών χωρίζονται σε :

- Υποηχητικές: Αεροσήραγγες χαμηλής ταχύτητας (μέχρι 80 m/sec) όπου ο αέρας θεωρείται ασυμπίεστος $0 < Ma < 0.25$
- Υψηλής υποηχητικής ταχύτητας $0.25 < Ma < 0.9$
- Διηχητικές $0.9 < Ma < 1.2$
- Υπερηχητικές $1.2 < Ma < 5$
- Υπέρ-υπερηχητικές $Ma > 5$

b) Ανάλογα με το είδος του πειράματος που πραγματοποιείται χωρίζονται σε:

- Αεροδυναμικές.
- Περιβαλλοντικές-κλιματολογικές.

Στις αεροδυναμικές αεροσήραγγες είναι δυνατό να επιτευχθεί πολύ καλή προσομοίωση του ροϊκού πεδίου γύρω από το υπό μελέτη μοντέλο.

Στις περιβαλλοντολογικές αεροσήραγγες η προσομοίωση του ροϊκού πεδίου δεν είναι μεγάλης ακρίβειας, αλλά το ρευστό που χρησιμοποιείται έχει τη δυνατότητα να αποκτήσει τις επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

c) Ανάλογα με το θάλαμο δοκιμών διακρίνονται σε :

- σήραγγες κλειστού θαλάμου δοκιμών, και
- σήραγγες ανοιχτού θαλάμου δοκιμών.

Στην πρώτη περίπτωση, το τμήμα δοκιμών περιορίζεται από στερεά τοιχώματα, κλειστές σήραγγες κλειστού θαλάμου δοκιμών. Στον ανοιχτό θάλαμο δοκιμών ο παρατηρητής βρίσκεται έξω από το ρεύμα ροής αλλά μέσα στο θάλαμο δοκιμών.

Στον κλειστό θάλαμο δοκιμών έχουμε περιορισμό του χώρου. Το μοντέλο παρατήρησης βρίσκεται μέσα στον θάλαμο δοκιμών, ενώ ο παρατηρητής βρίσκεται έξω από αυτόν.

d) Ταξινόμηση ανάλογα με το κύκλωμα της αεροσήραγγας

➤ **Ανοιχτού κυκλώματος (NPL)**

Όταν η σήραγγα εκρέει στο περιβάλλον ονομάζεται ανοιχτού κυκλώματος. Το μεγαλύτερο μέρος της κινητικής ενέργειας του αερίου αποβάλλεται από το διαχύτη στο περιβάλλον, ένα πολύ μικρό της μέρος όμως παραμένει στο θάλαμο δοκιμών.

Ένας συνηθισμένος σχεδιασμός για μικρές σήραγγες είναι αυτός του 'blower type', μ' έναν φυσητήρα στην είσοδο και χωρίς διαχύτη εξόδου διότι η μείωση της ισχύος δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική. Αυτή η διάταξη επιτρέπει την προσαρμογή οποιουδήποτε τύπου θαλάμου δοκιμών χωρίς κανένα πρόβλημα στον διαχύτη. Οι φυγοκεντρικοί φυσητήρες προτιμούνται από τους αξονικούς φυσητήρες λόγω της αποδοτικότητας τους και λόγω ότι δημιουργούν σταθερότερες ροές σύμφωνα με τα αποδεκτά όρια.

Στις ανοιχτού κυκλώματος σήραγγες πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα που εισέρχεται σε αυτές, και να γνωρίζουμε το ακριβές

σημείο του ορίζοντα που είναι προσανατολισμένες. Οι φυγόκεντροι φυσητήρες (Centrifugal blowers) έχουν την ιδιότητα να μειώνουν κάθε διαταραχή που εισέρχεται, αλλά είναι ευαίσθητοι στην αξονική στροβιλότητα που εισέρχεται, η οποία μεταβάλλει το ρυθμό περιστροφής των περυγίων σε σχέση με τη ροή. Οι σήραγγες με φυσητήρα είναι συχνά εφοδιασμένες με φίλτρα αέρος που αποτρέπουν τις ανωμαλίες της ροής και προστατεύουν από τη σκόνη.



Σχήμα 1.1.1α: Αεροσήραγγα ανοικτού κυκλώματος και κλειστού τμήματος δοκιμών

➤ Κλειστού κυκλώματος (*Göttingen* ή *Prandtl*)

Σε σήραγγες κλειστού κυκλώματος η ροή συνήθως αλλάζει κατεύθυνση σε 4 γωνίες των 90° ή κάθε μια με τη βοήθεια καθοδηγητικών περυγίων. Υπάρχει πάντα κάποιο μικρό άνοιγμα “*breather*” (αναπνευστήρας) κάπου στη διατομή έτσι ώστε η εσωτερική πίεση να μην μειώνεται καθώς ο αέρας θερμαίνεται κατά την κίνησή του. Επίσης είναι συνηθισμένο να υπάρχει κάποια σχισμή στο κάτω μέρος της ροής περιμετρικά του θαλάμου δοκιμών. Η σχισμή η οποία βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση μειώνει το φαινόμενο της εισροής αέρα από τις τρύπες που έχουμε ανοίξει για τη στήριξη του μοντέλου μας. Εάν η σχισμή αυτή εμποδίζει τη μηχανική ένωση του θαλάμου δοκιμών με τον διαχύτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν **vibration isolator**. Το υπόλοιπο τμήμα της σήραγγας βρίσκεται σε πίεση πάνω από την ατμοσφαιρική και η ροή στις ρωγμές είναι εξωτερική.

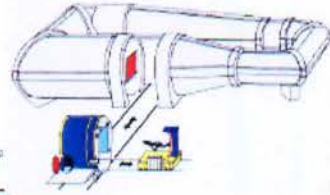
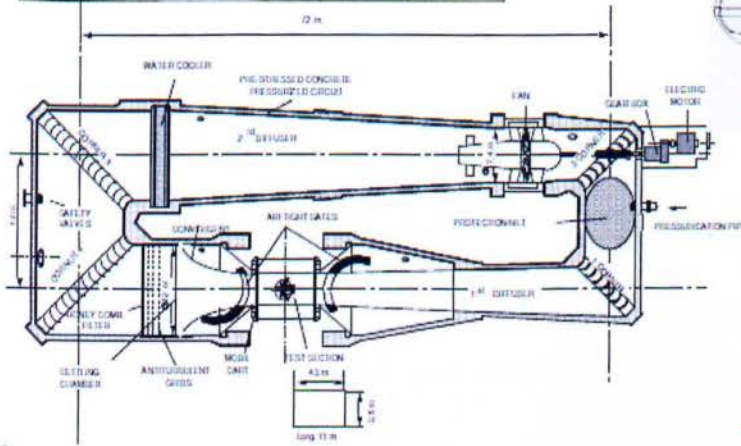
Μερικές από τις παλαιότερες σήραγγες είναι οι “open jet” με ανοιχτούς θαλάμους δοκιμών με δάπεδο, χωρίς όμως τοιχώματα ή οροφή. Η ιδέα πρωτοξεκίνησε από τον Eiffel. Η διάταξη αυτή είχε εύκολη πρόσβαση στο εξεταζόμενο μοντέλο, αλλά στην περιοχή κοντά στα όρια της δέσμης υπήρχε ανάμιξη με τον αέρα του περιβάλλοντος δημιουργώντας τυρβώδη φαινόμενα. Ένα επιπλέον μειονέκτημα που δεν λήφθηκε υπ’ όψιν από τον Eiffel ήταν η δυσκολία μετρήσεων με LDV ή PIV γιατί έχουμε διαφυγή σωματιδίων στο εργαστήριο.



Test section: $H=3.5\text{ m}$ $W=4.5\text{ m}$

$P_{\text{max}} = 3.85\text{ bar}$ $T_i = T_a$

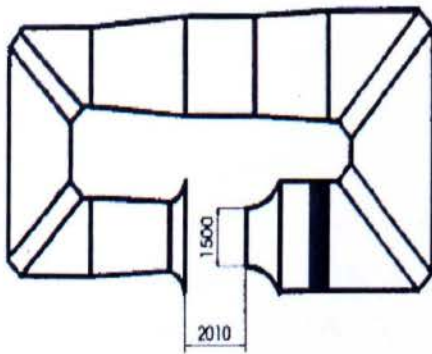
$\text{Mach}_{\text{Max}} = 0.36$



F1 has been design to reach a high productivity level. 4 carts can be used simultaneously

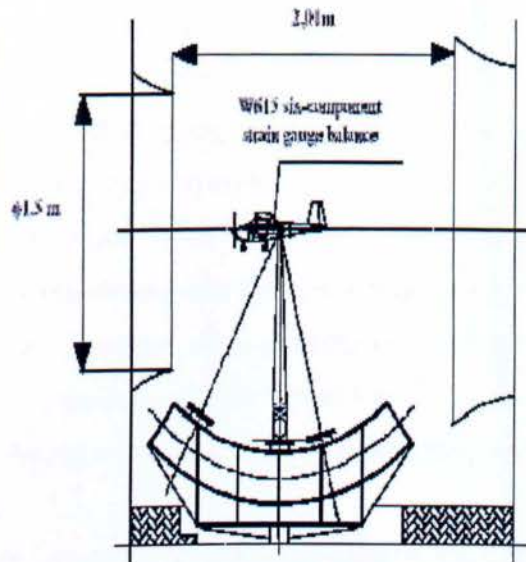


Σχήμα 1.1.1β: Αεροσήραγγα κλειστού κυκλώματος και κλειστού τμήματος δοκιμών



Low-Speed Wind – Tunnel T-1

Type of wind tunnel- closed circuit with open test section,
 Test section - diameter 1.5 m,
 length 2.01 m,
 max wind speed - 40 m/s,
 min wind speed - 15 m/s,
 turbulence intensity - 0.5%



Σχήμα 1.1.1γ: Αεροσήραγγα κλειστού κυκλώματος ανοικτού τμήματος δοκιμών (Institute of Aviation, Warsaw, Poland)

1.1.2 Συγκρίσεις μεταξύ αεροσηράγγων

1.1.2α Ανοιχτού και κλειστού θαλάμου δοκιμών

Τα πλεονεκτήματα κλειστού θαλάμου δοκιμών:

- 1)Μεγαλύτερη απόδοση.
- 2)Καλύτερος έλεγχος της ροής
- 3)Δεν υπάρχουν απώλειες αέρα.
- 4)Λιγότερος θόρυβος.
- 5)Δυνατότητα μέτρησης της πίεσης στα σημεία των τοιχωμάτων

Οι σήραγγες ανοιχτού τύπου είναι πάντα υποηχητικές, ενώ οι σήραγγες κλειστού τύπου έχουν τη δυνατότητα να είναι υποηχητικές ή υπερηχητικές.

1.1.2β Ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος

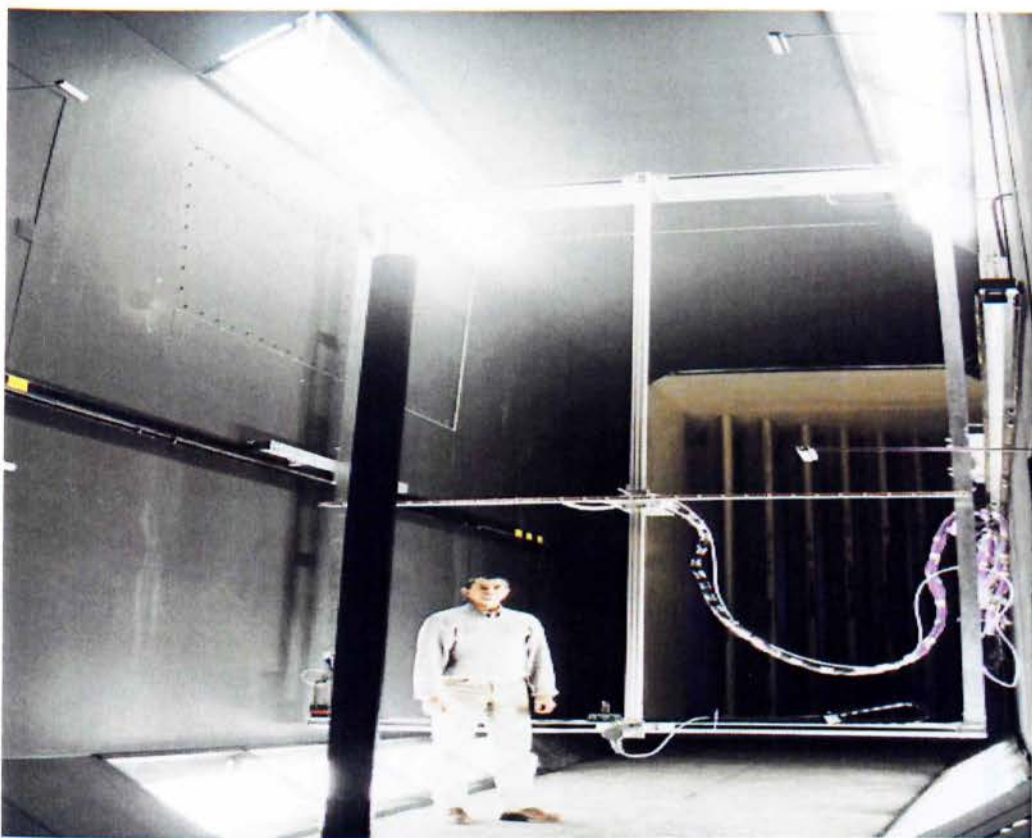
Συγκρίνοντας τις αεροσήραγγες κλειστού-ανοιχτού κυκλώματος βλέπουμε ότι το ροϊκό πεδίο στο κλειστό κύκλωμα δεν επηρεάζεται από εξωτερικές συνθήκες και έχουν καλύτερο συντελεστή ισχύος. Ο συντελεστής ισχύος ορίζεται σαν το λόγο της εισαγόμενης ισχύος στην αεροσήραγγα προς τη ροϊκή ισχύ.

Στις αεροσήραγγες ανοιχτού κυκλώματος εκτός από την επιρροή του περιβάλλοντος στο ροϊκό πεδίο έχουμε καταπόνηση στο θάλαμο δοκιμών λόγω πιέσεων. Η στατική πίεση στο θάλαμο δοκιμών είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση του περιβάλλοντος, έτσι στα σημεία που έχουμε κάνει σπές για την εισαγωγή Pitot ή άλλων μετρητικών διατάξεων δημιουργείται καταπόνηση που οφείλεται στην αναρρόφηση μαζών αέρα.

Πλεονεκτήματα των αεροσηράγγων ανοιχτού κυκλώματος είναι η σχετικά φτηνή κατασκευή. Η απόδοσή της όμως είναι χαμηλή και οφείλεται στο σχηματισμό στροβύλων στη ροή.

1.2 Σύστημα μετατόπισης αισθητήρων - Μοντέλου

Για την εκτέλεση μετρήσεων σε μια αεροσήραγγα απαιτείται η χρήση ενός συστήματος για τη μετατόπιση ενός αισθητήρα στις επιθυμητές συντεταγμένες εντός του θαλάμου δοκιμών και με τον κατάλληλο προσανατολισμό ως προς τη ροή. Ένα τέτοιο σύστημα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

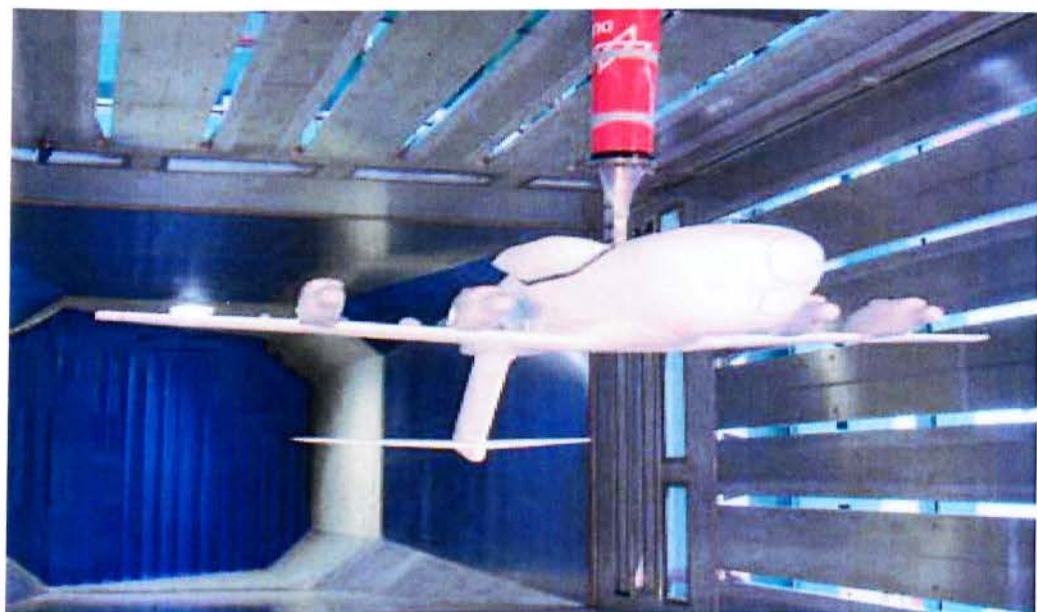


εικόνα 1.2.1: διάταξη μετατόπισης αισθητήρα τριών βαθμών ελευθερίας, εντός θαλάμου δοκιμών σήραγγας ανοικτού κυκλώματος (πηγή: University of Alberta)

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις αεροσηράγγων σύστημα μετατόπισης χρησιμοποιείται για τη μεταφορά και τον προσανατολισμό ως προς τη ροή του μοντέλου που μπορεί να μετρήσει ταυτόχρονα τις αεροδυναμικές δυνάμεις και ροπές που ασκούνται στο μοντέλο. Τέτοιες διατάξεις παρουσιάζονται στις παρακάτω δύο εικόνες:



εικόνα 1.2.2: διάταξη μετατόπισης μοντέλου, εντός του ανοικτού θαλάμου δοκιμών της κλειστού κυκλώματος αεροσήραγγας του Γερμανό-Ολλανδικού Οργανισμού (DNW) στο Braunschweig της Γερμανίας.



εικόνα 1.2.3: διάταξη μετατόπισης μοντέλου, εντός του κλειστού θαλάμου δοκιμών της κλειστού κυκλώματος αεροσήραγγας του Γερμανό-Ολλανδικού Οργανισμού (DNW) στο Braunschweig της Γερμανίας.

Τα χαρακτηριστικά και οι προδιαγραφές ενός συστήματος μετατόπισης αισθητήρων για μετρήσεις σε αεροσήραγγες εξαρτώνται από τη συγκεκριμένη εγκατάσταση και την τεχνική μέτρησης που χρησιμοποιείται. Παραδείγματα λύσεων που εφαρμόζονται σε παρόμοιες εγκαταστάσεις αεροδυναμικών δοκιμών ανά τον κόσμο υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία και στο διαδίκτυο. Η καλύτερη πηγή πληροφοριών για συστήματα μετατόπισης αισθητήρων βρίσκεται κυρίως στα κείμενα τεχνικών προδιαγραφών αισθητήρων HWA (Hot Wire Anemometry), Multi-hole pressure probes, Pitot tubes καθώς και από τα τεχνικά σχέδια των αεροσηράγγων και από υπάρχουσες διατάξεις.

Μερικές από τις προδιαγραφές ενός τέτοιου συστήματος είναι: Η μετατόπιση του αισθητήρα σε οποιοδήποτε σημείο εντός του τμήματος δοκιμών, η διατήρησή του σε συγκεκριμένη θέση υπό την επίδραση της ροής, η διακριτική ικανότητα της μετατόπισης, ρυθμιζόμενη γωνία εκτροπής (yaw angle) και γωνία πρόνευσης (pitch angle) με κατάλληλη ακρίβεια, το μέγιστο επιτρεπτό βάρος του μετατοπιζομένου αισθητηρίου οργάνου, την αποφυγή ταλαντώσεων του αισθητήρα, συνεχείς στο χρόνο ενδείξεις της θέσης και του προσανατολισμού του αισθητήρα και η χρήση υλικών κατασκευής που παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή διαστολής σε θερμοκρασιακό περιβάλλον [10 °C, 40 °C]

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί μελέτη – σχεδιασμό – κατασκευή και λειτουργία, τόσο σε θεωρητικό όσο και πρακτικό επίπεδο, ενός συστήματος μετατόπισης αισθητήρων τριών κύριων αξόνων και ενός βοηθητικού, πλήρως ελεγχόμενο μέσω H / Y.

Η ανωτέρω κατασκευή αφορά την αεροσήραγγα κλειστού τύπου - ανοιχτού θαλάμου δοκιμών, του εργαστηρίου Μετρήσεων Τεχνικών Μεγεθών, με σκοπό τη λήψη μετρήσεων με τη χρήση διαφορετικών τύπων αισθητηρίων μέτρησης για τον προσδιορισμό και τη μελέτη ρευστοδυναμικών φαινομένων.

2. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

2.1 Καθορισμός των αξόνων

Οι άξονες συντεταγμένων και ο τρόπος καθορισμού της θετικής κατεύθυνσης κίνησης για συστήματα αριθμητικού ελέγχου περιγράφονται στο ISO-841 του 1974 και στα αντίστοιχα εθνικά πρότυπα DIN, BS κλπ. Ορίζεται δεξιόστροφο καρτεσιανό σύστημα για τους κύριους άξονες X, Y και Z, βλ. Σχήμα 2.1α.

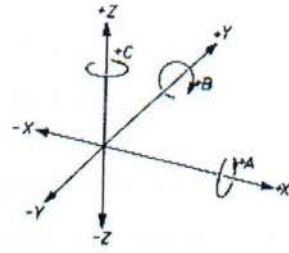
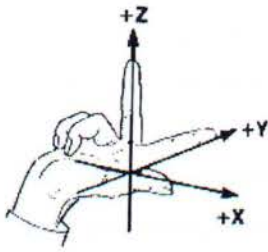
Γραμμικοί άξονες ενός συστήματος αριθμητικού ελέγχου είναι:

- ⊕ οι κύριοι X, Y, Z,
- ⊕ οι δευτερεύοντες U, V, W, παράλληλοι προς τις διευθύνσεις x,y,z αντίστοιχα.
- ⊕ οι βοηθητικοί P, Q και R., όχι αναγκαία παράλληλοι προς τις διευθύνσεις x,y,z.

Οι άξονες περιστροφής συμβολίζονται με A, B, και C και είναι επίσης παράλληλοι προς τις κύριες καρτεσιανές διευθύνσεις x,y,z. Η θετική κατεύθυνση περιστροφής για τους άξονες A,B, και C προσδιορίζεται με τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλία κοιτώντας προς τη θετική κατεύθυνση των αξόνων X,Y,Z αντίστοιχα, βλ. Σχήμα 2.1β.

Ο άξονας R (Reference = αναφορά) συχνά χρησιμοποιείται αντί του Z για να δηλώσει το επίπεδο (αναφοράς) όπου αποσύρεται το αντίστοιχο αισθητήριο μέτρησης και των άλλων συναφών συστημάτων αριθμητικού ελέγχου μετά την ολοκλήρωση μιας μέτρησης και ως την έναρξη της επόμενης και πάνω από το οποίο το αισθητήριο είναι δυνατόν να κινείται με γρήγορη πρόωση.

Κάποτε συμβαίνει επίσης να χρησιμοποιούνται δείκτες (συνήθως 1 και 2) στους άξονες X, Y. Αυτοί οι άξονες αντιστοιχούν σε γέφυρες μεγάλων συστημάτων αριθμητικού ελέγχου, τα οποία κινούνται στην κατεύθυνση X ή Y με τη βοήθεια δύο κινητήρων (αξόνων). Παρόλο ότι δεν πρόκειται για διαφορετικούς άξονες, αλλά για συμπληρωματικούς, θεωρήθηκε χρήσιμο να διαχωρίζονται τουλάχιστον με ένα δείκτη.



Σχήματα 2.1α – 2.1β: Καθορισμός των κύριων αξόνων μετατόπισης και περιστροφής.

Ο καθορισμός της θετικής κατεύθυνσης σε κάθε γραμμικό άξονα προκύπτει πάντοτε από τη σχετική κίνηση του αισθητηρίου ως προς σύστημα αναφοράς ενσωματωμένο στο μοντέλο. Αν στην πραγματικότητα το μοντέλο κινείται, η κατεύθυνση καθορίζεται ως θετική και είναι η πραγματική (αντίθετη με αυτήν της περίπτωσης ακίνητου μοντέλου) αλλά το σύμβολο του αντίστοιχου άξονα ακολουθείται από ένα τόνο, δηλ. $+X'$, $+Y'$ κλπ. Με αυτή τη σύμβαση απαλλάσσεται ο προγραμματιστής από την ανάγκη προσαρμογής του συστήματος συντεταγμένων στην ιδιαίτερη κατασκευή κάθε μηχανής.

Κανόνες προσανατολισμού του καρτεσιανού συστήματος σε συστήματα αριθμητικού ελέγχου είναι οι ακόλουθοι :

A) Για τον άξονα των Z :

Σε συστήματα αριθμητικού ελέγχου περιστροφικά η σύμβαση είναι ο Z άξονας να είναι παράλληλος με την άτρακτο και η θετική κατεύθυνση να αντιστοιχεί σε αύξηση της απόστασης μοντέλου - αισθητηρίου.

⊕ Γενικά ο άξονας Z είναι κατά μήκος της κύριας άτρακτου (αυτής που διαθέτει την περιστροφική κίνηση). Η άτρακτος μπορεί να περιστρέφει το αισθητήριο ή το μοντέλο.

⊕ Εάν δεν υπάρχει άτρακτος, ο άξονας Z είναι κάθετος στην επιφάνεια συγκράτησης του μοντέλου (τραπέζι).

B) Για τον άξονα των X :

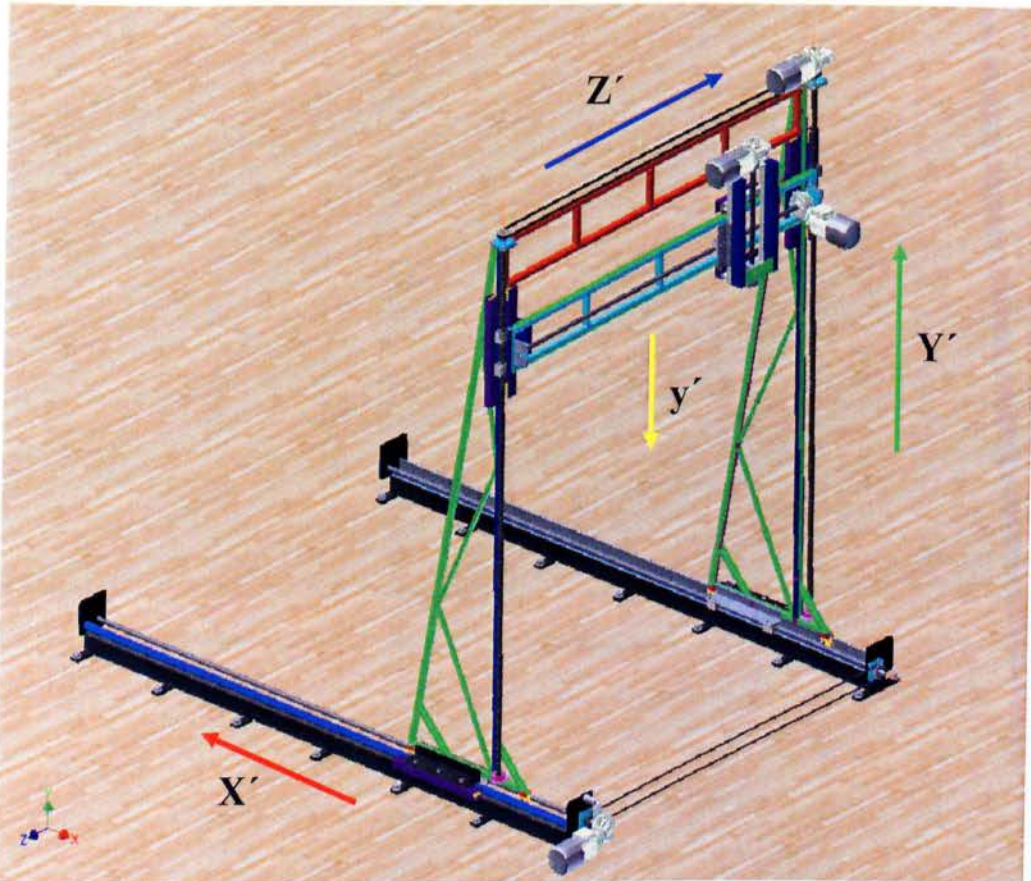
⊕ Ο άξονας X είναι παράλληλος προς την επιφάνεια συγκράτησης και παράλληλος προς την μακρύτερη από τις κινήσεις της μηχανής. Όπου είναι δυνατόν πρέπει να είναι οριζόντιος.

- ✦ Σε συστήματα με περιστροφικές διευθύνσεις κίνησης, εάν ο άξονας Z είναι οριζόντιος, η θετική κατεύθυνση X είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την κολώνα στήριξης του αισθητηρίου προς το μοντέλο.

Εάν ο άξονας Z είναι κατακόρυφος η θετική κατεύθυνση του άξονα X είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την άτρακτο προς την κολώνα στήριξης του αισθητηρίου.

2.2 Επιλογή αξόνων

Το σύστημα μετατόπισης σχεδιάστηκε, ώστε να κινείται σε τρεις κύριους άξονες (X' , Y' , Z') και έναν βοηθητικό άξονα (y') μέγιστης ακρίβειας. Με σκοπό όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος μετρήσεων. Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελεί μια ίδιο-κατασκευή ενός Traversing system, το οποίο αναπτύχθηκε για τις ανάγκες των μετρήσεων, στην αεροδυναμική σήραγγα κλειστού κυκλώματος ανοιχτού θαλάμου δοκιμών, ώστε να μελετώνται διάφορα αεροδυναμικά φαινόμενα.



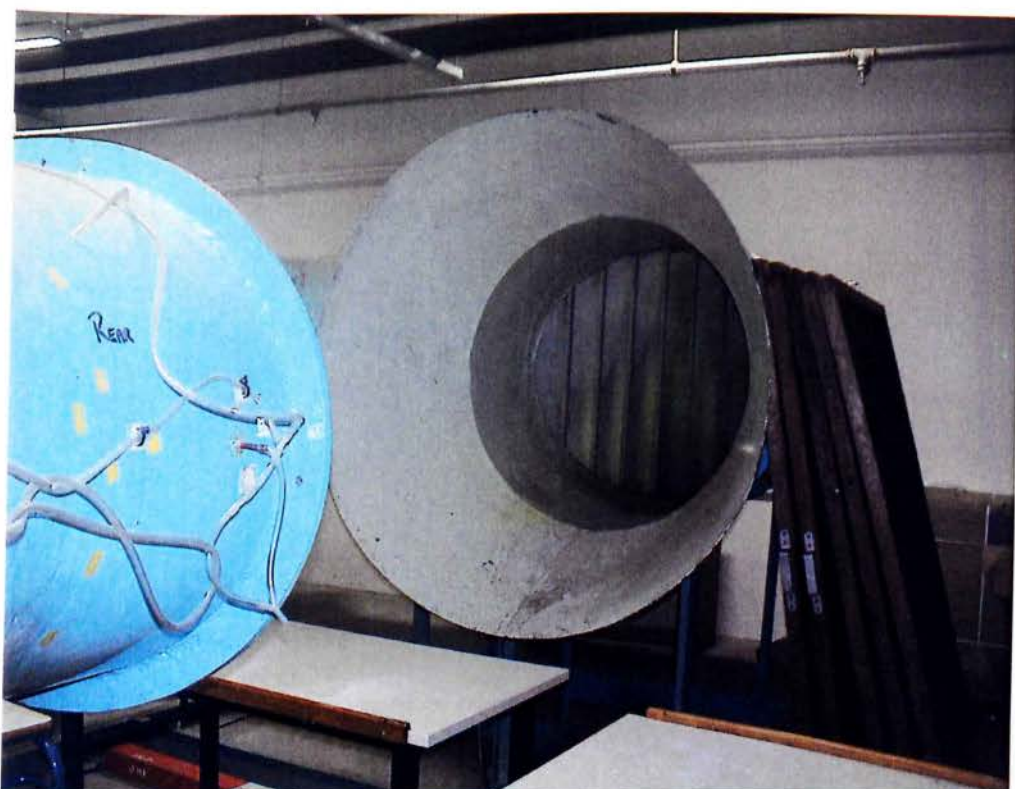
Σχήμα 2.2.1: Τρεις κύριοι άξονες διεύθυνσης κίνησης και ένας δευτερεύων.

2.3 Επιλογή διαστάσεων

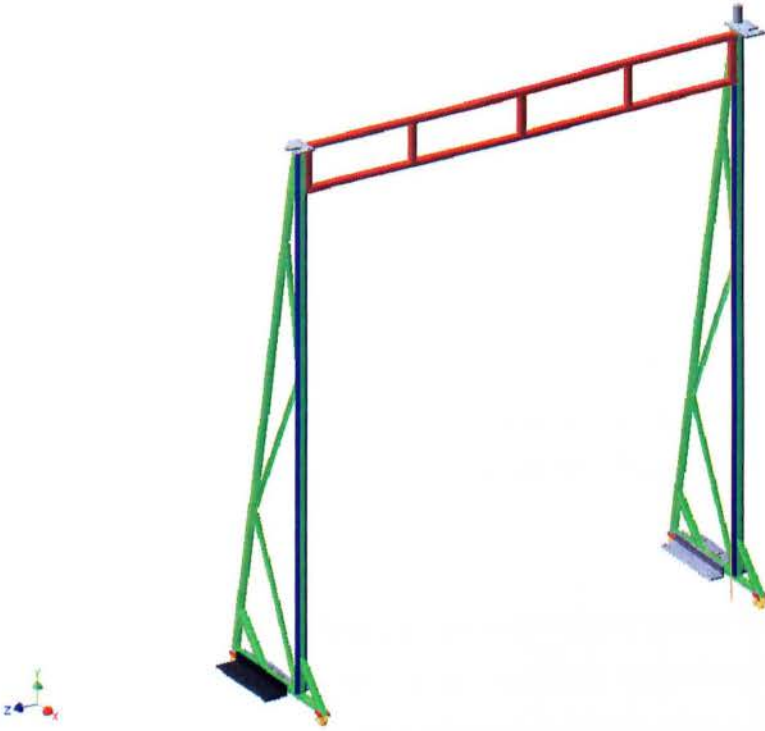
Γενικές διαστάσεις μεγέθους:

ΥΨΟΣ	2500mm
ΠΛΑΤΟΣ	2200mm
ΜΗΚΟΣ	750mm

Το εύρος κίνησης του συστήματος μετατόπισης (2250mm (X') x 2000mm (Y') x 1800mm (Z')) επελέγη με βάση τις κύριες διαστάσεις της αεροδυναμικής σήραγγας ανοιχτού θαλάμου δοκιμών (εικόνα 2.3.1) και των συνολικών διαστάσεων του χώρου εγκατάστασης του συστήματος στο εργαστήριο Μετρήσεων Τεχνικών Μεγεθών του τμήματος Μηχανολογίας ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.



Εικόνα 2.3.1: Θάλαμος δοκιμών τοποθέτησης συστήματος.



Εικόνα 2.3.2: Βασικό πλαίσιο στήριξης της κατασκευής

3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ

3.1 Η διαδικασία επιλογής υλικών

Η διαδικασία επιλογής υλικών είναι ίσως το κρισιμότερο βήμα που πρέπει να κάνει ο μηχανικός προτού να προχωρήσει στην υλοποίηση μιας κατασκευής, η οποία πρέπει να λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες με ένα συγκεκριμένο τρόπο και να επιδεικνύει την κατάλληλη αντοχή. Για κάθε κατασκευή υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με τις ιδιότητες που πρέπει να έχει, προκειμένου να είναι αξιόπιστη και λειτουργική. Αυτές οι οδηγίες είναι επίσημες και ονομάζονται **πρότυπα** ή **προδιαγραφές**.

Οι προδιαγραφές εκδίδονται από οργανισμούς τυποποίησης, όπως είναι η ASTM (American Society for Testing and Materials), η BS (British Standards) και σε ορισμένες περιπτώσεις ο ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης).

Επίσης, σε ό,τι αφορά τις προδιαγραφές, σημαντικό ρόλο παίζει ο λεγόμενος **συντελεστής ασφαλείας**. Ο συντελεστής ασφαλείας είναι ο λόγος της τιμής της πραγματικής ιδιότητας ενός υλικού (π.χ. μηχανική αντοχή, σ) ως προς την ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή της με βάση τις απαιτήσεις της κατασκευής.

$$\eta \equiv \frac{\sigma}{\sigma_{εκ}} \geq 1$$

Ο συντελεστής ασφαλείας είναι καθαρός αριθμός και παίρνει τιμές μεγαλύτερες της μονάδας. Η τιμή του συντελεστή ασφαλείας καθορίζεται κυρίως με κριτήριο τη σοβαρότητα της ζημιάς, που μπορεί να προκαλέσει τυχόν αστοχία της κατασκευής. π.χ. ο συντελεστής ασφαλείας υλικού κατασκευής κρεμάστρας ρούχων είναι πολύ μικρότερος από το συντελεστή ασφαλείας του υλικού κατασκευής ενός αεριωθούμενου κινητήρα (jet) αεροπλάνου.

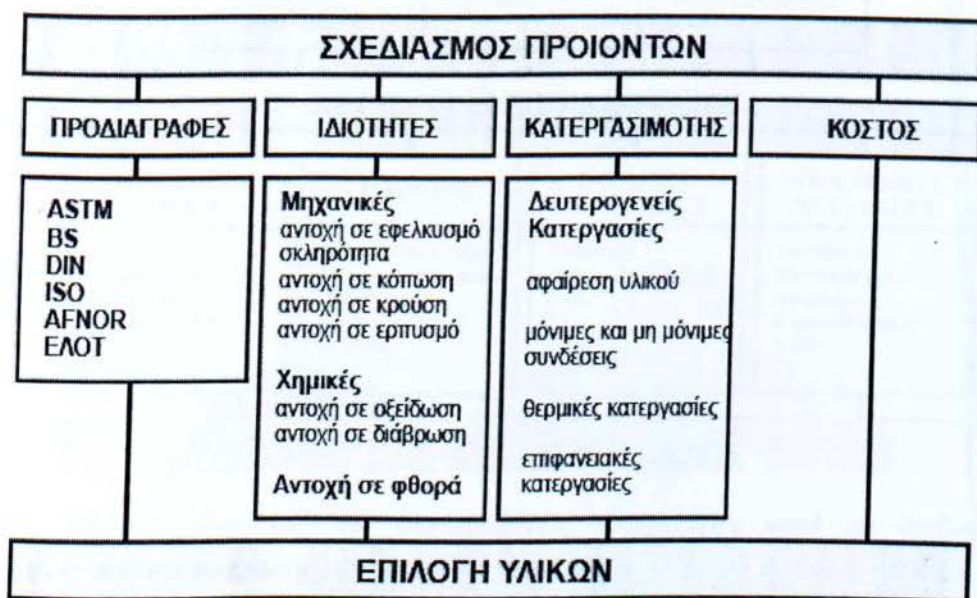
Η λανθασμένη επιλογή υλικού μπορεί να αποβεί μοιραία και να οδηγήσει ακόμη και στην απώλεια ανθρωπίνων ζωών. π.χ. η εξέλιξη των υλικών που

χρησιμοποιεί η αυτοκινητοβιομηχανία και αεροναυπηγική είναι ραγδαία προκειμένου να αποφευχθούν πρόωρες αστοχίες και να αυξηθεί η διάρκεια ζωής τους (σύνθετα υλικά στο αμάξωμα, αντιδιαβρωτικές επικαλύψεις, επιφανειακή σκλήρυνση μετάλλων που καταπονούνται επιφανειακά, βελτίωση ελαστικών).

Η επιλογή υλικών είναι ένα σύνθετο και δύσκολο βήμα το οποίο προαπαιτεί τη γνώση των παραμέτρων σχεδιασμού του εξαρτήματος ή της κατασκευής, οι οποίες εντοπίζονται στις παρακάτω περιοχές :

- ⊕ Προδιαγραφές
- ⊕ Ιδιότητες υλικών (μηχανικές, χημικές, ηλεκτρικές)
- ⊕ Δευτερογενείς κατεργασίες (συγκολλήσεις, κοπές, ανοπτήσεις, επικαλύψεις, κ.λ.π)
- ⊕ Κόστος

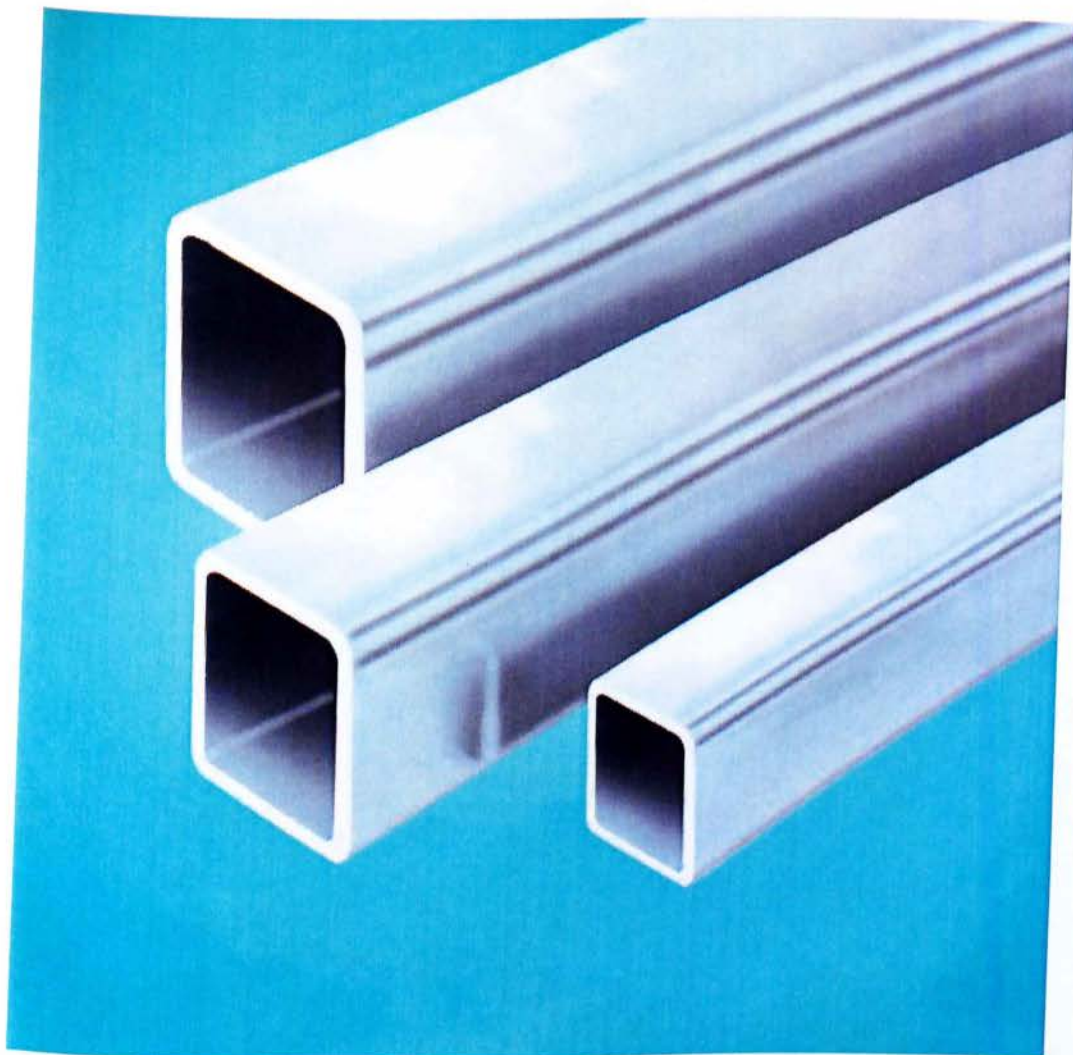
Η διαδικασία επιλογής υλικών και κατεργασιών είναι ένας από τους βασικότερους τομείς του βιομηχανικού σχεδιασμού όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1.1 . Η έρευνα για τη βελτίωση των ιδιοτήτων των υλικών και του κόστους παραγωγής τους είναι συνεχής, προκειμένου να κατασκευαστούν εξαρτήματα και στοιχεία μηχανών με μεγαλύτερη αξιοπιστία και διάρκεια ζωής



Σχήμα 3.1.1: Παράμετροι σχεδιασμού προϊόντος οι οποίες οδηγούν στην επιλογή υλικού κατασκευής.

3.3 Κύριο υλικό κατασκευής

Το υλικό κατασκευής, που επιλέχθηκε για το κυρίως μέρος στο σύστημα μετατόπισης είναι, απλοί μορφοσιδηροδοκοί ή κοινοί μαλακοί συγκολλησιμοι χάλυβες εμπορίου St- 37 κατά DIN 17100 / EN 10025. Με σκοπό την απλότητα της κατασκευής, την εύκολη κατεργασία, τη μορφοποίηση, τη συγκολλητικότητα, τη στιβαρότητα, την αντοχή, την ακαμψία, τις μειωμένες ταλαντώσεις και τέλος τη μείωση του κόστους, στα πλαίσια μιας κατασκευής για ερευνητικούς σκοπούς.



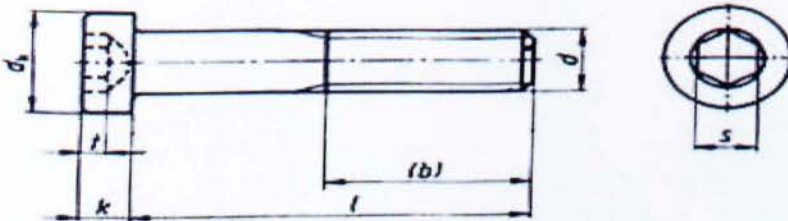
Εικόνα 3.3.1: Μορφοδοκοί κατασκευών από υλικό χάλυβα

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η κατασκευή αποτελείται από τον μεταλλικό σκελετό στήριξης όλης της εφαρμογής και τα επιμέρους τμήματα. Όπως είναι, υλικά κατασκευών εμπορίου, μηχανολογικά εξαρτήματα εμπορίου, μηχανισμοί κίνησης, ιδιοκατασκευές, έτοιμοι μηχανισμοί – μεταφορικοί κοχλίες κίνησης, ηλεκτρικοί κινητήρες, βηματικοί ή με σερβοκινητήρα, τα στοιχεία αυτοματισμού, οι καλωδιώσεις και τέλος διάφορες μηχανολογικές συνδέσεις, κοχλιώσεις, συγκολλήσεις.

4.1 Παράθεση υλικών – Περιγραφή μηχανισμών

4.1.1 Υλικά εμπορίου



Εικόνα 4.1.1.1: Τύποι κοχλιών ειδικών - γενικών κατασκευών.



Εικόνα 4.1.1.2: Κοχλίας και περικόχλιο μεταφοράς τραπεζοειδούς σπειρώματος



Εικόνα 4.1.1.3: Κοχλίας και περικόχλιο πάκτωσης κατασκευών.



Εικόνα 4.1.1.4: Ιμάντες και τροχαλίες χρονισμού.



Εικόνα 8: Ράουλο εμπορίου.

Για την υλοποίηση του κατασκευαστικού μέρους, του συστήματος αριθμητικού ελέγχου, εκτός από τα υλικά κατασκευών που χρησιμοποιήθηκαν, έλαβαν εφαρμογή και υλικά του εμπορίου για λόγους μείωσης του κόστους και ταχύτητας στην κατασκευή.

4.1.2 Μηχανισμός με ράουλα – Ιδιοκατασκευή



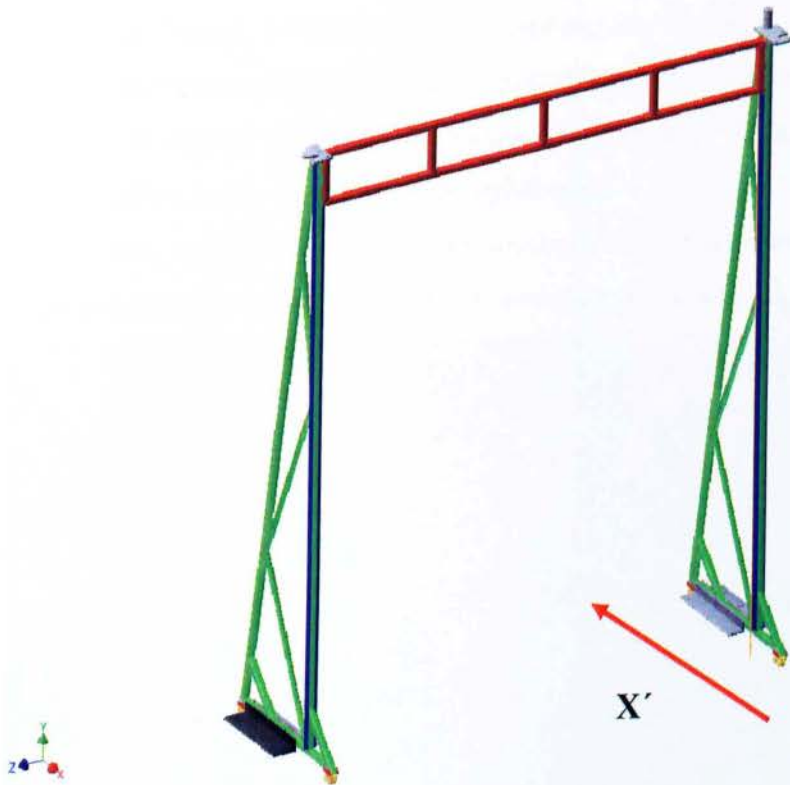
Σχήμα 4.1.2.1: Μηχανισμός με ράουλα.

Αυτός ο απλός μηχανολογικός μηχανισμός, σχήμα 4.1.2.1, είναι μια ιδιοκατασκευή, που χρησιμοποιείται σε διάφορα μεγέθη, ανάλογα με το μηχανισμό κίνησης - φορείο του εκάστοτε άξονα μετατόπισης.

Επίσης, εκτός της χρήσης του αυτής, για μετατοπίσεις, έχει και την ιδιότητα της μείωσης των βαθμών ελευθερίας σε συγκεκριμένες διευθύνσεις, εξασφαλίζοντας έτσι, μέγιστη στιβαρότητα και ευθυγράμμιση στους μηχανισμούς κίνησης – φορεία.

Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από μια μορφοδοκό διαστάσεων - προφίλ (70x30x2) mm. Οι δοκοί αυτοί έχουν υποστεί κατάλληλη κατεργασία, δημιουργήθηκαν « φολιές » μέσα στις οποίες έχουν τοποθετηθεί κατάλληλων διαστάσεων ράουλα $\Phi 60\text{mm}$, και συγκολλήθηκαν με συγκόλληση βολταϊκού τόξου, αφού πρώτα ελέγχθηκε η ευθυγράμμισή τους ως προς το νοητό άξονα μετατόπισης.

4.1.3 Βασικό πλαίσιο στήριξης



Σχήμα 4.1.3.1: Πλαίσιο στήριξης

Η μετατόπιση το βασικού πλαισίου στήριξης γίνεται κατά μήκος του άξονα (X'), σχήμα 4.1.3.1.

Το πλαίσιο στήριξης κατασκευάστηκε υπό τη μορφή δικτυώματος από χαλύβδινους κοίλοδοκούς, με διαστάσεις 30x30x3mm και 20x20x1,5mm περιμετρικά και εσωτερικά του δικτυώματος. Τα αντίστοιχα τεμάχια κόπηκαν και μορφοποιήθηκαν κατάλληλα στο Οικογενειακό Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ 5^Ο ΧΛΜ. ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΑΝΑΚΤΟΡΙΟΥ - ΛΕΥΚΑΔΑΣ (Εικόνα 4.1.3.α). Το κύριο πλαίσιο αποτελείται από τρία επιμέρους συγκολλούμενα πλαίσια.

Η κατασκευή του πλαισίου επιλέχθηκε να είναι συγκολλητή με έμφαση στη σταθερότητα, την απλότητα και την αντοχή.

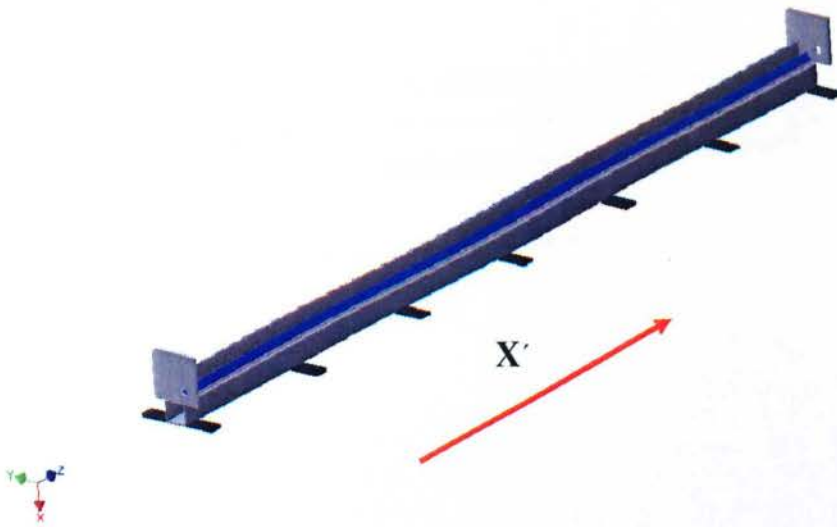
Στο βασικό πλαίσιο έχουν τοποθετηθεί ράουλα οδηγί εμπορίου, διαστάσεων Φ 60mm, για τη δυνατότητα μετατόπισης της όλης κατασκευής, τα οποία είναι τοποθετημένα μέσα σε ειδικές φωλιές στη βάση του πλαισίου. Έχουν τοποθετηθεί, μεταλλικές βάσεις κατάλληλα διαμορφωμένες και κουζινέτα τύπου UCF 204, τα οποία έχουν περαστούς κοχλίες M8. Επίσης τοποθετήθηκαν δύο μεταφορικοί κοχλίες Φ 30 mm με μήκος 2200mm με κατάλληλα διαμορφωμένα άκρα, ώστε να εφαρμόζον στα κουζινέτα, με τα αντίστοιχα περικόχλιά τους.

Τέλος, έχουν τοποθετηθεί στα κατάλληλα σημεία μηχανισμοί με ράουλα για τη σταθεροποίηση και τη διαμόρφωση του συστήματος κίνησης της κατασκευής.

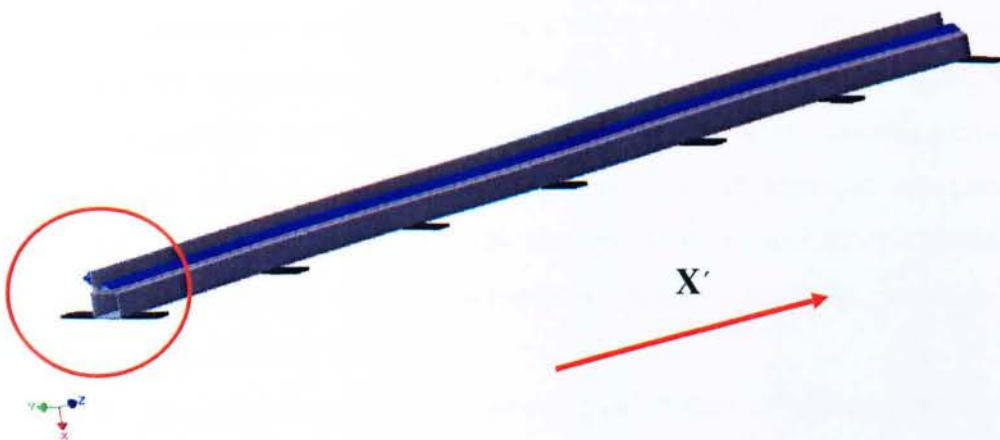


Εικόνα 4.1.3.α: Πλαίσια κατασκευής.

4.1.4 Βάσεις οδηγού – Κύρια μετατόπιση – Θεμελίωση κατασκευής



Σχήμα 4.1.4.1: Βάσεις οδηγού- Κύρια μετατόπιση – Θεμελίωση κατασκευής.

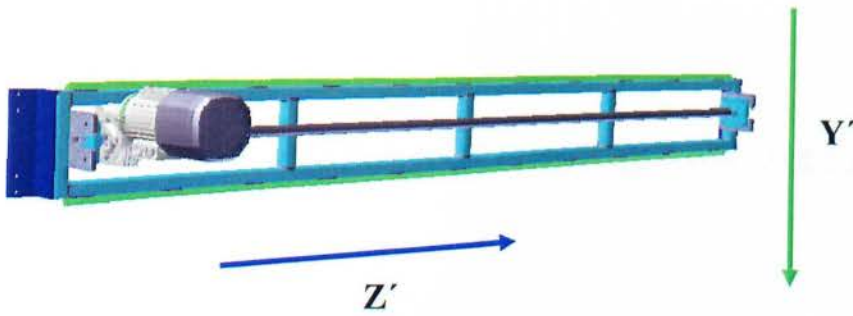


Σχήμα 4.1.4.2: Λεπτομέρεια κατασκευής

Η Κύρια μετατόπιση του συστήματος αριθμητικού ελέγχου γίνεται μέσω οδηγών βάσεων, σχήμα 4.1.4.1.. Οι βάσεις οδηγού, δεν είναι απλώς μια μηχανολογική κατασκευή, αλλά ένα επιμέρους μηχανολογικό σύστημα, το οποίο αποτελεί τη Βάση Μετατόπισης – Θεμελίωση που θα εφαρμοσθεί όλο το ηλεκτρομηχανολογικό υλικό του συστήματος - Βασικής μετατόπισης.

Το σύστημα αυτών των οδηγών βάσεων, πρόκειται για μια συγκολλητή ιδιοκατασκευή από μορφοσιδηρό διαφόρων προφίλ. Συγκεκριμένα αποτελείται από κοιλοδοκούς με διαστάσεις 60x60x3mm, γωνίες 60x60x5mm, λάμα πάκτωσης 25x5mm, τέλος λάμα στήριξης κουζινέτου 100x100x10mm με σπές κατάλληλης διαμέτρου για τη στήριξη των κουζινέτων και των μεταφορικών κοχλιών.

4.1.5 Σύστημα κάθετης μετατόπισης με οριζόντιες μικρό-μετατοπίσεις



Σχήμα 4.1.5.1: Σύστημα κάθετης μετατόπισης με οριζόντιες μικρό - μετατοπίσεις.

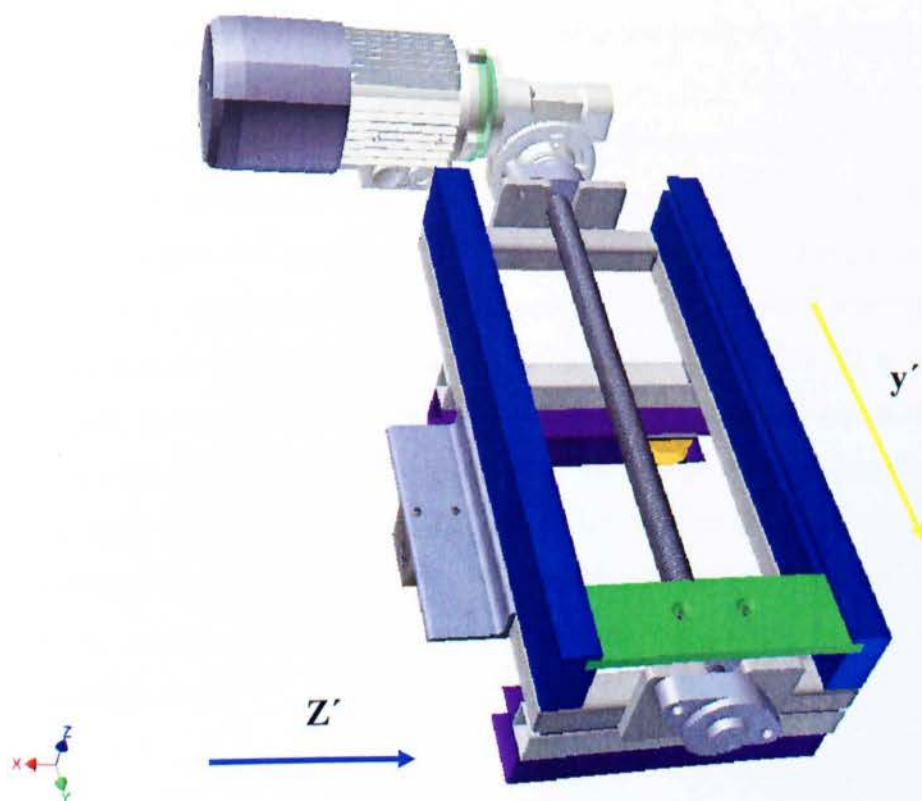
Η κύρια κατακόρυφη μετατόπιση (Y'), γίνεται με τη βοήθεια ενός κάθετου κοχλία – μηχανισμού κίνησης, ο οποίος είναι τοποθετημένος στο βασικό πλαίσιο στήριξης, ενώ στον οριζόντιο άξονα (Z') μικρό-μετατοπίσεις πραγματοποιούνται με το μοτέρ-μειωτήρα και τον κοχλία μετατόπισης που είναι τοποθετημένοι στο συγκεκριμένο σύστημα. Η οριζόντια αυτή ιδιοκατασκευή αποτελεί από μόνη της άλλο ένα μηχανολογικό εξάρτημα, του όλου συστήματος αριθμητικού ελέγχου. Ο μηχανισμός αποτελείται από ένα συγκολλητό πλαίσιο στήριξης, το οποίο έχει διαστάσεις (2060 x 200 x 30)mm.

Το επιμέρους πλαίσιο είναι κατασκευασμένο από κοιλοδοκό τετραγωνικής διατομής (30x30x3)mm, υπό τη μορφή δικτύωματος. Επίσης για να αυξηθεί η ακαμψία και η στιβαρότητά του, τοποθετήθηκαν περιμετρικά μορφογονίες διατομής (30x30x5)mm, ώστε να βελτιωθεί η αντοχή του στα αεροδυναμικά φορτία. Οι μορφογονίες αυτές χρησιμοποιούνται ως οδηγοί του κάθετου σε αυτό φορείου.

Όσον αφορά τα σημεία στήριξης του φορείου πάνω στην όλη κατασκευή αυτή γίνεται μέσω μορφογονιών διατομής (60x60x5)mm τέτοια ώστε και να εξασφαλίζει τη μέγιστη αντοχή και ασφάλεια, αλλά και την απαιτούμενη απόσταση, μεταξύ του βασικού πλαισίου στήριξης και του οριζόντιου φορείου. Τώρα όσον αφορά την κίνηση αποτελείται από τις λάμες στήριξης κουζινέτων, οι οποίες έχουν υποστεί κατάλληλη κατεργασία για τη στήριξη των κουζινέτων.

Τα κουζινέτα είναι εμπορίου, τύπου UCF 204. Επίσης έχουμε τον ηλεκτρικό κινητήρα με τον μειωτήρα, το μεταφορικό κοχλία με το αντίστοιχο περικόχλιο διαστάσεων $\Phi 30\text{mm}$ τραπεζοειδούς σπειρώματος.

4.1.6 Σύστημα οριζόντιας μετατόπισης με κάθετες μικρό-μετατοπίσεις ακριβείας



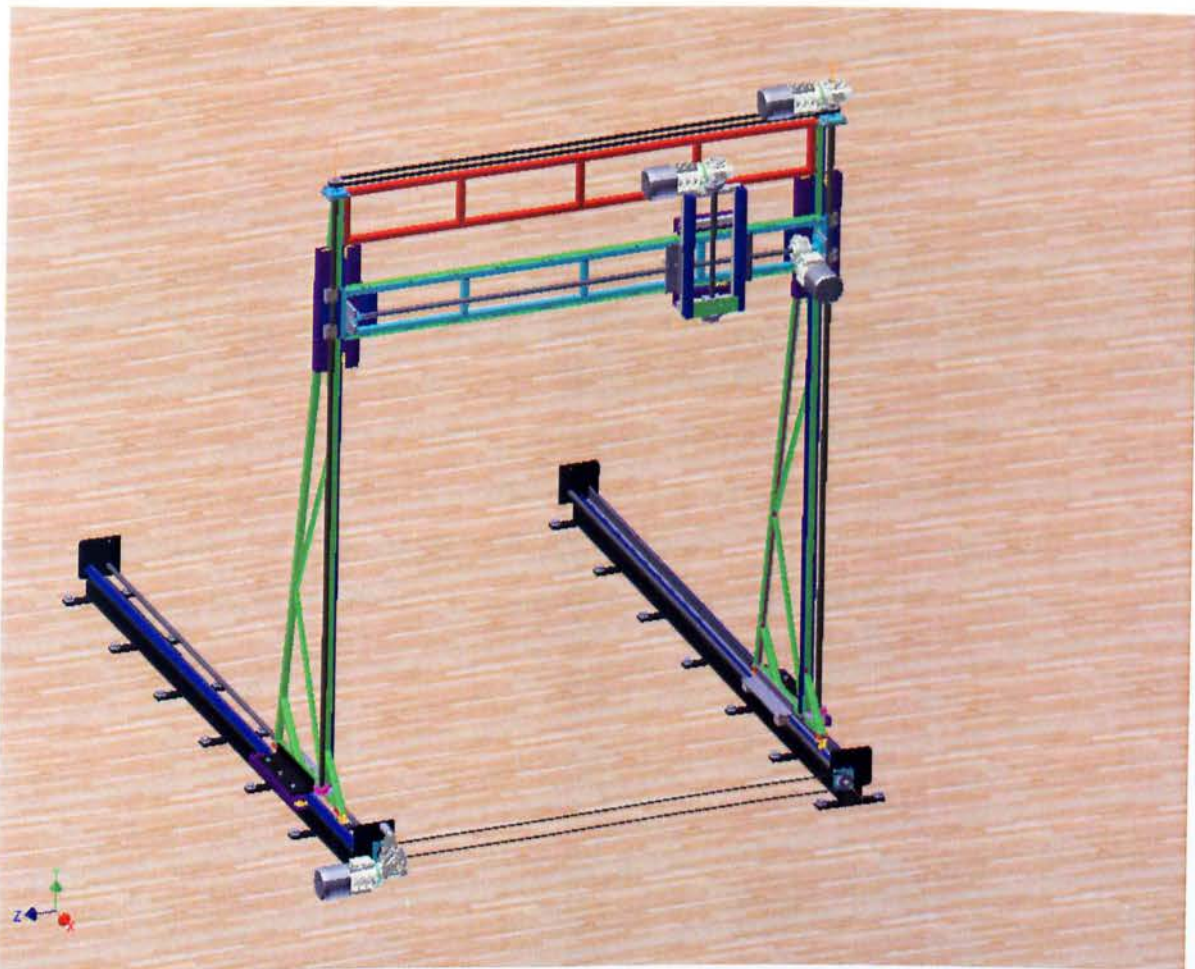
Σχήμα 4.1.6.1: Σύστημα οριζόντιας μετατόπισης με κάθετες μικρό – μετατοπίσεις ακριβείας.

Η κύρια οριζόντια μετατόπιση κατά μήκος του άξονα (Z') γίνεται με τη βοήθεια ενός κοχλία – μηχανισμού κίνησης, ο οποίος είναι τοποθετημένος στο σύστημα κάθετης μετατόπισης με οριζόντιες μικρό – μετατοπίσεις. Ενώ στον δευτερεύοντα κάθετο άξονα (y') μικρό-μετατοπίσεις πραγματοποιούνται με το μοτέρ-μειωτήρα και τον κοχλία μετατόπισης που είναι τοποθετημένοι στο συγκεκριμένο σύστημα.

Το κυριότερο μηχανολογικό εξάρτημα του συστήματος αριθμητικού ελέγχου είναι ο μηχανισμός μετατόπισης - φορείο της δευτερεύουσας κάθετης μετατόπισης κατά μήκος του άξονα (y'). Ο μηχανολογικός αυτός μηχανισμός, εκτός του ότι αποτελεί ένα ειδικό μηχανισμό μετατόπισης - φορείο, έχει μια επιπλέον λειτουργία να μπορεί να φέρει πάνω του είτε ένα αισθητήριο μέτρησης τεχνικών παραμέτρων, όπως είναι η θερμοκρασία, η πίεση, η ταχύτητα κ.α., είτε να τοποθετηθεί ένας μηχανισμός ακριβείας περιστροφικών μικρό - μετακινήσεων, με σκοπό την όσο το δυνατόν μικρότερη απόσταση μέτρησης του εκάστοτε αεροδυναμικού μοντέλου, για τη βέλτιστη ακρίβεια μετρήσεων, όπως είναι η μέτρηση εντός του οριακού στρώματος.

Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται: **α)** από το συγκολλητό πλαίσιο στήριξη που είναι κατασκευασμένο από κοιλοδοκούς διατομής (30x30x3)mm, **β)** από τις βάσεις στήριξης, μηχανισμοί με ράουλα, που για τη συγκεκριμένη εφαρμογή έχουν ανάλογο μήκος και οι οποίες έχουν αναπτυχθεί εκτενώς σε προηγούμενη ενότητα, **γ)** από τις λάμες στήριξης των κουζινέτων, τα κουζινέτα τύπου UCFL 204, **δ)** το μοτέρ με το μειωτήρα, **ε)** τις δύο μορφογωνίες (30x30x3)mm που στηρίζουν τα περικόχλια του συστήματος κάθετης μετατόπισης με οριζόντιες μικρό - μετατοπίσεις, και **ζ)** το μεταφορικό κοχλία με το περικόχλιο. Τέλος, αποτελείται από τους πρισματοδηγούς (γλισιέρες) και τη βάση του φορείου υπό μορφή χελιδονοουράς για την επίτευξη της μέγιστης ακρίβειας στη μέτρηση, με τη σωστή και ακριβή θέση του εκάστοτε μετρητικού μέσου.

4.1.7 Σύστημα μετατόπισης τεσσάρων αξόνων



Σχήμα 4.1.7.1: Σύστημα μετατόπισης τεσσάρων αξόνων.

Το σύστημα μετατόπισης 3 + 1 αξόνων, με αριθμητικό έλεγχο, αποτελείται από τον συνδυασμό των ανωτέρω συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί εκτενώς στις προηγούμενες ενότητες.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας, έχει ολοκληρωθεί, μια πλήρης σχεδιομελέτη ενός συστήματος μετατόπισης και έχουν κατασκευαστεί όλα τα μεταλλικά στοιχεία, που συνθέτουν το πλαίσιο του συστήματος μετατόπισης. Για την ολοκλήρωσή της απαιτείται η προμήθεια και εγκατάσταση των ηλεκτροκινητήρων, μηχανισμών μετακίνησης, καθώς και η ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού για τον έλεγχο της κίνησης του συστήματος. Η όλη κατασκευή διακρίνεται για τη στιβαρότητα, ευστάθεια, ακαμψία ενώ με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης των κινητήρων θα είναι δυνατή η μετακίνηση των αισθητήρων με μεγάλη ακρίβεια.

Η πρόσφατη προμήθεια των εξαρτημάτων του συστήματος καθιστά δυνατή την ολοκλήρωση της κατασκευής στο άμεσο μέλλον, στο πλαίσιο μιας νέας πτυχιακής εργασίας που θα προκύψει ως συνέχεια της παρούσας και θα περιλαμβάνει και μετρήσεις.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-440/cover.htm>
<http://windtunnel.onera.fr/>
<http://www.uwal.org/>
<http://wind.tamu.edu/>
http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_tunnel
<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/tunnel1.html>
<http://www-htgl.stanford.edu/bradshaw/tunnel/index.html>
<http://www.aoe.vt.edu/research/facilities/stabilitytunnel/index.html>
[http://www.nrc-](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/facilities/wind_tunnel/traversing_systems.html)
[cnrc.gc.ca/eng/solutions/facilities/wind_tunnel/traversing_systems.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/facilities/wind_tunnel/traversing_systems.html)
<http://www.mece.ualberta.ca/groups/combustion/flare/facilities-NRC.html>
<http://raagaard.dk/>
<http://www2.nlr.nl/public/facilities/AVET-Info/Content/UK/Gallery.html>

Μπεργελές, Γ., Παπαντώνης, Δ. Και Τσαγγάρης, Σ., Τεχνικές Μετρήσεις Ρευστομηχανικών Μεγεθών, Εκδόσεις Συμεών

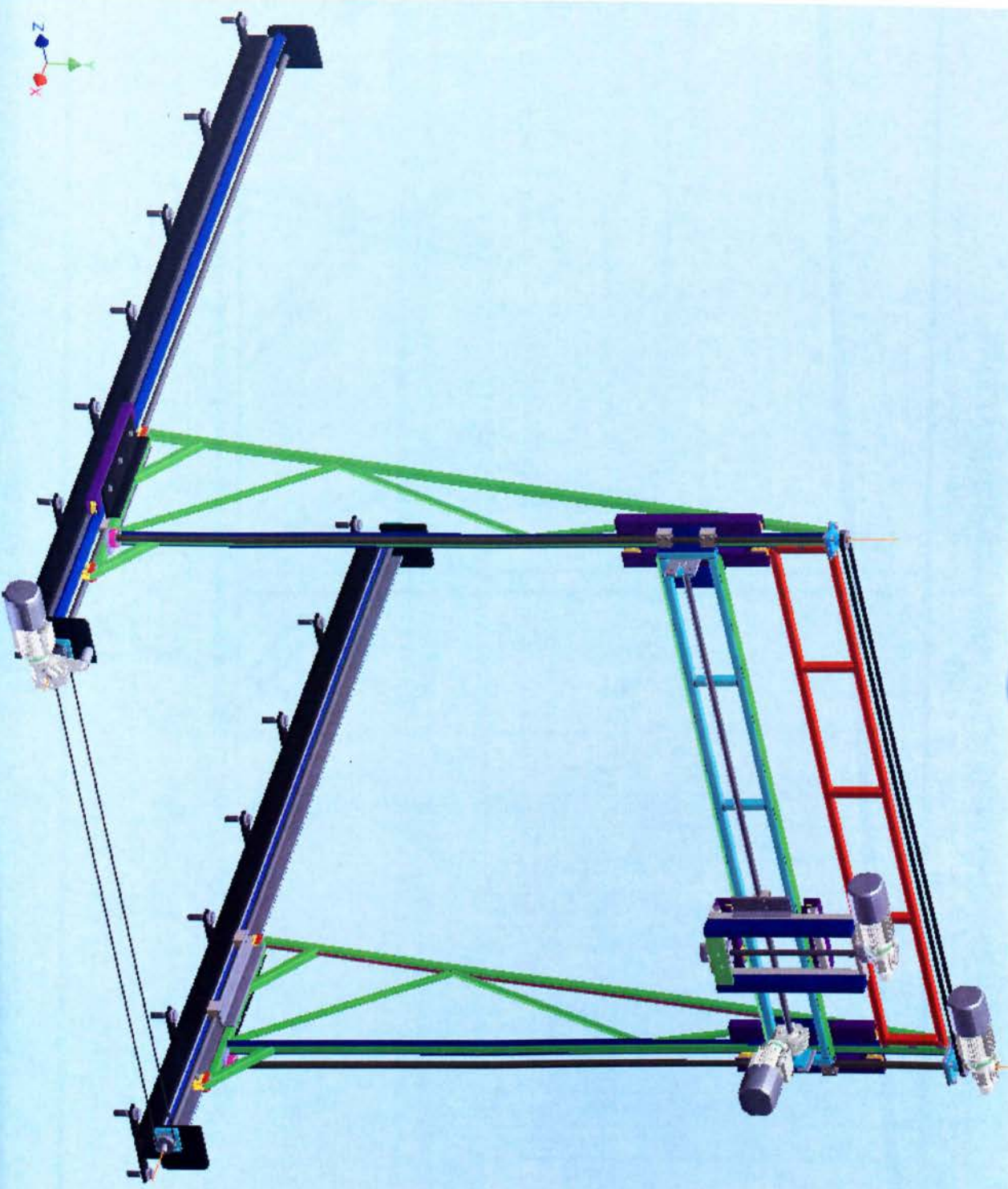
Rae, W.H. and Pope, A. Low-Speed wind tunnel testing, 2nd ed., 1984, John Wiley

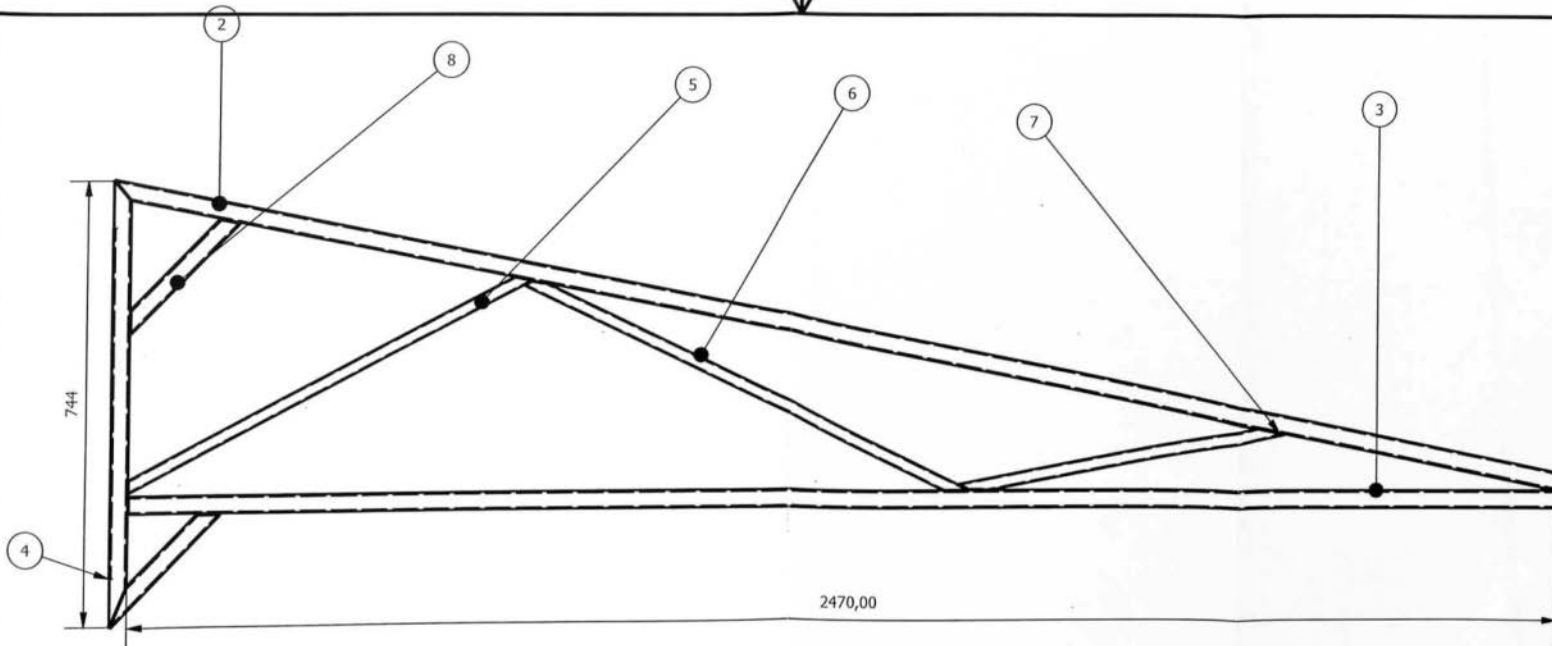
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

7.1 Κατασκευαστικά σχέδια

A) Τρισδιάστατη απεικόνιση συστήματος Traversing system

1. Κάθετο τμήμα
2. Μηχανισμός με ρόδες
3. Μηχανισμός πάκτωσης
4. Εξωτερικό δεξιά – αριστερά
5. Εξωτερικό οριζόντιο τμήμα
6. Σύστημα μεταφοράς τεσσάρων αξόνων

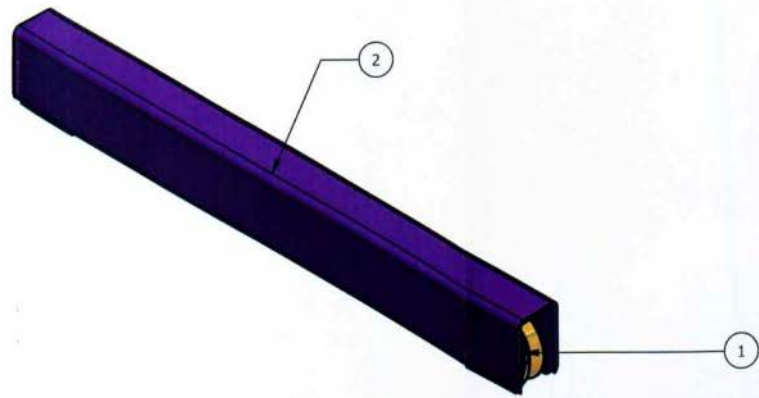
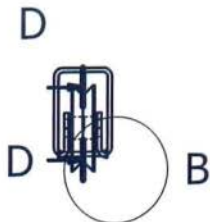




PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	2
2	2549,510 mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 2549,5097568
3	2470mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 2470
4	744,000 mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 744
5	787,147 mm	ISO 4019 - 20x20x2 - 787,14674617
6	831,925 mm	ISO 4019 - 20x20x2 - 831,92547743
7	559,017 mm	ISO 4019 - 20x20x2 - 559,01699437
8	565,685 mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 282,84271247

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date
				13/11/2011
KAGETO TMHMA				
			skeletos 3	Edition 6 / 7

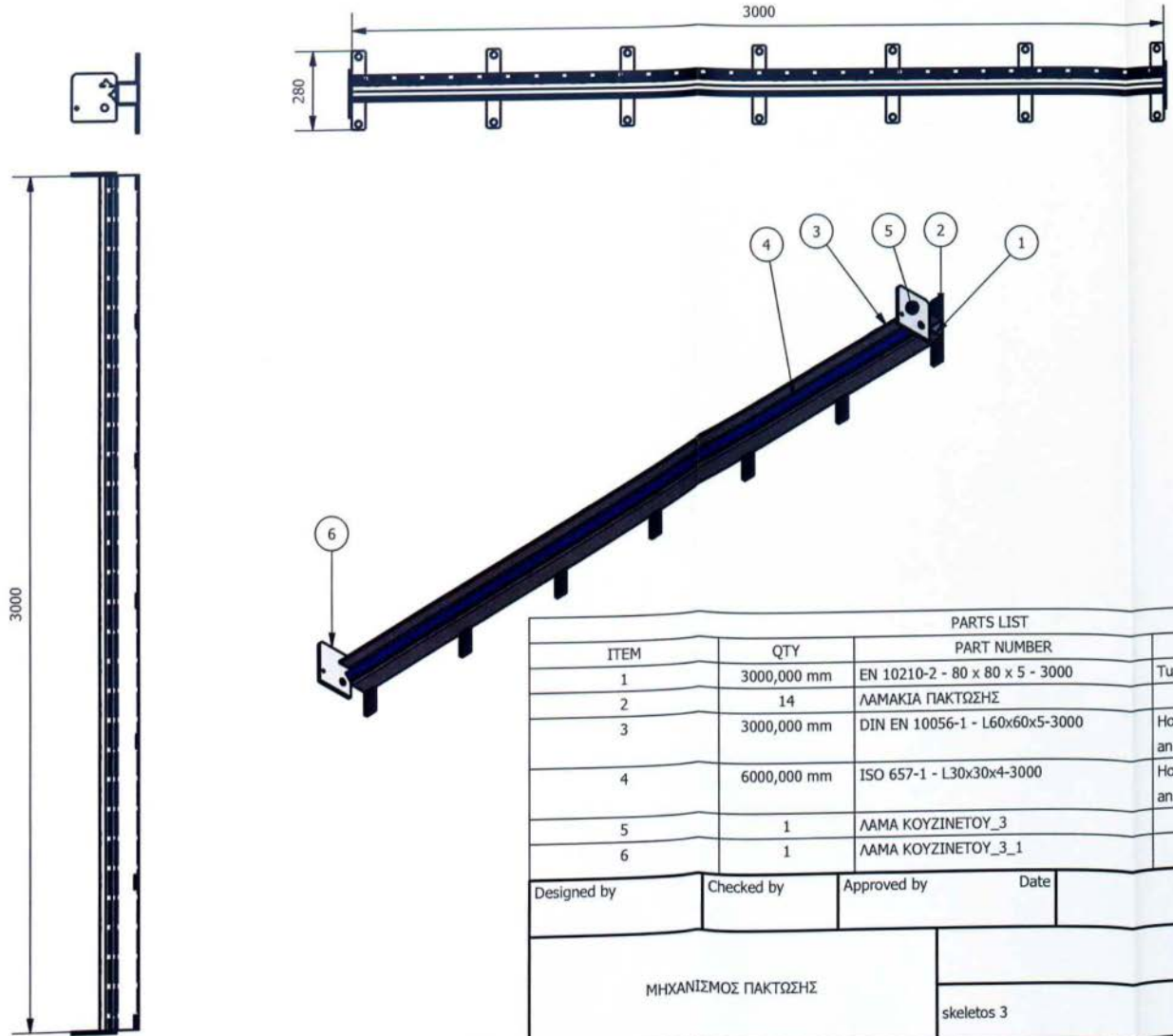
D-D (1 : 4)



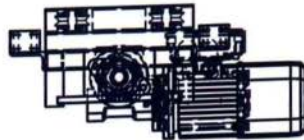
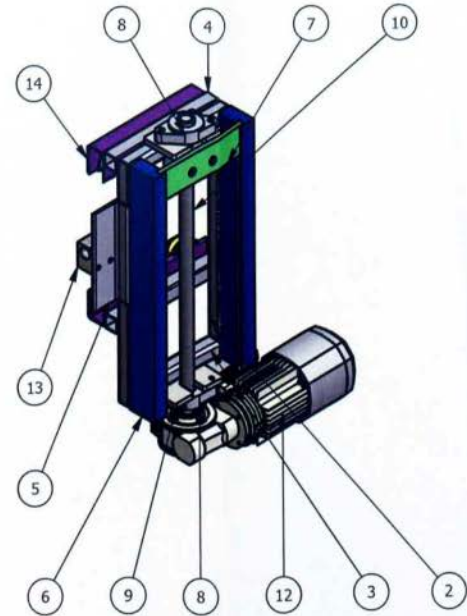
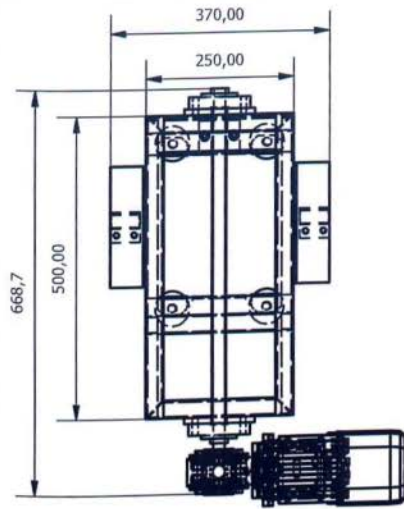
B (1 : 2)



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	RODA_2	Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
2	500,000 mm	ISO 4019 - 60x40x3 - 500_2	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
			13/11/2011
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕ ΡΟΔΕΣ		skeletos 3	
		Edition	Sheet
			4 / 7



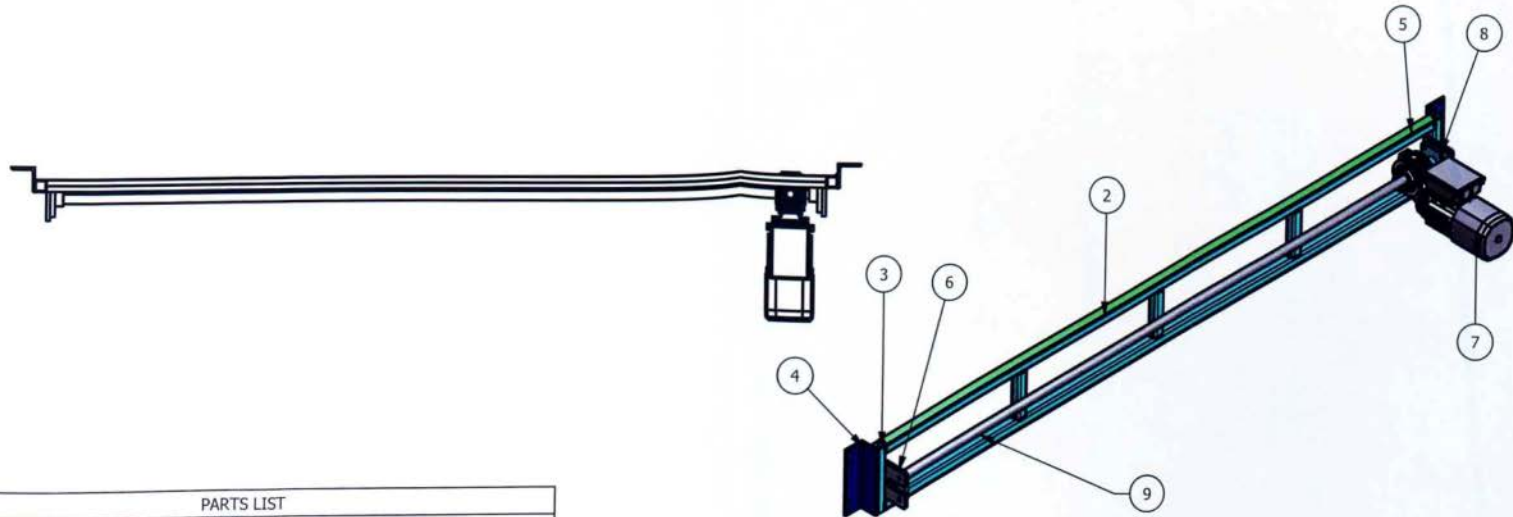
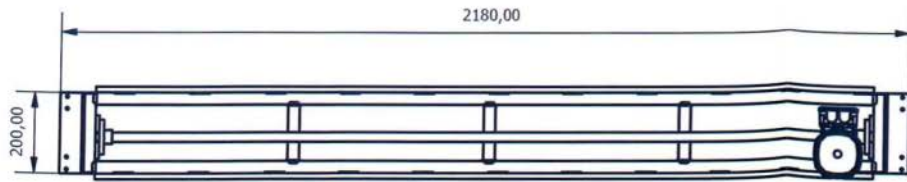
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	3000,000 mm	EN 10210-2 - 80 x 80 x 5 - 3000	Tube
2	14	ΛΑΜΑΚΙΑ ΠΑΚΤΩΣΗΣ	
3	3000,000 mm	DIN EN 10056-1 - L60x60x5-3000	Hot-rolled structural steel section-Equal angles
4	6000,000 mm	ISO 657-1 - L30x30x4-3000	Hot-rolled steel sections - Part 1: Equal-leg angles
5	1	ΛΑΜΑ ΚΟΥΖΙΝΕΤΟΥ_3	
6	1	ΛΑΜΑ ΚΟΥΖΙΝΕΤΟΥ_3_1	
Designed by	Checked by	Approved by	Date
			13/11/2011
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΚΤΩΣΗΣ		skeletos 3	Edition
			Sheet 7 / 7



PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΕΞΙΑ_ΑΡΙΣΤΕΡΑ
2	1200,000 mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 600
3	1000,000 mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 500
4	500,000 mm	EN 10210-2 - 30 x 30 x 2 - 250
5	400,000 mm	ISO 657-2 - 60x 30x 5-200
6	2	ODHGOS
7	1	LAMA XELIDONOOPYRAS
8	2	KOYZINETO UCFL 204
9	2	LAMA KOYZINETOYS
10	1	KOXLIAS6
11	1	PERIKOXLIO P24X3_2
12	1	E002162525157VFBN061111165205_M
13	2	ΠΛΕΙΜΑΔΙ
14	2	MHXANISMOS ME RODES_3

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
				13/11/2011	
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΕΞΙΑ - ΑΡΙΣΤΕΡΑ			skeletos 3		
				5 / 7	

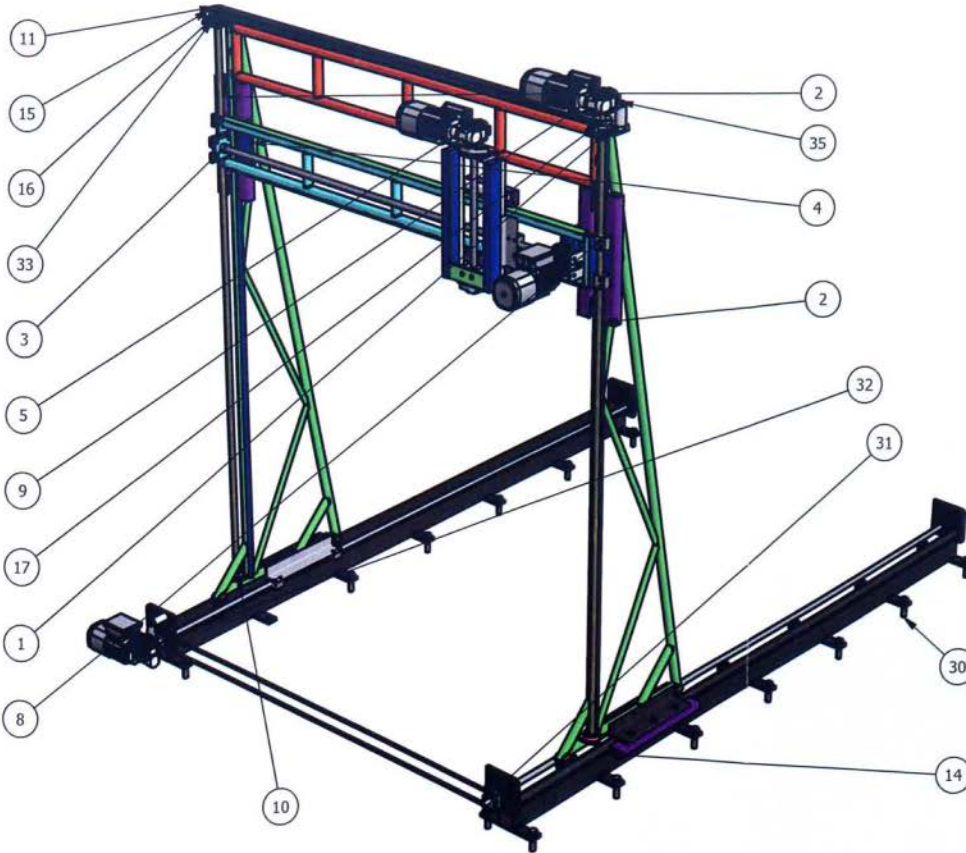


PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	1
2	4000,000 mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 2000
3	1000,000 mm	ISO 4019 - 30x30x3 - 200
4	1000,000 mm	ISO 657-1 - L60x60x5-500
5	4000,000 mm	DIN EN 10056-1 - L20x20x3-2000
6	2	LAMA KOYZINETOY 3
7	1	E002162525157VFBN061111165205_M
8	2	KOYZINETO UCF 204
9	1	KOXLIAΣ 5

Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
				13/11/2011	
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΤΜΗΜΑ			skeleton 3		
				3 / 7	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	ΣΚΕΛΕΤΟΣ
2	4	r2
3	1	εξωτερικο οριζοντιο τμημα
4	1000,000 mm	ISO 657-1 - L60x60x5-400
5	1	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΕΞΙΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ
8	8	ΠΑΞΙΜΑΔΙ
9	1	ΚΟΧΛΙΑΣ
10	2	ΚΟΥΖΙΝΕΤΟ
11	1	ΚΟΧΛΙΑΣ_2
12	4	DIN 625 SKF - SKF 61904
13	2	ΛΑΜΑ ΚΟΥΖΙΝΕΤΟΥ_2
14	2	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕ RODES_4
15	2	Synchronous Belt
16	2	Synchronous Pulley1
17	2	Synchronous Pulley2
19	20	DIN 126 - 11
20	6	DIN 555-5 - M10
21	6	ISO 8676 - M10 x 1,25 x 60
22	8	DIN 126 - 6,6
23	9	DIN 7984 - M6 x 30
24	8	DIN 126 - 9
25	8	Hexagon bolt GB/T 5781 M10 x 25
26	8	DIN EN ISO 4016 - M8x40
27	2	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΚΤΩΣΗΣ
29	28	DIN 128 - A20
30	27	Bolt GB 5790-86-M20 x 70
31	1	ΚΟΧΛΙΑΣ_3
32	1	ΚΟΧΛΙΑΣ_4
33	6	ΚΟΥΖΙΝΕΤΟ UCF 204
34	2	E002162525157VFBN061111165205_M
35	2	E002162525157EXTRA061111170215_M
38	1	AJONAS ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ2
47	1	FISOYNA
48	1	FISOYNA
49	1	EDAΦOS



Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date
				13/11/2011
ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΑΞΟΝΩΝ			Edition	
			Sheet 2 / 7	

