

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΨΑΝΤΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.  
ΚΛΩΣΤΙΚΗΣ ΥΦΑΝΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΚΕΥΗΣ  
ΠΟΛΥΑΞΟΝΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΓΚΟΥΒΑΣ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΤΣΑΝΔΡΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2014**

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΨΦΑΝΤΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.  
ΚΛΩΣΤΙΚΗΣ ΥΦΑΝΤΙΚΗΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

υποβληθείσα στο Τμήμα για την απόκτηση του Πτυχίου Κλωστοϋφαντουργού Μηχανικού

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΚΕΥΗΣ  
ΠΟΛΥΑΞΟΝΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ**

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MULTI-  
AXIAL DEVICE FOR TEXTILE FABRICS

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΓΚΟΥΒΑΣ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΤΣΑΝΔΡΗΣ**

Επιβλέπων: Δρ. Σάββας Βασιλειάδης  
Αναπληρωτής Καθηγητής

**ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 2014**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Περιεχόμενα.....	3
2. Πρόλογος .....	4
3. Εισαγωγή .....	5
4. Η Γέννηση της Υπολογιστικής Μοντελοποίησης .....	9
5. Η Αρχή Λειτουργίας του Haas .....	10
6. Η Εξέλιξη .....	17
7. Η Χρήση των Δυναμόμετρων για την Πιστοποίηση των Μοντέλων ...	20
8. Κυκλικό Δυναμόμετρο Πίεσης Οκτώ Σημείων .....	22
9. Κατασκευή Δυναμόμετρου .....	24
10. Πειραματική Διαδικασία - Βαθμονόμηση Συσκευής .....	32
11. Πειραματικό Μέρος - Προσδιορισμός Μετρήσεων .....	37
12. Μετρήσεις Τάσεων Υφασμάτων .....	40
13. Ευχαριστίες .....	51
14. Βιβλιογραφία .....	52

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Φτάνοντας στο τελείωμα της σχολής έπρεπε να επιλέξουμε μια πτυχιακή εργασία και πιστεύουμε ότι θα πρέπει να περιλαμβάνει όσο το δυνατόν περισσότερα θέματα από τα μαθήματα της σχολής.

Η αλήθεια είναι ότι ο όρος Μηχανικός Κλωστοϋφαντουργός τείνει να εξαλείφει και βλέποντας άλλες πτυχιακές εργασίες θέλουμε να τονίσουμε το πόσο σημαντικός είναι ο όρος Μηχανολόγος.

Έτσι επέλεξαμε ένα θέμα το οποίο θα περιλαμβάνει τα μαθήματα όπως μηχανολογικό σχέδιο, αντοχή υλικών, στοιχεία μηχανών, Σ.Α.Ε., πληροφορική, φυσική και σίγουρα όλα τα μαθήματα που έχουνε να κάνουνε με την ανάλυση υφάσματος.

Η ιδέα αυτή προήλθε με την ολοκλήρωση του μαθήματος εβδομού εξαμήνου, Υπολογιστική Μοντελοποίηση, και πάνω σε αυτό το κομμάτι βασίζεται αυτή η πτυχιακή εργασία.

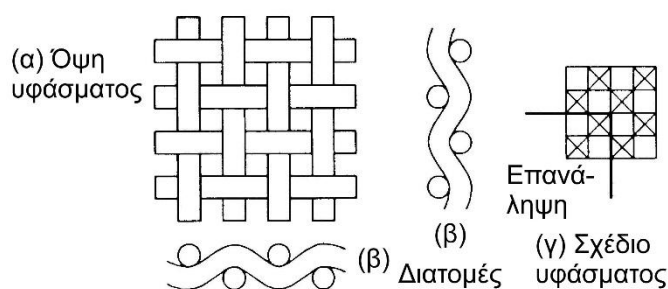
Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να κατασκευαστεί μία συσκευή η οποία θα μπορεί να μετράει τάσεις υφασμάτων σε οχτώ αντιδιαμετρικά σημεία από ένα κυκλικό δείγμα υφάσματος. Με αυτόν τον τρόπο θα εμφανίζονται οχτώ διαγράμματα με τις ανάλογες τάσεις οι οποίες θα συσχετίζονται με την δομή του δοκιμίου.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα υφάσματα είναι σύνθετες ινώδεις δομές που για χιλιάδες χρόνια εξυπηρέτησαν κυρίως ανάγκες ένδυσης και σε κάποιο βαθμό τεχνικές χρήσεις. Οι συνεστραμμένες ίνες συγκροτούν τα νήματα και αυτά με τη σειρά τους αλληλοπλέκονται για να διαμορφωθεί το ύφασμα. Η πολυπλοκότητα της κατασκευής τους υπαγορεύτηκε ιστορικά και εξελικτικά από το πλαίσιο των απαιτήσεων αντοχής και άνεσης. Μέχρι πρόσφατα η μηχανική συμπεριφορά των υφασμάτων αφηνόταν στην εκτίμηση των εμπειρων σχεδιαστών, οι οποίοι έπρεπε να χρησιμοποιήσουν υφάσματα κατάλληλων ιδιοτήτων ώστε να επιτύχουν το επιθυμητό αισθητικό κυρίως αποτέλεσμα.

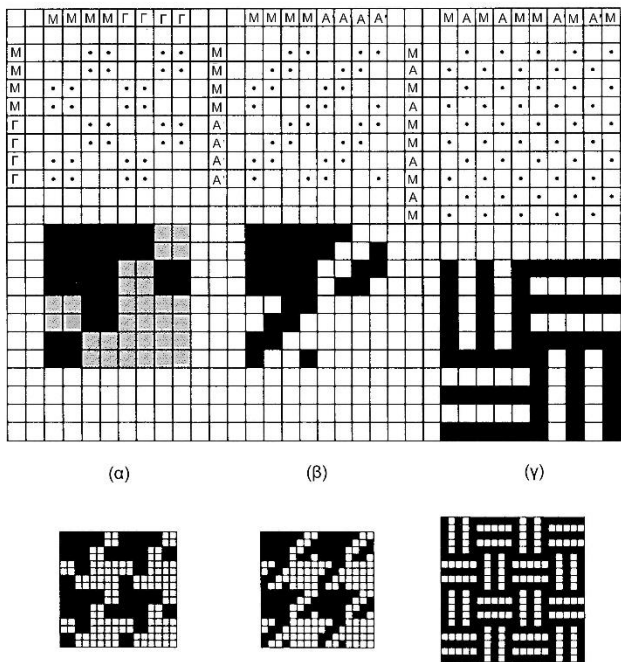
Τα υφάσματα μέχρι πριν από εκατό χρόνια θεωρούνταν επίπεδες δισδιάστατες δομές. Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους ήταν η δυνατότητα τους να κόβονται σε συγκεκριμένα σχήματα, των οποίων ο συνδυασμός μπορούσε να δώσει τρισδιάστατες δομές, όπως είναι π.χ. τα ενδύματα. Βασικό τεχνολογικό πρόβλημα αυτής της εξελικτικής φάσης είναι η δυνατότητα ακριβούς αποτύπωσης του υφαντικού σχεδίου. Το υφαντικό σχέδιο συνδυάζει την τεχνική και αισθητική πληροφορία. Αποτυπώνει την διάταξη των νημάτων και τον τρόπο αλληλοπλοκής τους. Επιπλέον είναι δυνατόν να αποτυπωθεί η χρωματική πληροφορία, η οποία είναι σημαντική για πολλές κατηγορίες υφασμάτων [1].

Το υφαντικό σχέδιο είναι πρώτη γεωμετρική θεώρηση της υφαντικής πληροφορίας. Η απεικόνιση χρησιμοποιεί ψηφιακή λογική. Μαύρα και άσπρα τετράγωνα υποδεικνύουν την επίπλευση κατά σύμβαση συνήθως του στημονιού.



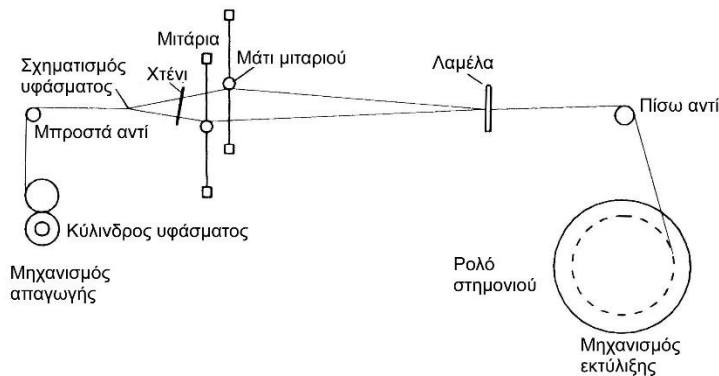
Σχήμα 1: Γεωμετρική απεικόνιση της ύφανσης

Βέβαια συχνά τα υφάσματα είναι περισσότερο πολύπλοκα από πλευράς υφαντικού σχεδίου και η γεωμετρική τους απεικόνιση παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον.



Σχήμα 2: Υφαντικό Σχέδιο με χρωματική πληροφορία

Αυτή η γεωμετρική απεικόνιση ήταν ικανή να υποστηρίξει την δημιουργία και αποθήκευση των υφαντικών σχεδίων αλλά και να δώσει ικανή πληροφορία για την παραγωγή του υφάσματος. Η παραγωγή του υφάσματος περιλαμβάνει την σωστή διάταξη των νημάτων στημονιού και υφαδιού, την κατάλληλη διέλευση από τα τελάρα και τα μιτάρια και τέλος από το χτένι.



Σχήμα 3: Υφαντικός ιστός

Αυτή η γεωμετρική απεικόνιση της ύφανσης και της δομής του υφάσματος κυριαρχούσε για αιώνες και αποτελούσε την τυπική τεχνική γλώσσα των υφαντών. Για αυτές τις χρήσεις συνεχίζει να χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα

προφανώς υποστηριζόμενη από υπολογιστικά σχεδιαστικά εργαλεία. Ταυτόχρονα τα σχεδιαστικά εργαλεία χρησιμοποιούν την τυπική συμβολική απεικόνιση της ύφανσης, αλλά ταυτόχρονα δημιουργούν τον κατάλληλο κώδικα οδήγησης των υφαντικών ιστών στην λογική της παραγωγής υποστηριζόμενης από υπολογιστή (CAD/CAM).

Οι ολοένα αυξανόμενες τεχνικές χρήσεις των υφασμάτων απαιτούν εξαιρετική ακρίβεια στον υπολογισμό της μηχανικής τους συμπεριφοράς. Τα υφάσματα αποτελούν πλέον βασικό δομικό στοιχείο των σύνθετων υλικών που ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιούνται σε αεροδιαστημικές, δομικές, ιατρικές κτλ εφαρμογές όπως και σε πολυλειτουργικά προϊόντα. Οι ανάγκες ακριβούς πρόβλεψης της συμπεριφοράς τους, επιβάλλουν τη θεώρηση των υφασμάτων ως τρισδιάστατων δομών με συμμετοχή πολλών σωμάτων που αλληλοεπιδρούνε.

Οι αναλυτικοί υπολογισμοί για την πρόβλεψη της μηχανικής τους συμπεριφοράς κατέληξαν μόνο σε ενδεικτικές και προσεγγιστικές λύσεις, αφού τα δομικά – γεωμετρικά στοιχεία των υφασμάτων δεν ήταν εύκολο να μετρηθούν και να αποτυπωθούν δεδομένης της μεγάλης και έντονης παραμόρφωσης των ινωδών υλικών υπό εξαιρετικά χαμηλά φορτία και επίσης λόγω της πολύπλοκης κατασκευής τους, που καθιστούν αδύνατη την εφαρμογή των κλασικών μεθόδων υπολογισμού, οι οποίες αναφέρονται κυρίως σε κανονικές διατομές και σχήματα.

Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα προβλήματα που επιλύονται με υπολογιστικές μεθόδους, στα οποία οι διαστάσεις των σωμάτων είναι μετρήσιμες ή άμεσα υπολογίσιμες, η μηχανική των υφασμάτων απαιτεί προηγουμένως την φάση της γεωμετρικής μοντελοποίησης προκειμένου να γίνει δυνατή στη συνέχεια η γεωμετρική υπολογιστική απεικόνιση της δομής των υφασμάτων. Η ακρίβεια της γεωμετρικής μοντελοποίησης επιδρά σοβαρά στην ακρίβεια της συνολικής υπολογιστικής ανάλυσης: τα ακριβέστερα μηχανικά μοντέλα στηρίζονται σε ακριβέστερα γεωμετρικά μοντέλα. Παραδείγματα τέτοιων γεωμετρικών μοντέλων παρατίθενται για υφαντά και πλεκτά υφάσματα των πιο σημαντικών κατηγοριών. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ακόμα και η μελέτη της ηλεκτρικής συμπεριφοράς των αγωγίμων υφασμάτων περνά από τη μηχανική και επομένως από την γεωμετρική μοντελοποίηση.

Επομένως είναι εξαιρετικής σημασίας η ανάπτυξη ακριβέστερων και ευκολόχρηστων γεωμετρικών μοντέλων των διαφόρων δομών υφασμάτων, προκειμένου να γίνει δυνατή η πρόβλεψη των μηχανικών τους ιδιοτήτων ήδη από τη φάση του σχεδιασμού τους και οπωσδήποτε πριν τη φάση της κατασκευής, ώστε να εξυπηρετηθεί η ανάπτυξη νέων προϊόντων και δομών.

Η υπολογιστική μοντελοποίηση των υφασμάτων αποτελεί σημαντικό εργαλείο σχεδιασμού και ακριβούς πρόβλεψης της συμπεριφοράς τους ακόμη και πριν την κατασκευή τους. Η υπολογιστική μοντελοποίηση προϋποθέτει την γεωμετρική τους αναπαράσταση, η οποία όμως είναι δύσκολη εξ αιτίας κυρίως του

συμπιεστού χαρακτήρα των ινωδών υλικών. Για τον λόγο αυτόν αναζητούνται μετρικές σχέσεις που να περιγράφουν την γεωμετρία των δομών των υφασμάτων, ώστε να καταστεί δυνατή στη συνέχεια η υπολογιστική μηχανική ανάλυση. Επομένως αποτελεί ενδιαφέρουσα περίπτωση η μηχανική ανάλυση των υφασμάτων διότι δεν απαιτεί μόνο απλή μεταφορά των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους στον υπολογιστή, αλλά στηρίζεται αποκλειστικά στην αναλυτική γεωμετρική περιγραφή των δομών τους.



## **Η ΓΕΝΝΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ**

Το 1912 ο μηχανικός Haas, παρατηρώντας τα γερμανικά αερόστατα (zeppelin), και ενώ ήταν όλα το ίδιο κατασκευασμένα, είχαν διαφορετική συμπεριφορά κατά την πτήση τους. Παρατηρώντας τα καλύτερα διαπίστωσε ότι είχαν διαφορές κατά την κατασκευή του υφασμάτινου μπαλονιού. Δηλαδή ο τρόπος τοποθέτησης και συγκράτησης των υφασμάτων έκανε το κάθε αερόστατο ξεχωριστό.

Για να μπορέσει να προσδιορίσει το καλύτερο επιθυμητό αποτέλεσμα χωρίς να κατασκευάσει μερικά αερόστατα αποφάσισε να μελετήσει την συμπεριφορά των υφασμάτων ανάλογα με τις δυνάμεις που δέχονται. Έτσι κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η δομή του υφάσματος αλλάζει και την συμπεριφορά του.

Με αρχή αυτό πολύ μελετητές εξέλιξαν την θεωρία του Haas και έχουμε φτάσει σε σημείο σήμερα, να μοντελοποιούνται υφάσματα και ρούχα πολύ πριν την κατασκευή τους.

Η δυσκολία που παρουσιάστηκε στην πάροδο του χρόνου ήταν ότι οι μελετητές είχαν να κάνουν με εύκαμπτα προϊόντα (νήματα και υφάσματα ) και δεν μπορούσαν εύκολα να εφαρμόσουν σε αυτά τα προϊόντα την θεωρία της αντοχής υλικών και αυτό γιατί σε τόσο εύκαμπτα προϊόντα η παραμικρή δύναμη που εφαρμόζεται επάνω τους, αλλάζει το σχήμα του και την δομή τους. Για αυτό υπήρχε η ανάγκη να λυθούν και πιο σύνθετα προβλήματα

Μία τέτοια μέθοδος είναι και η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Αυτή η μέθοδος είναι μεν προσεγγιστική, αλλά μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα και έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα προβλήματα. Το μειονέκτημά της είναι οι αυξημένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, ιδίως όταν εφαρμόζεται σε σύνθετα μοντέλα. Αυτό όμως το μειονέκτημα ξεπεράστηκε τα τελευταία χρόνια χάρη στη ραγδαία ανάπτυξη των υπολογιστών. Η επιτυχία αυτής της μεθόδου ήταν τόσο μεγάλη, που ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται στην έρευνα και στην βιομηχανία για τον υπολογισμό και τη μελέτη διάφορων κατασκευών.

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων είναι μία εξέλιξη των μητρωϊκών μεθόδων αριθμητικής επίλυσης διαφορικών εξισώσεων και έγινε από διάφορους σπουδαίους επιστήμονες όπως ο Ιωάννης Αργύρης, ο Clough, ο Ritz και άλλοι.

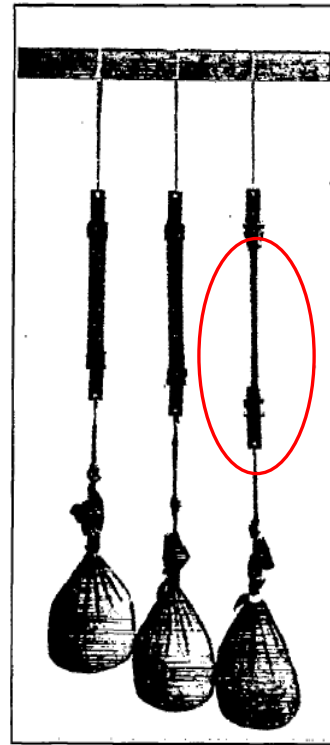
## Η ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ HAAS

Ο Haas ξεκίνησε με απλά δυναμόμετρα να κάνει μετρήσεις σε λωρίδες υφασμάτων για να μπορέσει να συνειδητοποιήσει το πώς συμπεριφέρεται το κάθε δοκίμιο. Το δυναμόμετρο του Haas δεν ήταν τίποτε άλλο από συγκεκριμένου βάρους σακιά γεμάτα με άμμο.

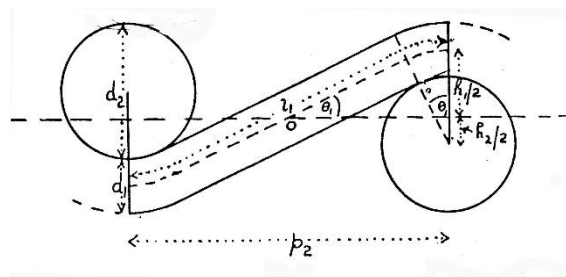
Ο Haas παρατήρησε ότι όσο αυξανόταν το βάρος στο κάτω άκρο του δοκιμίου αυξάνονταν το μήκος του αλλά συγχρόνως μικραίνει το πλάτος του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αλλάζει η δομή του δοκιμίου η συμπεριφορά και οι ιδιότητές του.

Έπρεπε λοιπόν να βρει και να προσαρμόσει έναν μοντέλο το οποίος θα του απέδιδε το κατά πόσο μετατοπίζονται τα νήματα στημονιού και τα νήματα υφαδιού σε σχέση με τη δύναμη που εφαρμόζεται στις άκρες του δοκιμίου. Συγχρόνως το μοντέλο θα έπρεπε να περιλαμβάνει τη διάμετρο των νημάτων, την ελαστικότητά τους, λόγος κυμάτωσης υφαδιού και στημονιού και τέλος την πυκνότητα ύφανσής τους.

Τελικά, ο Peirce το 1937 παρουσίασε αυτό το μοντέλο, που χρησιμοποιείται συχνά ως αναφορά για την αναπαράσταση της δομής του υφάσματος και αναπαριστάτε παρακάτω.



Το γνωστό μοντέλο του φαντού υφάσματος απλής ύφανσης του Peirce [3]:



Σχήμα 4: Μοντέλο υφάσματος του Peirce

Η γεωμετρική αναπαράσταση του υφάσματος με βάση το μοντέλο του Peirce στηρίζεται στις παρακάτω σχέσεις:

$$p_1 = (l_1 - D\theta_1)\cos\theta_1 + D\sin\theta_1 \quad (1)$$

$$p_2 = (l_2 - D\theta_2)\cos\theta_2 + D\sin\theta_2 \quad (2)$$

$$h_1 = (l_1 - D\theta_1)\sin\theta_1 + D(1 - \cos\theta_1) \quad (3)$$

$$h_2 = (l_2 - D\theta_2)\sin\theta_2 + D(1 - \cos\theta_2) \quad (4)$$

$$c_1 = \frac{l_1}{p_2} - 1 \quad (5)$$

$$c_2 = \frac{l_2}{p_1} - 1 \quad (6)$$

$$D = h_1 + h_2 \quad (7)$$

όπου:

c: κυμάτωση, p: απόσταση νημάτων, l: μήκος νήματος στη μονάδα επανάληψης

θ: Γωνία μεταξύ των νημάτων και του επιπέδου του υφάσματος

h: Μέγιστη απόσταση του άξονα του νήματος από το επίπεδο του υφάσματος

D: Μέγιστη απόφαση μεταξύ των αξόνων του στημονιού και του υφαδιού

Οι δείκτες 1 και 2 αναφέρονται στα νήματα του στημονιού και του υφαδιού αντίστοιχα.

Η υπολογιστική πολυπλοκότητα του μοντέλου αυτού αποτελεί όμως μια σοβαρή δυσκολία στη χρήση του. Η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου του Peirce καταλήγει σε ένα σύστημα επτά εξισώσεων με 11 αγνώστους. Η επίλυσή του είναι δυνατή μόνον αν 4 από αυτούς λάβουν συγκεκριμένες τιμές. Συνήθως επιλέγονται οι πυκνότητες και οι κυματώσεις στημονιού και υφαδιού ως οι τέσσερις παράμετροι σχεδιασμού που ορίζονται από τον σχεδιαστή και ως εκ τούτου λαμβάνουν τιμές για το κάθε ύφασμα. Αυτές οι σταθερές μειώνουν τον αριθμό των αγνώντων από έντεκα σε επτά και καθιστούν επιλύσιμο το σύστημα των εξισώσεων του μοντέλου. Ο καθορισμός των τιμών των υπόλοιπων επτά ποσοτήτων παρέχει όλα τα δεδομένα που απαιτούνται για την αναπαράσταση της συγκεκριμένης δομής του υφάσματος με βάση το μοντέλο του Peirce.

Κάνοντας την ανάλυση ενός υφάσματος μπορέσαμε να συλλέξουμε το P1,P2, I1 και I2.

Είχαμε το εξής στοιχεία

Πυκνότητα υφαδιού 37νήματα/cm. (P1)

Πυκνότητα στημονιού 57 νήματα/cm. (P2)

Λόγος κυμάτωσης υφαδιού 1,043. (I1) (C=26,065/25)

Λόγος κυμάτωσης στημονιού 1,0791. (I2)

$$c_1 = \frac{l_1}{p_2} - 1$$

$$c_2 = \frac{l_2}{p_1} - 1$$

Από την παραπάνω σχέση μπορέσαμε να βρούμε το  $l_1$  και  $l_2$  ενώ το  $P_1$  και  $P_2$  το είχε προκύψει από την πυκνότητα.

$$\begin{aligned} P_1 &= 0,027 \\ P_2 &= 0,0175 \\ l_1 &= 0,0426 \\ l_2 &= 0,0792 \end{aligned}$$

επίσης γνωρίζουμε ότι  $D = h_1 + h_2$

Ξαναγράφουμε τον τύπο και όπου  $D$  τοποθετούμε το  $h_1 + h_2$ . Στην συνέχεια αφού γνωρίζουμε το  $P_1, P_2, l_1$  και  $l_2$  προσπαθούμε να το λύσουμε με μόνο άγνωστο το  $h_1 + h_2 = D$ .

Στην συνέχεια θα πάρουμε την τρίτη σχέση και θα λύσουμε ως προς  $h_1$  θα βρούμε το  $h_1$  και το  $h_2$  θα προκύψει από των διαφορά  $D - h_1 = h_2$ .

$$\begin{aligned} P_1 &= (l_2 - h_1 + h_2) \cos\theta + (h_1 + h_2) \sin\theta \\ P_1 &= l_2 \cos\theta - h_1 + h_2 \theta \cos\theta + h_1 + h_2 \sin\theta \\ P_1 - l_2 \cos\theta &= h_1 + h_2 [\sin\theta - \theta \cos\theta] \\ \frac{P_1 - l_2 \cos\theta}{\sin\theta - \theta \cos\theta} &= h_1 + h_2 = D \\ \frac{0,027 - 0,0792 \times 0,9962}{0,0872 - 5 \times 0,9962} &= 0,010605 = D \end{aligned}$$

Αφού βρήκαμε το  $D$  το αντικαταστήσουμε στην παρακάτω σχέση

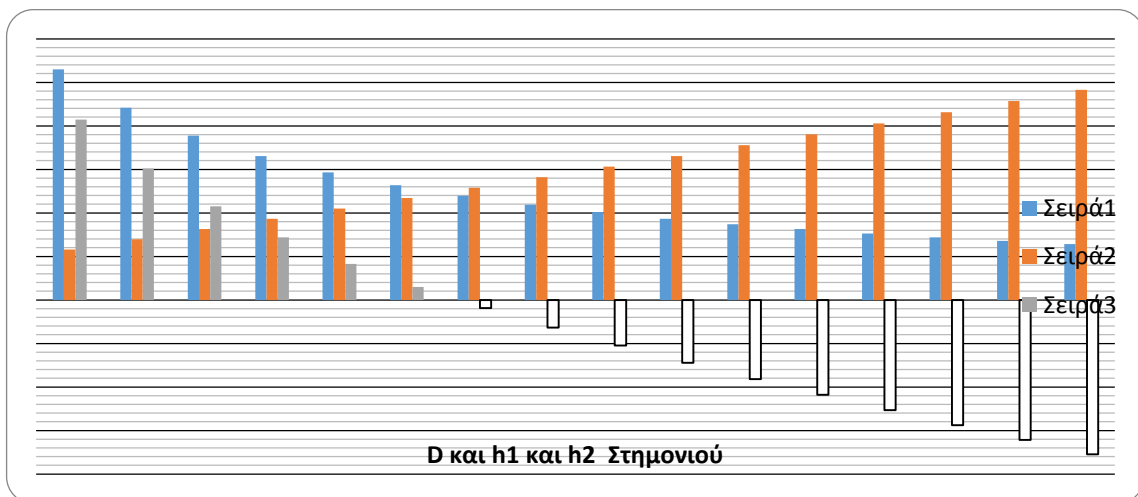
$$\begin{aligned} h_1 &= l_1 - D \theta_1 \sin\theta_1 + D(1 - \cos\theta_1) \\ h_1 &= 0,000868761 \end{aligned}$$

Με αυτές τις σχέσεις έφτιαξα έναν πίνακα εξισώσεων στο excel και βρήκα το  $h_1, h_2$  και  $D$  όταν η γωνία  $\theta$  είναι από  $5^\circ$  έως  $20^\circ$ .

Ο πίνακας αφορά το Στημόνι.

P1	P2	L1	L2	D	h2	h1
0,027	0,0175	0,0426	0,0792			
	Συν	Ημ				
5	0,9962	0,0872		0,010605	0,002323	0,008282326
6	0,9945	0,104528		0,00883	0,002789	0,006040371
7	0,9925	0,12187		0,007561	0,003259	0,004301702
8	0,99	0,13917		0,006607	0,003732	0,002874651
9	0,98768	0,15643		0,005866	0,004203	0,001662573
10	0,98481	0,17365		0,005271	0,00468	0,000591768
11	0,98162	0,1908		0,004784	0,005159	-0,00037454
12	0,97814	0,20791		0,004377	0,005641	-0,00126402
13	0,97437	0,225		0,004032	0,006129	-0,00209626
14	0,9703	0,24192		0,003736	0,006617	-0,00288131
15	0,96593	0,25881		0,003479	0,007112	-0,00363299
16	0,96126	0,27563		0,003253	0,007611	-0,00435808
17	0,9563	0,29237		0,003053	0,008115	-0,00506233
18	0,95106	0,309016		0,002875	0,008625	-0,00575012
19	0,94552	0,3256		0,002715	0,009141	-0,00642657
20	0,93969	0,34202		0,00257	0,009662	-0,00709215

Παρακάτω δίνονται οι τιμές σε ένα διάγραμμα.



Από το διάγραμμα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα.

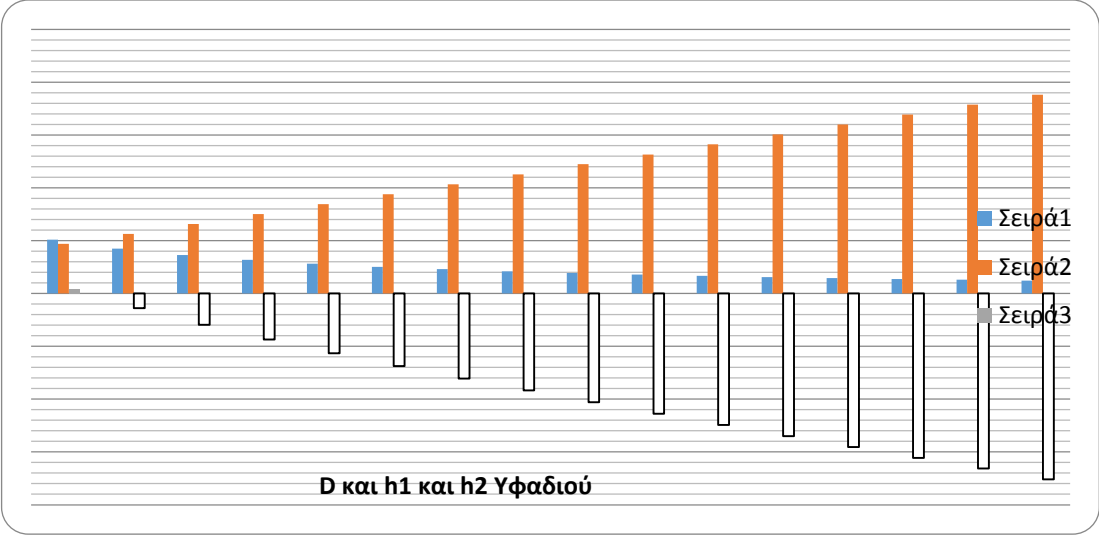
Το D μικραίνει όσο αυξάνει η γωνία  $\theta$  και προσδιορίσουμε το ποσοστό λέπτυνσης των νημάτων λόγω αύξησης της γωνίας  $\theta$ .

Επίσης παρατηρούμε ότι το h1 μεταφέρεται κάτω από τον νοητό άξονα σαν αποτέλεσμα να απομακρύνεται από αυτόν το h2.

Με τον ίδιο τρόπο δίνονται οι τιμές του Υφαδιού.

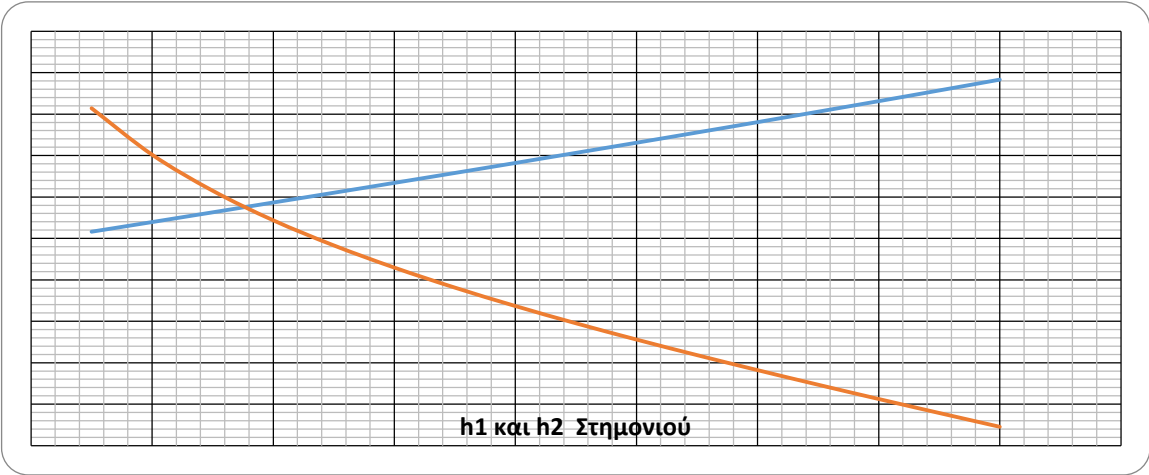
P1	P2	L1	L2	D	h2	h1
0,027	0,0175	0,0426	0,0792			
Γωνία	Συν	Ημ				
5	0,9962	0,0872		0,005096	0,004704	0,000392051
6	0,9945	0,104528		0,004242	0,005642	-0,00140031
7	0,9925	0,12187		0,003631	0,006582	-0,00295168
8	0,99	0,13917		0,003171	0,007523	-0,00435224
9	0,98768	0,15643		0,002814	0,008462	-0,0056478
10	0,98481	0,17365		0,002528	0,009402	-0,00687476
11	0,98162	0,1908		0,002293	0,010342	-0,00804938
12	0,97814	0,20791		0,002096	0,011282	-0,00918623
13	0,97437	0,225		0,00193	0,012225	-0,01029564
14	0,9703	0,24192		0,001786	0,013163	-0,01137635
15	0,96593	0,25881		0,001662	0,014103	-0,01244088
16	0,96126	0,27563		0,001552	0,015043	-0,01349093
17	0,9563	0,29237		0,001456	0,015985	-0,01452892
18	0,95106	0,309016		0,001369	0,016926	-0,01555645
19	0,94552	0,3256		0,001291	0,017869	-0,01657745
20	0,93969	0,34202		0,001221	0,018809	-0,017588

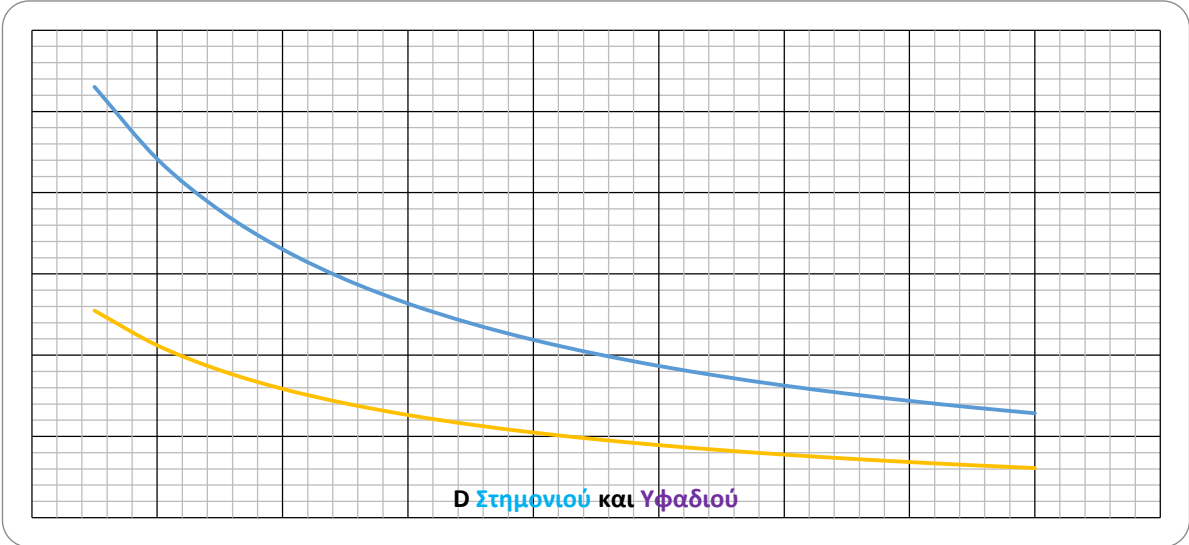
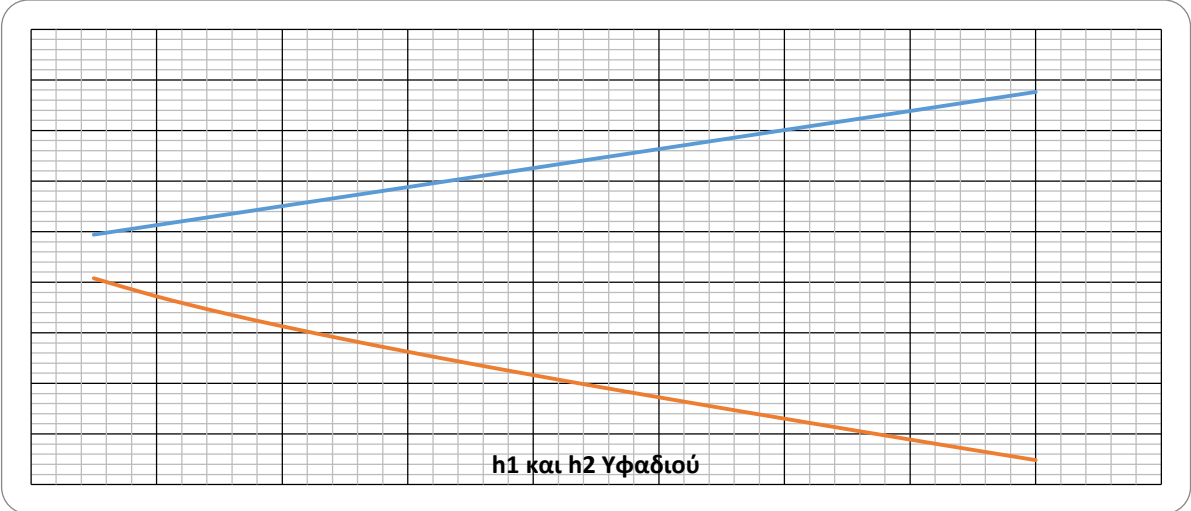
Και το ανάλογο διάγραμμα.



Και από αυτό το διάγραμμα προκύπτουν τα ίδια συμπεράσματα με την διαφορά ότι έχουμε μικρότερες τιμές λόγω διαφορετικού P2 και I1.

Παρακάτω δίνονται τρία διαγράμματα προς επεξεργασία.





Στα πρώτα δύο διαγράμματα φαίνεται η κίνηση των  $h_1$  και  $h_2$  σε όταν αλλάζει η γωνία  $\theta$ . Στο πρώτο διάγραμμα είναι προφανές η αλλαγή του πρόσημου και η μεγάλη μετατόπιση το  $h_1$ . Στο δεύτερο διάγραμμα εμφανίζει την ίδια τάση και άμα είχαμε και άλλες τιμές από την αριστερή μεριά θα είχαμε το ίδιο φαινόμενο.

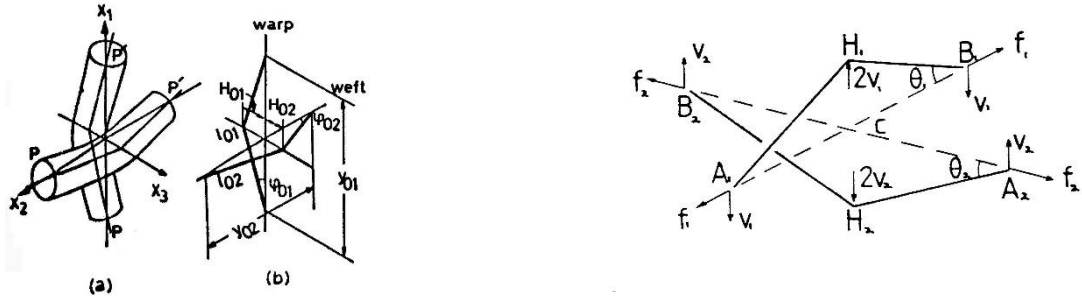
Το γεγονός είναι ότι το  $h_1$  και  $h_2$  μετατοπίζονται αυξητικά σε σχέση με την τάση που έχουνε.

Στο τρίτο διάγραμμα μπορούμε να δούμε την τάση των  $D$  και πώς αυτά συγκλίνουν. Ίσως, σχεδόν σίγουρα, να έχουμε ρήξη των νημάτων όταν τα δύο  $D$  έρθουν το ένα πάνω στο άλλο. Αν συνεχίζαμε το διάγραμμα θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε στις πόσες μοίρες γίνεται αυτό. Στην πραγματικότητα θα γινόταν λίγο νωρίτερα διότι θα είχαν λεπτύνει αρκετά τα νήματα.



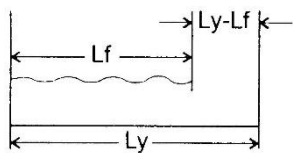
## Η ΕΞΕΛΙΞΗ

Πρόκειται για τα μοντέλα του Kawabata και του Leaf.



Σχήμα 5: Μοντέλα Kawabata και Leaf

Σημαντικό χαρακτηριστικό των γεωμετρικών μοντέλων που υποστηρίζουν τη γεωμετρική απεικόνιση των υφασμάτων, είναι η παραμετρική τους δομή, ώστε να είναι δυνατή η παραγωγή μοντέλων όμοιων χαρακτηριστικών διαφορετικών κατασκευαστικών στοιχείων χωρίς να απαιτείται η επανάληψη της διαδικασίας. Το μοντέλο του Peirce που παρατέθηκε μπορεί να αναπαράγει τη γεωμετρική δομή ενός υφάσματος στηριζόμενο αποκλειστικά σε τέσσερις κατασκευαστικές παραμέτρους, τυπικές για κάθε ύφασμα, μιας και είναι δυνατή η μακροσκοπική τους μέτρηση. Αυτές είναι η πυκνότητα των νημάτων στημονιού και υφαιδίου καθώς και η κυμάτωση τους.

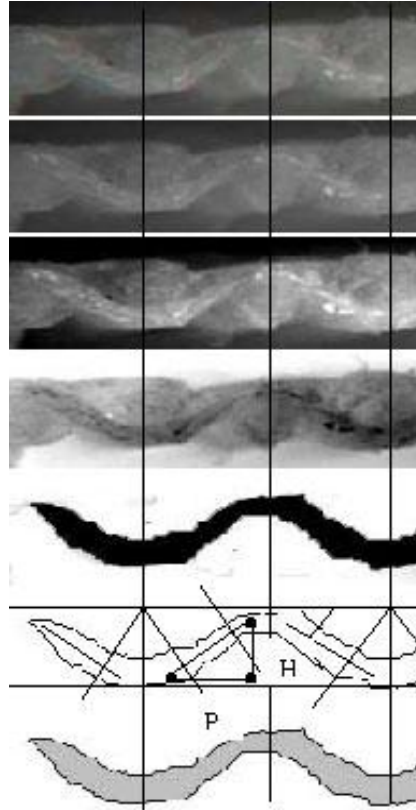


$$crimp (c) = \frac{L_y - L_f}{L_f} \cdot 100$$

Σχήμα 6: Κυμάτωση

Η επιτυχία ενός μοντέλου πιστοποιείται από τον βαθμό σύμπτωσης των προβλεπόμενων από το μοντέλο γεωμετρικών χαρακτηριστικών και αυτών πραγματικών υφασμάτων γνωστής δομής και τεχνικών χαρακτηριστικών. Για τον λόγο αυτόν πραγματοποιούνται αναλυτικές δομικές μετρήσεις συχνά πολύ επίπονες διότι απαιτούν μικροσκοπικές παρατηρήσεις, επεξεργασία των μικροσκοπικών εικόνων και μάλιστα σε μεγάλους αριθμούς δοκιμίων ώστε να ξεπεραστεί το πρόβλημα των παρατηρούμενων μικροδιαφορών λόγω της τυχαιότητας της διάταξης των ινών στα νήματα που αποτελούν τα υφάσματα. Ακριβώς αυτή η στατιστικά αναμενόμενη ανομοιομορφία των νημάτων δημιουργεί μικροδιαφορές της καμπτικής συμπεριφοράς ή αντίστοιχες διαφορές

στην θλιπτική παραμόρφωση των νημάτων στα σημεία επαφής στημονιού και υφαιδιού. Επομένως ο μεγάλος αριθμός των μετρήσεων κατά περίπτωση σε συνδυασμό με τη μικρή κλίμακα και τον ασταθή χαρακτήρα της δομής εισάγει σημαντικές δυσκολίες. Τα δοκίμια εμποτίζονται με σκληρυνόμενες ρητίνες, ώστε να σταθεροποιηθούν, κατόπιν κόβονται σε φέτες, ώστε να είναι δυνατή η παρατήρησή τους στο μικροσκόπιο. Παράδειγμα τέτοιας μέτρησης δίνεται στο επόμενο σχήμα, όπου η αρχική μικροσκοπική εικόνα υφίσταται επεξεργασία ώστε να είναι δυνατή η πραγματοποίηση των απαραίτητων μετρήσεων.



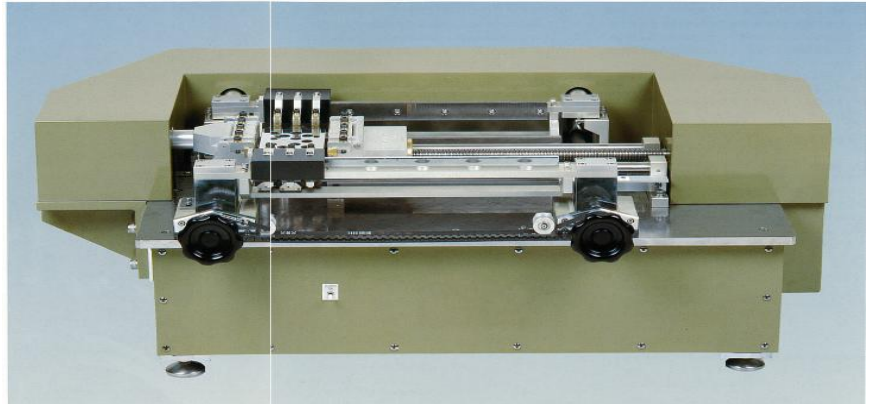
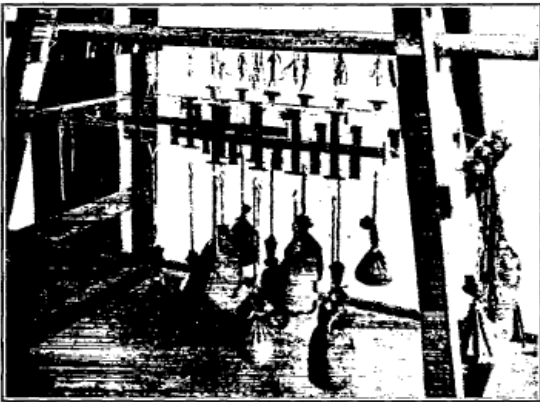
Σχήμα 7: Μετρήσεις σε μικροσκοπική εικόνα τομής υφάσματος απλής ύφανσης

Από τη στιγμή που ένα γεωμετρικό μοντέλο κρίνεται αξιόπιστο, τότε τα στοιχεία του μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σχεδιαστικά περιβάλλοντα ώστε να αναπαρασταθεί το ύφασμα με τις δεδομένες τιμές των δομικών του χαρακτηριστικών. Η φιλικότητα των επιμέρους σχεδιαστικών εργαλείων καθώς και η ικανοποιητική δυνατότητα παρουσίασης της υπό μελέτη δομής αποτελεί έντονα εξελισσόμενο τεχνολογικό παράγοντα, ο οποίος και διαφοροποιεί τις διάφορες γενιές των σχεδιαστικών πακέτων. Οι τελευταίες εκδόσεις επιτρέπουν τον εύκολο σχεδιασμό και εντυπωσιακές παρουσιάσεις των δομών, με σκιάσεις και φωτορεαλιστικές οπτικές.

Πέρα όμως από την αισθητική πλευρά του σχεδιασμού, τα σχεδιαστικά εργαλεία εξάγουν τα δεδομένα του σχεδίου σε κατάλληλες μορφές, οι οποίες είναι αναγνώσιμες από περιβάλλοντα μηχανικής ανάλυσης. Σημειώνεται ότι συχνά παρέχεται η δυνατότητα από τα λογισμικά μηχανικής ανάλυσης σχεδιασμού με εργαλεία ενσωματωμένα σε αυτά, οπότε δεν είναι απαραίτητη η χρήση ανεξάρτητων εξωτερικών σχεδιαστικών εργαλείων. Σε κάθε περίπτωση, η γεωμετρική δομή εισάγεται στο λογισμικό μηχανικής ανάλυσης και ακολουθεί η διαδικασία της προετοιμασίας για την εφαρμογή των υπολογιστικών μεθόδων ανάλυσης και πιο συγκεκριμένα στην παρούσα περίπτωση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων.

## Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω ο Haas για να μπορέσει να κατασκευάσει το μοντέλο του και να διαπιστώσει ότι είναι αξιόπιστο, χρειάστηκε να κατασκευάσει ένα είδος δυναμόμετρου για να μπορέσει να παρατηρήσει την συμπεριφορά των υφασμάτων. Αντίστοιχα δυναμόμετρα έχουν κατασκευαστεί για να πιστοποιήσουν τα μοντέλα του Kawabata και Leaf.

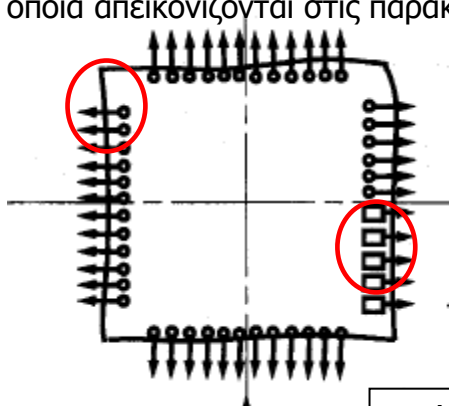


Σχήμα 8: δυναμόμετρα του Haas και Kawabata αντίστοιχα.

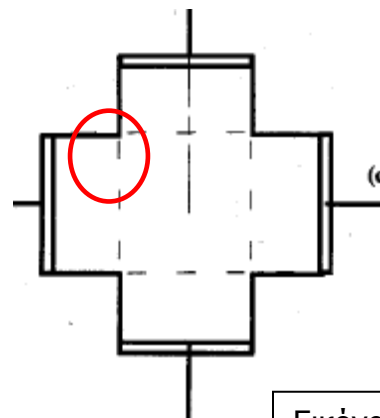
Στις μέρες πλέον τα δυναμόμετρα έχουν εξελιχθεί και μπορούμε να πάρουμε μετρήσεις σε έναν ή δύο άξονες, κάθετους μεταξύ τους και οι μετρήσεις να απεικονίζονται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή σε οθόνη.

Η μεγάλη δυσκολία σε αυτές τις μετρήσεις είναι ότι το δοκίμιο (ύφασμα) παραμορφώνεται, λόγω ελαστικότητας των νημάτων και της γεωμετρίας ύφανσης, καθώς επίσης και η παραμόρφωση του δείγματος από το ή τα σημεία συγκράτησης του εν λόγω δυναμόμετρου. [2]

Πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να απαλείψουν αυτό το πρόβλημα με διάφορους έξυπνους τρόπους κοπής δηγμάτων αλλά και συγκρατήσεως τους. Υπάρχουν αξιόλογα αποτελέσματα αλλά και πάλι υπήρχαν σφάλματα κατά τις μετρήσεις τα οποία απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Στην εικόνα 1 και 2 εμφανίζονται τα σημεία σφάλματος τα οποία προέρχονται από τα σημεία συγκράτησης ή αλλαγής γεωμετρίας δοκιμίου. Σε αυτά τα σημεία παραμορφώνεται το δοκίμιο και υπάρχουν απώλειες στις μετρήσεις.

Προσπάθεια αυτής της πτυχιακής είναι η κατασκευή ενός κυκλικού δυναμόμετρου πίεσης οχτώ σημείων όπου γίνεται εξάλειψη των παραπάνω προβλημάτων και θα έχουμε απεικόνιση του δείγματος λαμβάνοντας υπόψη τρεις άξονες κίνησης.

## **ΚΥΚΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΟ ΠΙΕΣΗΣ ΟΚΤΩ ΣΗΜΕΙΩΝ**

### Περιγραφή

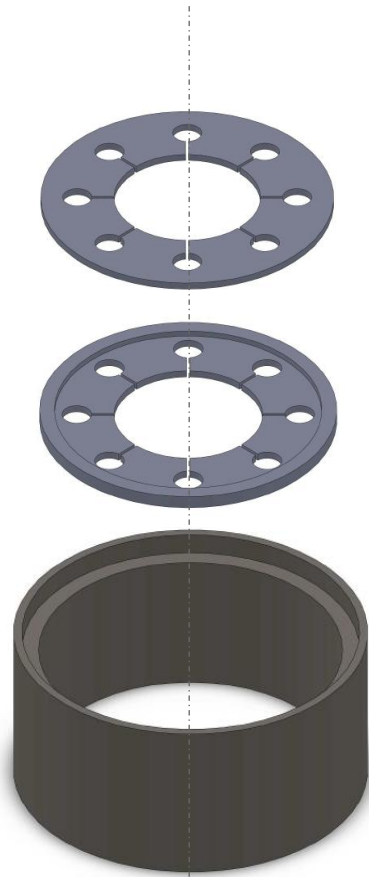
Το δυναμόμετρο αποτελείται από επτά κύρια μέρη.

- Βάση
- Κορμός
- Δίσκος με αισθητήρες
- Βραχίονες
- Εξάρτημα αλλαγής πορείας με ατέρμονα
- Καλωδιώσεις με κύκλωμα
- Ηλεκτρονικός υπολογιστής



## Αρχή λειτουργίας

Υπάρχουν δύο δίσκοι όμοιοι κατασκευασμένοι από εύκαμπτο υλικό και σε επιλεγμένα σημεία υπάρχει επίστρωση χαλκού. Ο κάθε δίσκος έχει κοπεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να σχηματίζονται οχτώ γλωσσίδια. Οι δύο δίσκοι πρεσάρονται μέσα σε έναν κατάλληλα διαμορφωμένο σωλήνα και μεταξύ τους θα υπάρχει απόσταση 2mm. Η κάθε οπή του πάνω δίσκου είναι παράλληλη και κατακόρυφη με την οπή του κάτω δίσκου. Σε κάθε ζεύγος γλωσσιδίων (πάνω – κάτω), διαμορφώνεται ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο δημιουργεί έναν χωρητικό αισθητήρα. Η ταλάντωση του επάνω γλωσσιδίου αλλάζει την χωρητικότητα του αισθητήρα και με καλωδίωση μεταφέρεται η ένδειξη με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Η ταλάντωση των πάνω γλωσσιδίων προέρχεται από ύφασμα που σκεπάζει τεντωμένο τους δίσκους με έναν σφικτήρα που συγκρατεί το ύφασμα επάνω στον σωλήνα. Καθώς το ύφασμα είναι τεντωμένο, από τον βραχίονα προεκτείνεται ένα ημισφαίριο συγκεκριμένης διαμέτρου και πιέζει το ύφασμα με συγκεκριμένη δύναμη, προς το κέντρο των δίσκων με κατεύθυνση προς το εσωτερικό του σωλήνα.

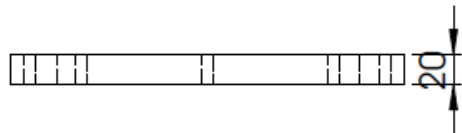
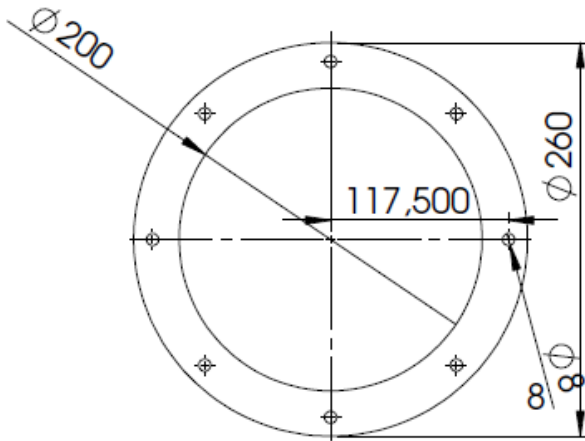
Ανάλογα την γεωμετρία του υφάσματος το κάθε γλωσσίδιο μετατοπίζεται προς τα κάτω και στην ουσία αλλάζει η χωρητικότητα του αισθητήρα.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι το κάθε γλωσσίδιο είναι ανεξάρτητο και καταγράφει τις τάσεις του υφάσματος σε οχτώ περιμετρικά σημεία.

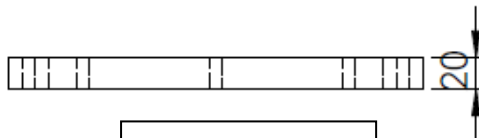
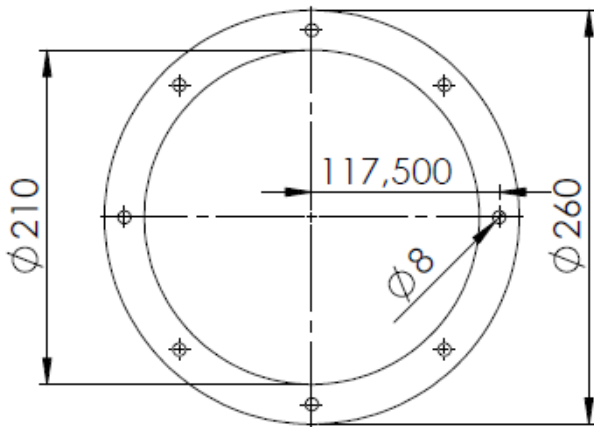
Με αυτόν τον τρόπο και προσανατολίζοντας το ύφασμα σύμφωνα με την αρίθμηση των αισθητήρων μπορούμε να προσδιορίσουμε τις τάσεις του υφάσματος που είναι προς εξέταση.

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΟΥ

Μετά την σύλληψη της ιδέας, έπρεπε να απεικονιστούν οι σκέψεις σε ένα μηχανολογικό σχέδιο αρκετά αναλυτικό για να μπορέσει να κατασκευαστεί το δυναμόμετρο.

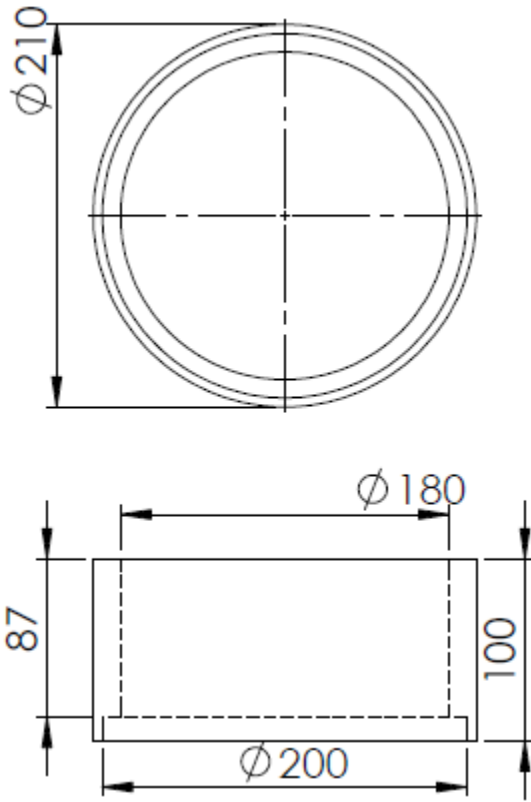


Δακτυλίδι που χωνεύει ο κορμός

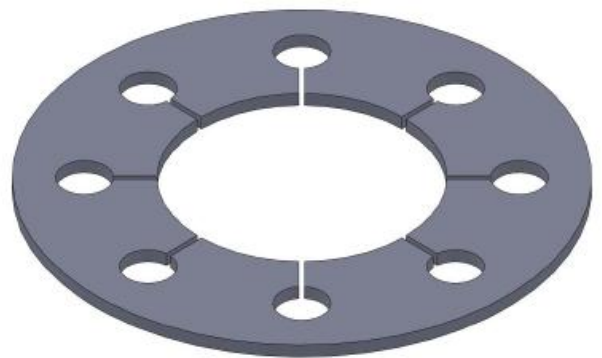
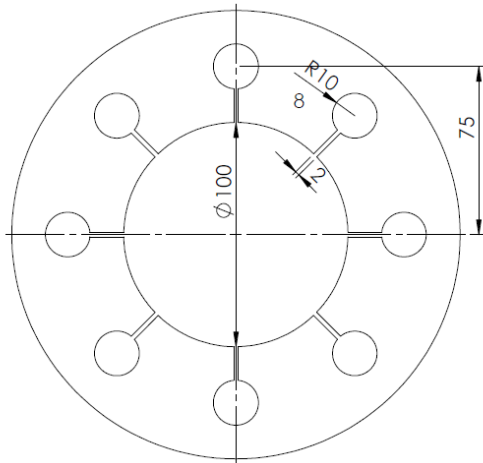


Κεντρική Βάση

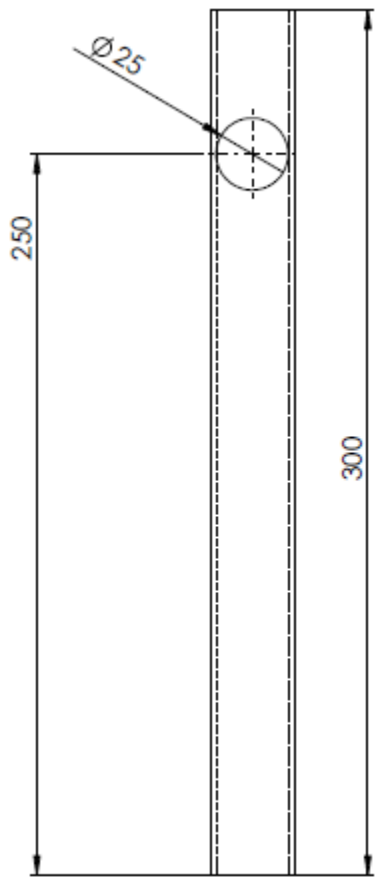




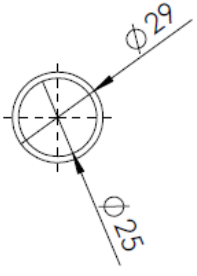
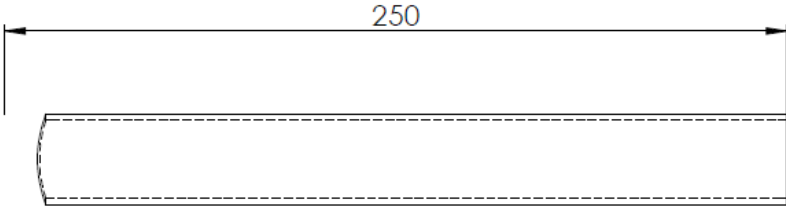
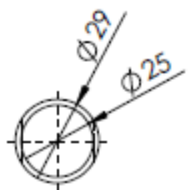
Κορμός



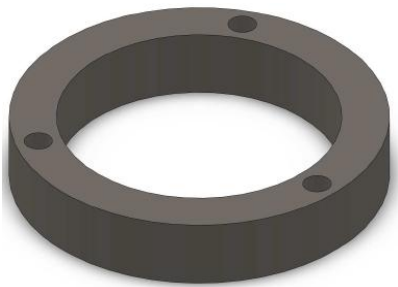
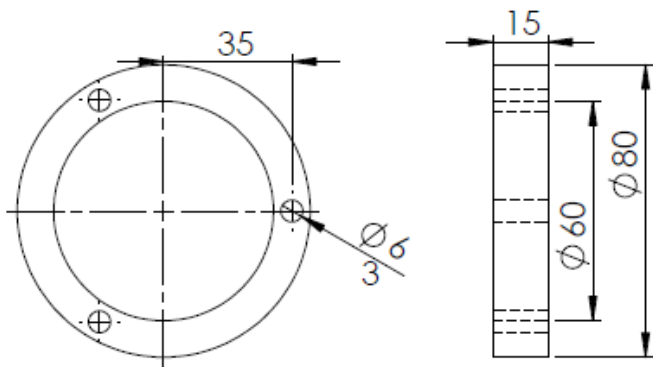
Δίσκος με εγκοπές



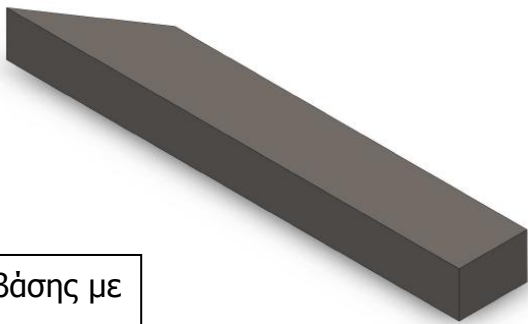
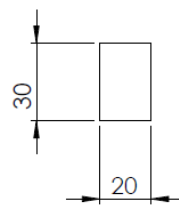
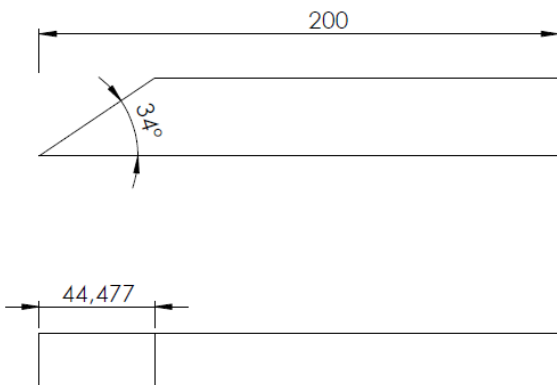
Κατακόρυφος βραχίονας



Οριζόντιος βραχίονας

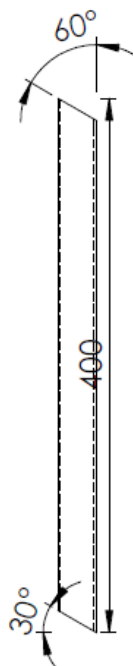


Φλάντζα στήριξης εξαρτήματος αλλαγής πορείας με ατέρμονα



Λάμα σύνδεσης βάσης με βραχίονες.

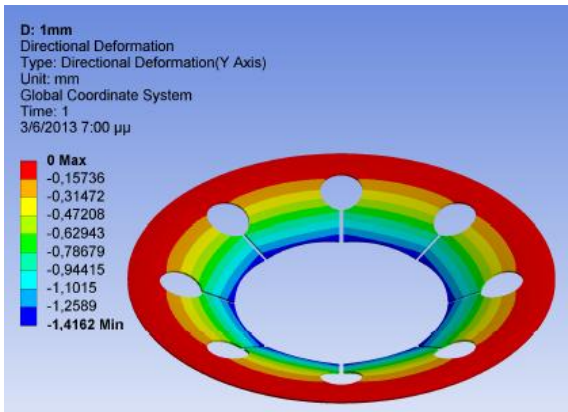
Πόδια στήριξης συσκευής.



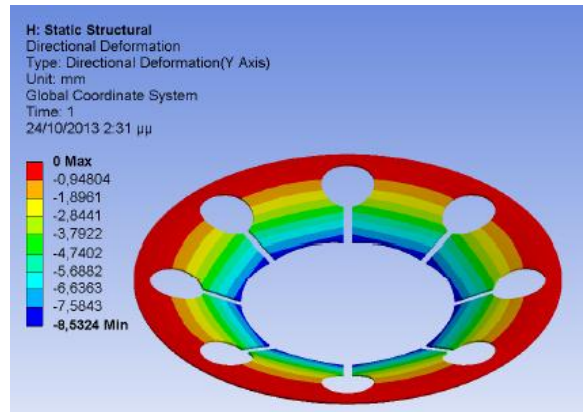
Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι το εξάρτημα αλλαγής πορείας με ατέρμονα δεν χρειάστηκε να σχεδιαστεί διότι βρέθηκε έτοιμο.

Το επόμενο βήμα ήταν να βρεθεί το κατάλληλο υλικό με το οποίο θα κατασκευαστεί ο δίσκος με τις οπές και τις εγκοπές και αυτό διότι το υλικό αυτό θα πρέπει να είναι αγώγιμο και εύκαμπτο έτσι ώστε με την παραμικρή κάμψη του κάθε γλωσσιδίου να περνούμε ένδειξη.

Η πρώτη αποπήρα έγινε με χαλκό αλλά κάνοντας μία μηχανική ανάλυση του εξαρτήματος, για να διαπιστωθεί το ποσοστό κάμψης του κάθε γλωσσιδίου, παρατηρήθηκε ότι θα πρέπει να κατασκευαστεί ένας δίσκος με πάχος 1 mm και αυτό θα ήταν ένα δύσκολο εγχείρημα. Τελικά επιλεκτικέ το υλικό κατασκευής πλακέτας ( βακελίτης ή PCS ) το οποίο είναι επιστρωμένο με χαλκό και συνολικού πάχους 1,5 mm.



Στατική ανάλυση δίσκου από χαλκό 1mm

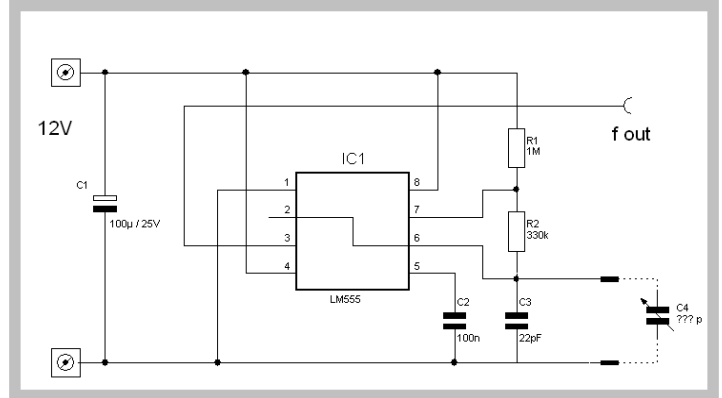
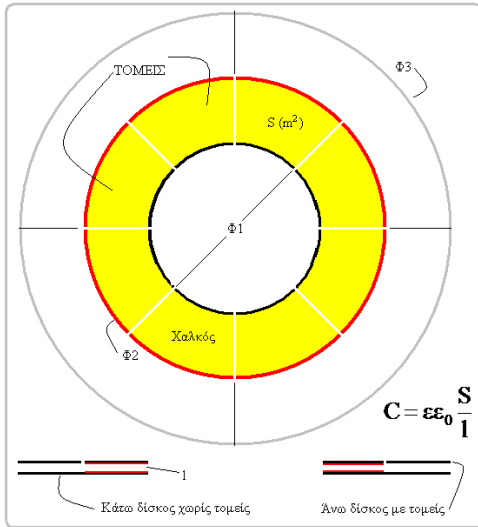


Στατική ανάλυση δίσκου από PCS 1mm

Το υλικό της κύριας κατασκευής αποφασιστικέ να είναι το αλουμίνιο διότι είναι ελαφρύ και σχετικά εύκολα επεξεργάσιμο.

## Ηλεκτρονικό τμήμα

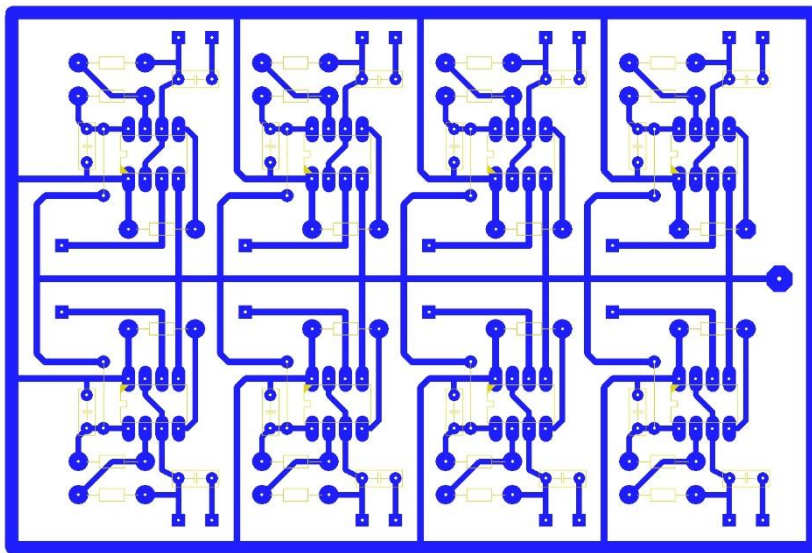
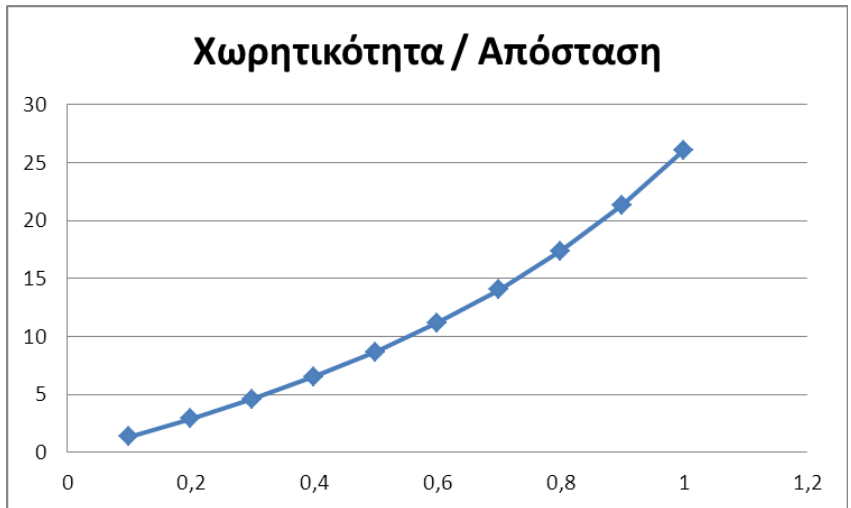
Παρακάτω φαίνονται, σε θεωρητικό επίπεδο, ο σχεδιασμός του κυκλώματος και οι υπολογισμοί του χωρητικού αισθητήρα.



ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ε0	8,85	pF/m
Εξωτερική διάμετρος Φ2	200	mm
Εσωτερική διάμετρος Φ1	100	mm
διάκενο-αέρας L	1	mm
τομείς	8	
κάμψη στο άκρο του τομέα	0,2	mm
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ		
γωνία τομέα	45	μοίρες
ολική επιφάνεια πυκνωτή	23550	mm <sup>2</sup>
εμβαδόν τομέα	2944	mm <sup>2</sup>
χωρητικότητα τομέα	26,05	pF
Μεταβολή χωρητικότητας τομέα (θεωρούμε τριγωνική κατανομή κάμψης)	2,89	pF

Δεδομένα ταλαντωτή παραδείγματος		
R1	1000	KΩ
R2	330	KΩ
C3	10	pF
C4 = χωρητικότητα τομέα	26,05	pF
Έξοδος Ταλαντωτή		
Συχνότητα Ταλαντωτή ανά τομέα	16.709	Hz
Μεταβολή Συχνότητας	18.168	Hz
Ποσοστό μεταβολής	8,7%	

1	0,10	1,37
2	0,20	2,89
3	0,30	4,60
4	0,40	6,51
5	0,50	8,68
6	0,60	11,17
7	0,70	14,03
8	0,80	17,37
9	0,90	21,32
10	1,00	26,05



Σχεδίαση ηλεκτρονικής πλακέτας

Στο εργαστήριο του φίλου Άρη αρχίζουν τα σχέδια να παίρνουν μορφή.



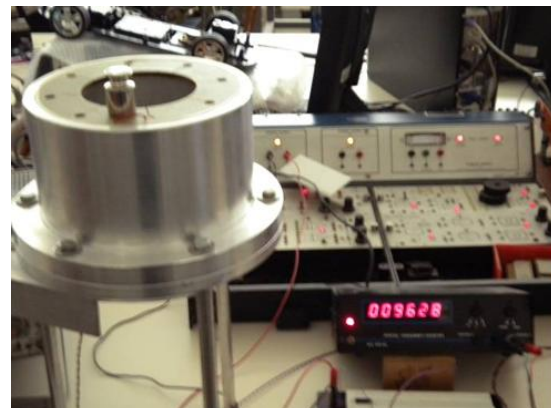
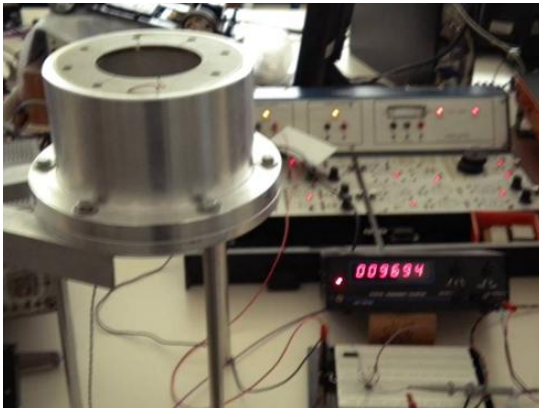




## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ – ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ**

Μετά την ολοκλήρωση της μηχανολογικής και ηλεκτρονικής κατασκευής, θα έπρεπε με πιστοποιηθεί ότι με την άσκηση πίεσης σε κάθε τομέα έχουμε μεταβολή της ένδειξης του οργάνου μέτρησης του χωρητικού αισθητήρα.

Στην αρχή πρότυπο βάρος τοποθετείται σε τομέα για να διαπιστωθεί εάν έχουμε μεταβολή της ένδειξης.



Στην συνέχεια θα πρέπει να βαθμονομηθούν οι τομείς και να διαπιστωθεί ότι η αλλαγή της ένδειξης είναι ανάλογη με το βάρος που εφαρμόζεται πάνω σε κάθε τομέα.

Αρχικά αριθμούνται οι τομείς από το 1 έως το 8 και στην συνέχεια διαδοχικά τοποθετείται βάρος των 0g, 10g, 20g, 50g, 100g και 150g. Σε κάθε περίπτωση καταγράφονται οι ενδεικνυόμενες τιμές.

A/A Τομέα	Χωρίς Βάρος	10g	20g	50g	100g	150g
1	14084	14037	14009	13965	13934	13877
2	13976	13933	13907	13848	13765	13669
3	11634	11621	11616	11598	11570	11494
4	11637	11616	11586	11532	11460	11347
5	15232	15190	15156	15078	14970	14805
6	16033	15977	15930	15814	15676	15464
7	16940	16883	16830	16713	16550	16342
8	16343	16302	16270	16202	16101	15993



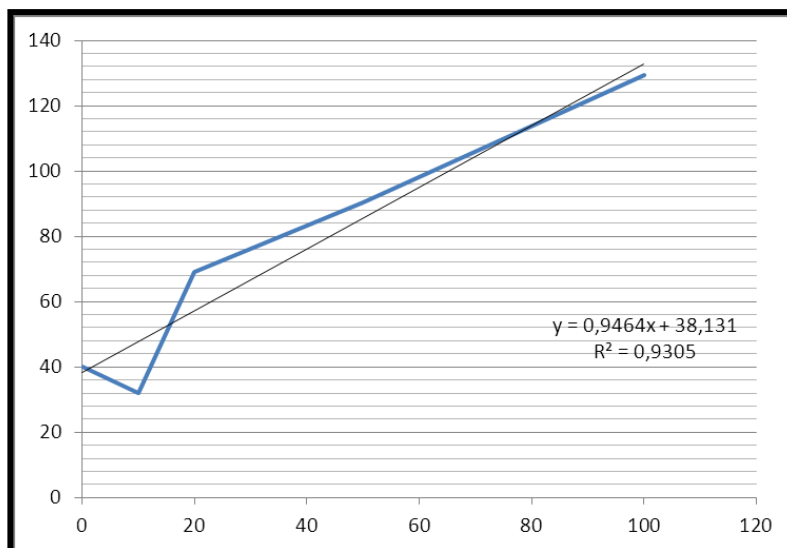
Στην συνέχεια βρίσκεται η διαφορά της ένδειξης του κάθε τομέα σε σχέση με το βάρος.

A/A Τομέα	Χωρίς Βάρος	10g	20g	50g	100g	150g
1	14084	14037	14009	13965	13934	13877
	<b>47</b>	<b>28</b>	<b>44</b>	<b>31</b>	<b>57</b>	
2	13976	13933	13907	13848	13765	13669
	<b>43</b>	<b>26</b>	<b>59</b>	<b>83</b>	<b>96</b>	
3	11634	11621	11616	11598	11570	11494
	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>76</b>	
4	11637	11616	11586	11532	11460	11347
	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>54</b>	<b>72</b>	<b>113</b>	
5	15232	15190	15156	15078	14970	14805
	<b>42</b>	<b>34</b>	<b>78</b>	<b>108</b>	<b>165</b>	
6	16033	15977	15930	15814	15676	15464
	<b>56</b>	<b>47</b>	<b>116</b>	<b>138</b>	<b>212</b>	
7	16940	16883	16830	16713	16550	16342
	<b>57</b>	<b>53</b>	<b>117</b>	<b>163</b>	<b>208</b>	
8	16343	16302	16270	16202	16101	15993
	<b>41</b>	<b>32</b>	<b>68</b>	<b>101</b>	<b>108</b>	

Με το μέσο όρο των διαφορών θα μπορέσουμε να διαπιστώσουμε την αναλογία βάρους και ένδειξης συσκευής.

A/A Τομέα	Χωρίς Βάρος	10g	20g	50g	100g
1	<b>47</b>	<b>28</b>	<b>44</b>	<b>31</b>	<b>57</b>
2	<b>43</b>	<b>26</b>	<b>59</b>	<b>83</b>	<b>96</b>
3	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>76</b>
4	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>54</b>	<b>72</b>	<b>113</b>
5	<b>42</b>	<b>34</b>	<b>78</b>	<b>108</b>	<b>165</b>
6	<b>56</b>	<b>47</b>	<b>116</b>	<b>138</b>	<b>212</b>
7	<b>57</b>	<b>53</b>	<b>117</b>	<b>163</b>	<b>208</b>
8	<b>41</b>	<b>32</b>	<b>68</b>	<b>101</b>	<b>108</b>
M.O.	<b>40</b>	<b>31,875</b>	<b>69,25</b>	<b>90,5</b>	<b>129,375</b>

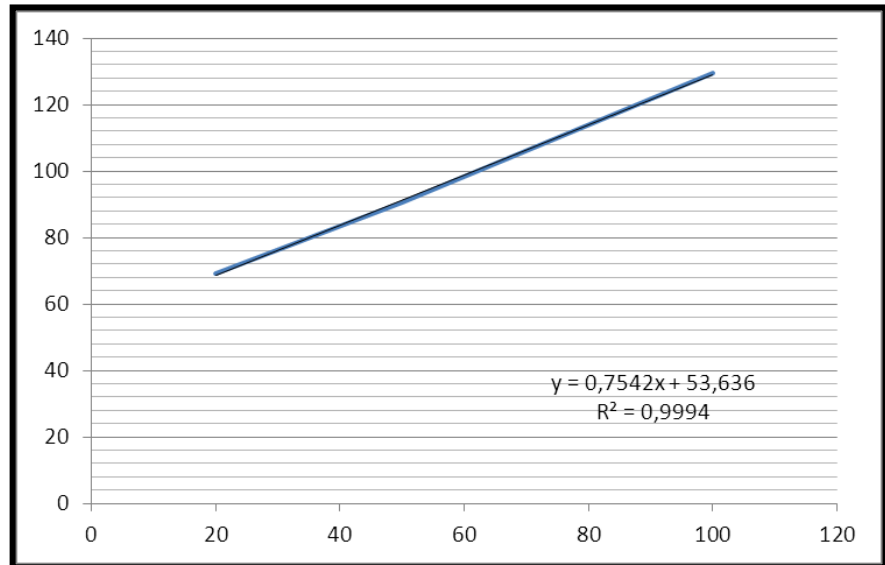
Άσκηση Βάρους	M.O. Διαφοράς
0	40
10	31,875
20	69,25
50	90,5
100	129,375



Σε αυτό το σημείο φαίνεται ότι η συσκευή δεν ανταποκρίνεται ανάλογα του βάρους που εφαρμόζεται στους τομείς, όταν το βάρος είναι χαμηλότερο των 20g.

Εάν εφαρμόσουμε στους τομείς δυνάμεις μεγαλύτερες τον 20g, τότε παίρνουμε το παρακάτω διάγραμμα.

Άσκηση Βάρους	Μ.Ο. Διαφοράς
20	69,25
50	90,5
100	129,375



Με αυτή την μέτρηση προκύπτει το αποτέλεσμα ότι η συσκευή ανταποκρίνεται, με αρκετά μεγάλη ακρίβεια, όταν στους τομείς εφαρμόζεται βάρος μεγαλύτερο των 20g.

Ένα πρόβλημα το οποίο προκύπτει είναι ότι, εφαρμόζοντας ίδιο βάρος στους τομείς, η ένδειξη που παίρνουμε σε κάθε τομέα είναι διαφορετική. Δεδομένου ότι η απόσταση μεταξύ των επάνω τομέων με το κάτω δίσκο είναι σταθερή, λόγω παρεμβάσματος, φτάνουμε στο αποτέλεσμα ότι το εμβαδό του κάθε τομέα είναι διαφορετικό και αυτό διότι οι τομές που δημιουργηθήκανε, γίνανε με το χέρι.

Για την εξάλειψη αυτού του προβλήματος θα πρέπει να βρεθούν συντελεστές που λαμβάνοντας υπόψη τους, η ένδειξη του κάθε τομέα με την εφαρμογή ίδιου βάρους, να παραμένει σταθερή.

Παρατηρείται ότι ο νούμερο 4 τομέας έχει την μικρότερη χωρητικότητα (άρα μικρότερη ένδειξη) και χρησιμοποιείται ως τομέας αναφοράς. Επομένως θα πρέπει να βρεθεί ένας συντελεστής ο οποίος πολλαπλασιαζόμενος με την τιμή που αναγράφει το μετρητικό όργανο να αποδίδει την νέα τιμή η οποία θα είναι ίδια με τον τομέα νούμερο 4.

$$\text{Τομέας } \chi = \frac{\text{Τομέας Αναφοράς}}{\text{Ένδειξη Οργάνου}}$$

Πίνακας αρχικών Μετρήσεων και εύρεση συντελεστή ανά τομέα και αντίστοιχο βάρος και τελικού συντελεστή με την βοήθεια του μέσου όρου.

A/A Τομέα	20g	50g	100g	150g	Συντελεστής 20g	Συντελεστής 50g	Συντελεστής 100g	Συντελεστής 150g	Μέσος Όρος Συντελεστών
1	14009	13965	13934	13877	0,82703976	0,825778733	0,822448687	0,817683937	0,823237779
2	13907	13848	13765	13669	0,83310563	0,832755633	0,832546313	0,830126564	0,832133535
3	11616	11598	11570	11494	0,997417355	0,994309364	0,990492653	0,987210719	0,992357523
4	11586	11532	11460	11347	1	1	1	1	1
5	15156	15078	14970	14805	0,764449723	0,764822921	0,765531062	0,76643026	0,765308491
6	15930	15814	15676	15464	0,727306968	0,729227267	0,73105384	0,733768753	0,730339207
7	16830	16713	16550	16342	0,688413547	0,690001795	0,69244713	0,694345857	0,691302082
8	16270	16202	16101	15993	0,712108175	0,71176398	0,711757034	0,709497905	0,711281773

Επομένως αν για παράδειγμα παίρναμε την αναγραφόμενη τιμή του οργάνου για τον τομέα νούμερο 1, την τιμή αυτή θα την πολλαπλασιάσουμε με τον συντελεστή 0,82323779.

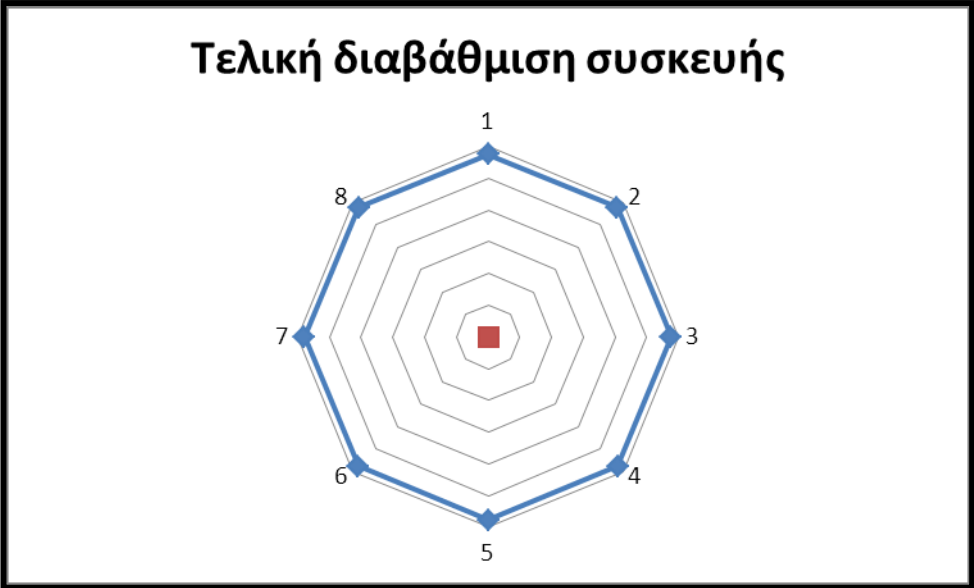
Γίνεται η επαλήθευση με το βάρος των 50g.

Ενδειξη Οργάνου	Συντελεστής	Τελική τιμή
13965	0,823237779	11496,51559
13848	0,832133535	11523,38519
11598	0,992357523	11509,36255
11532	1	11532
15078	0,765308491	11539,32143
15814	0,730339207	11549,58422
16713	0,691302082	11553,7317
16202	0,711281773	11524,18729

Οι διαφορές που προκύπτουν είναι μικρότερες από το 0,31% και τις θεωρούμε αμελητέες.

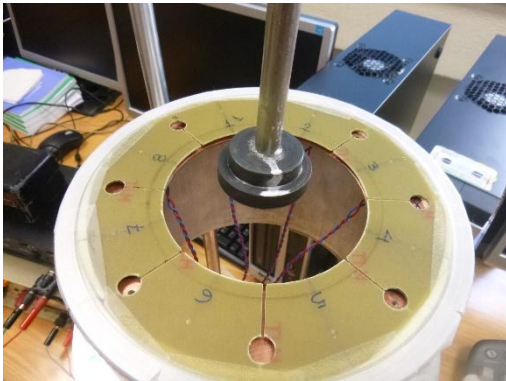
Στο διάγραμμα αράχνης παρακάτω μπορούμε να δούμε τις τάσεις της συσκευής με βάρος 50g.

Με αυτό τον τρόπο αποδεικνύεται ότι πλέον όλοι οι αισθητήρες έχουν παραλληλιστεί και μπορούμε πλέον να ξεκινήσουμε να παίρνουμε μετρήσεις τάσεων από δείγματα.



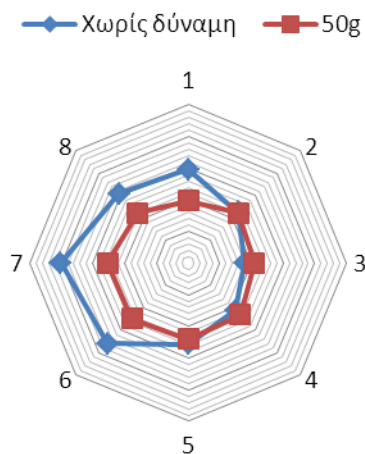
**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ - ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

Όλα τα δείγματα προσανατολίζονται με το στημόνι στον νούμερο 1 αισθητήρα. Επίσης κάθε πλήρη περιστροφή του επάνω γραναζιού εκτείνει τον ατέρμονα κατά 0,8cm. Καθώς ο ατέρμονας εκτείνεται προς τα κάτω, το κυρτό μέρος πιέζει το δείγμα το οποίο με την σειρά του μετατοπίζει τους αισθητήρες. Στην συνέχεια από κάθε αισθητήρα παίρνουμε την μέτρηση και την περνάμε σε ένα φύλλο Excel και λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή του συγκεκριμένου αισθητήρα παίρνουμε την τελική ένδειξη.



Η τάνυση του δείγματος γίνεται με το χέρι και σφίγγει στο κύριο κορμό της συσκευής με ένα δεματικό. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε χοντρό NYLON και αυτό γιατί θεωρητικά το NYLON έχει σταθερή δομή και θα μας δείξει το πώς ανταποκρίνεται η συσκευή σε αυτό. Το κάθε διάγραμμα που ακολουθεί συνοδεύεται από την ένδειξη των 50g για να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης.

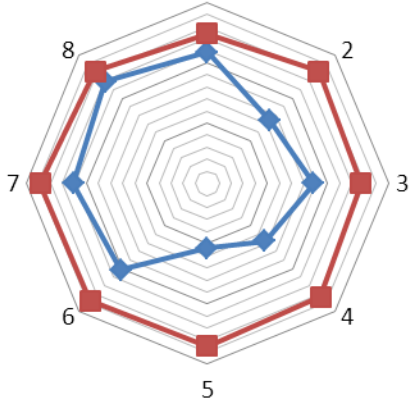
**Στο NYLON δεν ασκείται πίεση**



Χωρίς δύναμη	50g
11595,3	11496,52
11525,88	11523,39
11478,6	11509,36
11512	11532
11556,92	11539,32
11658,4	11549,58
11702,36	11553,73
11608,12	11524,19

### Έκταση ατέρμονα 0,8cm

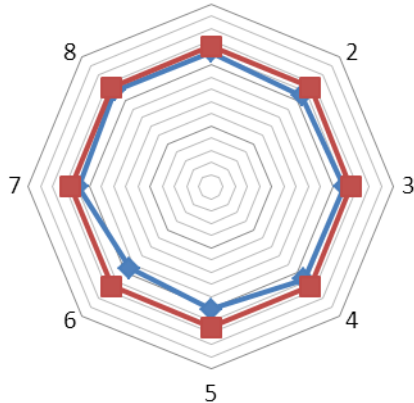
—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8cm    —■— 50g



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8 cm	50g
11433,94952	11496,52
11293,71634	11523,39
11351,5777	11509,36
11270	11532
11215,59594	11539,32
11404,97706	11549,58
11443,12337	11553,73
11477,24269	11524,19

### Έκταση ατέρμονα 1,6cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 1,6cm    —■— 50g



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 1,6 cm	50g
11021,50739	11496,52
10552,28536	11523,39
10968,5277	11509,36
10786	11532
10053,85765	11539,32
9473,960195	11549,58
10900,45123	11553,73
11187,75101	11524,19

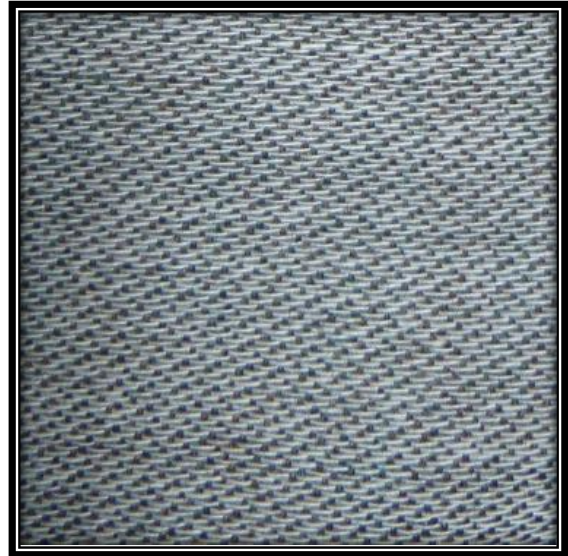
## Συμπεράσματα

Με την τοποθέτηση του NYLON επάνω στην συσκευή παίρνουμε τις πρώτες μετρήσεις χωρίς να ασκείται πίεση στο δείγμα από τον ατέρμονα. Το πρώτο διάγραμμα μας δείχνει τις θέσεις των αισθητήρων σε σχέση με τα 50g. Όσο αυξάνεται η απόσταση του ατέρμονα άρα και η πίεση επάνω στο δείγμα και οι τιμές φτάνουν τις τιμές των 50g, όπου οι τιμές της συσκευής ανταποκρίνονται καλύτερα, φαίνεται ότι το NYLON που έχει σχεδόν σταθερή δομή έχει και σταθερές τάσεις. Η μικρή απόκλιση στους αισθητήρες 5 και 6 μπορεί να οφείλεται και σε γλίστρημα του NYLON επάνω στην συσκευή.

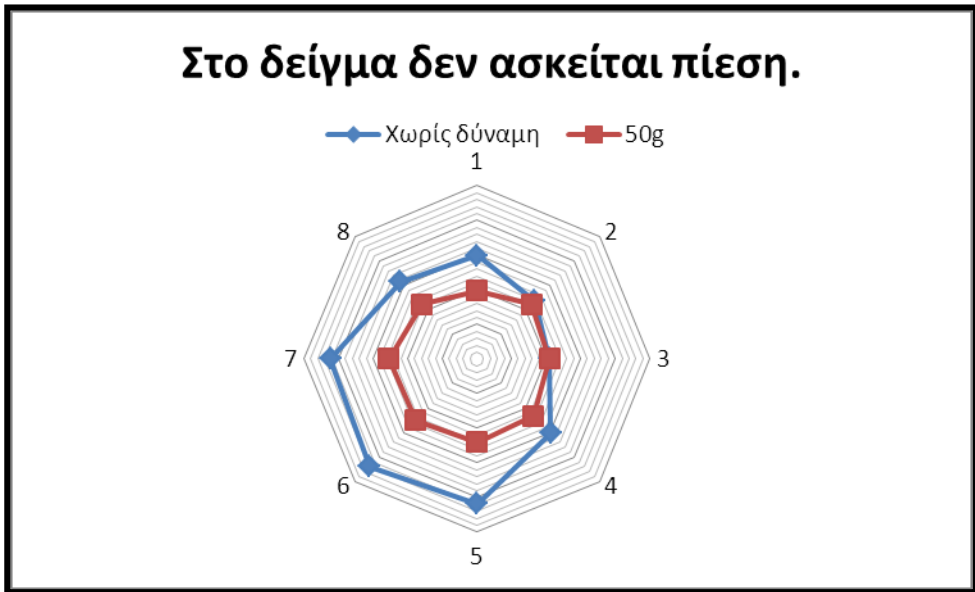
## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΣΕΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

### Δείγμα νούμερο 1

Τύπος υφάσματος	Υφαντό
Πικνότητα στημονιού	23/1cm
Πικνότητα υφαδιού	16/1cm
Κυμάτωση στημονιού	5.6%
Κυμάτωση υφαδιού	4.7%



Με την ίδια διαδικασία τοποθετείται το δείγμα στην συσκευή και καταγράφονται οι μετρήσεις ενώ συγχρόνως εμφανίζονται και τα διαγράμματα τάσεων.

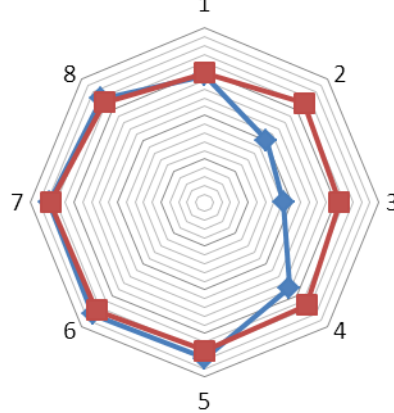


Χωρίς δύναμη	50g
11598,6	11496,52
11535,87	11523,39
11510,35	11509,36
11602	11532
11718,4	11539,32
11738,01	11549,58
11722,41	11553,73
11613,81	11524,19



## Έκταση ατέρμονα 0,8cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8cm —■— 50g



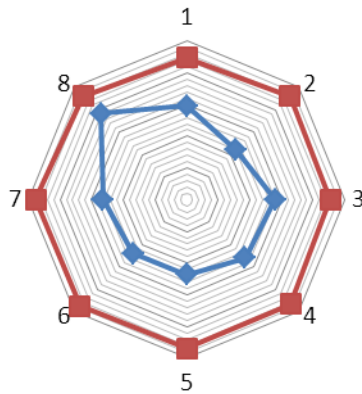
Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 0,8 cm

50g

11490,75292	11496,52
11401,06156	11523,39
11381,34843	11509,36
11475	11532
11556,92353	11539,32
11561,99999	11549,58
11556,49691	11553,73
11536,27908	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 1,6cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 1,6cm —■— 50g



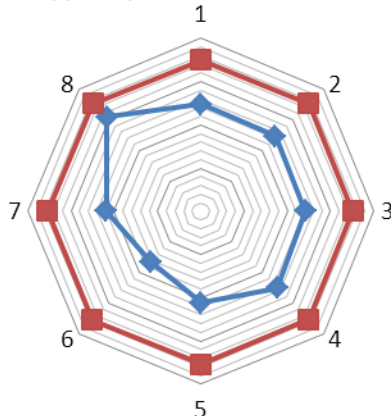
Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 1,6 cm

50g

11192,74085	11496,52
11042,41201	11523,39
11160,0527	11509,36
11122	11532
11074,01387	11539,32
11079,24577	11549,58
11128,58092	11553,73
11364,86017	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 2,4cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 2,4cm —■— 50g



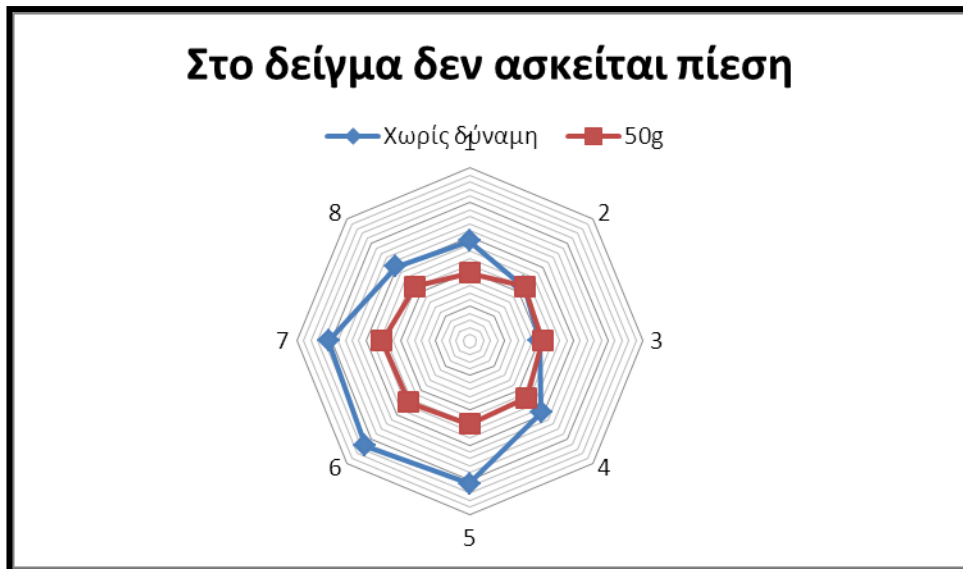
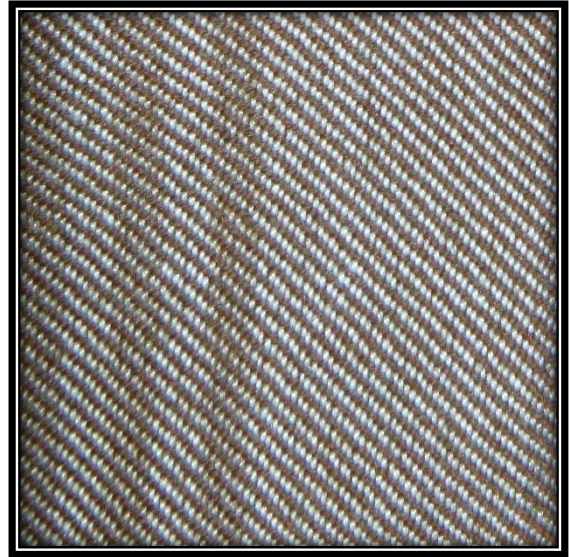
Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 2,4 cm

50g

10480,64017	11496,52
10445,77226	11523,39
10419,75399	11509,36
10498	11532
10115,84764	11539,32
9649,971944	11549,58
10186,33618	11553,73
11076,79106	11524,19

Δείγμα νούμερο 2

<b>Τύπος υφάσματος</b>	<b>Υφαντό</b>
<b>Πυκνότητα στημονιού</b>	22/1cm
<b>Πυκνότητα υφαδιού</b>	18/1cm
<b>Κυμάτωση στημονιού</b>	14.4%
<b>Κυμάτωση υφαδιού</b>	8.6%



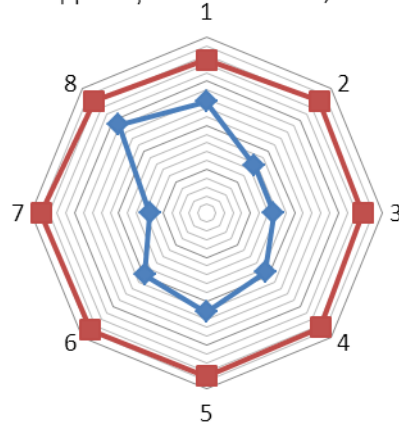
Χωρίς δύναμη	50g
11589,54	11496,52
11520,06	11523,39
11500,43	11509,36
11593	11532
11711,52	11539,32
11728,52	11549,58
11708,58	11553,73
11603,14	11524,19



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8 cm	50g
11504,74796	11496,52
11399,39729	11523,39
11376,38664	11509,36
11470	11532
11572,2297	11539,32
11572,95508	11549,58
11534,37524	11553,73
11523,47601	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 1,6cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτίνεται κατά 1,6cm —■— 50g



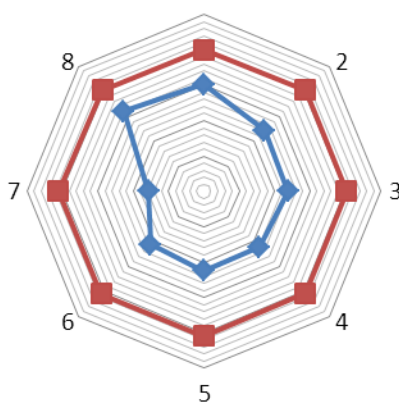
Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 1,6 cm

50g

11306,34766	11496,52
11106,48629	11523,39
11104,48068	11509,36
11177	11532
11247,7389	11539,32
11196,10005	11549,58
11058,06811	11553,73
11368,41658	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 2,3cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτίνεται κατά 2,3cm —■— 50g



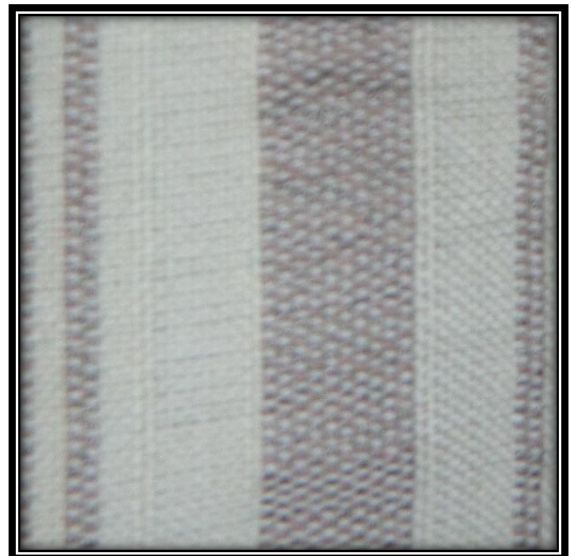
Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 2,3 cm

50g

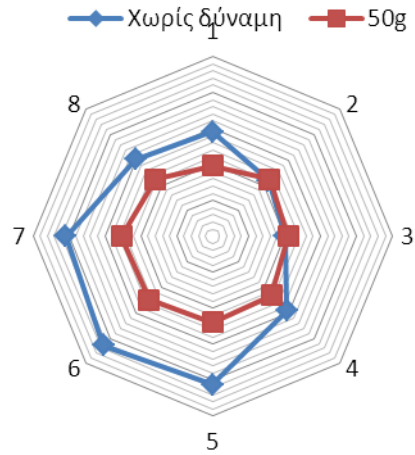
11013,27501	11496,52
10715,38353	11523,39
10688,68288	11509,36
10613	11532
10624,77779	11539,32
10566,54765	11549,58
10280,35327	11553,73
11097,41823	11524,19

### Δείγμα νούμερο 3

Τύπος υφάσματος	Υφαντό
Πυκνότητα στημονιού	19/1cm
Πυκνότητα υφαδιού	22/1cm
Κυμάτωση στημονιού	11.1%
Κυμάτωση υφαδιού	10.7%

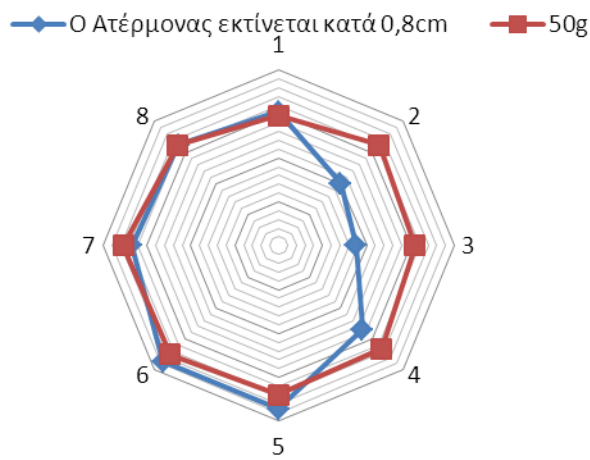


## Στο δείγμα δεν ασκείται πίεση



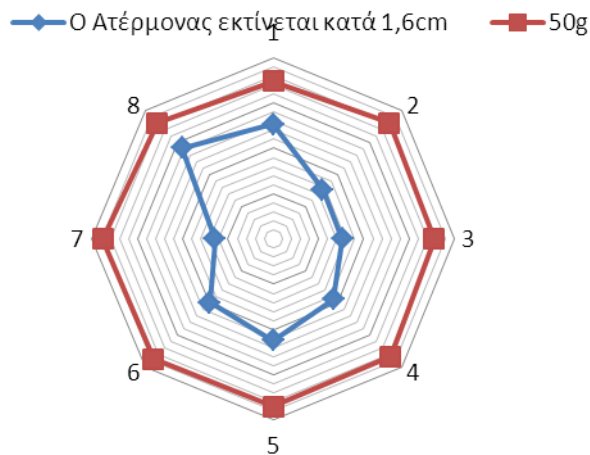
Χωρίς δύναμη	50g
11589,54	11496,52
11520,06	11523,39
11500,43	11509,36
11593	11532
11711,52	11539,32
11728,52	11549,58
11708,58	11553,73
11603,14	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 0,8cm



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8 cm	50g
11504,74796	11496,52
11399,39729	11523,39
11376,38664	11509,36
11470	11532
11572,2297	11539,32
11572,95508	11549,58
11534,37524	11553,73
11523,47601	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 1,8 cm

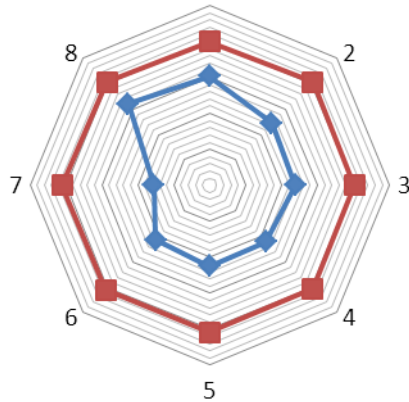


Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 1,6 cm	50g
11306,34766	11496,52
11106,48629	11523,39
11104,48068	11509,36
11177	11532
11247,7389	11539,32
11196,10005	11549,58
11058,06811	11553,73
11368,41658	11524,19



## Έκταση ατέρμονα 2,4 cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 2,4cm —■— 50g



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 2,4 cm 50g

11013,27501	11496,52
10715,38353	11523,39
10688,68288	11509,36
10613	11532
10624,77779	11539,32
10566,54765	11549,58
10280,35327	11553,73
11097,41823	11524,19

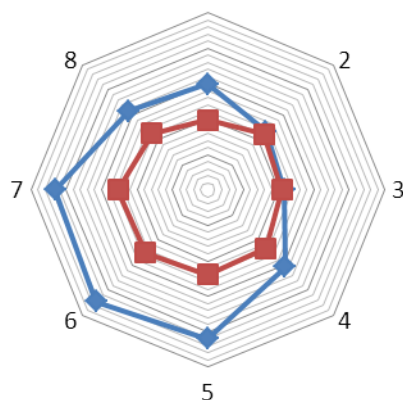
## Δείγμα νούμερο 4

Τύπος υφάσματος	Υφαντό
Πυκνότητα στημονιού	22/1cm
Πυκνότητα υφαδιού	16/1cm
Κυμάτωση στημονιού	5.4%
Κυμάτωση υφαδιού	4.8%



## Στο δείγμα δεν ασκείται πίεση

—◆— Χωρίς δύναμη —■— 50g

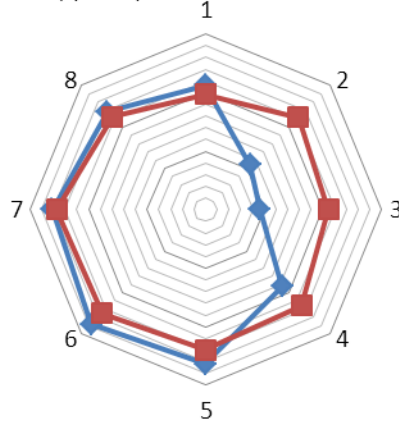


Χωρίς δύναμη 50g

11598,6	11496,52
11532,54	11523,39
11517,3	11509,36
11608	11532
11719,93	11539,32
11745,32	11549,58
11731,4	11553,73
11615,23	11524,19

### Έκταση ατέρμονα 0,8 cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8cm —■— 50g

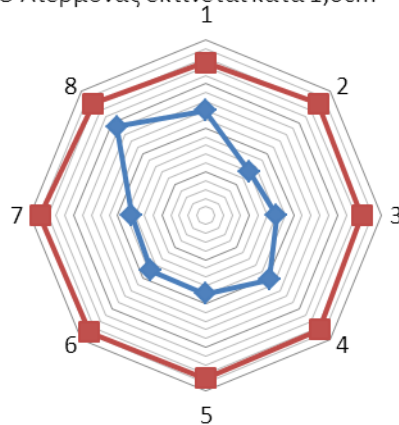


Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 0,8 cm 50g

11512,1571	11496,52
11407,71863	11523,39
11392,26436	11509,36
11485	11532
11563,81131	11539,32
11576,60677	11549,58
11562,02733	11553,73
11536,99036	11524,19

### Έκταση ατέρμονα 1,6 cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 1,6cm —■— 50g

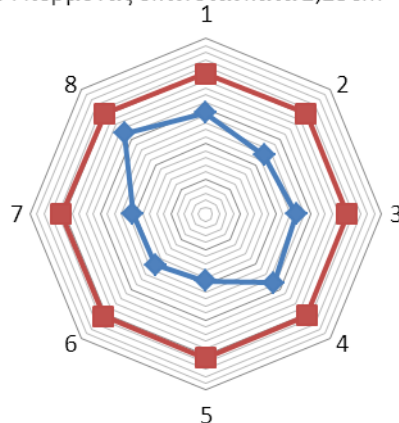


Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 1,6 cm 50g

11278,35758	11496,52
11081,52228	11523,39
11121,35076	11509,36
11212	11532
11155,13657	11539,32
11153,74037	11549,58
11135,49394	11553,73
11371,97299	11524,19

### Έκταση ατέρμονα 2,25 cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 2,25cm —■— 50g

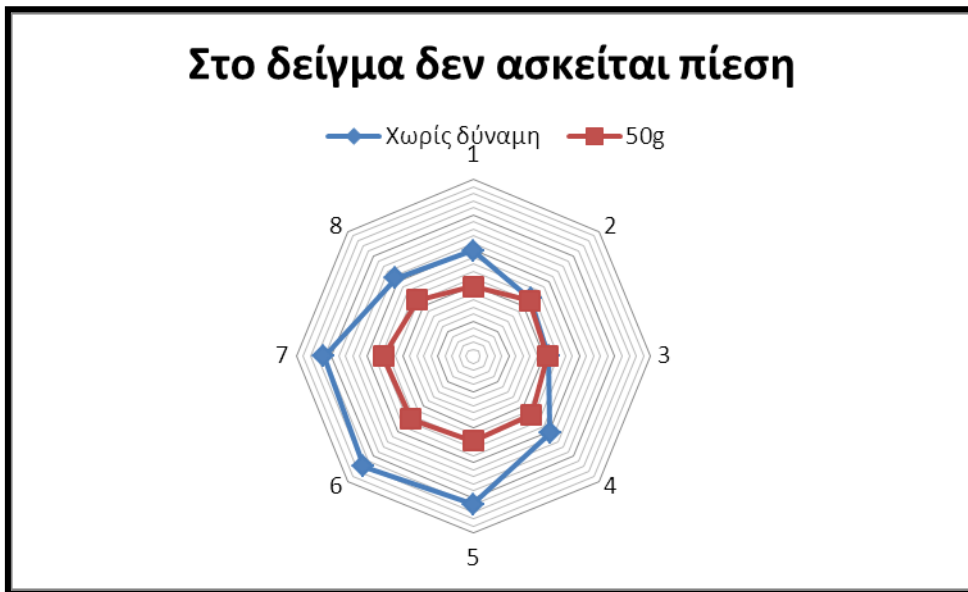


Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 2,25 cm 50g

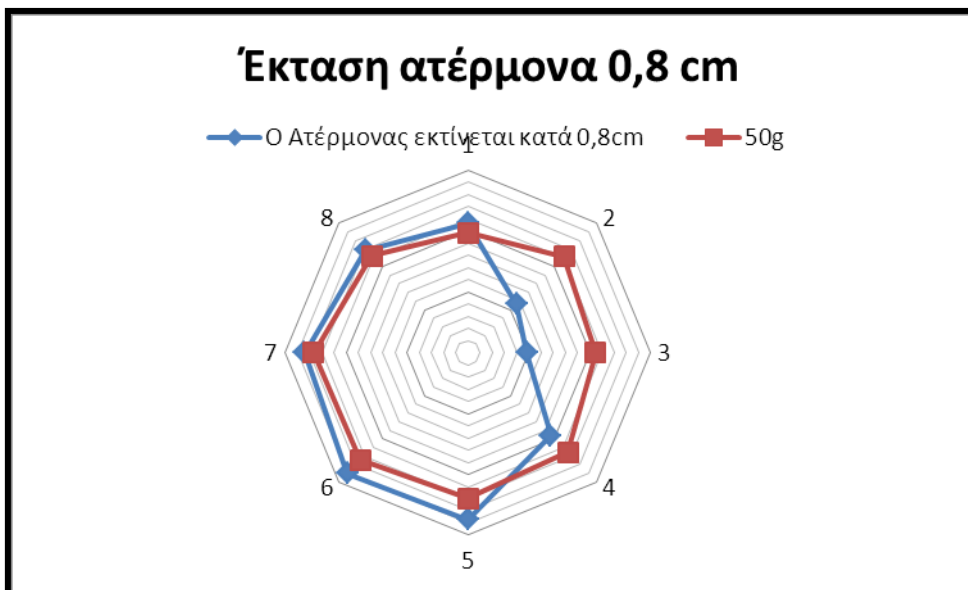
10944,12304	11496,52
10682,93032	11523,39
10791,88806	11509,36
10877	11532
10444,16498	11539,32
10516,88458	11549,58
10534,75243	11553,73
11126,58078	11524,19

Δείγμα νούμερο 5

Τύπος υφάσματος	Υφαντό
Πυκνότητα στημονιού	24/1cm
Πυκνότητα υφαδιού	22/1cm
Κυμάτωση στημονιού	13%
Κυμάτωση υφαδιού	8.3%



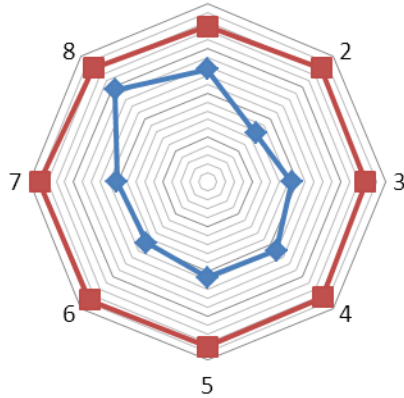
Χωρίς δύναμη	50g
11597,77	11496,52
11530,04	11523,39
11513,33	11509,36
11606	11532
11717,64	11539,32
11739,47	11549,58
11722,41	11553,73
11610,96	11524,19



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8 cm	50g
11512,1571	11496,52
11412,71143	11523,39
11397,22615	11509,36
11492	11532
11574,52562	11539,32
11580,25847	11549,58
11568,94035	11553,73
11538,41293	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 1,6 cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 1,6cm —■— 50g

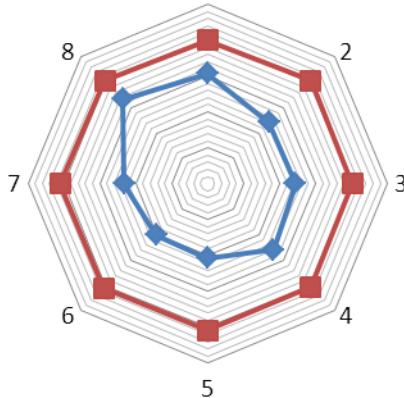


Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 1,6 cm 50g

11306,34766	11496,52
11107,31842	11523,39
11178,90749	11509,36
11236	11532
11228,60619	11539,32
11188,06631	11549,58
11206,00676	11553,73
11386,19863	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 2,3 cm

—◆— Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 2,3cm —■— 50g

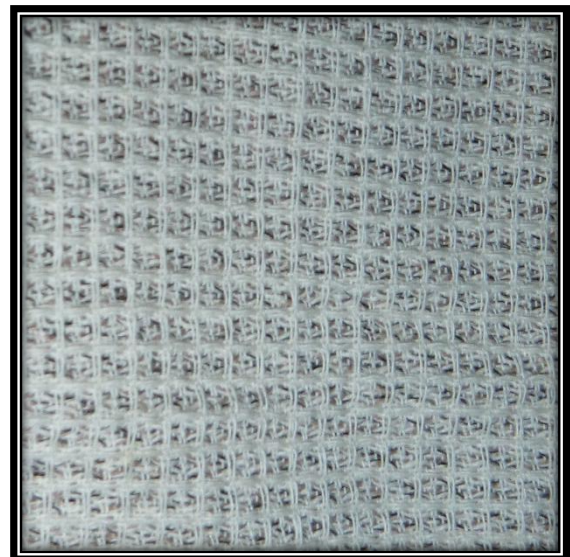


Ο Ατέρμονας  
εκτείνεται  
κατά 2,3 cm 50g

11034,67919	11496,52
10710,39073	11523,39
10715,47653	11509,36
10799	11532
10536,002	11539,32
10508,12051	11549,58
10663,33462	11553,73
11162,85615	11524,19

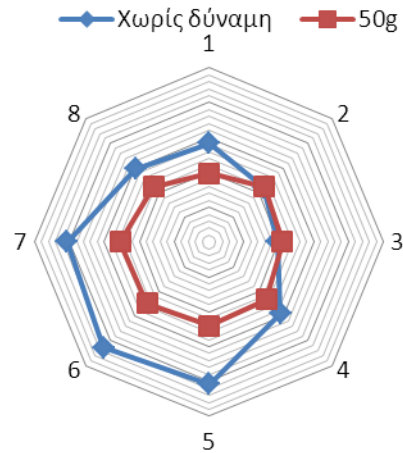
## Δείγμα νούμερο 6

Τύπος υφάσματος	Υφαντό
Πυκνότητα στημονιού	24/1cm
Πυκνότητα υφαδιού	18/1cm
Κυμάτωση στημονιού	10%
Κυμάτωση υφαδιού	9.9%



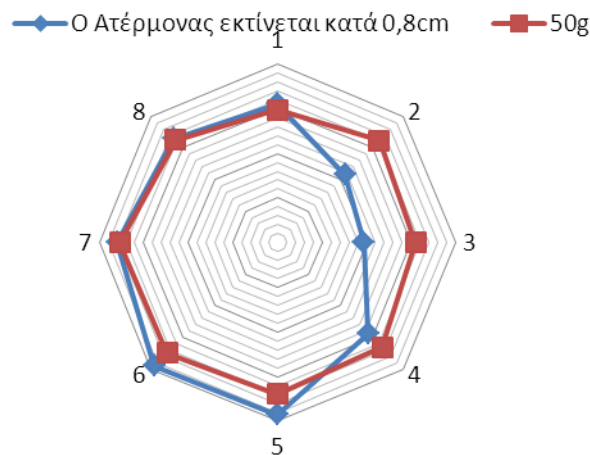


## Στο δείγμα δεν ασκείται πίεση



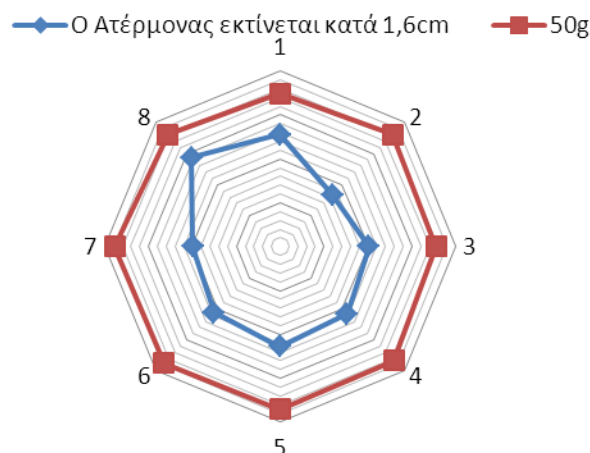
Χωρίς δύναμη	50g
11582,96	11496,52
11520,89	11523,39
11496,46	11509,36
11590	11532
11706,92	11539,32
11727,06	11549,58
11707,2	11553,73
11596,74	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 0,8 cm

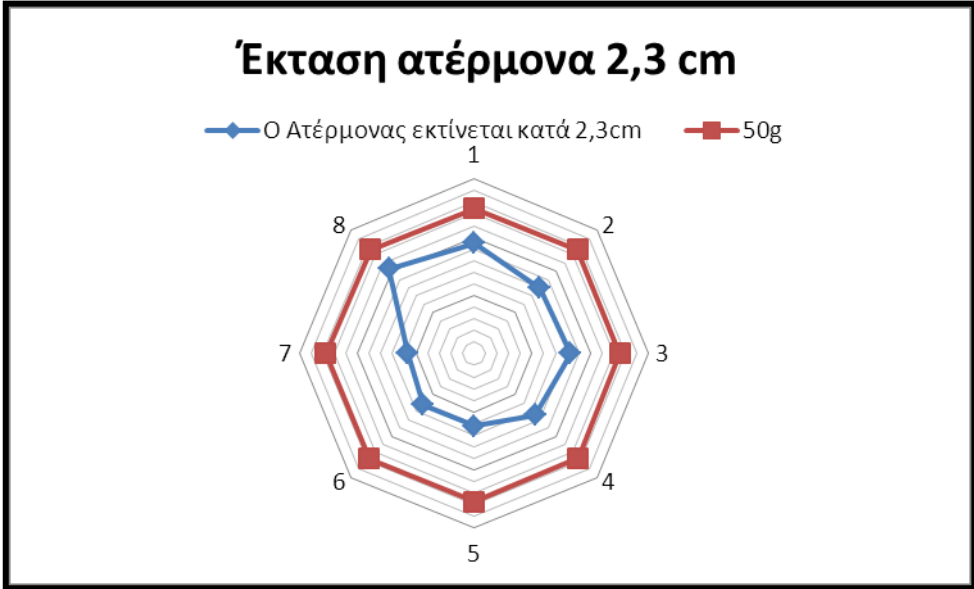


Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 0,8 cm	50g
11509,68739	11496,52
11415,20783	11523,39
11393,25672	11509,36
11488	11532
11585,23994	11539,32
11589,75288	11549,58
11559,95342	11553,73
11529,16626	11524,19

## Έκταση ατέρμονα 1,6 cm



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 1,6 cm	50g
11312,11032	11496,52
11136,4431	11523,39
11204,70879	11509,36
11231	11532
11254,62668	11539,32
11224,58327	11549,58
11199,09373	11553,73
11372,68427	11524,19



Ο Ατέρμονας εκτείνεται κατά 2,3 cm	50g
10902,96115	11496,52
10593,0599	11523,39
10655,93508	11509,36
10489	11532
10244,41947	11539,32
10245,92874	11549,58
10140,71025	11553,73
11063,98798	11524,19

Παρατήρηση:

Από την πειραματική διαδικασία φαίνεται ότι τα δείγματα έχουν μεγάλο μέτρο ελαστικότητας προς τον αισθητήρα νούμερο (8) και λίγο λιγότερο προς τον αισθητήρα νούμερο (1). Το φαινόμενο αυτό αναπτύσσεται από 0° έως 22,25° αριστερά από το σημύονι και συγκεκριμένα προς την ούγια.

Πιθανών αυτό μπορεί να προκύπτει διότι όλα τα νήματα σημονιού των δειγμάτων είναι δεξιόστροφα.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε αρχικά να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Σάββα Βασιλειάδη, για την υποστήριξη και την ενθάρρυνση του κατά την διάρκεια όλης της διαδικασίας σχεδιασμού και κατασκευής του Κυλινδρικού Δυναμόμετρου Πίεσης Οκτώ Σημείων.

Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Φυσικό Ηλεκτρονικό κ. Άρη Κατσούλη που μας επέτρεψε να κάνουμε χρήση του μηχανολογικού του εργαστηρίου και των υποδείξεων του.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή κ. Κλεάνθη Πρέκα του Τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Τ.Ε.Ι Πειραιά και την Δρ. Κλειώ Βόσσου Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθεια τους ο μεν στην σχεδίαση των ηλεκτρονικών και η δε στην ηλεκτρονική αποτύπωση των χειρόγραφων σχεδίων μου για την υλοποίηση της ιδέας μας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

On the performance of the geometrical models of fabrics for use in computational mechanical analysis", *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 16 Iss: 5 pp. 434 – 444

Mechanical Analysis of Woven Fabrics: The State of the Art", Vassiliadis S., Kallivretaki A., Domvoglou D. and Provatidis Ch., in "Advances in Modern Woven Fabrics Technology", Ed. by S. Vassiliadis, InTech Publ., ISBN 978-953-307-337-8, 2011

Olsson R., "A survey of test methods for multiaxial and out-of-plane strength of composite laminates", *Composites Science and Technology* 71 (2011) 773–783.

Hufenbach W., Kroll L., Gude M., Czulak A., Boehm R. and Danczak M., "Novel tests and inspection methods for textile reinforced composite tubes", *Journal of Achievements in Materials and manufacturing Engineering*, Vol 14, 1-2, 2006, pp70-74.

Chowdhury N., Chiu W. and Wand J., "Biaxial Specimen Design for Structures Subjected to Multi-axial Loads", 11th Intern. Fatigue Congress, Australia, March 2014.

Ozipek O.B., Bozdog E., Sunbuloglu E., Abdullahoglu, Belen E. and Celikkanat, "Biaxial testing of Fabrics – A Comparison of Various Testing Methodologies" *Intern. Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering* Vol:7, No3, 2013, pp 157-162.

Christ M., Miene A. and Moerschel U., "Characterization of the Drapability of Reinforcement Fabrics by Means of an Automated Tester", 12<sup>th</sup> SPEA, Sept 2012, USA.

Goldsmith P.M., Stessel R.I., "Multi-Axial Testing of Geomembranes", *Waste Manag Res* March 1996 vol. 14 no. 2, pp 105-124.

Lima M., Rocha A., Monteiro J., Pinto E. and Silva A., "Textest® – Multiaxial Planar Testing Equipment", *The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, 20, 1, 3, No. 43, pp 25-29.