



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜ. ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΟΠΤΙΚΗ
ΜΕΘΟΔΟ

ΤΖΕΚΑΚΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΛΕΩΠΟΥΛΟΣ ΒΡΑΣΙΔΑΣ, Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2010

Στην οικογένεια μου

Ευχαριστώ τον
Αριστέιδη Γεωργίου
για όλα όσα με εδίδαξε.

Ευχαριστώ τους
Γεώργιο Χατζηστέλιο και Γεράσιμο Λούτζη
για την βοήθεια και υποστήριξη στην παρούσα εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	8
1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ	
1.1. Φυσικά Μεγέθη.....	9
1.2. Συστήματα Μονάδων – Πρότυπα Μετρήσεων.....	9
2. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	
2.1. Η Έννοια της Μέτρησης	14
2.2. Η Ακρίβεια των Μετρήσεων	15
2.3. Χαρακτηριστικά Οργάνων Μέτρησης	16
2.4. Περιγραφή των Οργάνων Μέτρησης του Μεγέθους ‘ΜΗΚΟΣ’	18
2.4.1. Μεταλλικός Μετρητικός Κανόνας	18
2.4.2. Παχύμετρο	21
2.4.3. Μετρητής Ύψους και Βάθους	24
2.4.4. Μικρόμετρο	24
2.4.5. Κωνικοί Κανόνες και Μετρητής Πάχους	29
2.4.6. Μετρητικό Ρολόι	30
2.4.7. Μετρητικός Βραχίονας	32
2.4.8. Διαβήτες	33
2.4.9. Ηλεκτρομηχανικά και Ηλεκτρονικά Όργανα Συγκριτικών Μετρήσεων.....	34
2.4.10. Πνευματικά Όργανα Συγκριτικών Μετρήσεων	36
2.4.11. Οπτικά Όργανα Συγκριτικών Μετρήσεων	38
2.4.12. Μηχανές Μέτρησης Συντεταγμένων	39
2.5. Βοηθητικά Πρότυπα Οργάνων Μέτρησης	42
2.6. Ελεγκτήρες	46

3. ΠΑΡΑΓΩΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ

3.1. Θερμοκρασία	48
3.2. Σχετική Υγρασία Αέρα	52
3.3. Ταχύτητα Αέρα	54
3.4. Καθαρότητα Αέρα	54
3.5 Ταλαντώσεις	57

4. ΧΩΡΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

4.1 Ορισμός και Κατάταξη σε Κλάσεις	61
4.2 Χώροι Μέτρησης του Φυσικού Μεγέθους 'Μήκος'	62

5. ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

5.1. Πρωτότυπα και Πρωτεύοντα Πρότυπα Αναφοράς	70
5.2. Δομή Συστήματος Προτύπων και Μετρολογίας	70
5.3. Ομολογία	72
5.4. Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας	73

6. ΤΟ ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΟΥ Ε.Μ.Π.

7. ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΜΕ ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ

(VISION MACHINE)

7.1. Περιγραφή της Μηχανής	79
7.1.1. Εξαρτήματα	79

7.1.2. Αρχή Λειτουργίας	82
7.1.3. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα	83
7.2. Αβεβαιότητα στη Μέτρηση με Αισθητήρα Εικόνας (Video Probe).....	84
8. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
8.1. Περιγραφή της Μηχανής TESA-VISIO 300 του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου του Ε.Μ.Π	86
8.2. Δοκιμαστικές Μετρήσεις – Εξοικείωση με την Μηχανή.....	107
8.3. Δοκιμαστικές Μετρήσεις για ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού διαμέτρου, τόξου καμπυλότητας, απόστασης παράλληλων πλευρών και γωνίας	115
8.4. Οδηγίες Μέτρησης με την Μηχανή TESA-VISIO 300	
-Υπολογισμός Εσωτερικής Διαμέτρου (V-02 D).....	120
-Υπολογισμός Απόστασης Παράλληλων Πλευρών (V-1.1).....	134
-Υπολογισμός Απόστασης Παράλληλων Πλευρών (V-1.2).....	147
-Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας (V-03 AR).....	160
- Υπολογισμός Γωνίας (V-04 AN).....	172
8.5. Πραγματοποίηση Μετρήσεων Σύμφωνα με τις Παραπάνω Οδηγίες	
Μέτρηση Σύμφωνα με τις Οδηγίες V-1.1 και V-1.2	184
Μέτρηση Σύμφωνα με τις Οδηγία V-02 D	192
Μέτρηση Σύμφωνα με τις Οδηγία V-03 AR.....	196
Μέτρηση Σύμφωνα με τις Οδηγία V-04 AN.....	200
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	204
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	206

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι Μηχανές Μέτρησης Συντεταγμένων με Οπτικό Αισθητήρα **Vision Machines** αποτελούν μηχανές που πραγματοποιούν μετρήσεις χωρίς επαφή. Αποτελούν εξέλιξη των οπτικών μηχανών και η μετρούμενη διάσταση υπολογίζεται από τις συντεταγμένες του ειδώλου και όχι του αντικείμενου.

Η χρήση τους αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερα στην βιομηχανία αφού αποτελεί οικονομική, γρήγορη και αξιόπιστη λύση. Πολύ μικρά αντικείμενα, ελαστικά αντικείμενα και γενικά αντικείμενα όπου υπήρχε αδυναμία συγκράτησης τώρα πλέον μπορούν να μετρηθούν με μεγάλη ακρίβεια αφού το σφαλτά των συγκεκριμένων μηχανών δεν ξεπέρνα τα 4 μm .

Παρουσιάζουν όμως και μειονεκτήματα όπως περιορισμός διαστάσεων και βάρους του δοκιμίου καθώς και αδυναμία υπολογισμού κάποιων σφαλμάτων μορφής.

Στα πλαίσια της προσπάθειας πιστοποίησης του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου του Ε.Μ.Π. σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO/IEC 17025 εξοπλιστική με την μηχανή TESA-VISIO 300 ώστε να αποτελέσει κομβικό σημείο υποστήριξης επιχειρήσεων κατασκευής πολύ μικρών αντικειμένων, οι οποίες εφαρμόζουν πιστοποιημένα συστήματα ποιότητας κατά τα πρότυπα της σειράς ISO 9000:2000 και απαιτούν υψηλή ποιότητα και ακρίβειες σε θέματα διαστασιακών ελέγχων και διακριβώσεων.

Στην παρούσα εργασία γίνεται διερεύνηση των δυνατοτήτων μετρήσεις της μηχανής συγκεκριμένων γεωμετρικών σχημάτων εξετάζοντας τους παράγοντες που επηρεάζουν την μέτρηση ενώ συντάσσονται οδηγίες υπολογισμού διαμέτρου κύκλου, τόξου καμπυλότητας, γωνίας και υπολογισμού απόστασης παράλληλων πλευρών.

Παράλληλα γίνεται αναφορά και σε δυνατότητες μετρήσεις που θα αποτελέσουν μελλοντική διερεύνηση με στόχο την ανάπτυξη του εύρους εφαρμογών της συγκεκριμένης μετρητικής μηχανής.

Τέλος πραγματοποιούνται μετρήσεις σύμφωνα με τις οδηγίες σε διακριβωμένα πρότυπα, τα αποτελέσματα των οποίων επαληθεύουν την μεθοδολογία της αντίστοιχης οδηγίας.

1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

1.1. Φυσικά Μεγέθη

Η μελέτη κάποιου φυσικού φαινομένου βασίζεται συνήθως σ' ένα ή περισσότερα Φυσικά μεγέθη (physical quantities) που η γνώση τους βοηθά στην διατύπωση των νόμων Φυσικής (physical laws).

Μέγεθος ή φυσικό μέγεθος ορίζεται κάθε φυσική ή και άλλη ιδιότητα ή χαρακτηριστικό το οποίο επιτρέπει διαβάθμιση, κατάταξη ή -τέλος- το οποίο υπόκειται σε μέτρηση. Η πλήρη γνώση του μεγέθους όμως ,προϋποθέτει τη δυνατότητα μέτρησης του με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Έτσι το μέγεθος εκφράζεται με αριθμούς και μονάδες. Και, αν είναι διανυσματικό, όχι μόνο με αυτά.

Η **μέτρηση** του μεγέθους γίνεται, πάντα με σύγκριση του με άλλο ομοειδές που θεωρείται **μοναδιαίο** (unitary) και έχει συγκεκριμένη τιμή. Αυτό, φυσικά, δεν σημαίνει ότι η επεξεργασία του μεγέθους σταματά εδώ. Χρειάζεται ακόμα η διατύπωση της σχέσης ή των σχέσεων του με άλλα μεγέθη. Μια διαδικασία που κρίθηκε αναγκαία, μετά τη διαπίστωση ότι ο αριθμός των φυσικών μεγεθών είναι τεράστιος. Έτσι τα μεγέθη χωριστήκαν σε δυο μεγάλες κατηγορίες :

α) Τα θεμελιώδη (fundamentals): είναι αυτά που εμφανίζονται στα περισσότερα φυσικά φαινόμενα και χρησιμοποιούνται εύκολα. Επιδιώχθηκε, παντός να είναι ελάχιστος ο αριθμός τους.

β) Τα παράγωγα (produced): είναι τα περισσότερα μεγέθη και η γνώση τους βασίζεται στα θεμελιώδη. Είναι φανερό, πως οι σχέσεις ανάμεσα στα φυσικά μεγέθη διατηρούνται αναλλοίωτες και ανεξάρτητες από τις μονάδες που θα επιλέγουν. Οι τελευταίες διακρίνονται, πάλι, σε θεμελιώδεις και παράγωγες.

1.2. Συστήματα Μονάδων - Πρότυπα Μετρήσεων

Τα συστήματα μονάδων έχουν κάτι κοινό: Καθένα περιέχει όλα τα φυσικά μεγέθη με κάποια μονάδα για το καθένα. Διαφέρουν όμως στο ποια μεγέθη (και οι μονάδες τους φυσικά) θεωρούνται θεμελιώδη ή παράγωγα σε κάθε σύστημα. Υπάρχουν, τέλος, συστήματα που μοιάζουν στα θεμελιώδη μεγέθη, αλλά διαφέρουν στις μονάδες τους.

1.2.1. Συστήματα τύπου L ,M, T

Ονομαστήκαν έτσι από τα αρχικά των θεμελιωδών μεγεθών στα Γαλλικά (μήκος =Longueur, μάζα=Mass, χρόνος =Temps). Σ' αυτά ανήκουν:

α) Το Μ.Κ.Σ

Σ' αυτό, τα παραπάνω θεμελιώδη μεγέθη έχουν μονάδες το **μετρό** (m), το **kgf** (K) και το **sec** (s).

Το μετρό (m): Είναι έσο με το μήκος μιας ράβδου από κράμα Pt-Ir που ισοδυναμεί (στους 0°C) με το 10^{-7} της αποστοής Πολου – Ισημερινου στον μεσημβρινό, που περνά από το Παρίσι. Δεχόμαστε σφάλμα $\pm 0,023\%$ σ' αυτό. Γι' αυτό το 1961 καθιερώθηκε το ατομικό πρότυπο m: ισοδυναμεί με 1.650.763,73 μήκη κύματος της πορτοκαλλόχρωμης ακτινοβολίας (με φασματοσκοπικό συμβολισμό: $2P_{10}-5d_5$) του ισότοπου kr^{86} με ηλεκτρική εκκένωση. Διαλέχτηκε το kr^{86} γιατί βρίσκεται στη φύση σε μεγάλη καθαρότητα ευκολα και φθηνά.

Ας σημειωθεί ότι και το υπόψη πρότυπο θα αλλάξει ,για να θεσπιστεί ως νέο:

1 μετρό = η απόσταση την όποια διανύει το φως σε 1/299792458 του δευτερόλεπτου.

Το πρότυπο αυτό αναπαράγεται προσφορότερα από ότι το ισχύον σήμερα.

Το χιλιόγραμμα (kgf): Ορίζεται ίσο με τη μάζα 1 dm^3 χημικα απεσταγμένου νερου στους +4°C. Το πρότυπο αυτό έχει κατασκευαστεί από ιριδιούχο λευκόχρυσο και φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στις Σέβρες.

Το δευτερόλεπτο (s): Μέχρι το έτος 1956 ορίζετο ίσο με το 1/86400 μιας μέσης ηλιακής μέρας δηλ. του χρόνου μιας πλήρους περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονα της.

Το παραπάνω πρότυπο πάσχει, λόγω του ότι υπάρχει μια προοδευτική ελάττωση της περιστροφικής ταχύτητας της γης (περίπου 0.001 s/αιώνα). Έτσι το 1956 καθορίστηκε ως πρότυπο χρόνου το:

1 s = 1/31.556.925,9747 του χρονικού διαστήματος για μια πλήρη περιστροφή της γης γύρω από τον Ήλιο ,κατά το έτος 1900.

Στις 13 Οκτωβρίου 1967, το 13^ο Γενικό Συνέδριο Μέτρων και Σταθμών (13th General Conference on Weights and Measures), καθορίστηκε το πρότυπο χρόνου:

1 s = 9.192.631.770 περίοδοι της ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στην μετάπτωση μεταξύ των δυο υπέρλεπτων σταθμών της θεμελιώδους καταστάσεως του Cs-133.

Το Μ.Κ.Σ. εμπλουτίστηκε και με άλλες θεμελιώδες μονάδες και μεγέθη για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε φαινόμενα Ηλεκτρισμού, Θερμότητας, Οπτικής ακόμα και Χημείας.

Έτσι, το 1960 καθορίστηκε από το 11^ο Γενικό Συνέδριο Μέτρων και Σταθμών (11th General Conference on Weights and Measures)το καταξιωμένο πια, **Διεθνές Σύστημα S.I.** (Systeme Internationale d'Unites) το οποίο πηρέ την τελική του διατύπωση το έτος 1972, από τον Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (International Standards Organization – ISO) ως 'Διεθνές Πρότυπο 1000' (International Standard 1000) με τις εξής ακόμα μονάδες:

To Ampere (A): είναι το ρεύμα που διαρρέει δυο παράλληλους ευθύγραμμους αγωγούς, με άπειρο μήκος που απέχουν 1 m στον αέρα ή στο κενό ο ένας από τον άλλο, και αλληλεπιδρούν με $F=2 \times 10^{-7} N$ για κάθε 1 m μήκος τους.

To grad (G): δηλ. ο βαθμός Κελσίου ή Kelvin. Είναι το 10^{-2} της εκατονταβαθμιας περιοχής από την τήξη μέχρι το βρασμο χημικά καθαρού νερού σε ατμοσφαιρική πίεση.

Την βάση των προτύπων θερμοκρασίας αποτελεί η απολυτή θερμοκρασιακή κλίμακα που προτάθηκε το 1854 από τον Λόρδο Kelvin. Το ισχύον σήμερα πρότυπο θέσπιση το 1968 από το 13^ο Γενικό Συνέδριο Μέτρων και Σταθμών και φέρει την ονομασία 'Διεθνής Πρακτική Θερμοκρασιακή Κλίμακα του έτους 1968' (International Practical Temperature Scale of 1968, IPTS-68).

Η βασική μονάδα θερμοκρασίας ορίζεται ως:

$1 K = 1/273,16$ της θερμοδυναμικής θερμοκρασίας του τριπλού σημείου του ύδατος

H Candela (Cd): Είναι το $1/60$ της φωτοβολίας $1 cm^2 Pt$ στη θερμοκρασία τήξης του ($1773^{\circ} C$) σε διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια. Τέλος έχει προστεθεί και η μονάδα:

Γραμμομόριο mol: Είναι η ποσότητα τόσον δομικών λίθων (μορίων, ατόμων, ιόντων) υλικού όσων περιέχονται σε $0,012 Kgr C^{12}$.

Το S.I. έχει επικρατήσει στη φυσική και κατά συνέπεια στη μηχανολογία και η αναφορά των άλλων συστημάτων γίνεται, μόνο, για ιστορικούς λόγους.

β) Το C.G.S.

Ανήκει και αυτό στα L.M.T. συστήματα. Έχει δηλ. ίδια θεμελιώδη, με το M.K.S. μεγέθη αλλά σαν μονάδες τα: Cm, Gr και Sec αντίστοιχα. Προεκτείνεται κι αυτό στον Ηλεκτρισμό με μονάδα φορτίου την Η.Σ.Μ. Και στον ηλεκτρομαγνητισμό με την Η.Μ.Μ. ρεύματος. Έτσι δημιουργήθηκε τελικά το **σύστημα Gauss**, που χρησιμοποιεί:

-μονάδες του Η.Σ.Σ. για τον Ηλεκτρισμό.

-μονάδες του Η.Μ.Σ. για τον Ηλεκτρομαγνητισμό.

-μονάδες του C.G.S. για όλα τα αλλά κεφάλαια Φυσικής.

1.2.2. Συστήματα τύπου L ,F, T

Είναι τα συστήματα που έχουν θεμελιώδη μεγέθη:

Το μήκος Longueur (L)

Τη δύναμη Force (F)

Το χρόνο Temps (T)

Σε αυτά τα συστήματα ανήκουν:

α) το Τεχνικό σύστημα

Έχει θεμελιώδεις μονάδες το **μετρό** (m), το **κιλοπόντ** (Kp), και το **δευτερόλεπτο** (s). Η σημασία του βρίσκεται στην ευχρηστία που παρουσιάζει για τον άνθρωπο το Kp αφού το χρησιμοποιεί συχνά στην πράξη. Κατά τα αλλά έχει μπει πια στο περιθώριο. Εξάλλου ξέρουμε πια την αριθμητική ισοδυναμία Kp και kgr με αποτέλεσμα να μπορούμε να χρησιμοποιούμε την μάζα σε kgr αντί την δύναμη-βαρος σε kip

β) το F,P,S (αγγλοσαξονικό σύστημα)

Έχει θεμελιώδεις μονάδες το **πόδι** (Foot), την **λίβρα βάρους** (lb) και το **Sec** (s).

Είναι:

1 ft=30,54 cm 1 ft=12 in 1 yard=3 ft

1 lb=453,6 p 1 lb= 16 oz

Σαν μονάδες εμβαδού χρησιμοποιούνται οι ft^2 , in^2 και yd^2 ενώ αντίστοιχα για τον όγκο οι: ft^3 , in^3 και yd^3

Επίσης σαν μονάδα όγκου για τα υγρά χρησιμοποιείται το **γαλόνι (gal)**.

Είναι: 1 gal=4,546 lt στην Αγγλία

1 gal=3,785 lt στις Η.Π.Α

Σαν μονάδα πίεσης χρησιμοποιείται αποκλειστικά η lb/in^2 ή psi (pound per square inch),

Σαν μονάδα έργου και θερμότητας το ft.lb και η B.t.u (British thermal unit) 1 B.t.u=778,26 ft.lb

Σαν μονάδα, τέλος, θερμοκρασίας χρησιμοποιείται ο βαθμός Fahrenheit με όρια κλίμακας για πίεση 1 atm:

32°F για τήξη πάγου και 212°F για βρασμό νερού

1.2.3. Αξιοσημείωτες Μετρήσεις

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω στα συστήματα φαίνεται πως το μήκος και ο χρόνος είναι η βάση όλων των συστημάτων. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα όρια τιμών του μεγέθους 'μήκους' που έχει μετρήσει ο άνθρωπος.

Αποστάσεις	Μήκος (m)
Απόσταση του πιο μακρινού Κουαζαρ (1964)	$6x10^{25}$
Απόσταση νεφελωμάτων Ανδρομέδας	$2x10^{22}$
Ακτίνα του γαλαξία μας	$6x10^{19}$
Μέση ακτίνα τροχιάς Πλούτωνα	$5,9x10^{12}$
Ακτίνα του Ήλιου	$6,9x10^8$
Ακτίνα της Γης	$6,4x10^6$
Μεγαλύτερη ανύψωση αεροστάτου	$4,6x10^4$
Μέσο ύψος βουνών της γης	$4x10^3$
Ύψος κανονικού άνδρα	$1,75x10^0$
Πάχος συνηθισμένου βιβλίου	$4x10^{-2}$
Πάχος φύλλου συνηθισμένου βιβλίου	$1x10^{-4}$
Μήκος ιού πολιομυελίτιδας	$1,2x10^{-8}$
Ακτίνα ατόμου Η	$5x10^{-11}$
Ενεργός ακτίνα πρωτονίου	$1,2x10^{-15}$

2 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

2.1 Η Έννοια της Μέτρησης

Η έννοια μέτρηση είναι αλληλένδετη με την έννοια μέγεθος.

Μέτρηση είναι η διαδικασία της συγκρίσεως με ένα άλλο, που εν γένει ονομάζεται αρχέτυπο ή πρότυπο, το οποίο συνήθως λαμβάνεται ως μονάδα. Το αποτέλεσμα μιας μέτρησης είναι ένας αριθμός που προκύπτει ως ο λόγος της τιμής του μετρούμενου μεγέθους δια της τιμής του πρότυπου.

Αντικείμενο μετρήσεως είναι ένα δοκίμιο, μέγεθος του οποίου μπορεί να υφίσταται μέτρηση.

Τα **πρότυπα μέτρησης** διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

Πρωτεύοντα πρότυπα, τα οποία είτε αποτελούν αντικείμενα 'μοναδικά' φυλασσόμενα σε κάποιο διεθνές γραφείο ή οργανισμό, είτε αποτελούν φυσικές έννοιες, όπως π.χ. το πρότυπο μέγεθος 'μήκος' που ορίζεται συναρτήσει του μήκους κύματος ακτινοβολίας του ισότοπου $kr-86$.

Δευτερεύοντα πρότυπα, τα οποία είτε αποτελούν αντίγραφα των προτύπων-αντικειμένων, είτε κατασκευάζονται αυστηρά με βάση τις φυσικές έννοιες ορισμού των προτύπων. Π.χ. ένα δευτερεύον πρότυπο μέτρησης είναι ένας κανόνας μήκους ίσου προς το $1/1650763,73$ του μήκους κύματος της πορτοκαλοκόκκινης ακτινοβολίας του $kr-86$, που είναι μήκος ίσο με 1 m.

Η σύγκριση την οποία συνεπάγεται μια μέτρηση, είναι δυνατό να γίνει με δυο τρόπους, οι όποιοι καθορίζουν το είδος της μέτρησης:

Άμεση σύγκριση, του μετρούμενου μεγέθους με ένα πρότυπο, πρωτεύων ή δευτερεύων. Π.χ. με ένα δευτερεύων πρότυπο μετρήσεως του μήκους, δηλαδή ένα μεταλλικό μετρό, είναι δυνατό να μετρηθεί μια απόσταση.

Έμμεση σύγκριση, με τη βοήθεια κατάλληλα κατασκευασμένης μετρητικής συσκευής η οποία πραγματοποιεί τη σύγκριση και δίνει αμέσως το αποτέλεσμα. Για να μπορεί να επιτελεί την εργασία αυτή η μετρητική συσκευή ή το όργανο μετρήσεως πρέπει να είναι κατάλληλα βαθμονομημένο. Ως παράδειγμα εμμέσου συγκρίσεως μπορούμε να αναφέρουμε την μέτρηση του χρόνου με ένα κοινό χρονόμετρο. Η μετρητική συσκευή χρονόμετρο πραγματοποιεί τη σύγκριση της διάρκειας της υπό μέτρηση χρονικής περιόδου με εκείνη του πρότυπου του χρεώνομαι δίνει απευθείας το αποτέλεσμα της συγκρίσεως.

2.2 Η Ακρίβεια των Μετρήσεων

Για να είναι μια μέτρηση χρήσιμη θα πρέπει να είναι αξιόπιστη. Είναι πολύ σημαντικό για τον μηχανικό να μπορεί να κριτικάρει να αποτελέσματα των μετρήσεων του ώστε να μπορεί να αποφανθεί για την αξιοπιστία τους. Είναι επίσης απαραίτητο να δίνονται μαζί με τα αποτελέσματα, ενδείξεις της βεβαιότητας (certainty) με την οποία έχουν προκύψει.

Εδώ θα αρκεστούμε να δώσουμε μερικές έννοιες χρήσιμες με την ακρίβεια των μετρήσεων και με την ανάλυση και επεξεργασία των τιμών μέτρησης.

Μετρημένη τιμή είναι η τιμή του μήκους που προκύπτει μετά από μία μέτρηση. Η αριθμητική αυτή τιμή πάντα συνοδεύεται από τη μονάδα μέτρησης.

Εύρος μετρήσεων (measuring range) είναι η διαφορά μεταξύ μεγαλύτερης και μικρότερης μετρημένης τιμής κατά τη μέτρηση ενός συγκεκριμένου μεγέθους.

Σφάλμα (error) μιας μέτρησης είναι η διαφορά μεταξύ της μετρούμενης τιμής ενός μεγέθους από την αληθινή τιμή. Η αληθινή τιμή δεν είναι σχεδόν ποτέ γνώστη για τον λόγο αυτό συνοδεύουμε τα αποτελέσματα μας με μια εκτίμηση του σφάλματος που ονομάζεται **αβεβαιότητα** (uncertainty)

Δυο ειδών σφάλματα υπεισέρχονται σε μια μέτρηση:

-**Συστηματικά σφάλματα** (systematic errors) ή σταθερά σφάλματα (fixed errors), τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα, επαναλαμβανόμενες μετρήσεις του ίδιου μεγέθους ενός αντικείμενου μετρήσεως κάτω από τις ίδιες συνθήκες, να απέχουν όλες σταθερά από την αληθινή τους τιμή κατά το ίδιο ποσοστό. Ένα σύνηθες συστηματικό σφάλμα είναι εκείνο που οφείλεται στην ακρίβεια του οργάνου.

-**Τυχαία σφάλματα** που οφείλουν την ύπαρξη τους σε τυχαίους παράγοντες που εμφανίζονται σε μια μέτρηση και τα όποια ποικίλουν από μέτρηση σε μέτρηση. Τα τυχαία σφάλματα συνήθως ακολουθούν στατιστικές κατανομές.

Η **Αβεβαιότητα** είναι η παράμετρος εκείνη που σχετίζεται με το αποτέλεσμα μιας μέτρησης και χαρακτηρίζει την διασπορά των τιμών που οφείλεται στην συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης.

Η αβεβαιότητα εκφράζει την εμπιστοσύνη (ή αμφιβολία) μας σε μια συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης.

Συνήθως εκφράζεται ως μια τυπική απόκλιση ή ως εύρος ενός διαστήματος εμπιστοσύνης.

Η αβεβαιότητα διακρίνεται σε δυο τύπους:

- **Αβεβαιότητα τύπου A** (στατιστική αβεβαιότητα) η οποία αναφέρεται σε πηγές που αφορούν σφάλματα λόγω επαναληψιμότητας των μετρήσεων.

- **Αβεβαιότητα τύπου B** (συστηματική αβεβαιότητα) η οποία άφορα παραμέτρους της αβεβαιότητας που σχετίζονται με σφάλματα τα οποία παραμένουν σταθερά (ή υποθέτουμε ότι παραμένουν σταθερά) κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

2.3 Χαρακτηριστικά Οργάνων Μετρήσεων

Στόχος της παρούσης παραγράφου είναι να δοθούν μερικές έννοιες σχετικές με τα όργανα μετρήσεων, απαραίτητες για την ανάπτυξη που θα ακολουθήσει στις επόμενες παραγράφους.

Κατ' αρχάς τα μετρητικά όργανα μπορούν να διακριθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που παρέχουν το αποτέλεσμα της μέτρησης:

Αναλογικά, ονομάζονται τα όργανα μετρήσεων που φέρουν δείκτη κινούμενο επί βαθμονομημένης κλίμακας, οπότε παρέχονται συνεχείς τιμές του μετρούμενου μεγέθους.

Ψηφιακά, ονομάζονται τα όργανα μετρήσεων που παρέχουν το αποτέλεσμα υπό ψηφιακή μορφή, οπότε παρέχονται βηματικές ή ασυνεχείς τιμές του μετρούμενου μεγέθους.

Στη συνέχεια δίνονται οι έννοιες μερικών λειτουργικών χαρακτηριστικών των μετρητικών οργάνων:

Η **διακριτική ικανότητα** (resolution) ορίζεται ως το ελάχιστο πόσο μεταβολής του μετρούμενου μεγέθους, το οποίο μπορεί να ευαισθητοποιήσει το όργανο και κατά συνέπεια διακρίνεται από αυτό. Ας τονισθεί ότι η διακριτική ικανότητα δεν είναι σταθερή σε όλη την περιοχή λειτουργιάς του οργάνου.

Η **ευαισθησία** (sensitivity) ορίζεται ως ο λόγος της μεταβολής της ενδείξεως του οργάνου προς τη μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους. Όταν το όργανο συμπεριφέρεται γραμμικά τότε η ευαισθησία του είναι σταθερή σ' ολόκληρη τη περιοχή λειτουργιάς του.

Η **ακρίβεια** (accuracy) δείχνει την απόκλιση της ενδείξεως του οργάνου από την αληθινή τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Η ακρίβεια του οργάνου δίνεται συνήθως ως επί τοις εκατό της μεγίστης ενδείξεως του και εν γένει δεν είναι σταθερή σ' ολόκληρη τη περιοχή λειτουργιάς του.

Ο **χρόνος αποκρίσεως** (response time) είναι ο χρόνος που παρέχεται από την στιγμή που το όργανο ερεθιστεί από το μετρούμενο μέγεθος, μέχρι ότου ηρεμίσει. Επιθυμητό είναι ο χρόνος απόκρισης να είναι όσο το δυνατό ελάχιστος.

Το **Εύρος ανάγνωσης ή ένδειξης** (reading range) είναι η διαφορά μεταξύ της υψηλότερης και της χαμηλότερης δυνατότητας ένδειξης που έχει το όργανο.

Η **Ρύθμιση σημείου αναφοράς** (setting) είναι η ρύθμιση του οργάνου μέτρησης σε μία συγκεκριμένη θέση (θέση αναφοράς) που, πολλές φορές είναι η μηδενική (zero setting), με τη χρήση των προτύπων αναφοράς. Η ρύθμιση σημείου αναφοράς γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε όλα τα όργανα μέτρησης (εκτός από αυτά που δεν υπάρχει δυνατότητα, όπως οι μετρητικοί κανόνες), ώστε να διατηρούν την ακρίβειά τους.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ένα όργανο πρέπει να είναι κατάλληλα βαθμονομημένο. Η εργασία της **βαθμονόμησης** (calibration) συνίσταται στον καθορισμό της κλίμακας με βάση τιμές μετρούμενου μεγέθους. Η βαθμονόμηση γίνεται είτε χρησιμοποιώντας είτε πρότυπα, πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα, είτε παράγοντας ακριβώς γνωστές τιμές του μετρούμενου μεγέθους, είτε τέλος χρησιμοποιώντας αλλά βαθμονομημένα όργανα. Μονολότι η εργασία της βαθμονόμησης γίνεται από τους κατασκευαστές των οργάνων, ο χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να επαναλαμβάνει την εργασία της βαθμονόμησης, για τους εξής κυρίως λόγους:

- Να μπορεί να επαληθεύει το υπό του κατασκευαστή χορηγούμενο πιστοποιητικό βαθμονομήσεως.

- Να ελέγχει περιοδικά το όργανο ώστε να προλαμβάνει τυχόν σφάλματα του.

- Να μπορεί να χρησιμοποιεί όργανα για πολλαπλές λειτουργίες εφόσον είναι εφικτό. Ως παράδειγμα ας αναφέρουμε ότι με ένα μιλιβολτόμετρο συνεχούς ρεύματος και ένα κατάλληλο θερμοστοιχείο μπορεί να γίνει μέτρηση θερμοκρασίας εφόσον το μιλιβολτόμετρο βαθμονομηθεί κατάλληλα.

Τέλος ο χρήστης υποχρεωτικά κάνει την βαθμονόμηση των μετρητικών διατάξεων που ο ίδιος συγκροτεί από διαφορά όργανα μετρήσεως και λοιπές συσκευές.

2.4 Περιγραφή των οργάνων μέτρησης του μεγέθους 'ΜΗΚΟΣ'

Τα όργανα μέτρησης μήκους ταξινομούνται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

Όργανα Απευθείας Μετρήσεως και Όργανα Συγκριτικής Μετρήσεως

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζονται τα εξής όργανα απευθείας μέτρησης:

ο Κανόνας, το Παχύμετρο, το Μικρόμετρο, οι Μετρητές Ύψους Βάθους και Πάχους και οι Κωνικοί Κανόνες Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου.

Επίσης παρουσιάζονται και τα εξής όργανα συγκριτικής μετρήσεως:

το Μετρητικό Ρολόι, ο Μετρητικός Βραχίονας, οι Διαβήτες (Κουμπάσα), Ηλεκτρομηχανικά και Ηλεκτρονικά Όργανα Συγκριτικών Μετρήσεων, Πνευματικά Όργανα Συγκριτικών Μετρήσεων και ο Οπτικός Συγκριτής

2.4.1 Μεταλλικός Μετρητικός Κανόνας



Εικ.2.1 Μεταλλικός κανόνας με τέσσερις κλίμακες

Κατασκευάζονται από υψηλής ποιότητας χάλυβα και είναι συνήθως ορθογώνιοι. Είναι βαθμονομημένοι είτε σε χιλιοστά (mm), είτε σε ίντσες (inch) ενώ υπάρχουν και κανόνες που έχουν βαθμονομηθεί και με τις δυο παραπάνω κλίμακες.

Επειδή οι σημερινοί κανόνες ακριβείας βαθμονομούνται με μεθόδους φωτοχάραξης βαθμονομούνται με τέσσερις κλίμακες, δυο σε κάθε πλευρά, με υποδιαιρέσεις το πολύ ανά 0,5mm για το μετρικό σύστημα, ενώ για το αγγλοσαξονικό η μικρότερη υποδιάρθρωση είναι είτε το 1/64 είτε το 1/100 της ίντσας.

Φτάνουν σε μήκος μέχρι και 5m ενώ κατασκευάζονται στα παρακάτω πάχη:

- εύκαμπτοι με πάχος 0,4-0,5 mm
- ημιεύκαμπτοι με πάχος 0,5-0,6 mm
- άκαμπτοι με πάχος 1,2 mm
- βαρέου τύπου με πάχος 2,5 mm

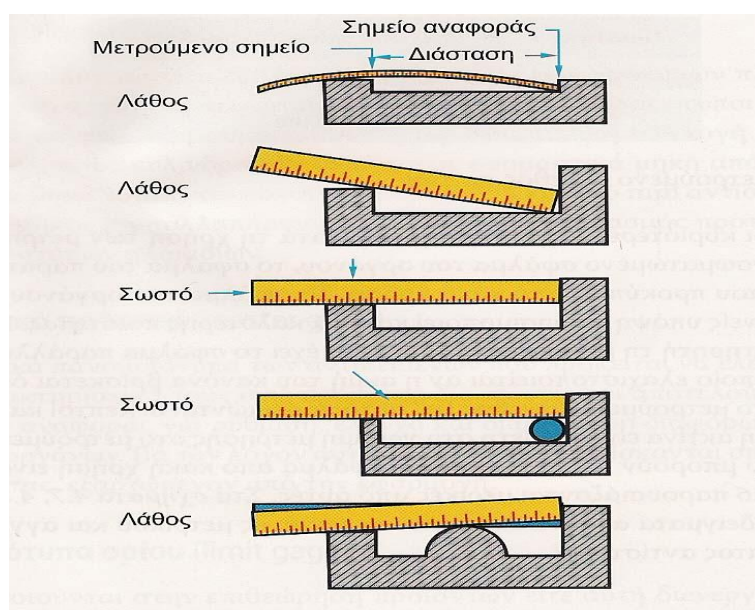
Εκτός από τους κοινούς μεταλλικούς κανόνες υπάρχουν και οι ανοξείδωτοι οι όποιοι αντέχουν περισσότερο σε σκληρή χρήση και χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε διαβρωτικό περιβάλλον.

Η επιθεώρηση της ακρίβειας των κανόνων γίνεται με τη χρήση ράβδων επιθεώρησης, οι οποίες έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις τυποποιήσεις του Διεθνούς Γραφείου Μέτρων και Σταθμών.

Οι κανόνες χρησιμοποιούνται ευρέως στο σχεδιαστικό τομέα, αλλά είναι ακατάλληλοι για τον έλεγχο παραγωγής, λόγω της μικρής διακριτικής ικανότητας και των μεγάλων σφαλμάτων που προέρχονται από εσφαλμένη χρήση. Ακόμα και αν η κλίμακα είναι καλής ποιότητας λάθος τοποθέτηση ή λάθος παρατήρηση μπορούν να δώσουν αρκετά μεγάλα σφάλματα. Ο κανόνας πρέπει να είναι παράλληλος στη μετρούμενη διάσταση, όσο το δυνατό πιο κοντά στον άξονά της και η ανάγνωση να γίνεται κάθετα στη γραμμή μέτρησης στο μετρούμενο σημείο.

Στη μέτρηση με κανόνα συνίσταται να μην χρησιμοποιείται σαν αρχή το 'μηδέν' του κανόνα αλλά μια άλλη διαίρεση του γιατί η άκρη του κανόνα μπορεί να είναι φθαρμένη.

Παρακάτω δίνεται ένα σχήμα για καλύτερη επεξήγηση.



Σχ.2.1 Σωστή και λανθασμένη τοποθέτηση του κανόνα. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Για τη διευκόλυνση της ορθής χρήσης του κανόνα, αλλά και για κάποιες εφαρμογές στις οποίες θα ήταν αρκετά δύσκολη η χρήση του απλού κανόνα, έχουν κατασκευαστεί συμπληρωματικά εξαρτήματα, όπως:

- Άγκιστρα
- Σφιγκτήρες με κορμό και παράλληλοι σφιγκτήρες
- Στηρίγματα ποδιών
- Τετραγωνικές κεφαλές και διατάξεις εντοπισμού κέντρου

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μετρητικός κανόνας εφοδιασμένος με εξαρτήματα για αρκετές εφαρμογές μέτρησης (combination set):



Εικ.2.2 Σύνθετος κανόνας με γωνιά, μοιρογνωμόνιο κεντρογωνιά

Οι κοινοί μεταλλικοί μετρητικοί κανόνες μετά την χρήση τους δεν πρέπει να αφήνονται ακαθάριστοι ούτε εκτεθειμένοι στην ατμόσφαιρα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η φθορά των διαιρέσεων τους, η οξείδωση τους και γενικά η μεταβολή του μήκους τους.

Για χρήση μεγαλύτερων μηκών υπάρχουν οι μετρητικές ταινίες. Κατασκευάζονται από μεταλλικό έλασμα μέχρι 10m ή από ύφασμα με μήκος μέχρι και 20m.



Εκ. 2.3 Μετρητική ταινία

Παροχές τις δυσκολίες ορθής χρήσης, τη μικρή διακριτική ικανότητα και τα μεγάλα σφάλματα οι μετρητικοί κανόνες και οι ταινίες χρησιμοποιούνται ευρέως. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι εξαιρετικά απλά όργανα και δίνουν άμεσα αποτέλεσμα. Η χρήση τους δεν χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις, ενώ αν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια το αποτέλεσμα που δίνουν δεν χρειάζεται να φιλτραριστεί από περαιτέρω μετρήσεις με άλλα όργανα.

2.4.2 Παχύμετρο (vernier caliper)

Το στοιχείο που δίνει μεγάλη αξία στο παχύμετρο είναι η βοηθητική κλίμακα που ονομάζεται **Βερνιέρος**. Η κλίμακα αυτή που με τη χρήση της οποίας αυξάνεται η διακριτική ικανότητα, επομένως και η ακρίβεια της μέτρησης, είναι μια σπουδαία και πολύ χρήσιμη επινόηση και χρησιμοποιείται όχι μόνο στα παχύμετρα αλλά και σε άλλα όργανα.



Εικ.2.4 Παχύμετρο με βερνιέρο

Το παχύμετρο αποτελείται από δυο μέρη:

-Το σταθερό μέρος που αποτελεί κανόνα και φέρει την κύρια κλίμακα ενώ καταλήγει σε δυο αντιδιαμετρικά ράμφη. Ο κανόνας φέρει στο κάτω μέρος του χαραγμένες υποδιαίρέσεις του μέτρου και στο επάνω μέρος υποδιαίρέσεις της ίντσας ενώ υπάρχουν και παχύμετρα μιας κλίμακας.

-Το κινητό που φέρει την κλίμακα του βερνιέρου και δυο αντιδιαμετρικά ράμφη αντίστοιχα με αυτά του σταθερού μέρους. Στο κινητό μέρος μπορεί να υπάρχει και ένα προσαρμοσμένο στέλεχος για μέτρηση βάθους.

Η απόσταση των χαραγών της κλίμακας βερνιέρου είναι μικρότερη από την απόσταση των χαραγών της κύριας κλίμακας. Πιο συγκεκριμένα αν η κύρια κλίμακα έχει μήκος υποδιαίρεσης δ_k , τότε το μήκος υποδιαίρεσης του βερνιέρου θα είναι:

$$\delta_\beta = \frac{(n-1)\delta_k}{n},$$

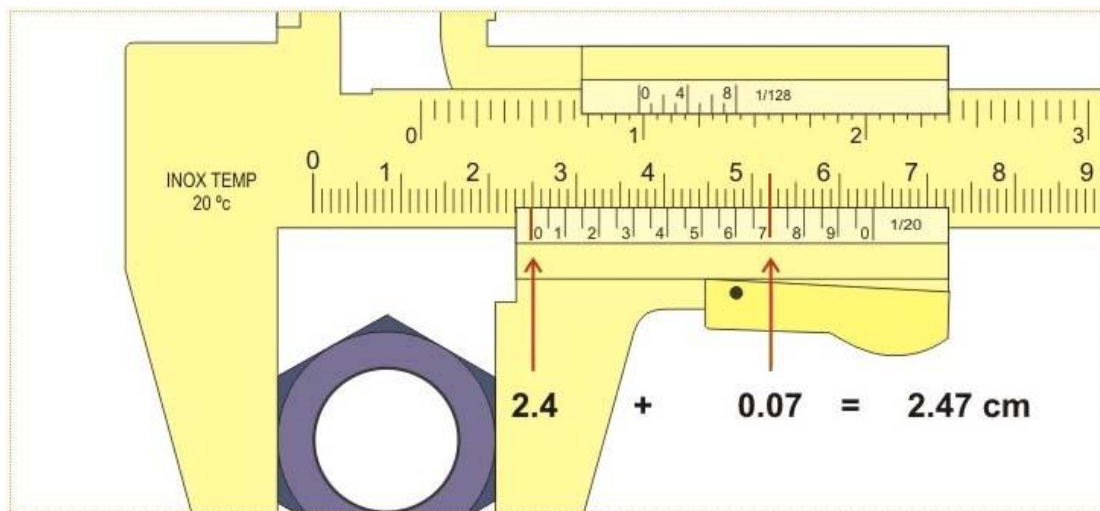
όπου n είναι το πλήθος υποδιαίρεσεων της κλίμακας βερνιέρου.

Επομένως η ελάχιστη απόσταση που μπορεί να διαβαστεί είναι:

$$\alpha = \delta_{\kappa} - \delta_{\beta} = \delta_{\kappa} / n.$$

Για να διαβάσουμε την ένδειξη του παχύμετρου, πρώτα διαβάζουμε την κύρια κλίμακα μέχρι την υποδιαίρεση πριν το '0' της κλίμακας βερνιέρου. Στη συνέχεια βρίσκουμε πια χαραγή της κλίμακας του βερνιέρου συμπίπτει πλήρως με κάποια χαραγή της κύριας κλίμακας και προσθέτουμε στην προηγούμενη ανάγνωση.

Παρακάτω δίνεται ένα σχήμα που δείχνει τον τρόπο ανάγνωσης.



Σχ.2.2 Μέτρηση με παχύμετρο

Η διακριτική ικανότητα του παχύμετρου είναι 0,02 mm για μέτρηση στο διεθνές σύστημα μονάδων ενώ για τις μετρήσεις στο αγγλοσαξονικό σύστημα χρησιμοποιούνται παχύμετρα δυο βαθμών ακριβείας:

-παχύμετρο με διακριτική ικανότητα 1/128 inch όπου το διάστημα των επτά διαιρέσεων του 1/16 διαιρείται σε οχτώ ίσα μέρη. Άρα κάθε υποδιαίρεση του βερνιέρου θα είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του κανόνα κατά 1/128 inch.

-παχύμετρο με διακριτική ικανότητα 0,001 inch όπου το διάστημα 24/40 inch διαιρείται σε 25 υποδιαίρεσεις. Άρα κάθε υποδιαίρεση του βερνιέρου θα είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του κανόνα κατά 1/1000 inch.

Τα παχύμετρα χρησιμοποιούνται για μέτρηση εσωτερικών και εξωτερικών διαστάσεων ενώ υπάρχει ποικιλία διαμόρφωσης ραμφών για μέτρηση σε ειδικές θέσεις.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ένα ηλεκτρονικό παχύμετρο (electronic caliper) και ένα με μετρητικό ρολόι (dial caliper)

Η **διακριτική ικανότητα** του ηλεκτρονικού παχυμέτρου είναι **0,0005"** στο αγγλοσαξονικό και **0,01 mm** στο διεθνές σύστημα.



Εικ.2.5 Ηλεκτρονικό παχύμετρο και παχύμετρο με μετρητικό ρολόι

Κατά την μέτρηση με παχύμετρο πρέπει να έχουμε υπόψη τα παρακάτω:

-Η τοποθέτηση του δοκιμίου ανάμεσα στα ράμφη δεν πρέπει να γίνεται στην άκρη αλλά όσο γίνεται πιο μέσα.

-Το δοκίμιο πρέπει να έρχεται σε επαφή με τις επιφάνειες των ραμφών και όχι με τις ακμές τους.

-Τα ράμφη δεν πρέπει να σφίγγονται με δύναμη πάνω στο δοκίμιο.

-Η ένδειξη πρέπει να διαβάζεται με το μάτι πάνω από την ένδειξη και όχι στα πλάγια.

Τέλος σχετικά με την συντήρηση των παχυμέτρων πρέπει να γνωρίζουμε ότι ελέγχεται ο παραλληλισμός των ραμφών με την επαφή τους (θέση μηδέν) και την τοποθέτηση τους μπροστά από φωτεινή πηγή οπότε ελέγχεται το πάχος αρμού, ενώ ο έλεγχος ακριβείας γίνεται με συγκριτική μέτρηση με ένα διακριβωμένο δοκίμιο.

2.4.3 Μετρητής ύψους και βάθους

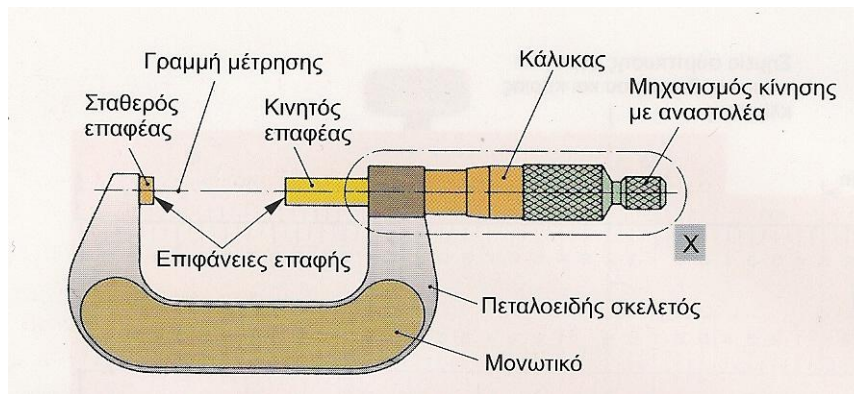
Η αρχή λειτουργίας και η ανάγνωση της ένδειξης της μέτρησης είναι ίδιες με αυτές του παχυμέτρου. Ομοίως με τα παχύμετρα υπάρχουν και ηλεκτρονικά όργανα με ψηφιακή ένδειξη και διακριτική ικανότητα 0,01 mm / 0,0005 in



Εικ.2.6 Ηλεκτρονικός μετρητής βάθους και ύψους

2.4.4 Μικρόμετρο (micrometer)

Η λειτουργία των μικρομέτρων στηρίζεται στην αρχή της σχετικής κίνησης κοχλία-περικοχλίου. Πιο συγκεκριμένα το μικρόμετρο χρησιμοποιεί την αξονική μετατόπιση του κοχλία για την πραγματοποίηση της μέτρησης. Μία πλήρης περιστροφή του κοχλία, με σταθερό περικόχλιο, αντιστοιχεί σε αξονική μετατόπιση ίση με το βήμα του σπειρώματός του. Για παράδειγμα αν το βήμα του κοχλία είναι 1mm, μία πλήρης περιστροφή του αντιστοιχεί σε αξονική μετατόπιση 1mm.

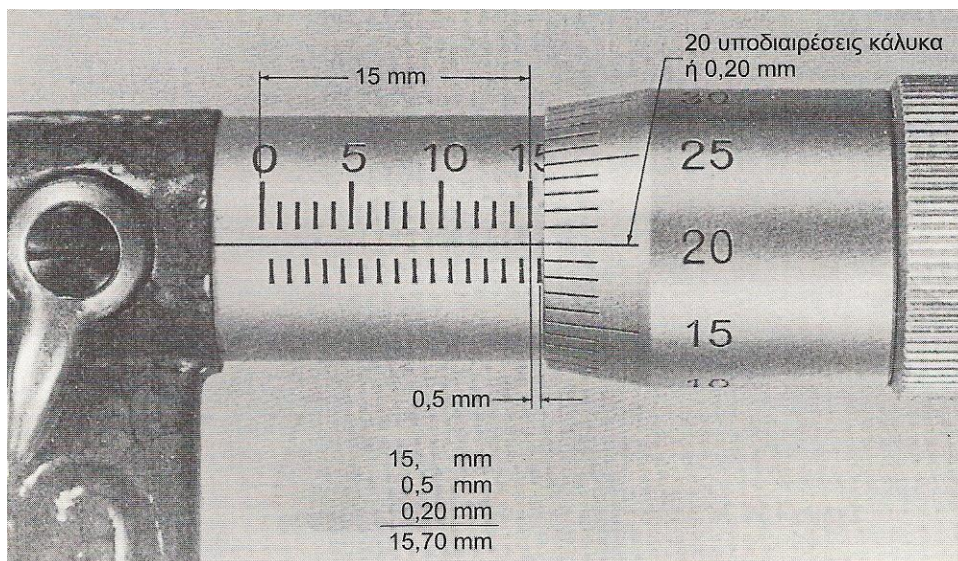


Σχ.2.3 Μικρομέτρου με περιγραφή των εξαρτημάτων. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Ο κινητός επαφάς αποτελεί συνέχεια του κοχλία, ενώ το σταθερό περικόχλιο αποτελεί κυλινδρικό κανόνα. Η μικρότερη διαβάθμιση του κανόνα συνήθως είναι ίση με το βήμα του κοχλία. Ο κάλυκας φέρει και αυτός περιφερειακή διαβάθμιση (συνήθως 50 χαραγές), η οποία αντιστοιχεί στη μερική περιστροφή του κοχλία.

Για παράδειγμα για βήμα κοχλία 1mm και 50 χαραγές περιφερειακής διαβάθμισης, κάθε χαραγή αντιστοιχεί σε $1/50=0,02\text{mm}$.

Για την πραγματοποίηση της μέτρησης τοποθετούμε το τεμάχιο ανάμεσα στον κινητό και το σταθερό επαφάς, έτσι ώστε να ακουμπά στον σταθερό και ο άξονας της προς μέτρηση διάστασης να βρίσκεται σε ευθυγραμμία με τον άξονα των επαφών. Στη συνέχεια περιστρέφουμε τον κάλυκα μέχρις ότου ο κινητός επαφάς ακουμπήσει το τεμάχιο και χρησιμοποιούμε το μηχανισμό κίνησης με αναστολέα (καστάνια), ώστε ο επαφάς να ακουμπήσει πιο γερά το τεμάχιο, χωρίς όμως την άσκηση υπερβολικής δύναμης, η οποία θα μπορούσε να αλλοιώσει το αποτέλεσμα.



Εικ.2.7 Τρόπος ανάγνωσης μικρομέτρου. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Τα μικρόμετρα μετρούν διαστάσεις έως και 500mm, με εύρος μέτρησης 25mm. Αν το εύρος είναι διαφορετικό του 0-25mm, για τη ρύθμιση του σημείου αναφοράς (setting) απαιτείται η χρήση βοηθητικού προτύπου αναφοράς (ράβδος ή πλακίδιο).

Η ακρίβεια του μικρομέτρου εξαρτάται από το βήμα του κοχλία και την περιφερειακή διαβάθμιση του κάλυκα, δηλαδή είναι $\alpha = \delta_k / n$, όπου δ_k το βήμα και n οι χαραγές του κάλυκα (π.χ. για $\delta_k = 1\text{mm}$ και $n = 50$ τότε $\alpha = 0,02\text{mm}$).

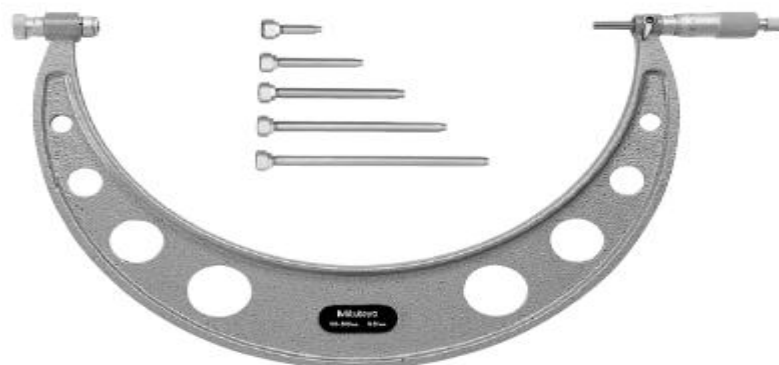
Η διακριτικότητα τους, φτάνει μέχρι και 0,01mm, εκτός κι αν είναι εφοδιασμένα με βερνιέρο, οπότε γίνεται 0,001mm.



Εικ.2. 8 Μικρόμετρο με βερνιέρο.

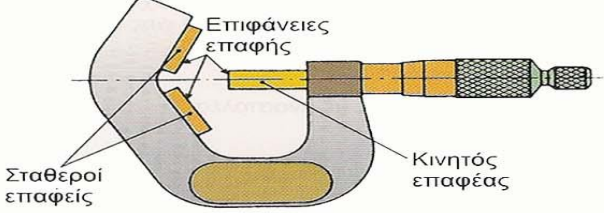
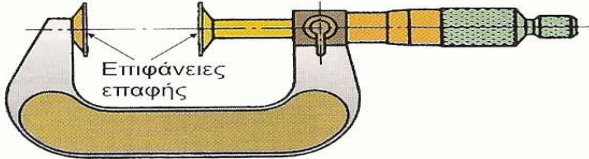
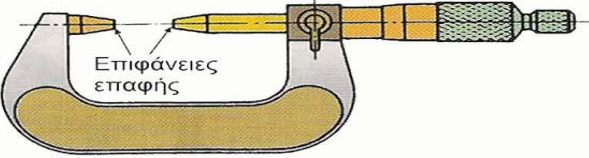
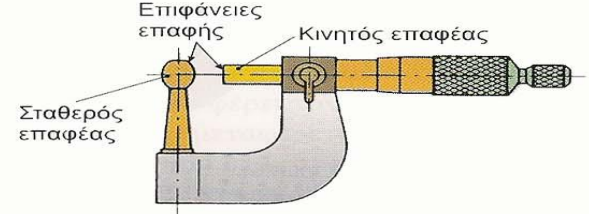
Τα μικρόμετρα χρησιμοποιούνται για μετρήσεις εξωτερικών και εσωτερικών διαστάσεων, μέτρηση βάθους και με τη χρήση κατάλληλων επαφών για μέτρηση σπειρωμάτων, χαρακτηριστικών οδοντωτών τροχών, πάχους σωλήνων, ακόμα και για μέτρηση πολυωνυμικών καμπυλών (splines).

Λόγω της κατασκευής τους για κάθε διαφορετική μέτρηση χρειάζεται και διαφορετικό μικρόμετρο, ενώ λόγω του μικρού τους εύρους (0-25mm, 25-50mm, 50-75mm κλπ) για μετρήσεις σε διαφορετικά φάσματα, απαιτούνται διαφορετικά μικρόμετρα. Βέβαια υπάρχουν και μικρόμετρα που καλύπτουν περισσότερα φάσματα μέτρησης με εναλλαγή επαφών.



Εικ.2. 9 Μικρόμετρο με επαφείς για κάλυψη περισσότερων φασμάτων μέτρησης

Στο παρακάτω σχήματα φαίνονται διάφοροι τύποι μικρομέτρων και οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται, δείχνοντας έτσι την πολύ μεγάλη ποικιλία τους.

Τύποι μικρομέτρων	Εφαρμογή
	Έλεγχος κυκλικότητας
	Μέτρηση χαρακτηριστικών οδοντωτών τροχών
	Μέτρηση Splines
	Μέτρηση πάχους σωληνώσεων

Σχ.2.4 είδη μικρομέτρων

Όπως και τα παχύμετρα έτσι και τα μικρόμετρα παρέχουν ψηφιακή ένδειξη με διακριτική ικανότητα 0,001 mm/ 0,00005 inch



Εικ.2.10 Ηλεκτρονικό μικρόμετρο



Εικ. 2.11 Ηλεκτρονικό Μικρόμετρο μέτρησης βάθους και Μικρόμετρο εσωτερικών διαστάσεων τριών επαφών με ικανότητα αυτοκεντραρίσματος

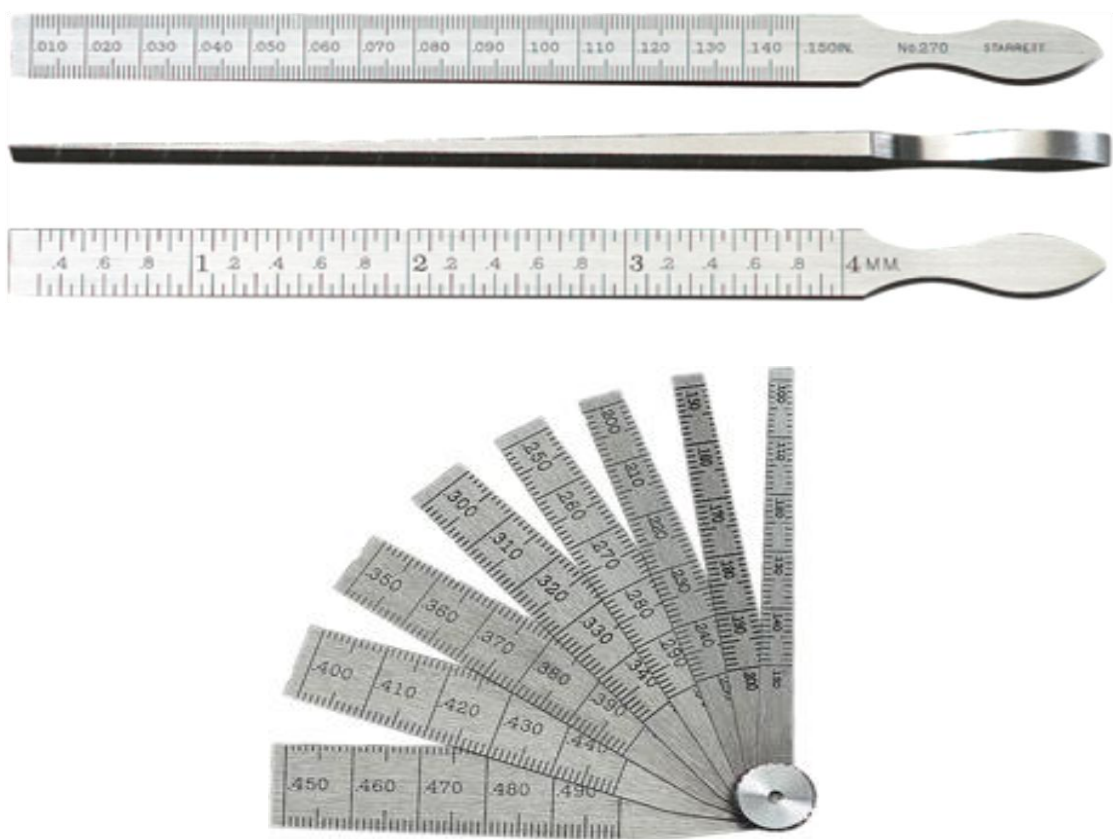
Τα μικρόμετρα όπως είδαμε προσφέρουν αρκετά μεγάλη ακρίβεια μετρήσεων (εξάλλου ικανοποιούν την αρχή του Abbe) και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τομέων με απαιτήσεις για διαστατικές μετρήσεις. Η χρήση τους είναι αρκετά απλή και η ανάγνωση του αποτελέσματος, ειδικά στα ψηφιακά, πολύ εύκολη. Επίσης, αντίθετα με άλλα όργανα μέτρησης αντίστοιχης ακριβείας, μεταφέρονται εύκολα.

Το μειονέκτημά τους έγκειται στο γεγονός ότι κάθε είδος μικρομέτρου καλύπτει ένα πολύ περιορισμένο φάσμα μετρήσεων, ως προς το είδος της μέτρησης, αλλά και το μέγεθος της μετρούμενης διάστασης. Ένα ακόμα μειονέκτημα σε σχέση με τα προηγούμενα όργανα απευθείας μέτρησης είναι ότι για τη ρύθμιση του σημείου αναφοράς απαιτείται βοηθητικός εξοπλισμός, οπότε υπάρχει και άλλος ένας παράγοντας που μπορεί να παράγει σφάλμα λόγω κακής χρήσης. Όπως και στο παχύμετρο η λανθασμένη χρήση (μη ευθυγράμμιση τεμαχίου-μικρομέτρου, λανθασμένη ρύθμιση σημείου αναφοράς, κακή συντήρηση) μπορεί να παράγει μεγάλα σφάλματα.

Παρόλα τα παραπάνω μειονεκτήματα, λόγω της ευχρηστίας, του μεγέθους του, αλλά και της ακρίβειας που προσφέρει το μικρόμετρο συνεχίζει να χρησιμοποιείται ευρέως στις μετρήσεις και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας συνεχίζονται οι προσπάθειες για την τελειοποίησή του.

2.4.5 Κωνικοί κανόνες για μέτρηση εσωτερικών διαμετρών και Μετρητής πάχους

Ένα αρκετά εύχρηστο και απλό όργανο το οποίο παρέχει γρήγορη μέτρηση είναι και ο κωνικός κανόνας μέτρησης εσωτερικών διαμετρών με διακριτική ικανότητα 0,02 mm/0,001 inch ο οποίος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



Εικ. 2.12 Κωνικοί κανόνες

ενώ το ίδιο εύχρηστο και απλό όργανο είναι και ο μετρητής πάχους ο οποίος είναι εφοδιασμένος με μετρητικό ρολόι με διακριτική ικανότητα 0,01 mm και εύρος μέτρησης 0-10 mm

το πλεονέκτημα του συγκεκριμένου οργάνου είναι ότι η πίεση μεταξύ των επαφών του οργάνου και του δοκιμίου δεν εξαρτάτε από τον χειριστή.



Εικ. 2.13 Μετρητής πάχους

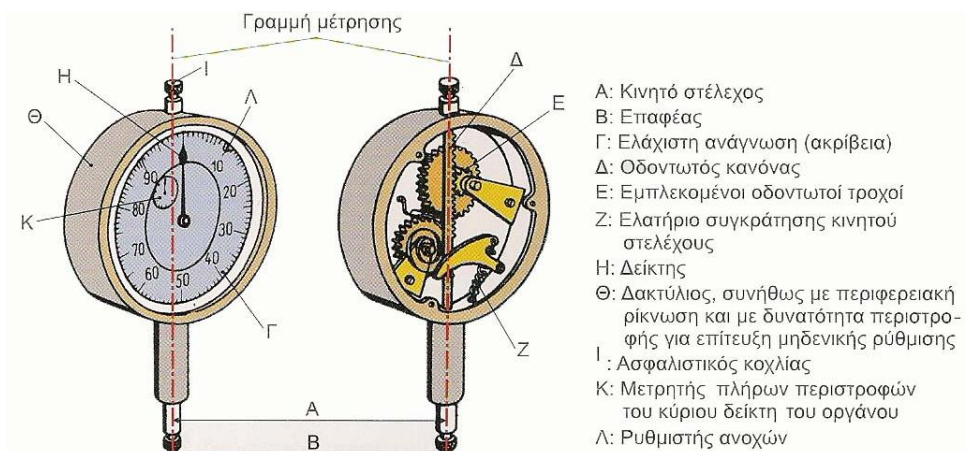
2.4.6 Μετρητικό Ρολόι

Το μετρητικό ρολόι είναι το πιο γνωστό όργανο συγκριτικών μετρήσεων.

Ο μηχανισμός του οργάνου βρίσκεται κλεισμένος μέσα σε μια θήκη. Εξωτερικά φαίνεται μόνο μια πλακά με αριθμημένες υποδιαίρεσεις και ένας δείκτης ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται δεξιά και αριστερά.

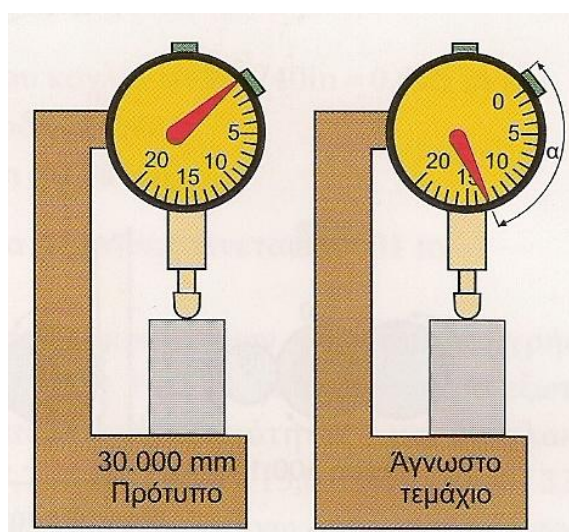
Στο κάτω μέρος της θήκης υπάρχει ένα πειράκι το οποίο πιέζεται συνεχώς προς τα κάτω με ένα ελατήριο που βρίσκεται εσωτερικά του οργάνου. Το πειράκι αυτό που καταλήγει σε σφαιρικό επαφέα, όταν πιέζεται ενεργεί στο μηχανισμό του οργάνου και στρέφεται ο δείκτης.

Η κίνηση του αξονίσκου πολλαπλασιάζεται με σειρά μοχλών και οδοντωτών τροχών έτσι ώστε και η παραμικρή κίνηση του επαφέα να είναι ευκρινής στο αναλόγιο.



Σχ.2.5 Σχήμα μετρητικού ρολογιού με περιγραφή των εξαρτημάτων. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Η μέτρηση με το μετρητικό ρολόι γίνεται όπως και στα υπόλοιπα συγκριτικά όργανα μέτρησης. Αρχικά τοποθετούμε το πρότυπο πλακίδιο στη βάση (ώστε το ύψος να αποτελεί τη ζητούμενη πρότυπη διάσταση) και χαμηλώνουμε τον επαφέα μέχρις ότου ακουμπήσει την πάνω πλευρά του προτύπου (αυτό φαίνεται διότι ο δείκτης του αναλογίου αρχίζει να μετακινείται). Σταθεροποιούμε το ρολόι και μηδενίζουμε την ένδειξη. Στη συνέχεια αφαιρούμε το πρότυπο πλακίδιο και τοποθετούμε προσεκτικά στη θέση του το προς μέτρηση τεμάχιο. Η ένδειξη του ρολογιού αποτελεί τη διαφορά των δύο τεμαχίων, επομένως γνωρίζοντας την πρότυπη διάσταση μπορούμε να υπολογίσουμε τη ζητούμενη. Υπάρχουν ρολόγια που μετρούν μόνο θετική μετατόπιση καθώς και ρολόγια που μετρούν και αρνητική μετατόπιση. Παρακάτω δίνεται ένα σχήμα για καλύτερη επεξήγηση της διαδικασίας μέτρησης.



Σχ.2. 6 Μέθοδος μέτρησης με μετρητικό ρολόι. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Η διακριτική ικανότητα των αναλογικών μετρητικών οργάνων είναι 0,001 mm ενώ των ψηφιακών 0,01 mm / 0,0005 in .

Το εύρος μέτρησης είναι συνήθως 12,5 mm.



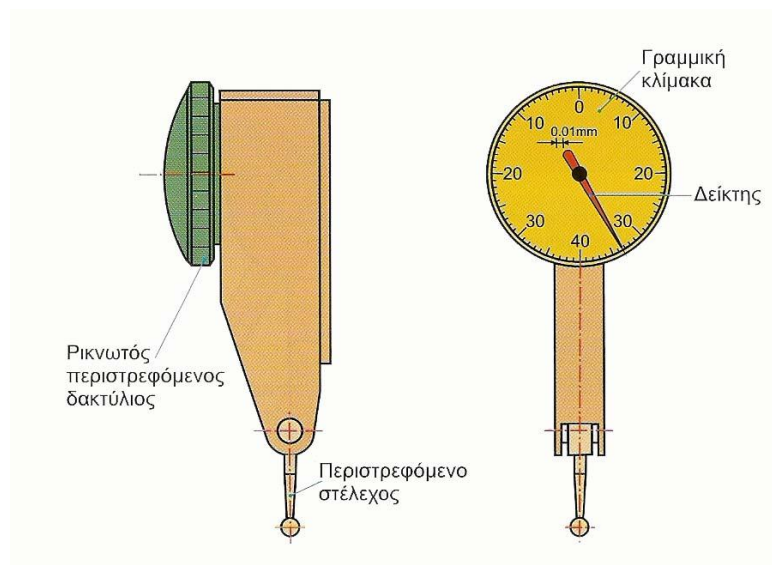
Εικ. 2.14 Αναλογικό και ψηφιακό ρολόι



Εικ. 2.15 Μαγνητική βάση μετρητικού ρολογιού

2.4.7 Μετρητικός Βραχίονας

Η λειτουργία του μετρητικού βραχίονα (lever gauge) είναι παρόμοια με αυτή του μετρητικού ρολογιού, με διαφορά ότι ο πρώτος φέρει μοχλό, ο οποίος μέσω της περιστροφής δίνει κίνηση στα γρανάζια για τη δημιουργία της ένδειξης, ενώ το ρολόι φέρει οδοντωτό κανόνα για την ίδια λειτουργία. Μέσω του μακρύ βραχίονα μπορεί να φτάσει σε θέσεις μη προσιτές από άλλα όργανα.



Σχ.2.7 Σχήμα μετρητικού βραχίονα με περιγραφή εξαρτημάτων. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Το στέλεχος, που φέρει σφαιρικό επαφή, μπορεί να κινείται σε δύο αντίθετες κατευθύνσεις ως προς το σημείο αναφοράς. Οι χρήσεις του είναι παρόμοιες με αυτές του ρολογιού με πλεονέκτημα τη μέτρηση σε δυσπρόσιτες θέσεις.

Το εύρος μέτρησης του μετρητικού βραχίονα είναι συνήθως 0,8mm και η διακριτική του ικανότητα του 0,01mm. Υπάρχουν όμως και μετρητικοί βραχίονες με διακριτική ικανότητα 0,002 mm όμως το εύρος μέτρησης είναι μόλις 0,2 mm



Εικ. 2.16 Μετρητικός βραχίονας

2.4.8 Διαβήτες (Κουμπάσα)

Οι διαβήτες αποτελούν το πιο παλιό όργανο συγκριτικής μέτρησης. Υπάρχουν διαβήτες για εσωτερική μέτρηση και για εξωτερική μέτρηση ενώ υπάρχει μεγάλη ποικιλία σχήματος των σκελών και των ακρών τους.

Προκειμένου για μέτρηση ενός αντικείμενου περνούμε την διάσταση του και την μεταφέρουμε σε ένα μετρητικό όργανο όπως κανόνα, παχύμετρο ή μικρόμετρο ενώ για κατασκευή ενός αντικείμενου περνούμε την διάσταση από το όργανο μέτρησης ή από πρότυπο δοκίμιο και την μεταφέρουμε στο αντικείμενο και με την βοήθεια χαράκτη γίνεται η χάραξη των ορίων του αντικείμενου ώστε στη συνέχεια να γίνει η τελική διαμόρφωση του με την χρήση κατάλληλων εργαλειομηχανών.

Φυσικά απαιτείται γνώση και εμπειρία στον χειρισμό των διαβητών προκειμένου να γίνεται σωστή λήψη της διάστασης και ακριβής ανάγνωση της στο μετρητικό όργανο.



Εικ. 2.17 Κουμπάσα

Με σωστή χρήση των διαβητών μπορούν να ληφθέν διαστάσεις με ακριβιά 0,01 mm / 0,004 in.

2.4.9 Ηλεκτρομηχανικά και ηλεκτρονικά όργανα συγκριτικών μετρήσεων

Τα ηλεκτρομηχανικά και ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης χρησιμοποιούνται όπως και τα μηχανικά όργανα, απλά η λειτουργία τους δεν στηρίζεται σε μηχανολογικούς μηχανισμούς (π.χ. γρανάζια για μεταφορά και μεγέθυνση της μετατόπισης), αλλά μέσω ηλεκτρολογικών διατάξεων, οι οποίες προκαλούν, ανάλογα με τη μετατόπιση του επαφέα, μεταβολή στο ηλεκτρικό ρεύμα ή την τάση. Αυτές οι μεταβολές ενισχύονται κατάλληλα και εμφανίζονται στην ένδειξη του οργάνου. Πολλά ηλεκτρομηχανικά όργανα μέτρησης αποτελούν εξέλιξη των αντίστοιχων μηχανικών οργάνων και έχουν αναφερθεί και στις προηγούμενες ενότητες, όπως για παράδειγμα το ψηφιακό παχύμετρο, μικρόμετρο κλπ.

Τα ηλεκτρομηχανικά όργανα μέτρησης για να μετατρέψουν τη μετατόπιση του επαφέα σε μεταβολή ηλεκτρικού ρεύματος ή τάσης χρησιμοποιούν ηλεκτρομηχανικούς μετατροπείς, όπως οι παρακάτω:

- Μεταβολή της ηλεκτρικής χωρητικότητας μεταξύ δύο μεταλλικών πλακών, που προκαλείται από μεταβολή της μεταξύ τους απόστασης.

- Μεταβολή της αντοχής ενός καλωδίου, οφειλόμενη σε μηχανικές τάσεις.

- Μεταβολή στην ηλεκτρική αντίσταση, η οποία προκαλείται από μεταβολή της θέσης ενός κινητού επαφέα.

- Μεταβολή από αυτεπαγωγή ή αμοιβαία επαγωγή, που προκαλείται από ένα κινούμενο μαγνητικό σώμα.

- Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από την κάμψη ενός πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου.

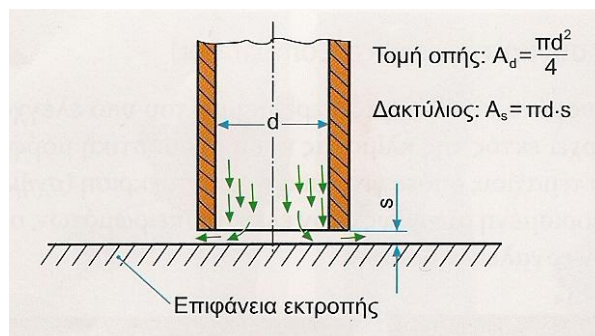
Με τη χρήση της παραπάνω τεχνολογίας και την παράλληλη ανάπτυξη κατάλληλων λογισμικών, έχουν κατασκευαστεί όργανα με πολύ μεγάλη ακρίβεια και ευχρηστία, ενώ και τα παραδοσιακά όργανα έχουν αναβαθμιστεί, λόγω της εύκολης ψηφιακής ανάγνωσης που προσφέρουν. Πλέον ακόμα και τα συγκριτικά όργανα μέτρησης είναι σε θέση να δώσουν απ' ευθείας αποτέλεσμα μέσω των χρησιμοποιούμενων λογισμικών. Τα ηλεκτρομηχανικά όργανα, είτε ως νέες δημιουργίες-διατάξεις μέτρησης, είτε ως απλή εξέλιξη των παλαιότερων μηχανικών οργάνων, χρησιμοποιούνται ευρέως, κυρίως στη μαζική παραγωγή, όπου απαιτείται γρήγορος και αξιόπιστος έλεγχος των παραγομένων τεμαχίων.



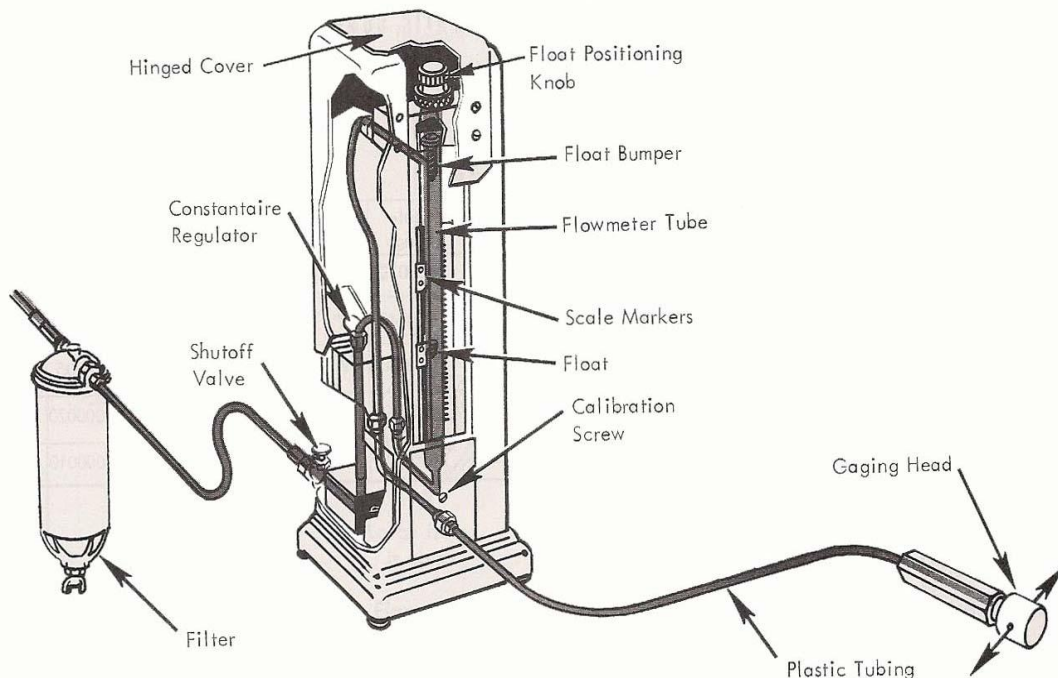
Εικ. 2.18 Ηλεκτρονικός συγκροτείς.

2.4.10 Πνευματικά Όργανα Συγκριτικών Μετρήσεων

Η λειτουργία των πνευματικών συστημάτων (air gauge) στηρίζεται στη χρήση και τη μέτρηση του διερχόμενου πεπιεσμένου αέρα. Ο όγκος της ροής αέρα μέσα από έναν αγωγό καθορίζεται από τη στενότερη διατομή του. Έτσι, υπό τη συνθήκη ότι η στενότερη διατομή δημιουργείται μεταξύ του ακροφυσίου και του τεμαχίου, μπορεί να υπολογιστεί μέσω της μέτρησης των μεταβλητών του αέρα η ζητούμενη διάσταση. Παρακάτω δίνεται σχήμα με τη βασική αρχή λειτουργίας που μόλις περιγράφηκε.



Σχ.2.8 Αρχή λειτουργίας του πνευματικού συγκριτή. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)



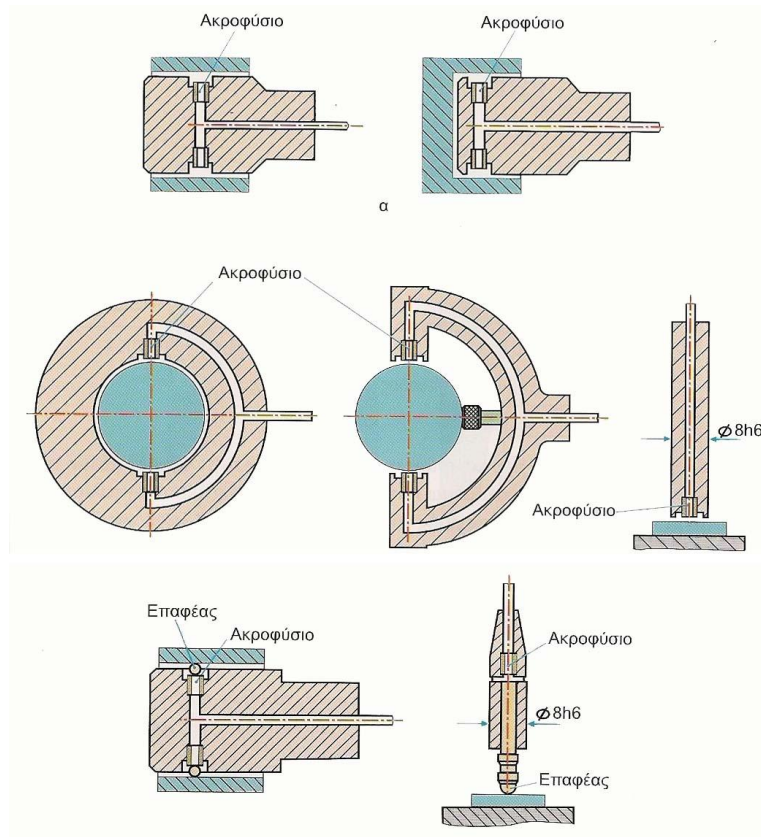
Σχ. 2.9 Σχήμα συστήματος πνευματικού συγκριτή. (Busch, Harlow, & Thompson, 1998)

Στους πνευματικούς συγκριτές η μέθοδος μέτρησης εξαρτάται από τη μετρούμενη μεταβλητή του αέρα, η μεταβολή της οποίας μετασχηματίζεται στην ανάλογη μεταβολή της ζητούμενης διάστασης. Υπάρχουν διάφορες διατάξεις που μετρούν διαφορετικές μεταβλητές, οι οποίες είναι:

- Μεταβολή ογκομετρικής ροής του αέρα
- Μεταβολή πίεσης μέσω ακροφυσίων
- Μεταβολή της ταχύτητας ροής του αέρα

Επίσης υπάρχουν όργανα υψηλής πίεσης, αλλά και χαμηλής πίεσης για περιπτώσεις τεμαχίων με λεπτά τοιχώματα. Ακόμα υπάρχουν αισθητήρες που λειτουργούν χωρίς να έρθουν σε επαφή με το τεμάχιο και αισθητήρες επαφής. Τα παραπάνω καθορίζονται από το είδος του τεμαχίου (π.χ. τραχιές επιφάνειες απαιτούν χρήση αισθητήρα επαφής, επιφάνειες μικρότερες του ακροφυσίου απαιτούν αισθητήρα επαφής).

Οι πνευματικοί συγκριτές χρησιμοποιούνται κυρίως για μετρήσεις οπών, πολύ στενών διακένων, καθώς και στον έλεγχο συναρμολογημένων κομματιών. Η διακριτική τους ικανότητα φθάνει τα 0,001mm.



Σχ.2.10 Σχήμα με διάφορους τύπους πνευματικών συγκριτών, με επαφή και χωρίς επαφή με το τεμάχιο. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

2.4.11 Οπτικά Όργανα Συγκριτικών Μετρήσεων

Οι οπτικοί συγκριτές (optical comparators) ουσιαστικά μεγεθύνουν το τεμάχιο, λειτουργώντας ως μικροσκόπια. Προβάλλουν στην οθόνη το περίγραμμα του τεμαχίου. Στην οθόνη, εκτός της κλίμακας, μπορεί να υπάρχει και η ονομαστική μορφή με τις ανοχές του τεμαχίου, προσφέροντας τη δυνατότητα άμεσης σύγκρισης. Συνήθως χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο σπειρωμάτων, οδοντωτών τροχών και κοπτικών εργαλείων μορφής.



Εικ. 2.20 Οπτικός συγκριτής.

2.4.12 Μηχανές Μέτρησης Συντεταγμένων CMM

Οι μηχανές μέτρησης συντεταγμένων είναι ηλεκτρομηχανικά όργανα μέτρησης, τα οποία μετρούν τις συντεταγμένες των στοιχείων επιφάνειας (surface elements) του προς μέτρηση τεμαχίου.

Ο όρος Μετρολογία Συντεταγμένων περιγράφει τη διαδικασία μέτρησης με χρήση μηχανής, η οποία αποτυπώνει τη μετρούμενη διάσταση σε σύστημα συντεταγμένων (καρτεσιανές, πολικές και σφαιρικές). Ουσιαστικά οι μετρούμενες διαστάσεις αποτυπώνονται στο σύστημα ως σημεία, ευθείες ή επίπεδα.

Κάθε CMM αποτελείται από κάποια βασικά λειτουργικά τμήματα-εξαρτήματα. Αυτά είναι:

- ο αισθητήρας (probe)
- το κυρίως σώμα της μηχανής (machine body)
- το σύστημα ελέγχου, συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων
- αλλά και το απαιτούμενο για τη διακρίβωση της κεφαλής πρότυπο αναφοράς.

Το **κυρίως σώμα** της μηχανής αποτελείται από την τράπεζα μέτρησης (table), τη στήλη (column) ή τη γέφυρα (bridge) ή το ικρίωμα (gantry) και το βραχίονα (ram). Τα παραπάνω συνήθως βρίσκονται πάνω σε βάση από χάλυβα ή γρανίτη. Επίσης στο κυρίως σώμα τοποθετούνται οι κλίμακες μέτρησης (scales), το σύστημα κίνησης (transmission) και οι μεταλλάκτες μετατόπισης (displacement transducers), ο μηχανισμός δηλαδή που μετατρέπει τη μετατόπιση σε αλλαγή τάσης (π.χ. LVDT).



Εικ. Μηχανή Μέτρησης Συντεταγμένων CMM

Ο **αισθητήρας** αποτελεί ένα από τα πιο βασικά εξαρτήματα της CMM, καθώς μέσω αυτού πραγματοποιείται η μέτρηση, επομένως ο τύπος και η τεχνολογία που χρησιμοποιεί καθορίζουν άμεσα το αποτέλεσμα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία τύπων και μορφών επαφών. Οι αισθητήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο γενικές κατηγορίες: τους αισθητήρες με επαφή (contact probes) και τους αισθητήρες χωρίς επαφή (non contact probes).

- Αισθητήρες με επαφή

Οι αισθητήρες επαφής αποτελούν τον πιο κοινό τύπο αισθητήρα. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διαχωρίζονται σε αισθητήρες στιγμιαίας επαφής (touch trigger probe) και αισθητήρες συνεχούς επαφής (scan probe-αισθητήρας σάρωσης).



Εικ. Αισθητήρας επαφής

- Αισθητήρας χωρίς επαφή

Σε περιπτώσεις όπου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αισθητήρες επαφής, επιβάλλεται η χρήση των αισθητήρων χωρίς επαφή. Ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν διαχωρίζονται σε αισθητήρες laser (laser probes) και τηλεοπτικούς αισθητήρες (video probes).



(α)



(β)

Εικ (α) αισθητήρας laser και (β) οπτικός αισθητήρας

Αρχή Λειτουργίας Μηχανής CMM

Αφού καθοριστούν οι απαραίτητες μεταβλητές ο αισθητήρας διατρέχει την επιφάνεια του προς μέτρηση κομματιού. Η σχετική μετατόπιση της βάσης του αισθητήρα ως προς το σύστημα αναφοράς, το οποίο έχει προκαθοριστεί, αντιστοιχεί σε μεταβολή τάσης. Για κάθε σημείο επαφής του αισθητήρα με το τεμάχιο καταγράφονται οι συντεταγμένες ως προς το σύστημα αναφοράς και η μετατόπιση μετατρέπεται σε μεταβολή τάσης μέσω των μεταλλακτών μετατόπισης. Στη συνέχεια τα δεδομένα στέλνονται στη μηχανή συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Έτσι τελικά αποτυπώνονται γραφικά τα σημεία στο χώρο, οπότε ουσιαστικά αποτυπώνεται και το σχήμα του μετρούμενου τεμαχίου. Επίσης με τη χρήση του λογισμικού μπορεί να γίνει ανάλυση και επεξεργασία των τιμών, όπως προαναφέρθηκε, ώστε να εξαχθούν τα επιθυμητά συμπεράσματα.

2.5 Βοηθητικά Πρότυπα Οργάνων Μέτρησης

Όπως είδαμε στις προηγούμενες παραγράφους η διακριτική ικανότητα των οργάνων μέτρησης ακριβείς είναι 0,01mm ενώ γνωρίσαμε και μετρητικά ρολόγια με διακριτική ικανότητα 0,001mm.

Για την βαθμονόμηση και τον έλεγχο των οργάνων έπρεπε να δημιουργηθούν βοηθητικά πρότυπα μέτρησης αφού τα πρότυπα αναφοράς έχουν οριστεί βάσει φυσικών φαινομένων (π.χ. το μήκος ως συγκεκριμένο μήκος κύματος φως).

Τα βοηθητικά πρότυπα μέτρησης αποτελούν το ακριβές φυσικό ομοίωμα, της ζητούμενης διάστασης όταν βρίσκονται σε θερμοκρασία 20° C. Είναι εύκολα κατανοητό ότι δεν έχουν την ακρίβεια των προτύπων αναφοράς και επηρεάζονται από τη θερμοκρασία αλλά η ακρίβειά τους παραμένει πολύ μεγάλη ως προς τις απαιτήσεις των βιομηχανικών μετρήσεων.

Τέλος καταλαβαίνουμε ότι χωρίς τα βοηθητικά πρότυπα μέτρησης δεν θα είχε νόημα η συγκριτική μέτρηση.

Στις επόμενες παραγράφους αναφέρονται τα χαρακτηριστικά των πιο γνωστών βοηθητικών προτύπων:

-πλακίδια ακριβείας και ράβδοι ακριβείας

-ελεγκτές ορίων

2.5.1 Πρότυπα Πλακίδια

Μέχρι τα τέλη του 19^ο αιώνα για κάθε διάσταση ακριβείας κατασκευαζόταν ένα βοηθητικό πρότυπο με αποτέλεσμα το μεγάλο αριθμό βοηθητικών προτύπων και φυσικά το μεγάλο κόστος.

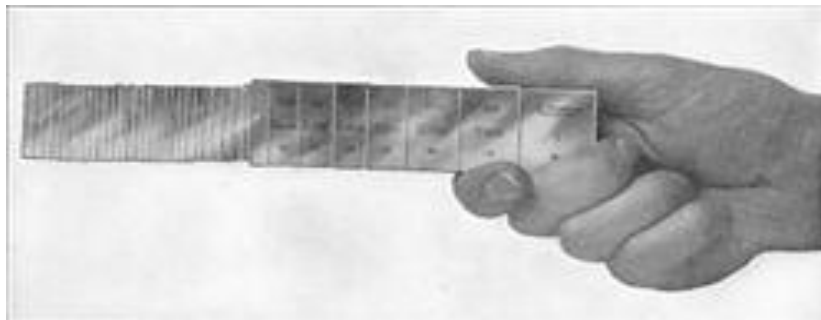
Ο Καρλ Γιόχανσον (Carl Johansson) ήταν ο πρώτος που συνέλαβε την ιδέα της αντικατάστασης αυτού του τεράστιου αριθμού προτύπων από σύνθετα βοηθητικά πρότυπα, που αποτελούνταν από ανεξάρτητα πλακίδια συνδυασμένα μεταξύ τους. Έτσι δημιούργησε τα πρότυπα πλακίδια (gage blocks).



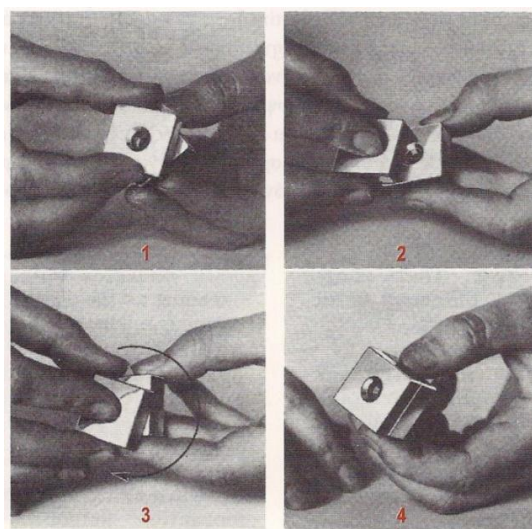
Εικ. 2.21 Σειρά πρότυπων πλακιδίων.

Τα χαρακτηριστικά των προτύπων πλακιδίων είναι:

- ορθογώνια ή τετράγωνα παραλληλεπίπεδα με μεγάλη επιπεδότητα, παραλληλότητα και καθετότητα των πλευρών τους
- κατασκευή από σκληρό χάλυβα, καρβίδια βολφραμίου και χρωμίου, κεραμικά υλικά κ.α.
- μικρή ανοχή ονομαστικής διάστασης που κυμαίνεται από $\pm 0,03\mu\text{m}$ έως $\pm 0,10\mu\text{m}$
- λεία επιφάνεια τραχύτητα επιφάνειας $0,03\mu\text{m}$
- σκληρότητα $65\pm 0,5$ της κλίμακας Rockwell C για χαλύβδινα πλακίδια και σκληρότητα 71-73 για πλακίδια από καρβίδια χρωμίου.
- σταθερότητα στην διάσταση τους με συντελεστή γραμμικής διαστολής $8,5 \times 10^{-6} \text{ mm /}^\circ\text{C /mm}$
- η λεία επιφάνεια τους ευνοεί την ανάπτυξη δυνάμεων συνοχής όταν έρθουν σε μεταξύ τους επαφή όπως φαίνεται στην εικ. 2.21



Εικ. 2.22 36 πρότυπα πλακίδια Johansson συγκρατούνται από δύναμη συνοχής (1907)



Εικ. 2.23 Η τεχνική της συστροφής για την πρόσφυση των προτύπων πλακιδίων. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Εκτός από τα παραλληλεπίπεδα πλακίδια υπάρχουν και βοηθητικά πρότυπα και άλλων μορφών όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικ. 2.23 Πρότυπα πλακίδια διαφόρων σχημάτων

Η εμφάνιση δύναμης συνοχής μεταξύ των πλακιδίων όταν έρθουν σε επαφή είναι αυτή που επιτρέπει το συνδυασμό τους προκειμένου να κατασκευαστεί η επιθυμητή διάσταση

2.5.2 Πρότυπες Ράβδοι

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι για κατασκευή διάστασης μεγαλύτερη των 150 mm ο συνδυασμός των προτύπων πλακιδίων δεν εξυπηρετεί άλλα και επιφέρει σφάλμα. Συνέπεια τούτου ήταν να κατασκευαστούν πρότυποι ράβδοι οι οποίες έχουν διάσταση από 25 mm έως 800 mm.

Και εδώ είναι δυνατός ο συνδυασμός των ράβδων μεταξύ τους, όπως και ο συνδυασμός μεταξύ ράβδων και πλακιδίων προκειμένου να κατασκευαστεί η επιθυμητή διάσταση



Εικ. 2.24 Πρότυποι ράβδοι

2.5.3 Ελεγκτήρες

Οι ελεγκτήρες αποτελούν όργανα έλεγχου διαστάσεων που βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στην κατασκευή ομοίων αντικειμένων λόγω της ταχύτητας που προσφέρουν στον έλεγχο των διαστάσεων. Είναι πολύ εύχρηστοι (μπορεί να γίνει χρήση από ανειδίκευτο προσωπικό) και προσφέρουν οικονομία χρόνου και κόστους παράγωγης.

Τα πιο γνωστά είδη ελεγκτήρων είναι:

- **Ελεγκτήρες αξόνων**

Έχουν σχήμα πετάλου και είναι σταθεροί με απλό ή διπλό πέταλο. Πάνω στον ελεγκτήρα αναγράφεται η ονομαστική διάσταση και η ανοχή του κάθε πετάλου. Ο έλεγχος γίνεται με τη μέθοδο 'περνά δεν περνά' (go no go) όπου το δοκίμιο για να βρίσκεται όντως προδιαγραφών διάστασης πρέπει να περνά από το μικρό πέταλο και να μην περνά από το μεγάλο.



Εικ. 2.25 Σταθερός ελεγκτήρας αξόνων διπλού πετάλου

Υπάρχουν και οι ρυθμιζόμενοι ελεγκτήρες οι οποίοι ρυθμίζονται για μια μικρή περιοχή άλλα σημαντική περιοχή διαστάσεων μειώνοντας έτσι το πλήθος των σταθερών ελεγκτήρων με συνέπεια την μείωση κόστους εργαλείων.



Εικ. 2.26 Ρυθμιζόμενος ελεγκτήρας αξόνων

- **Ελεγκτήρες τρυμάτων**

Μπορεί να είναι κυλινδρικοί ή πεπλατυσμένοι, μονοί δηλαδή μόνο μεγίστου ή διπλοί, δηλαδή μεγίστου ελαχίστου



Εικ. 2.27 ελεγκτήρας τρυμάτων

- **Ελεγκτήρες σπειρωμάτων**

Για τον έλεγχο κοχλιών χρησιμοποιούνται περικόχλια και για τον έλεγχο των περικοχλίων χρησιμοποιούνται ελεγκτήρες κοχλίες. Είναι μονοί ή διπλοί και η φιλοσοφία του ελέγχου είναι βιδώνει δεν βιδώνει.



(α)



(β)

Εικ. 2.28 ελεγκτήρες (α)περικοχλίων και (β)κοχλιών

- **Ειδικοί ελεγκτήρες**

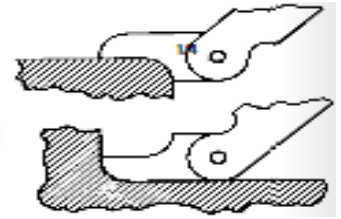
Σε αυτή την κατηγορία υπάγονται ελεγκτήρες όπως οι μετρητικές λουρίδες (filer) ελεγκτήρες για την μέτρηση γωνιών, καμπυλότητας, σπειρωμάτων ελεγκτήρες καλωδίων και τρυπανιών και γενικά ελεγκτήρες μορφής κοπτικών εργαλείων και όχι μόνο.



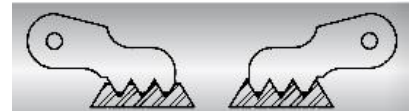
(α)



(β)



(γ)



Εικ. 2.29 ελεγκτήρες (α) πάχους (β) καμπυλότητας και (γ) σπειρώματος κοχλιών

3 ΠΑΡΑΓΩΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ

3.1 Θερμοκρασία

Σχεδόν όλες οι μετρήσεις εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Αποκλίσεις από μία καθορισμένη θερμοκρασία οδηγούν σε θερμοκρασιακά εξαρτημένες μεταλλάξεις των συσκευών και του αντικειμένου μέτρησης. Η ακρίβεια μιας μέτρησης εξαρτάται, επομένως, από τις χρονικές αλλαγές της θερμοκρασίας και από τις θερμοκρασιακές διαφορές χώρου (στις εν λόγω προδιαγραφές γίνεται διαχωρισμός μεταξύ της ονομασίας των χρονικών και των αναλόγων του χώρου αποκλίσεων της θερμοκρασίας).

Για τη δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων μέτρησης σε περίπτωση που η επίδραση της θερμοκρασίας πάνω σ' αυτά δεν είναι γνωστή πρέπει να πληρούνται καθορισμένες προϋποθέσεις. Βάση και μέτρο σύγκρισης για το εκάστοτε μετρούμενο μέγεθος αποτελεί η **''Θερμοκρασία αναφοράς''**. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία αναφοράς μήκους είναι, σύμφωνα με DIN 102 ή ISO 120⁰ C. Για τα ηλεκτρικά μεγέθη ανέρχεται στους 23⁰ C. Η θερμοκρασία αναφοράς είναι η βάση για τον χαρακτηρισμό και τη δυνατότητα σύγκρισης τεχνικών μέτρων και ιδιοτήτων.

Έχοντας, όμως, υπ' όψη τα φυσικά δεδομένα ως προς την κατασκευή, τη συμπεριφορά του τεχνικού κλιματισμού ή ένεκα αισθήματος ευφορίας, καθορίζεται στην πράξη, συχνά, μία αποκλίνουσα από τη θερμοκρασία αναφοράς **΄βασική θερμοκρασία΄** και ανάλογα με τις απαιτήσεις προκαθορίζονται επιτρεπτές αποκλίσεις για τις χρονικές θερμοκρασιακές μεταβολές και για τις θερμοκρασιακές διαφορές χώρου. Σε περίπτωση που οι αποκλίσεις αυτές είναι μεγαλύτερες απ' αυτές που επιτρέπουν οι απαιτήσεις ως προς την αβεβαιότητα μετρήσεως, πρέπει μέσω αναλόγων μεθόδων εξισορρόπησης (δυνατότητα επαναπροσδιορισμού) να εξασφαλίζεται η ορθότητα των αποτελεσμάτων ή μέσω της καταγραφής των θερμοκρασιών του αντικειμένου και του εξοπλισμού μέτρησης να υπάρχει η δυνατότητα υπολογιστικής διόρθωσης των εξαγομένων αποτελεσμάτων.

Επιπροσθέτως δε, πρέπει οι κατάλληλοι διορθωτικοί παράγοντες να είναι επαρκώς και επακριβώς γνωστοποιημένοι π.χ. σε μια μέτρηση μήκους οι συντελεστές γραμμικής διαστολής κάθε ένας ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, το μήκος π.χ. μιας ράβδου αλουμινίου 200 mm αλλάζει κατά 9,52μm, σε περίπτωση διαφοράς της θερμοκρασίας κατά 2K.

Εξαιτίας των εν μέρει υψηλών απαιτήσεων ως προς τον εξοπλισμό μέτρησης συνιστάται να συμφωνούνται μεταξύ του παραγωγού και του διαπιστευτή οι συνθήκες θερμοκρασίας για τη ρύθμιση, τη διαπίστευση και τη λειτουργία του μετρητικού εξοπλισμού.

3.1.1 Συμπεριφορά θερμοκρασίας μέσα σε χώρους μέτρησης

Η συμπεριφορά της θερμοκρασίας μέσα σε χώρους μέτρησης επηρεάζεται από τα φυσικά ως προς την κατασκευή δεδομένα, από το μηχανικό εξοπλισμό (συμπεριλαμβανομένου και του φωτισμού) και από το απασχολούμενο προσωπικό στο χώρο. Οι επιτρεπτές θερμοκρασιακές αποκλίσεις εξαρτώνται απ' τις προς διεκπεραίωση εργασίες στο χώρο μέτρησης.

Η συμπεριφορά της θερμοκρασίας παριστάνεται απ' τα ακόλουθα μεγέθη:

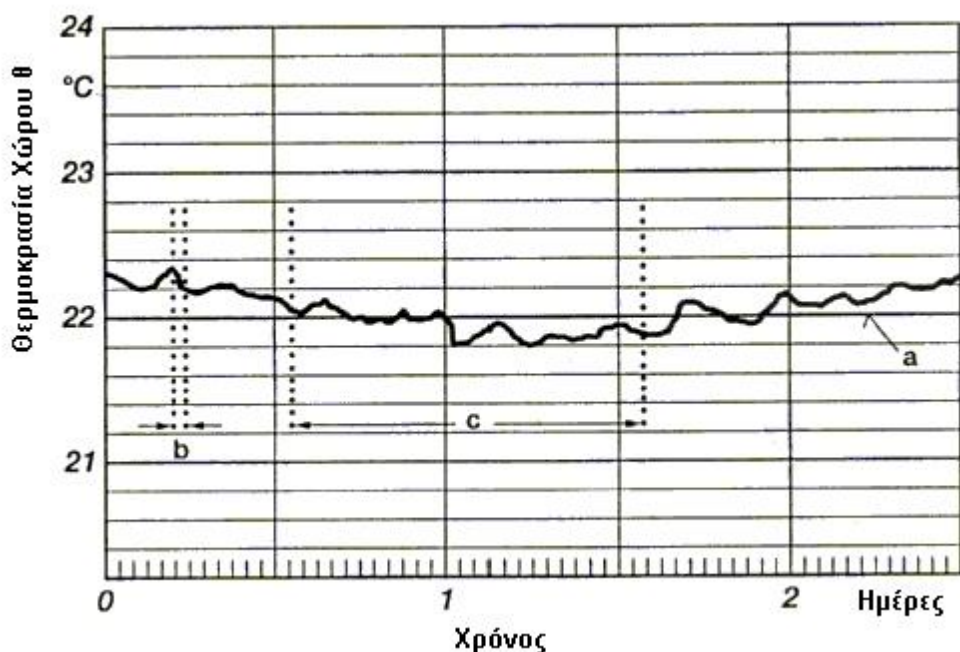
Χρονικές μεταβολές της θερμοκρασίας.

Θερμοκρασιακές διαφορές χώρου.

Μέση θερμοκρασία

3.1.1.1 Χρονικές μεταβολές θερμοκρασίας

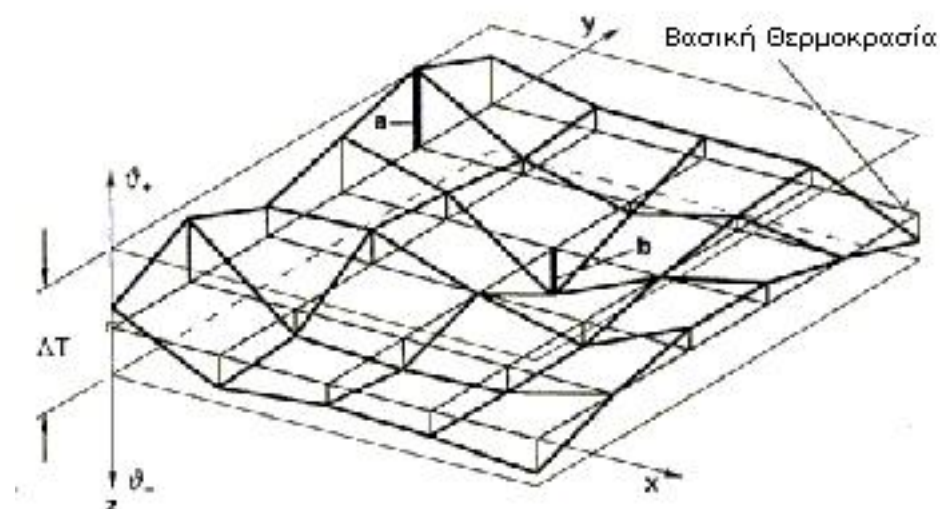
Η χρονική εξέλιξη της θερμοκρασίας χαρακτηρίζεται από μικρής περιόδου μεταβολές γύρω από μία μέση θερμοκρασία και από μακράς περιόδου μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας (σχ.3.1). Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις μέσα σ' ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αποτελούν κριτήριο για την εκτίμηση ενός χώρου μέτρησης



Σχ.3.1 Χρονική εξέλιξη της θερμοκρασίας χώρου

3.1.1.2 Θερμοκρασιακές διαφορές χώρου

Η κατανομή της θερμοκρασίας στο χώρο χαρακτηρίζεται από διαφορές έναντι της βασικής θερμοκρασίας σε περισσότερα σημεία του χώρου μέτρησης την ίδια χρονική στιγμή (βλ. σχ. 3.2). Για την εκτίμηση ενός χώρου μέτρησης υπολογίζονται κατά προσέγγιση οι μεγαλύτερες αποκλίσεις ανάμεσα στις μετρούμενες θερμοκρασίες αυτής της στιγμής



Σχ. 3.2 Κατανομή της θερμοκρασίας σ' ένα επίπεδο xy όσον αφορά στη βασική θερμοκρασία. Το άθροισμα των μεγίστων αποκλίσεων a και b από τη βασική θερμοκρασία την ίδια χρονική στιγμή δίνει τη μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας ΔT σ' αυτό το επίπεδο. Το ίδιο ισχύει κατ' αντιστοιχία για τα επίπεδα xz και yz.

3.1.1.3 Μέση θερμοκρασία

Η μέση θερμοκρασία, σ' ένα συγκεκριμένο σημείο είναι η μέση θερμοκρασία όλων των μετρούμενων θερμοκρασιών σ' αυτό ενώ σ' ένα χώρο μέτρησης είναι η μέση τιμή όλων των μετρούμενων θερμοκρασιών σ' αυτό το χώρο.

Για τον υπολογισμό των μέσων θερμοκρασιών καθορίζονται εν γένει συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και εύρη μέτρησης

3.1.2 Μεγέθη επιρροής (επιδρώντα μεγέθη)

Η θερμοκρασία ενός χώρου μέτρησης δεν μένει σταθερή στο χρόνο και στο χώρο και είναι για κάθε σημείο ξεχωριστά διαφορετική. Μεταβάλλεται μέσω ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ υλικών μέσων τα οποία παρουσιάζουν

διαφορετικές θερμοκρασίες. Η ανταλλαγή θερμότητας επέρχεται μέσω της θερμικής αγωγιμότητας, της συναγωγής (δια κατακόρυφου ρεύματος) και/ή της ακτινοβολίας.

Και οι τρεις τρόποι μετάδοσης θερμότητας επηρεάζουν θερμικά σημαντικά τον χώρο καθώς επίσης τα μηχανήματα και τα αντικείμενα μέτρησης. Στον πίνακα 3.1 συνοψίζονται οι αιτίες μετάδοσης θερμότητας.

Πίνακας 3.1 Αίτια για τη μεταφορά θερμότητας

Αγωγή θερμότητας	Συναγωγή		Ακτινοβολία θερμοκρασίας
	Ελεύθερη	εξαναγκασμένη	
-Εσωτερικές πηγές θερμότητας μηχανημάτων -βάση -δάπεδο -τοίχοι -παράθυρα -οροφή -άτομα (προσωπικό) -(επαφή)	Θερμοκρασιακές διαφορές χώρου	-κλιματιστική εγκατάσταση -έντονο ρεύμα αέρος λόγω λειτουργίας μηχανημάτων	-φωτισμός -άτομα (προσωπικό) -μηχανήματα -δάπεδο -τοίχοι -παράθυρα -οροφή -ηλιακή ακτινοβολία

3.1.3 Κατάταξη σε κλάσεις του χαρακτηριστικού μεγέθους "θερμοκρασία"

Οι οριακές αποκλίσεις των χρονικών μεταβολών θερμοκρασίας όπως και τα χρονικά διαστήματα παρακολούθησής της πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με την ακρίβεια που απαιτείται για την εκτέλεση της μέτρησης. Από τις στήλες του πίνακα 3.2 μπορούν να επιλεγούν, λαμβάνοντας υπ' όψη τις απαιτήσεις, ένα ή περισσότερα χρονικά διαστήματα για την εν λόγω παρακολούθηση. Οι επιτρεπτές διαφορές θερμοκρασίας για έναν ή περισσότερους άξονες χώρου (των οποίων το μήκος πρέπει να είναι καθορισμένο π.χ. 1m) μπορούν, για ένα καθοριστέο τμήμα του χώρου ή για όλο τον χώρο, να συναχθούν απ' τον πίνακα 3.3

Πίνακας 3.2 Κατάταξη σε κλάσεις των επιτρεπτών χρονικών μεταβολών θερμοκρασίας

Κλάση θερμοκρασίας	A	B	C	D	E
Βασική θερμοκρασία	Θερμοκρασία αναφοράς	Σύμφωνη της εκάστοτε καθοριστέας τιμής			
Μεταβολές $\Delta T/\Delta t$ σε K κατά τη διάρκεια					
15 λεπτών	0,2	0,4	-	-	-
60 λεπτών	0,2	0,4	1,0	2,0	2,0
4 ωρών	0,2	0,6	1,5	3,0	3,0
12 ωρών	0,2	0,8	-	-	-
24 ωρών	0,4	0,8	2,0	3,0	6,0
7 ημερών	0,4	1,0	2,0	4,0	8,0

Πίνακας 3.3 Κατάταξη σε κλάσεις των επιτρεπτών διαφορών θερμοκρασίας χώρου

Κλάση θερμοκρασίας	A	B	C	D	E
Επιτρεπτές διαφορές ΔT σε K	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0

3.2 Υγρασία Αέρα

Μεταβολές της υγρασίας αέρος μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές του όγκου και των ιδιοτήτων των αντικειμένων μέτρησης (π.χ. από πλαστική ύλη). Η υγρασία αέρος επιδρά επιπλέον και στα μετρολογικά τεχνικά χαρακτηριστικά των μηχανημάτων μέτρησης, π.χ. Laser – συμβολόμετρο. Προς αποφυγή διάβρωσης η σχετική υγρασία αέρος δεν πρέπει να ξεπερνά το 60%. Προς χάριν της επιθυμητής άνεσης και ένεκα ενδεχόμενης στατικής φόρτισης του προσωπικού και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού δεν πρέπει αυτά να εκτίθενται σε λιγότερο από 30% σχετική υγρασία αέρος.

3.2.1 Ορισμός της υγρασίας αέρος

Η περιεκτικότητα υδρατμών στον αέρα χαρακτηρίζεται ως υγρασία αέρος. Η απόλυτη υγρασία F_{abs} είναι οι μετρούμενοι σε γραμμάρια υδρατμοί που εμπεριέχονται σε $1m^3$ αέρος.

Η μέγιστη μάζα υδρατμών που μπορεί να δεχτεί το $1m^3$ αέρος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, χωρίς να μετατραπεί σε νερό, αποτελεί τη μέγιστη δυνατή υγρασία ή υγρασία κορεσμού F_s (σημείο υγροποίησης). Το πηλίκο της απόλυτης υγρασίας F_{abs} προς την υγρασία κορεσμού F_s δίνει τη σχετική υγρασία F_{rel} . Αυτή δίνεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%).

$$F_{rel}(\%) = \frac{F_{abs} \left(\frac{g}{m^3} \right)}{F_s \left(\frac{g}{m^3} \right)} \times 100(\%)$$

3.2.2 Μεγέθη επιρροής

Η υγρασία αέρος μέσα στο χώρο μέτρησης επηρεάζεται από:

- τις μεταβολές της θερμοκρασίας χώρου
- το εξωτερικό κλίμα
- το προσωπικό και τις μηχανές του χώρου
- το δάπεδο – το υγρό καθάρισμα

3.2.3 Κατάταξη σε κλάσεις του χαρακτηριστικού μεγέθους "σχετική υγρασία αέρος"

Η σχετική υγρασία αέρος πρέπει συνήθως να κυμαίνεται μεταξύ 30% και 60%.

Οι επιτρεπτές χρονικές μεταβολές και οι τοπικές διαφορές εντός αυτού του ποσοστιαίου διαστήματος δίνονται στον πίνακα 3. 4.

Πίνακας 3.4. Κατάταξη σε κλάσεις των επιτρεπτών μεταβολών και αποκλίσεων της υγρασίας αέρος

Κλάση υγρασίας	A	B	C	D
Επιτρεπτές χρονικές μεταβολές και τοπικές αποκλίσεις ΔF_{rel} της σχετικής υγρασίας σε ποσοστό επί τοις εκατό %.	10	20	30	ανοικτό

3.3 Ταχύτητα Αέρα

Για τη δυνατότητα δέσμευσης της εκλυόμενης θερμότητας από ένα χώρο μέτρησης και διατήρησης ενός απαιτούμενου κλίματος είναι απαραίτητη η συνεχής εναλλαγή αέρος. Η ποσότητα εξαρτάται απ' το ωφέλιμο θερμικό φορτίο ενός χώρου μέτρησης (δεσμευμένης ποσότητα ενέργειας) και απ' το εύρος των επιτρεπτών θερμοκρασιών του εισερχόμενου αέρα.

3.3.1 Ορισμός της ταχύτητας αέρος

Η ταχύτητα αέρος V_1 είναι το πηλίκο της ποσότητας αέρος και της επιφάνειας διατομής που διαπερνάται ανά μονάδα χρόνου.

3.3.2 Μεγέθη επιρροής

Η ταχύτητα αέρος V_1 σε κάθε μία θέση του χώρου ξεχωριστά επηρεάζεται από τον τρόπο ροής αέρος (διατομές των καναλιών αέρος, θέση και αριθμός των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου, οριζόντια ή κάθετη ροή αέρος κτλ.), από τις αναχαιτίσεις (εμπόδια) του ρεύματος όσο και από τους εξαεριστήρες των μηχανημάτων κ.α. Ακόμα και τα φορτία θερμότητας (άτομα, μηχανήματα, φωτισμός κ.τ.λ.) συνδράμουν αποφασιστικά για το πλήθος των απαιτούμενων εναλλαγών αέρος ανά μονάδα χρόνου και κατά συνέπεια, για την ταχύτητα αέρος.

3.4 Καθαρότητα Αέρα

Αέρας χαμηλής περιεκτικότητας σε σκόνη, αέρας απαλλαγμένος από σκόνη και (ανόθευτος) εντελώς καθαρός αέρας αποτελούν διαφορετικές απαιτήσεις, οι οποίες προκύπτουν από τις εργασίες και τις μεθόδους μέτρησης. Προσμίξεις ή ξένα σώματα στον αέρα μπορούν να οδηγήσουν στην παρεμπόδιση των μεθόδων, σε εσφαλμένο αποτέλεσμα και στην επίσπευση της φθοράς του εξοπλισμού μέτρησης.

Συναρτήσει των εκάστοτε υποδείξεων μπορεί να απαιτείται η επιτυχής διατήρηση αέρα χαμηλής περιεκτικότητας σε σκόνη ή αέρα απαλλαγμένου από σκόνη με αντίστοιχες εγκαταστάσεις φιλτραρισμού ή σε περίπτωση ακόμα υψηλότερων απαιτήσεων, π.χ. στα πλαίσια εντελώς καθαρών (ανόθευτων) χώρων τεχνικής, ενδεχομένως ν' απαιτείται η δημιουργία χώρων και / ή θέσεων εργασίας με προδιαγεγραμμένη καθαρότητα. Γι' αυτό το σκοπό έχουν καθοριστεί βαθμοί καθαρότητας αέρος.

3.4.1 Ορισμός των βαθμών καθαρότητας αέρος

Οι βαθμοί καθαρότητας αέρος δίνουν τις επιτρεπτές συγκεντρώσεις σωματιδίων σ' αυτόν για εντελώς Καθαρές Θέσεις Εργασίας, όπου τα σωματίδια δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν συγκεκριμένα, καθορισμένα μεγέθη. Οι χαρακτηρισμοί των βαθμών σε 1, 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000, σύμφωνα με US Federal Standard 209, δίνουν άμεσα τον αριθμό των επιτρεπτών σωματιδίων ($\geq 0,5 \mu\text{m}$) που μπορούν να περιέχονται σε 1ft^3 αέρος ($1\text{m}^3 = 35,3145 \text{ft}^3$). Οι προδιαγραφές VDI 2083, φύλλο I περιέχουν αντίστοιχες υποδείξεις αναφερόμενες στο 1m^3 αέρος.

Σωματίδια.

Τα σωματίδια είναι σε στερεή ή υγρή φυσική κατάσταση με σταθερά φυσικά όρια (π.χ. σωματίδια σκόνης, συμπυκνώματα, μικροοργανισμοί).

Μέγεθος Σωματιδίων.

Ως μέγεθος σωματιδίων θεωρείται η μέγιστη διάστασή τους. Αυτή μπορεί να καθοριστεί με τη βοήθεια μικροσκοπικών μεθόδων (π.χ. μέθοδος σκεδάσεως φωτός).

Συγκέντρωση Σωματιδίων.

Η συγκέντρωση των σωματιδίων είναι το πλήθος των σωματιδίων ανά μονάδα όγκου αέρος (π.χ. σωματίδια/ m^3) που εξακριβώνεται με ανάλογη μέθοδο μέτρησης.

3.4.2 Μεγέθη επιρροής

Η καθαρότητα αέρος εξαρτάται:

- Από την ποιότητα του χρησιμοποιηθέντος φίλτρου
- Από το ρεύμα και την ταχύτητα αέρος
- Από τη ροή αέρος

- Από την έκταση των προσμίξεων στη θέση εργασίας
- Από τη φέρουσα ρύπανση

3.4.3 Κατάταξη σε κλάσεις χώρων μέτρησης με αέρα χαμηλής περιεκτικότητας σε σκόνη, με αέρα απαλλαγμένο από σκόνη και με εντελώς καθαρό (ανόθευτο) αέρα.

Η απαίτηση για συνθήκες καθαρού αέρα σε χώρους μέτρησης, όσο και η επιλογή των απαιτούμενων εγκαταστάσεων φιλτραρισμού για τέτοιους χώρους εξαρτώνται απ' τις προς διεκπεραίωση μετρητικές εργασίες. Γι' αυτό το λόγο οι δοθείσες στον πίνακα 5 κλάσεις καθαρού χώρου και φιλτραρισμού λειτουργούν πληροφοριακά.

Πίνακας 5. Κλάσεις καθαρού χώρου για χώρους μέτρησης

Κλάση καθαρού χώρου	A	B	C	D
Βαθμός καθαρότητας αέρος (US Federal Standard 209)	100...10000	100.000	*)	*)
Βαθμός καθαρότητας αέρος (VDI 2083 φύλλο 1)	3...5	6	*)	*)
Κλάση φιλτραρισμού **)				
Επίπεδο 1	EU4	EU7	EU7	EU5
Επίπεδο 2	EU7	R	-	-
Επίπεδο 3	S	-	-	-

*) Κανένας βαθμός καθαρότητας δεν αντιστοιχεί στις κλάσεις C και D**) EU4: προ-φίλτρο; EU5, EU7: φίλτρο ψιλής σκόνης; R, S, U: φίλτρο αιωρούμενων σωματιδίων (βλέπε DIN 24185)

3.5 Ταλαντώσεις

Οι μηχανικές ταλαντώσεις επηρεάζουν την ακρίβεια μετρήσεως που μπορεί να επιτευχθεί μέσα σε ανάλογους χώρους μέτρησης. Προκαλούν παραμορφώσεις και τάσεις. Η λειτουργία του μετρητικού εξοπλισμού μπορεί λόγω ταλαντώσεων να διαταραχθεί και τα αποτελέσματα μετρήσεως να οδηγηθούν σε σφάλμα. Άλλωστε αποτελούν επιβάρυνση και για την ανθρώπινη υγεία που μπορεί να οδηγήσει σε ανάλογα προβλήματα. Οι ταλαντώσεις προξενούνται από δυνάμεις που διοχετεύονται απ' το έδαφος και το οικοδόμημα στον εξοπλισμό μέτρησης ή που παράγονται απ' τον ίδιο τον εξοπλισμό. Τα βασικά μεγέθη για την εκτίμηση των ταλαντώσεων είναι, η μάζα, η ελαστικότητα (δυσκαμψία) και η απόσβεση. Η ταλαντευτική συμπεριφορά, όμως ενός συστήματος εξαρτάται απ' τη συνεπίδραση όλων των μεγεθών του και κατά συνέπεια τόσο απ' τη γεωμετρία και τις διαστάσεις του συστήματος όσο και απ' τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τύπου ανέγερσης και το είδος της ταλαντευτικής και κρουστικής επίδρασης.

Μέσω των μετρήσεων των ταλαντώσεων και με τη βοήθεια κατάλληλων μέτρων εξασφαλίζεται η τήρηση των προσδιορισθέντων απ' τους κατασκευαστές των μηχανημάτων οριακών τιμών. Ιδιαίτερα επιτακτικές γίνονται οι μετρήσεις ταλαντώσεων όταν ο χώρος μέτρησης βρίσκεται κοντά σε παραγωγικές εγκαταστάσεις. Κατά την επένεργεια μηχανικών ταλαντώσεων στους χώρους μέτρησης ή σε δομές κάθε ενός μετρητικού εξοπλισμού ξεχωριστά, είναι γενικά σημαντικό, ένα εύρος συχνότητας από 1 Hz μέχρι 100 Hz.

3.5.1 Ορισμός χαρακτηριστικών μεγεθών

Σύμφωνα με το 1^ο μέρος του προτύπου DIN 4150 οι ταλαντώσεις και οι κραδασμοί είναι χρονικές μεταβολές φυσικών μεγεθών, τα οποία στο υπό εξέταση χρονικό πλαίσιο δεν είναι μονότονα.

Διακρίνονται τα ακόλουθα είδη ταλαντώσεων:

- Αρμονικές είναι οι ταλαντώσεις που μπορούν να παρασταθούν με μία ημιτονοειδή συνάρτηση.
- Περιοδικές είναι οι ταλαντώσεις που μετά από έναν συγκεκριμένο χρόνο t επαναλαμβάνονται κατά τον ίδιο τρόπο. Μπορούν να παρασταθούν ως υπέρθεση περισσότερων ημιτονοειδών ταλαντώσεων, των οποίων οι συχνότητες είναι ακέραια πολλαπλάσια της βασικής συχνότητας.

- Στάσιμες ταλαντώσεις υφίστανται όταν οι στατιστικές χαρακτηριστικές τιμές και λειτουργίες παραμένουν σταθερές στο χρόνο. Οι ταλαντώσεις δεν πρέπει, όμως, να είναι περιοδικές.
- Οι ταλαντώσεις μεταβατικής μορφής είναι παρερχόμενα φαινόμενα. Είτε εξασθενούν με το χρόνο, είτε περνούν σε μία μόνιμη ταλαντευτική κατάσταση (παραμένουσες και αποσβενόμενες. Το χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι μια ενεργός τιμή $x_{eff} = 0$.
- Οι κρούσεις είναι στιγμιαίες επιδράσεις δυνάμεων πάνω σ' ένα δυναμικό σύστημα (σύστημα που μπορεί να ταλαντώνεται), όπου η διάρκεια επίδρασης είναι σύντομη σε σχέση με την περίοδο (ιδιοπερίοδος) της ιδιοταλάντωσης. Η επίδρασή τους εξαρτάται μόνο απ' τη δρώσα δύναμη και είναι ανεξάρτητη απ' τη χρονική εξέλιξη αυτής.

Μεγέθη ταλαντώσεων

Ως μεγέθη ταλαντώσεων χαρακτηρίζονται όλα τα φυσικά μεγέθη που μεταβάλλονται με το χρόνο κατ' αντιστοιχία με τα προαναφερθέντα είδη. Αυτά είναι:

Η μετατόπιση s (απόσταση από το σημείο ισορροπίας)

Η ταχύτητα (Ρυθμός μεταβολής) $v = \frac{ds}{dt}$

Η επιτάχυνση $a = \frac{d^2s}{(dt)^2}$

Όπου t συμβολίζεται ο χρόνος.

Αναλυτικότερα διακρίνονται τα εξής μεγέθη:

Ιδιοταλαντώσεις, Ιδιομορφές και Απόσβεση

Οι Ιδιοταλαντώσεις είναι κινήσεις ενός δυναμικού συστήματος (π.χ. ενός μετρητικού μηχανήματος), το οποίο μετά από μικρή διέγερση αφήνεται ελεύθερο. Οι Ιδιοταλαντώσεις γραμμικών συστημάτων χωρίς απόσβεση με ένα βαθμό ελευθερίας είναι αρμονικές. Κάθε μέγεθος ταλάντωσης επανέρχεται μετά την περίοδο T_0 , που αποτελεί ιδιότητα του συστήματος (ιδιοπερίοδος ταλάντωσης). Η αντίστροφη τιμή της περιόδου T_0 του συστήματος ονομάζεται ιδιοσυχνότητα $f_0 = 1/T_0$. Η τιμή της ιδιοσυχνότητας πολλαπλασιασμένη με 2π είναι η κυκλική ιδιοσυχνότητα Ω_0 .

$$\Omega_0 = 2\pi f_0$$

Οι ιδιοσυχνότητες ενός συστήματος εξαρτώνται μόνο απ' τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτού π.χ. διαστάσεις, χαρακτηριστικές ιδιότητες υλικών, συνθήκες έδρασης κτλ. και είναι ανεξάρτητες απ' τη διέγερση. Σε περίπτωση που ένα δυναμικό σύστημα έχει περισσότερες ιδιοσυχνότητες, τότε σε κάθε μία απ' αυτές ανήκει μία συγκεκριμένη μορφή ταλάντωσης (ιδιομορφή) και μια συγκεκριμένη απόσβεση. Σε περίπτωση που ένα τέτοιο σύστημα διεγείρεται με μια συχνότητα, η οποία απόλυτα ή σχεδόν απόλυτα συμπίπτει με τις ιδιοσυχνότητες του συστήματος, τότε εμφανίζονται σε συστήματα με μικρή απόσβεση εξαναγκασμένες ταλαντώσεις μεγάλου εύρους με τιμές κυρίως της ιδιομορφής που ανήκει σ' αυτή την ιδιοσυχνότητα (συντονισμός).

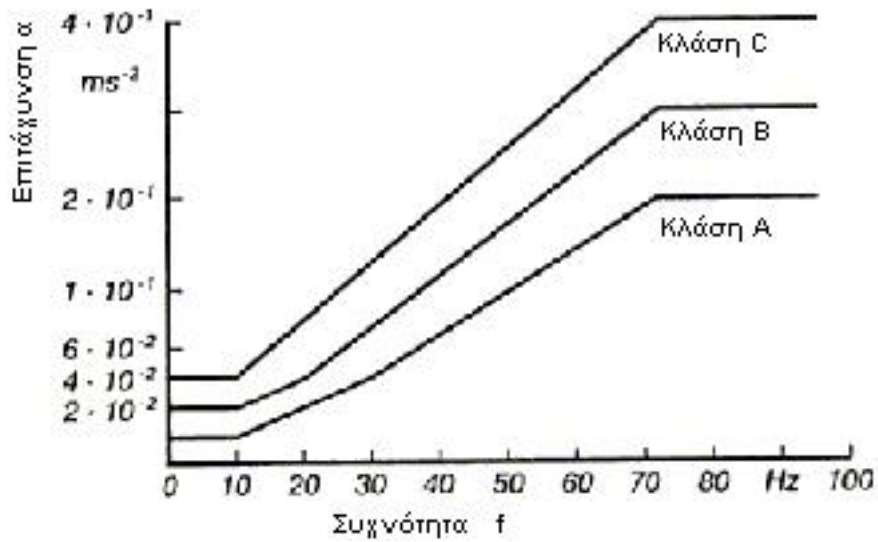
Εξαναγκασμένες ταλαντώσεις

Οι ταλαντώσεις που προκαλούνται μέσω δυναμικών φορτίσεων ή μετακινήσεων της εδράσεως ανά σημείο μέσα σ' ένα δυναμικό σύστημα είναι εξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Σε περίπτωση που αυτές οι διεγέρσεις είναι περιοδικές, εμφανίζεται μετά από κάποια μεταβατική χρονική περίοδο μια μόνιμη κατάσταση (στατικές ταλαντώσεις). Όταν αυτές οι επιδράσεις είναι κρουστικές ή ολιγόχρονες, π.χ. σε ξαφνική διοχέτευση φορτίου, το δυναμικό σύστημα αποκρίνεται με ταλαντώσεις μεταβατικής μορφής.

3.5.2 Κατάταξη σε κλάσεις των χαρακτηριστικών μεγεθών ταλάντωσης

Απ' την πλευρά των κατασκευαστών των μετρητικών εξοπλισμών λείπουν συχνά αξιόπιστες τιμές ως προς τις επιτρεπτές ταλαντώσεις ανά σημείο εδράσεως. Οι υποδείξεις, όμως, ως προς την ευπάθεια κραδασμού αποτελούν προϋπόθεση για τη δυνατότητα τοποθέτησης μετρητικών εξοπλισμών στο βέλτιστο ως προς τη συμπεριφορά των ταλαντώσεων σημείο. Το αν μετρητικοί εξοπλισμοί επιτρέπεται να τοποθετηθούν άμεσα πάνω στην πλάκα εδάφους ενός χώρου μέτρησης, το αν και με ποιο τρόπο πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια για υλικά μόνωσης ταλαντώσεων ή το αν ιδιόμορφα θεμέλια απορρόφησης ταλαντώσεων είναι σκόπιμα, όλα αυτά μπορούν να εκτιμηθούν σωστά μόνον κατόπιν γνωστοποίησης των επιτρεπτών ευρών ταλάντωσης και των ανά σημείο εδράσεως υπαρχουσών ταλαντώσεων εδράσεως. Στο σχήμα 3.4 καθορίζονται οι οριακές τιμές για τέσσερις κλάσεις εύρους μετατόπισης και επιτάχυνσης ταλάντωσης συναρτήσει της συχνότητας. Οι αναφερόμενες οριακές τιμές αποτελούν μια πρώτη πρόταση κατάταξης σε κλάσεις

ως προς τις επιτρεπτές ταλαντώσεις ανά σημείο εδράσεως. Η επιβεβαίωση της εφαρμοσιμότητας των δοθέντων τιμών πρέπει να επιβεβαιώνεται μέσα από την πράξη.



Σχ.3.4 Κατάταξη σε κλάσεις των χαρακτηριστικών μεγεθών ταλάντωσης, επιτρεπτές ταλαντώσεις ανά σημείο εδράσεως ανά χωρικό άξονα.

4 ΧΩΡΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

4.1 Ορισμός και κατάταξη σε κλάσεις

4.1.1 Ορισμός χώρων μέτρησης.

Ένας χώρος μέτρησης είναι ένας χώρος ή τμήμα ενός χώρου, στον οποίο εκπληρώνονται καθορισμένες απαιτήσεις ως προς τις συνθήκες περιβάλλοντος (π.χ. όσον αφορά σε επιτρεπτές θερμοκρασίες, ταλαντώσεις, υγρασία), ώστε, λαμβάνοντας υπ' όψη τις επιδράσεις να εξάγονται τιμές μετρουμένων μεγεθών με δοθείσα αβεβαιότητα μετρήσεως.

4.1.2 Κατάταξη χώρων μέτρησης σε κλάσεις.

Στις προκείμενες προδιαγραφές προσδιορίζονται, με βάση την εμπειρία, έξι κλάσεις ποιότητας χώρων μέτρησης. Αυτός ο διαχωρισμός καθιστά εφικτή την κατάταξη υπάρχοντων χώρων μέτρησης σε συγκεκριμένες κατηγορίες ή το σχεδιασμό και την κατασκευή νέων σύμφωνα με τις δεδομένες κλάσεις ποιότητας. Για χώρους μέτρησης 1^{ης} κατηγορίας ισχύουν οι υψηλότερες απαιτήσεις, μέχρι και την 5^η περιορίζονται σταδιακά. Υπό ειδικές περιστάσεις και για ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα η κατηγορία ποιότητας 0 παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού συγκεκριμένων εφαρμογών με ιδιαίτερες απαιτήσεις αντίστοιχες των αναγκών.

Κλάση ποιότητας:	1: Χώρος μέτρησης υψίστης ακριβείας
	2: Χώρος μέτρησης υψηλής ποιότητας
	3: Χώρος μέτρησης στοιχειωδών προτύπων
	4: Βιομηχανικός εργαστηριακός χώρος μέτρησης
	5: Βιομηχανικός χώρος μέτρησης
	0: Χώρος μέτρησης ιδιαίτερων απαιτήσεων

Σε περίπτωση ανάγκης επιτρέπεται η αναβάθμιση τμημάτων ενός χώρου μέτρησης στα οποία παρέχεται η δυνατότητα μέσω κατάλληλων μέτρων (π.χ. ειδική προστασία από την ακτινοβολία, τις ταλαντώσεις και γενικότερα από εξωτερικές επιδράσεις) να καταταχθούν σε μια υψηλότερη κλάση ποιότητας.

Κριτήρια για τον προσδιορισμό μιας κλάσης ποιότητας δύνανται να χαρακτηριστούν, πρώτον οι προς εκτέλεση εργασίες μέτρησης και δεύτερον, η

αβεβαιότητα μετρήσεως που μπορεί να επιτευχθεί και η οποία προκύπτει από ανοχές που πρέπει να τηρηθούν.

Η κατάταξη σε κλάσεις εξαρτάται από τις ποικιλοτρόπως ισχυρές επιδράσεις συγκεκριμένων μεγεθών επιρροής, όπως για παράδειγμα, της θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρος και των ταλαντώσεων. Αυτά τα επιδρόντα μεγέθη, τα οποία δεν αποτελούν αντικείμενο των προς εκτέλεση μετρήσεων μέσα στο χώρο, επιδρώντας, όμως, στο χώρο, τον εξοπλισμό και το αντικείμενο μέτρησης, γίνονται είτε μέσω προσδιορισμού ονομαστικών και οριακών τιμών, είτε μέσω επιβεβλημένων συνθηκών η βάση για την κατάταξη χώρων μέτρησης σε κλάσεις. Γι' αυτό το λόγο αναφέρονται εφεξής ως ' Χαρακτηριστικά μεγέθη '.

4.2 Χώροι μέτρησης του φυσικού μεγέθους "μήκος"

Οι ακόλουθες συστάσεις στηρίζουν το σχεδιασμό και τη λειτουργία μετρητικών χώρων για μεγέθη της τεχνικής μέτρησης μήκους. Για κάθε μια κλάση ποιότητας ξεχωριστά (παράγραφος 4.1.2) καθορίζονται χαρακτηριστικά μεγέθη και ανοχές καθώς επίσης αναφέρονται και χαρακτηριστικές για κάθε κλάση εργασίες.

Στον υπεύθυνο λειτουργίας ενός υπαρκτού χώρου μέτρησης δίδεται η δυνατότητα κατάταξης, ενδεχομένως, προσαρμογής του χώρου σε μια κλάση ποιότητας σύμφωνα με τις εν λόγω συστάσεις.

Από τον παραγωγό ενός μετρητικού μηχανήματος πρέπει να υποδεικνύεται αυτή η κλάση ποιότητας χώρου, η οποία αποτελεί προϋπόθεση για τη λειτουργία ενός συγκεκριμένου μηχανήματος με συγκεκριμένη αβεβαιότητα μετρήσεως. Στην περίπτωση που ο υπεύθυνος λειτουργίας χώρου δεν μπορεί να εκπληρώσει αυτές τις απαιτήσεις, πρέπει να δίδεται, για την κλάση ποιότητας χώρου που ο υπεύθυνος αποφασίζει, η αντίστοιχα εφικτή αβεβαιότητα μετρήσεως.

Μέσω της επιλογής ή κατάταξης σε μια κλάση ποιότητας τίθεται η αποδοτικότητα σχεδιαζόμενων ή υφισταμένων χώρων μέτρησης, με βάση τις συνιστώμενες χαρακτηριστικές τιμές, πάνω σε μια γενικά αναγνωρισμένη βάση.

4.2.1 Χαρακτηριστικά στοιχεία για τις κλάσεις ποιότητας μετρητικών χώρων της τεχνικής μέτρησης μήκους.

Τα χαρακτηριστικά αυτά στοιχεία προκύπτουν απ' τις προκαθορισμένες κλάσεις των καθοριστικών χαρακτηριστικών μεγεθών.

Πίνακας 4.1: Συνιστώμενα χαρακτηριστικά στοιχεία για μετρητικούς χώρους της τεχνικής μέτρησης μήκους.

Ονομασία	Χώρος μέτρησης υψίστης ακριβείας	Χώρος μέτρησης υψηλής ποιότητας	Χώρος μέτρησης στοιχειωδών προτύπων	Βιομηχανικός εργαστηριακός χώρος μέτρησης	Βιομηχανικός χώρος μέτρησης	Χώρος μέτρησης με ειδικές απαιτήσεις	
Κλάση ποιότητας μετρητικού χώρου	1	2	3	4	5	0	
Θερμοκρασία	Βασική θερμοκρασία	20°C	x)	x)	x)	xx)	x)
	Χρονική μεταβολή θερμοκρασίας	A	B	C	D	E	x)
	Διαφορές θερμοκρασίας χώρου	A	B	C	D	E	x)
Υγρασία αέρος	A	B	B	C	D	x)	
Καθαρότητα αέρος	B	B/C	C/D	D	xx)	x)	
Ταλαντώσεις	A	B	B	C	xx)	x)	

x) Σύμφωνα με τον εκάστοτε καθορισμό

xx) καμία απαίτηση για χαρακτηριστικά στοιχεία (όπως δίνονται γενικά απ' την εκάστοτε περιοχή)

A - E : αντίστοιχες κλάσεις θερμοκρασίας, υγρασίας κ.τ.λ.

Οι υποδείξεις που αναφέρονται στην υγρασία, στην καθαρότητα αέρος και στις ταλαντώσεις είναι τιμές αναφοράς. Σε ειδικές περιπτώσεις μπορούν να συντάσσονται κανονισμοί μόνον έχοντας γνώση των ιδιαίτερων συνθηκών και των τοπικών δεδομένων.

Για υφισταμένους χώρους μέτρησης μπορούν να σημειώνονται τα τετράγωνα του πίνακα 4.1 σύμφωνα με τις υπάρχουσες τιμές των χαρακτηριστικών μεγεθών. Το τετράγωνο που βρίσκεται δεξιάτερα όλων καθορίζει την κλάση ποιότητας του μετρητικού χώρου.

4.2.2 Κατάταξη χώρων μέτρησης σε κλάσεις ποιότητας σύμφωνα με τις εργασίες τους

Στον πίνακα 4.2 κατατάσσονται στις κλάσεις ποιότητας χαρακτηριστικές και ως επί το πλείστον συχνότερα ανακύπτουσες εργασίες σε χώρους τεχνικής μέτρησης μήκους

Πίνακας 4.2 Κλάσεις ποιότητας για μετρητικούς χώρους της τεχνικής μέτρησης μήκους - Κατάταξη μετρητικών εργασιών

Κλάση ποιότητας	Ονομασία και παραδείγματα ταξινομημένων εργασιών
1	Χώρος μέτρησης υψίστης ακριβείας π.χ. Διακρίβωση προτύπων αναφοράς, μέτρηση μέτρων σύγκρισης
2	Χώρος μέτρησης υψηλής ποιότητας π.χ. Διακρίβωση προτύπων εργασίας, μέτρηση μονάδων ρύθμισης, διαπίστευση τμημάτων, μηχανισμών, εργαλείων και συσκευών ακριβείας
3	Χώρος μέτρησης στοιχειωδών προτύπων π.χ. Μετρητικές εργασίες παρακολούθησης της διαδικασίας, μέτρηση μηχανισμών, εργαλείων, μέσων ελέγχου (πρότυπα εργασίας), υποδειγματικοί έλεγχοι προς επαλήθευση, μέτρηση φθαρτών τμημάτων και αρχικών δειγμάτων
4	Βιομηχανικός εργαστηριακός χώρος μέτρησης π.χ. Παρακολούθηση παραγωγής και της ρύθμισης μηχανών, έλεγχος βοηθητικών μηχανισμών και εργαλείων (οι έλεγχοι συνάδουν με τον τομέα παραγωγής)
5	Βιομηχανικός χώρος μέτρησης Εργαστηριακού τύπου μετρήσεις στην παραγωγή
0	Χώρος μέτρησης ιδιαίτερων απαιτήσεων π.χ. Μετρήσεις σε Wafern - μετρητικός χώρος με ιδιαίτερες απαιτήσεις για συγκεκριμένες εργασίες

Για την κατάταξη σύμφωνα με τις εργασίες ξεκινάμε με την προϋπόθεση ότι υπό φυσιολογικές συνθήκες υπάρχουν σχέσεις εξάρτησης μεταξύ των προς διεκπεραίωση μετρητικών εργασιών και της απαιτούμενης ακρίβειας των αντικειμένων μέτρησης.

4.2.3 Σχέση μεταξύ κλάσεων ποιότητας μετρητικού χώρου και αβεβαιότητας μετρήσεως σε μετρήσεις μήκους.

Κατά το σχεδιασμό μετρητικών χώρων τίθεται εκτός των άλλων το ερώτημα ποιες ανοχές μήκους μπορούν να ελεγχθούν μέσα στις διαφορετικές κλάσεις ποιότητας μετρητικού χώρου που καθορίζονται σ' αυτές τις προδιαγραφές, ώστε καθίσταται εφικτή η εκτίμηση της απαιτούμενης δαπάνης π.χ. για τον κλιματισμό.

Η ελάχιστη ανοχή t που δύναται να ελεγχθεί καθορίζεται μέσω της αβεβαιότητας μετρήσεως u . Η τελευταία δεν εξαρτάται μόνον αποκλειστικά απ' τις συνθήκες μέσα στο μετρητικό χώρο, αλλά εξ' ίσου και απ' τη μέθοδο, τον εξοπλισμό, τη στρατηγική και απ' το ίδιο το αντικείμενο μέτρησης.

Για τις κάτωθι παριστάμενες εκτιμήσεις αρκεί απλά να εξεταστεί η επίδραση της θερμοκρασίας στην αβεβαιότητα μετρήσεως κατά τη μέτρηση μήκους, εφόσον απ' όλα τα επιδρώντα μεγέθη του περιβάλλοντος η θερμοκρασία επιδρά κατά τον πιο ισχυρό τρόπο. Τα άλλα καθοριστικά χαρακτηριστικά μεγέθη (υγρασία, καθαρότητα αέρος, ταλαντώσεις) δεν συμπεριλαμβάνονται. Επίσης δεν εξετάζονται τα δυναμικά ιδιαίτερα γνωρίσματα του μετρητικού εξοπλισμού (π.χ. Drift), οι μεταβολές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και του αντικειμένου μέτρησης κατά τη διάρκεια της μέτρησης, όπως και διάφορες σταθερές χρόνου για τη μετάδοση θερμότητας στον εξοπλισμό και το αντικείμενο μέτρησης. Αυτά στην πράξη δεν προσφέρονται για κανένα χρήσιμο υπολογισμό. Πρέπει να γίνεται εκτίμηση ή, μέσω μετρήσεων, εξακρίβωση αυτών και ενδεχομένως, να λαμβάνονται απλά υπ' όψη. Το ίδιο δύσκολο είναι να εκτιμηθούν θερμοκρασιακά εξαρτημένες μεταβολές μήκους μη ραβδόμορφων και ιδιαίτερα, ασύμμετρων αντικειμένων μέτρησης. Αυτές οι μεταβολές πρέπει σε περίπτωση ανάγκης να συνάγονται πειραματικά.

Οι άγνωστες ή μόνο δύσκολα εκτιμητέες επιρροές μπορούν να ληφθούν υπ' όψη π.χ. μέσω αύξησης των τιμών της αβεβαιότητας στη μέτρηση της θερμοκρασίας.

Γενικά ισχύει ότι, σε μετρήσεις χωρίς θερμοκρασιακές διορθώσεις, τόσο ψηλότερες είναι οι απαιτήσεις ως προς την σταθερότητα θερμοκρασίας του μετρητικού χώρου, όσο μικρότερη είναι η απαιτούμενη αβεβαιότητα μετρήσεως.

Αντίθετα, μπορούν μέσω συγκριτικών μεθόδων μέτρησης, μέσω αντιστάθμισης των στατικών επιρροών της θερμοκρασίας, μέσω "ευνοϊκών" στρατηγικών μέτρησης και /ή μέσω μετρητικών εξοπλισμών σταθερής θερμοκρασίας να τεθούν πιο περιορισμένες απαιτήσεις ως προς τη θερμοκρασιακή σταθερότητα, κάτι που τελικά μπορεί να οδηγήσει και στην επιλογή άλλης κλάσης ποιότητας χώρου μέτρησης.

Σε κάθε περίπτωση πάντως απαιτείται κατά το σχεδιασμό του χώρου να καθορίζεται για τις επιδιωκόμενες μετρήσεις η σχέση ανοχής προς την αβεβαιότητα μετρήσεως. Η σχέση αυτή δεν περιγράφεται με σαφήνεια ούτε σε εξειδικευμένη βιβλιογραφία ούτε σε κανονισμούς ή προδιαγραφές. Συγκεκριμένα, μια μετρητική μέθοδος χαρακτηρίζεται π.χ. στο DIN 2257-2 ως εφαρμόσιμη όταν η σχέση αβεβαιότητας u προς την ανοχή των υλικών κατεργασίας t παίρνει τιμές μεταξύ 0,1 και 0,2 και όταν (η σχέση αυτή) παραμένει για διακριβωτές ή μετρητικές συσκευές $\leq 1,0$. Αυτό ισοδυναμεί με την απαίτηση: Ανοχή μετρητικών αντικειμένων προς αβεβαιότητα $t/u = 10 \dots 5$, όπου για την επαλήθευση των κανονισμών αρκεί σύμφωνα με το DIN 2257 η εκπλήρωση της απαίτησης $t/u \geq 1$.

Στην πράξη συντελείται επίσης συχνά η αλληλοσύνδεση της αβεβαιότητας μετρήσεως και της ανοχής των μετρητικών αντικειμένων με τις μεθόδους για τον καθορισμό των συντελεστών ικανότητας μέσω ελέγχου cg (4,5).

Η ελάχιστη θερμοκρασιακά εξαρτημένη αβεβαιότητα μιας μέτρησης μήκους, που μπορεί να επιτευχθεί σ' έναν χώρο μέτρησης, εξαρτάται από μια ποικιλία παραγόντων και επιδρώντων μεγεθών, τα οποία είναι γνωστά γενικά μόνο στο σχεδιαστή και τον υπεύθυνο λειτουργίας του χώρου. Γι' αυτόν τον λόγο δεν μπορεί να δοθεί επίσης καμιά καθολικά έγκυρη σχέση μεταξύ κλάσης ποιότητας μετρητικού χώρου και ελάχιστης αβεβαιότητας που μπορεί να επιτευχθεί μέσα σ' αυτόν.

Υπάρχει όμως η δυνατότητα εκτίμησης των θερμοκρασιακά εξαρτημένων αβεβαιοτήτων για κάθε μια κλάση θερμοκρασίας ξεχωριστά μέσω των οριακών αποκλίσεων, όπως αυτές καθορίζονται στους πίνακες της παραγράφου 3.1.5.

Η μέγιστη χρονική μεταβολή θερμοκρασίας $2\delta T_{rt}$ δίνεται μέσω της τιμής που αντιστοιχεί σε 7ημέρες στον πίνακα 2. Απ' τον πίνακα 3 μπορεί να συναχθεί η επιτρεπτή διαφορά θερμοκρασίας χώρου $2\delta T_{rt}$. Από το ημίθροισμα των δύο τιμών, προκύπτει για την εκάστοτε κλάση θερμοκρασίας η οριακή απόκλιση δT_r της θερμοκρασίας χώρου απ' τη βασική θερμοκρασία θ_{Grund} .

Για την παρακάτω σχέση υποθέτουμε ότι οι οριακές αποκλίσεις βρίσκονται κατά τρόπο συμμετρικό προς τη βασική θερμοκρασία και επιπλέον ότι οι θερμοκρασίες χώρου εντός των προκαθορισμένων ευρών είναι τυχαίες και ισοκατανομημένες, δηλαδή ορθογώνια κατανομημένες

$$\delta T_r = \frac{2\delta T_{rt} + 2\delta T_{rd}}{2} \quad (1)$$

Η εξ' αυτών εξαρτημένη αμετάβλητη αβεβαιότητα u_{Tr} της βασικής θερμοκρασίας είναι:

$$u_{Tr} = \frac{1}{\sqrt{3}} \delta T_r \quad (2)$$

Πίνακας 4.3 Θερμοκρασιακά εξαρτημένες αμετάβλητες αβεβαιότητες u_{Tr} κατά την εξίσωση 2, υπολογισμένες συναρτήσει των κλάσεων θερμοκρασίας A μέχρι E

Χαρακτηριστικά μεγέθη	Σύμβολο	Κλάση θερμοκρασίας				
		A	B	C	D	E
Μέγιστη χρονική μεταβολή θερμοκρασίας σε K κατά τον πίνακα 2	$2\delta T_{rt}$	0,4	1,0	2,0	4,0	8,0
Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας χώρου σε K κατά τον πίνακα 3	$2\delta T_{rd}$	0,1	0,2	0,5	0,1	2,0
Οριακή απόκλιση απ' τη βασική θερμοκρασία σε K	δT_{rt}	0,25	0,6	1,25	2,5	5,0
Θερμοκρασιακά εξαρτημένη αμετάβλητη αβεβαιότητα σε K	u_{Tr}	0,14	0,35	0,72	1,4	2,9

Τα αποτελέσματα του πίνακα 4.3 για το μέγεθος u_{Tr} μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περαιτέρω παρατηρήσεις αβεβαιότητας για τον υπολογισμό μιας συνολικής αβεβαιότητας μετρήσεως σύμφωνα με τον τετραγωνικό νόμο μετάδοσης σφάλματος.

Η θερμοκρασιακά εξαρτημένη αβεβαιότητα μετρήσεως καθορίζεται γενικά απ' την απόκλιση της βασικής θερμοκρασίας απ' τη θερμοκρασία αναφοράς, από τις επιτρεπτές διαφορές και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας χώρου, όσο και απ' τα διαφορετικά υλικά των αντικειμένων μέτρησης και των μέτρων σύγκρισης. Αυτό σημαίνει ότι πιο περιορισμένες αβεβαιότητες μετρήσεως μπορούν να επιτευχθούν μόνο μέσω επίδρασης αυτών των παραγόντων και / ή μέσω διόρθωσης των θερμικών επιρροών.

Στην περίπτωση διεξαγωγής περαιτέρω παρατηρήσεων της αβεβαιότητας με βάση τις οριακές αποκλίσεις της θερμοκρασίας στις κλάσεις χώρου Α μέχρι Ε και με την γενική υπόθεση ότι ο καθορισμός των συντελεστών γραμμικής διαστολής σε 0,2 είναι αβέβαιος (βλ. πιν. 3.2), οι στον πίνακα 10 δοθείσες υποδειγματικές τιμές για την αβεβαιότητα μήκους u_T/L σε $\mu\text{m}/\text{m}$ αναδεικνύονται βοήθημα για νέους σχεδιασμούς. Σ' αυτά τα παραδείγματα υποθέτουμε τη συμβολή μιας παγκοσμίου κύρους μετρητικής συσκευής μήκους με γυάλινο μέτρο σύγκρισης και βάσει ενός ραβδόμορφου μετρητικού αντικειμένου μήκους 1m. Οι εκτιμήσεις στηρίζονται σ' ένα επίπεδο αξιοπιστίας $P = 95\%$ (6)

Πίνακας 10: Υποδειγματικές τιμές αβεβαιότητας μήκους u_T/L με ένα επίπεδο αξιοπιστίας 95% και για αντικείμενα μέτρησης διαφόρων υλικών με τη συμβολή ενός γυάλινου μέτρου σύγκρισης. Βασική θερμοκρασία ίδια της θερμοκρασίας αναφοράς. Καμία θερμοκρασιακή διόρθωση.

Υλικό του αντικειμένου μέτρησης	Αβεβαιότητα μήκους u_T/L σε $\mu\text{m}/\text{m}$ για κάθε κλάση θερμοκρασίας				
	A	B	C	D	E
Αλουμίνιο $\alpha_w = 24 * 10^{-6} \text{ 1/K}$	7,3	18	36	73	150
Ορείχαλκος (μπρούντζος) $\alpha_w = 18 * 10^{-6} \text{ 1/K}$	5,7	14	28	57	110
Χάλυβας (ατσάλι) $\alpha_w = 11,5 * 10^{-6} \text{ 1/K}$	4,0	10	20	40	80
Κεραμικός (καμένος άργιλος) $\alpha_w = 6 * 10^{-6} \text{ 1/K}$	2,8	6,8	14	28	57
Πυρίτιο $\alpha_w = 4 * 10^{-6} \text{ 1/K}$	2,5	6,1	13	25	50

Όταν, πέραν τούτου, η βασική θερμοκρασία αποκλίνει απ' τη θερμοκρασία αναφοράς, όπως επιτρεπτά συμβαίνει για τις κλάσεις ποιότητας χώρου Β μέχρι Ε, τότε πρέπει η εξ' αυτού προκληθείσα συστηματική απόκλιση μήκους να υπολογίζεται και να διορθώνεται.

Μπορεί όμως επίσης να ληφθεί υπ' όψη στον ισολογισμό των αβεβαιοτήτων ως επιπρόσθετο κομμάτι στις τιμές του πίνακα 10 η μέγιστη θερμοκρασιακά εξαρτημένη αβεβαιότητα μήκους $u_{T_{max}}$, η οποία μπορεί να ληφθεί και ως αποτέλεσμα.

4.2.4 Υποδείξεις για ρύθμιση θερμοκρασίας αντικειμένων μέτρησης

Τα αντικείμενα μέτρησης πρέπει πριν τη μέτρηση να ρυθμίζονται θερμοκρασιακά, ώστε οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ μετρητικού αντικειμένου και μέτρου σύγκρισης (συσκευή μέτρησης) να διατηρούνται κατά το δυνατόν πιο περιορισμένες. Ο απαιτούμενος χρόνος ρύθμισης της θερμοκρασίας των αντικειμένων μέτρησης σε εν ηρεμία αέρα περιβάλλοντος μπορεί, κατά κανόνα, μόνο κατά προσέγγιση να εκτιμηθεί.

Η διάρκεια εξαρτάται απ' την ειδική θερμοχωρητικότητα C του αντικειμένου, απ' τη μάζα του και την επιφάνειά του όσο και απ' το βαθμό ακτινοβολίας του.

Εμπειρικές τιμές υπάρχουν για χρόνο τουλάχιστον πέντε ωρών, όπου πρέπει να προσεχθεί ότι κατά την προσέγγιση των θερμοκρασιών απαιτείται σταδιακά περισσότερο χρόνος για την πλήρη εξομοίωση.

Σημαντική μείωση της διάρκειας ρύθμισης της θερμοκρασίας μπορεί να επιτευχθεί π.χ. μέσω ρυθμισμένου θερμοκρασιακά ρεύματος αέρος προς τα αντικείμενα μέτρησης.

5 ΙΕΡΑΡΧΗΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

5.1 Πρωτότυπα και πρωτεύοντα πρότυπα αναφοράς

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, για την ομοιογένεια και αντικειμενικότητα του συστήματος μέτρησης, ήταν αναγκαία ο ορισμός και η κατασκευή μεγεθών-ποσοτήτων, οι οποίες να εκφράζουν την απόλυτα σωστή έκφραση των βασικών μονάδων μέτρησης. Οι ποσότητες αυτές ονομάζονται πρωτότυπα μέτρησης και, εκτός του πρωτότυπου χιλιόγραμμου, ορίζονται με βάσει φυσικά φαινόμενα, με χρήση κατάλληλων διατάξεων. Τα πρωτότυπα μέτρησης βρίσκονται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών..

Σε κάθε βιομηχανική χώρα υπάρχει ένα Εθνικό Γραφείο Προτύπων, οι δραστηριότητες του οποίου είναι η δημιουργία και συντήρηση Πρωτευόντων Προτύπων Αναφοράς. Τα πρωτεύοντα πρότυπα αναφοράς είναι αντίγραφα του διεθνούς χιλιόγραμμου, καθώς και υλοποιημένα συστήματα μέτρησης, που ανταποκρίνονται με τη μέγιστη ακρίβεια στους ορισμούς των βασικών μονάδων και των παραγώγων τους. Επιπλέον, με την πάροδο του χρόνου έχουν αναπτυχθεί προτυποποιημένες μέθοδοι για τη μέτρηση πολλών εκατοντάδων ποιοτικών χαρακτηριστικών. Αυτές οι πρότυπες μέθοδοι περιγράφουν τις συνθήκες μέτρησης, τα όργανα και τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθούνται. Έτσι, τα εθνικά Γραφεία Προτύπων ανέπτυξαν πρωτεύοντα πρότυπα αναφοράς, τα οποία ενσωματώνουν τις μονάδες μέτρησης που αντιστοιχούν σ' αυτές τις πρότυπες μεθόδους μέτρησης.

Το πρωτεύον πρότυπο έχει τις υψηλότερες μετρολογικές ιδιότητες και η τιμή του είναι αποδεκτή χωρίς να γίνεται αναφορά σε άλλα πρότυπα του ίδιου μεγέθους. Λόγω του τεράστιου πλήθους των εξαρτημάτων μέτρησης και των απαιτήσεων ελέγχου της βιομηχανίας, των εργαστηρίων ελέγχου, κ.τ.λ., τα εθνικά Γραφεία Προτύπων δεν έχουν τη δυνατότητα να διακριβώνουν και να πιστοποιούν την ακρίβεια τους. Γι' αυτό κατέφυγαν σε ιεράρχηση δευτερευόντων προτύπων και εργαστηρίων, με τη βοήθεια ενός συστήματος αποδεικτικών πιστοποίησης ακριβείας.

5.2 Δομή συστήματος προτύπων και μετρολογίας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, θα ήταν αδύνατο για τα εθνικά Γραφεία Προτύπων να πιστοποιούν την ακρίβεια και την αξιοπιστία όλων των εξαρτημάτων μέτρησης και ελέγχου των βιομηχανικών εφαρμογών της παραγωγής. Γι' αυτό, ανάμεσα στην παραγωγή και στα εθνικά Γραφεία Προτύπων, δημιουργήθηκαν ενδιάμεσες βαθμίδες προτύπων και των αντίστοιχων εργαστηρίων ελέγχου. Για τη διασφάλιση της αξιόπιστης λειτουργίας του συστήματος δημιουργήθηκαν και τηρούνται τα αποδεικτικά πιστοποίησης ακριβείας.

Με το παραπάνω σύστημα κάθε βαθμίδα διακριβώνεται από την αμέσως ανώτερη κι έτσι η ακρίβεια μέτρησης μεταφέρεται ομαλά από το υψηλότερο στο χαμηλότερο επίπεδο. Παρακάτω δίνεται σχήμα με τη δομή του συστήματος προτύπων και ακολουθεί ανάλυσή του.



Σχ. 5.1 Δομή του συστήματος προτύπων και των φορέων του. (Μανσούρ & Καραχάλιου, 2007)

Στη βάση της πυραμίδας, όπως είναι λογικό, βρίσκονται τα παραγόμενα προϊόντα. Πάνω από τα παραγόμενα προϊόντα βρίσκεται η βαθμίδα του μετρητικού εξοπλισμού βιομηχανίας. Ο όρος αυτός περιλαμβάνει όλα τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση διεργασιών παραγωγής προϊόντων, καθώς και για τη μέτρηση χαρακτηριστικών προϊόντων κατά τον έλεγχο ποιότητας. Τα όργανα αυτά διακριβώνονται με τα πρότυπα εργασίας (working standards ή κύρια πρότυπα, όπως ορίστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο). Τα πρότυπα εργασίας διακριβώνονται με τα δευτερεύοντα πρότυπα αναφοράς (transfer standards), τα οποία αποτελούν τον εξοπλισμό των εργαστηρίων διακρίβωσης. Τα εργαστήρια διακρίβωσης φέρουν πιστοποιητικό διαπίστευσης από τα εθνικά Γραφεία Προτύπων για τους ελέγχους και τις διακρίβώσεις που πραγματοποιούν.

Η ακρίβεια μέτρησης μεταξύ των διαφόρων επιπέδων της πυραμίδας διαφέρει από βαθμίδα σε βαθμίδα. Η ακρίβεια των πρωτευόντων προτύπων αναφοράς καθορίζεται από την ανώτατη στάθμη της τεχνολογίας, καθώς η ακρίβεια της βάσης καθορίζεται από τις απαιτούμενες ανοχές της παραγωγικής διαδικασίας. Γενικά είναι αποδεκτό ότι κάθε στάθμη έχει 5 φορές μεγαλύτερη ακρίβεια από τη στάθμη που ελέγχει, ενώ η διαφορά της στάθμης ακριβείας μεταξύ πρωτευόντων προτύπων αναφοράς και βιομηχανικού εξοπλισμού εξαρτάται από τις ενδιάμεσες βαθμίδες προτύπων.

Εκτός της διαφοράς της ακρίβειας, μεταξύ των προτύπων των διάφορων βαθμίδων υπάρχουν διαφορές και στη δομή τους, βάσει των αναγκών κάθε βαθμίδας. Τα πρωτεύοντα πρότυπα αναφοράς χρησιμοποιούνται από εξειδικευμένους μετρολόγους, με σημαντική συμβολή στην επίτευξη των δυνατοτήτων μετρήσεων υψηλής ακριβείας. Κατεβαίνοντας τις βαθμίδες μειώνεται η εξειδίκευση και την απαίτηση για απόλυτη ακρίβεια αντικαθιστά η ανάγκη για σταθερότητα, αξιοπιστία και ευχρηστία του εξοπλισμού, εφόσον βέβαια καλύπτονται οι απαιτήσεις της βαθμίδας για συγκεκριμένη ακρίβεια.

5.3 Ορολογία

Παρακάτω δίνονται οι ορισμοί βασικών εννοιών του συστήματος ιεράρχησης προτύπων και μετρολογίας:

- *Διαπίστευση (Accreditation)* είναι η διαδικασία κατά την οποία εξουσιοδοτημένος φορέας χορηγεί επίσημη αναγνώριση για την ικανότητα άλλου φορέα να εκτελεί συγκεκριμένα καθήκοντα.

- *Διαπίστευση εργαστηρίου* είναι η επίσημη αναγνώριση της ικανότητας ενός εργαστηρίου δοκιμών να εκτελεί συγκεκριμένες δοκιμές ή συγκεκριμένους τύπους δοκιμών.

- *Πιστοποίηση (Certification)* είναι η ικανοποίηση συγκεκριμένων απαιτήσεων από προϊόν, διαδικασία ή υπηρεσία.

- *Συμμόρφωση (Conformity)* είναι η ικανοποίηση προδιαγεγραμμένων απαιτήσεων από προϊόν, διαδικασία ή υπηρεσία.

- *Πιστοποιητικό συμμόρφωσης (Certificate of Conformity)* είναι το έγγραφο το οποίο εκδίδεται σύμφωνα με τους κανόνες συστήματος πιστοποίησης και υποδηλώνει ότι παρέχονται επαρκή εχέγγυα για τη συμμόρφωση ενός επαρκώς τυποποιημένου προϊόντος, διαδικασίας ή υπηρεσίας ως προς συγκεκριμένα πρότυπα ή άλλα κανονιστικά έγγραφα.

- *Φορέας πιστοποίησης (Certification body)* είναι ο φορέας που διενεργεί πιστοποίηση της συμμόρφωσης.

- *Βαθμονόμηση (Graduation)* είναι η αναγραφή των ενδείξεων σε κενή κλίμακα ενός οργάνου, με βάση ένα γνωστό και καθορισμένης ακρίβειας μέγεθος της φυσικής ιδιότητας, την οποία μετρά το όργανο.

- *Διακρίβωση (Calibration)* είναι η σύγκριση μεταξύ δύο οργάνων μέτρησης, από τα οποία το ένα αποτελεί εθνικό πρότυπο ή πρότυπο γνωστής ακρίβειας, η οποία έχει μεταφερθεί σε αυτό από τα εθνικά πρότυπα. Με τη σύγκριση αυτή

βαθμονομείται το υπό έλεγχο όργανο και διαπιστώνεται, επαληθεύεται ή επαναφέρεται με ρύθμιση η ακρίβειά του.

5.4 Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (Ε.Ι.Μ.) ιδρύθηκε το 1994 και εποπτεύεται από το Υπουργείο Ανάπτυξης. Μαζί με το Εθνικό Συμβούλιο Διαπίστευσης (Ε.ΣΥ.Δ.) και τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛ.ΟΤ.) αποτελούν τη βασική υποδομή ποιότητας της Ελλάδας. Βασικές λειτουργίες-σκοποί του Ε.Ι.Μ. είναι:

- Η υλοποίηση των βασικών και παράγωγων μονάδων μέτρησης του διεθνούς συστήματος (S.I.) με την τήρηση των αντίστοιχων προτύπων.
- Η ανάπτυξη τεχνικών και μεθόδων μέτρησης.
- Η λειτουργία και η υποστήριξη μετρολογικού συστήματος στη χώρα.
- Η διάδοση της μετρολογίας.
- Η λειτουργία εργαστηρίων διακρίβωσης.
- Η διενέργεια εξειδικευμένων μετρήσεων και δοκιμών για την έγκριση τύπου μετρητικών διατάξεων και συσκευών.
- Η ανάπτυξη και διάθεση υλικών αναφοράς.
- Η εκπροσώπηση της χώρας σε διεθνείς οργανισμούς και φόρα μετρολογίας.

Ο ΕΛ.Ο.Τ., ως φορέας τυποποίησης, εκδίδει τα σχετικά πρότυπα και τις προδιαγραφές που αφορούν στην παραγωγή και τον έλεγχο προϊόντων και υλικών. Το Ε.ΣΥ.Δ. είναι ο φορέας, ο οποίος παρέχει διαπίστευση σε φορείς πιστοποίησης και εργαστήρια διακριβώσεων και δοκιμών.

6. ΤΟ ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΟΥ Ε.Μ.Π

Το Μετροτεχνικό Εργαστήριο (ΜΕ) αποτελεί οργανωτική μονάδα του ΕΜΠ από το 1962 οπότε και ιδρύθηκε (ΦΕΚ αριθμός φύλλου 32, Τεύχος 1, 22/02/1962, Διάταγμα 132). Αρχικά εγκαταστάθηκε στα Κτίρια του ΕΜΠ στην Πατησίων, ενώ το 1997 μετεγκαταστάθηκε στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Το Μετροτεχνικό Εργαστήριο αποτελεί επί σειρά ετών το σύνδεσμο μεταξύ της ακαδημαϊκής διδασκαλίας και της πρακτικής εφαρμογής των όσων διδάσκονται στα Μαθήματα του Κύκλου Σπουδών του Μηχανικού Παραγωγής της Σχολής των Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ. Παράλληλα, το Μετροτεχνικό Εργαστήριο δραστηριοποιήθηκε από την ίδρυσή του στην διεξαγωγή ερευνητικού έργου και στην παροχή υπηρεσιών σε επιχειρήσεις και οργανισμούς του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα.

Η κύρια επιστημονική περιοχή που καλύπτουν τα στελέχη του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου είναι των Συστημάτων Διαχείρισης Ποιότητας. Στο πλαίσιο αυτό καλύπτονται οι περιοχές του Ελέγχου Ποιότητας με έμφαση στους μη καταστροφικούς ελέγχους και τις διαστασιακές μετρήσεις, καθώς και η διακρίβωση μετρητικού εξοπλισμού.

Η υποδομή του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου ενισχύθηκε σημαντικά το 2007 με την κατασκευή αίθουσας ελεγχόμενων συνθηκών. Το εργαστήριο πρόκειται να διαπιστευτεί κατά το πρότυπο EN ISO/IEC 17025:2005. Το έργο αυτό έχει ενταχθεί στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ» (Μέτρο 1.2 “Εθνικό Σύστημα Ποιότητας”, Δράση 1.2.2 “Πιστοποίηση”) με τίτλο: «Ενίσχυση της υφισταμένης υποδομής του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου του Τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την παροχή υπηρεσιών δοκιμών». Σκοπός του έργου είναι να αναβαθμισθούν οι προσφερόμενες στην ελληνική βιομηχανία υπηρεσίες ελέγχου ποιότητας του εργαστηρίου με τον έλεγχο του συνόλου των διαστασιακών και γεωμετρικών ανοχών, σε κάθε τύπου και μορφής βιομηχανικών και μηχανουργικών προϊόντων.

Με τη διαπίστευση, το Μετροτεχνικό εργαστήριο φιλοδοξεί να αποτελέσει κομβικό σημείο υποστήριξης των επιχειρήσεων, ιδιαίτερα εκείνων που εφαρμόζουν πιστοποιημένα συστήματα ποιότητας κατά τα πρότυπα της σειράς ISO 9000:2000, και απαιτούν υψηλή ποιότητα και ακρίβειες σε θέματα διαστασιακών ελέγχων-δοκιμών αλλά και διακριβώσεων.



Εικ. Χώρος μετρήσεων του εργαστηρίου και διδασκαλίας των φοιτητών.(Φωτογραφία από το site του εργαστηρίου)

Το εργαστήριο διαθέτει πρότυπα μήκη (πλακίδια και πρότυπες ράβδοι), όργανα, συσκευές και μηχανές για εφαρμογές σε:

- Μετρήσεις ακριβείας μήκους και γωνιών,
- Έλεγχο επιπεδότητας και παραλληλότητας επιφανειών,
- Έλεγχο κυκλικότητας, ομοαξονικότητας και κυλινδρικότητας αξόνων
- Μετρήσεις τραχύτητας επιφανειών,
- Ανάστροφο σχεδιασμό εξαρτημάτων (reverse engineering)
- Έλεγχο οδοντωτών τροχών και σπειρωμάτων,
- Έλεγχο αξόνων και τρυμάτων
- Έλεγχο συνέχειας των υλικών με υπερήχους,
- Παραγωγή προτύπου μήκους με συμβολή μονοχρωματικού φωτός, κ.α.

Ειδικότερα, το Μετροτεχνικό Εργαστήριο παρέχει τις εξής μετρήσεις:

- Μετρήσεις εξωτερικών διαστάσεων 0 ÷ 600 mm
- Μετρήσεις εσωτερικών διαστάσεων 0,5 ÷ 450 mm
- Μετρήσεις εσωτερικών και εξωτερικών σπειρωμάτων σύμφωνα με το ISO 286
- Μετρήσεις ελεγκτήρων αξόνων, Μετρήσεις ελεγκτήρων τρυμάτων
- Μετρήσεις ελεγκτήρων σπειρωμάτων σύμφωνα με ANSI/ASME B1.2, BS 84, BS 919, DIN 13, ISO 228-1, DIN 40431.

Αίθουσα Ελεγχόμενων Συνθηκών

Για την δημιουργία ελεγχόμενων συνθηκών για διαστατικές μετρήσεις ακριβείας και των έκδοση πιστοποιητικών διακρίβωσης με καταγεγραμμένη την ακρίβεια των μετρήσεων και υπολογισμένη την αβεβαιότητά τους έχει δημιουργηθεί χώρος ελεγχόμενων συνθηκών. Οι δυνατότητες του χώρου αυτού (αίθουσα μετρήσεων) πληρούν τις πιο κάτω συνθήκες:

- Σταθερή θερμοκρασία
- Απαλλαγή από δονήσεις
- Ελεγχόμενη υγρασία αέρα
- Καθαριότητα και απαλλαγή από σκόνη
- Ικανοποιητικός χώρος για άνετη εργασία

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας είναι αυτόματη από σύστημα κλιματισμού. Η θερμοκρασία διατηρείται σε όριο δυνατών αποκλίσεων ± 0.5 C από την κανονική θερμοκρασία των 20 C (που είναι ακριβώς ίση με 68 F).

Οι τοίχοι τα δάπεδα και η οροφή είναι κατάλληλα θερμομονωμένοι.

Εισαγωγή θερμού ή ψυχρού αέρα από την οροφή ή το δάπεδο με πολύ μικρή ταχύτητα για την αποφυγή στροβιλισμών που συνεπάγεται την ανομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας στο χώρο. Τοποθέτηση σε μικρές αποστάσεις ισχυρών λαμπτήρων είναι αιτία μιας τοπικής διέγερσης της θερμοκρασίας.

Ακριβή θερμόμετρα έχουν τοποθετηθεί σε διάφορα σημεία του χώρου μετρήσεων για έλεγχο του αυτόματου συστήματος ρύθμισης της θερμοκρασίας.



Εικ. 2 Η αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών. (Φωτογραφία από το site του εργαστηρίου)

Ο χώρος είναι απαλλαγμένος από δονήσεις πολύ σημαντική συνθήκη για ακριβείς μετρήσεις.

Η τοποθέτηση της μετρητικής μηχανής σε μονομπλόκ από τσιμέντο. Ελαφρές δονήσεις από το κτίριο στο πάτωμα από 1Hz μέχρι 100 Hz θα αποσβένονται από μονωτικά ISOLATOR μαξιλάρια από μαλακό λάστιχο.

Ο χώρος ελέγχεται για δονήσεις με επιταχυνσιόμετρα.

Αν η σχέση υγρασίας αέρος υπερβαίνει το 50 ± 2 % τότε τα μηχανήματα θα διαβρωθούν. Προβλέπεται αυτόματη ρύθμιση υγρασίας (πλήρες σύστημα κλιματισμού).

Καθαριότητα και απαλλαγή από σκόνη για να μη φθείρονται τα μηχανικά μέρη και δημιουργούνται ορατές γρατσουνιές

Τοποθετήθηκε αντιστατικό δάπεδο ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία σκόνης.

Πάτωμα και οροφή βαμμένα λευκά.

Το σύστημα κλιματισμού έχει ενσωματωμένα φίλτρα καθαρισμού του αέρα ώστε να αφαιρείται η σκόνη.

Ικανοποιητικός χώρος για άνετη εργασία.

Διαθέσιμος χώρος για τα προς μέτρηση κομμάτια, και όλα τα αντικείμενα που πρέπει να τοποθετούνται για ορισμένες ώρες στο χώρο ελεγχόμενων συνθηκών ώστε να επιτευχθεί εξίσωση θερμοκρασίας.

Όλα τα ανωτέρω προβλέπονται στις Γερμανικές προδιαγραφές VDI/VDE 2627 οι οποίες μεταφράστηκαν στα ελληνικά από στελέχη του εργαστηρίου και οι οποίες αναμένονται σύντομα να καθιερωθούν από τον ΕΛΟΤ σαν ελληνικό πρότυπο.

Το αντικραδασμικό δάπεδο έχει διαστάσεις 4 × 4 m και είναι ανεξάρτητο από το υπόλοιπο κτίριο.

Επίστρωση του δαπέδου της αίθουσας με αγώγιμο εποξειδικό σύστημα.

Υπάρχει προθάλαμος εισόδου με σύστημα air lock στην αίθουσα με σκοπό την διατήρηση των ελεγχόμενων συνθηκών μετρήσεων.

Έχουν τοποθετηθεί δύο πάγκοι από γρανίτη βαρέως τύπου διαστάσεων 3000×1000×300 mm.

Σαν οδηγός έχει χρησιμοποιηθεί η Γερμανική Προδιαγραφή VDI/VDE 2627 Blatt 1, που είναι η μοναδική προδιαγραφή για χώρους μετρήσεων στον κόσμο. Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στον έλεγχο των δύο βασικότερων περιβαλλοντικών παραμέτρων που επηρεάζουν τις διαστασιακές μετρήσεις: τη θερμοκρασία και τις ταλαντώσεις.

Εξοπλισμός της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών

Ειδικότερα, εκτός του υπάρχοντος εξοπλισμού, με την πραγματοποίηση της αναβάθμισης η αίθουσα ελεγχόμενων συνθηκών εξοπλίστηκε με:

- Μετρητική μηχανή τύπου Universal Μεγάλης Ακρίβειας (0-100)mm Απόλυτη μέτρηση (absolute measurement)
(100-640)mm Συγκριτική μέτρηση(differential measurement)
- Μηχανή Μέτρησης Συντεταγμένων (CMM) Ακριβείας (700X700X500)mm
- TESA UPC Gage Block Comparator
- TESAVISIO 300 vision μετρητικό σύστημα (300x200)mm (X-Y), 150mm (Z)
- TESA-Hite 600 (0-600)mm measuring range, 0.020mm accuracy

7. ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΜΩΝ ΜΕ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ (VISION MACHINE)

Το πεδίο εφαρμογών των μηχανών μέτρησης συντεταγμένων με τον αισθητήρα εικόνας (vision machine) είναι πολύ μεγάλο και γίνεται συνεχής έρευνα για χρήση των συγκεκριμένων μηχανών σε όλο και περισσότερες εφαρμογές.

Πρόκειται για μηχανές που πραγματοποιούν μετρήσεις χωρίς επαφή με το δοκίμιο (no contact measurement) Η χρήση τους έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια σε βιομηχανικές εφαρμογές λόγω του μικρού κόστους αγοράς και λειτουργίας σε σχέση με τις μηχανές μέτρησης συντεταγμένων που χρησιμοποιούν αισθητήρα επαφής αλλά και επειδή κρίνονται πιο αξιόπιστες και γρήγορες στην μέτρηση πολύ μικρών αντικειμένων όπως θα δούμε στη συνέχεια.

7.1. Περιγραφή της Μηχανής

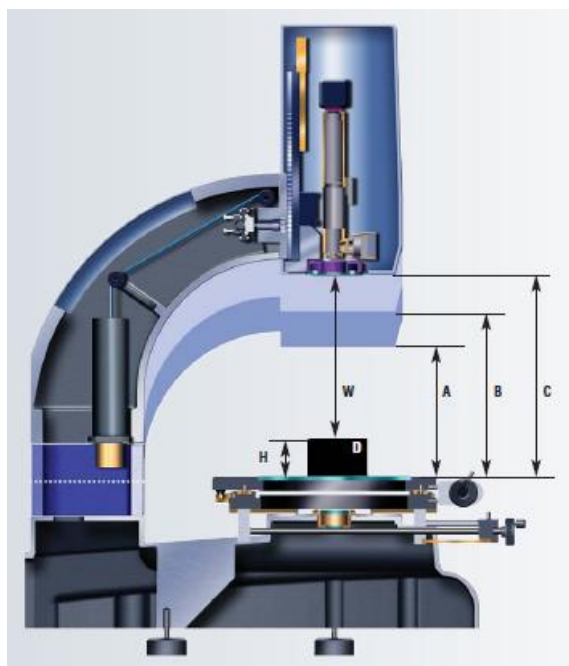
7.1.1. Εξαρτήματα

Η μηχανή αποτελείται από:

- Το Κυρίως Σώμα.
- Την Κεφαλή.
- Της Τράπεζα.
- Τον Τηλεοπτικό Αισθητήρα (video probe)
- Τον Μετατροπέα ηλεκτρικού σήματος (από την CCD) σε ψηφιακή πληροφορία
- Τον Υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό



Εικ. 7.1 Μηχανή Visio

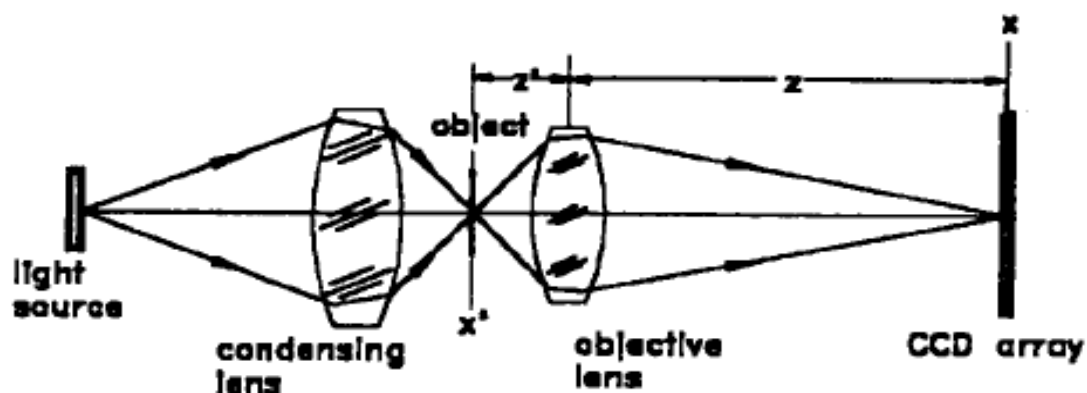


Εκ. 7.2 Τομή Μηχανής Visio

Η θεμελιώδης λειτουργία του **Αισθητήρα Εικόνας (video probe)** στην μετρολογία συντεταγμένων είναι η ανίχνευση των ακμών που αποτελούν το σύνορο του γεωμετρικού σχήματος του προς μέτρηση αντικειμένου.

Ο αισθητήρας εικόνας αποτελείται από τρία βασικά οπτό-ηλεκτρονικά στοιχεία όπως φαίνεται στο σχήμα 7.1:

- α) Μια **πηγή φωτός (light source)** με ένα **συγκεντρωτικό φακό (condensing lens)** για τον φωτισμό του αντικειμένου (illumination).
- β) Έναν **αντικειμενικό φακό (objective lens)** κατάλληλης μεγέθυνσης για την δημιουργία ειδώλου και
- γ) Μια **συστοιχία CCD (Charge Coupled Device)** για την διακριτοποίηση του ειδώλου του αντικειμένου.

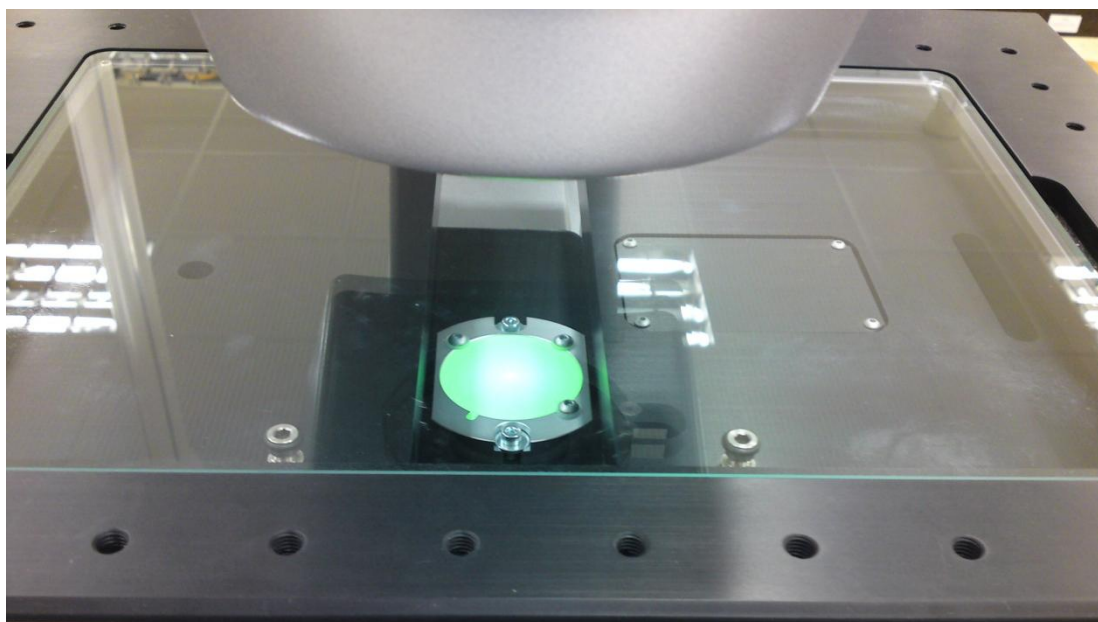


Σχ. 7.1 Μέρη του Αισθητήρα Εικόνας

Η **τράπεζα** έχει δυνατότητα κίνησης στους άξονες x και y. Οι διαστάσεις της τράπεζας κυμαίνονται από 200×300 mm έως 300×400 mm ενώ το βάρος του δοκιμίου που δέχεται ανέρχεται στα 20 Kg. Η κίνηση της τράπεζας γίνεται με χειροκινήτους περιστροφικούς διακόπτες.

Κάτω από την τράπεζα βρίσκεται μια πηγή φωτός LED που αποτελεί τον **οπίσθιο φωτισμό** του δοκιμίου (**back light** ή **illumination light** ή **stage light**) ο οποίος φωτίζει το δοκίμιο ώστε να ανιχνεύονται τα σύνορα του δοκιμίου καθώς και διαμπερής γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως οπές, σχισμές κ.α. από τον αισθητήρα CCD.

Επίσης κάτω από την τράπεζα είναι τοποθετημένος και ο κυρτός συγκεντρωτικός φακός (**condensing lens**) του αισθητήρα εικόνας.



Εικ. 7.3 Οπίσθιος φωτισμός της μηχανής Tesa Visio 300 του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου του Ε.Μ.Π.

Η **κεφαλή** κινείται κατά τον κατακόρυφο άξονα σε ένα εύρος 0-400 mm. Εντός της κεφαλής βρίσκονται ο αντικειμενικός φακός και η συστοιχία CCD ενώ εξωτερικά και συγκεκριμένα στο κάτω μέρος της κεφαλής έχουν τοποθετηθεί πηγές LED που φωτίζουν το δοκίμιο από πάνω. Ο φωτισμός αυτός διακρίνεται σε:

Κάθετο φωτισμό (direct lighting) ή **ομοαξονικό φωτισμό (coaxial light)** και ο **δακτυλιοειδής φωτισμός (ring light)** που συνήθως αποτελείται από τέσσερις ομάδες των έξι LED και φωτίζει το κομμάτι υπό γωνίες 0°, 90°, 180° και 270°.

7.1.2. Αρχή Λειτουργίας

Όπως αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο ο οπτικός αισθητήρας αποτελείται από ένα σετ φακών μέσω των οποίων περνά το φως και εστιάζεται στον αισθητήρα CCD ο οποίος αποτελείται από συστοιχία ρixel τα οποία είναι φωτοευαίσθητα. Η CCD μετατρέπει την τιμή της έντασης του φωτός από κάθε ρixel σε ηλεκτρική τάση και στη συνέχεια η ηλεκτρική τάση μετατρέπεται σε ψηφιακή πληροφορία. Η διαδικασία αυτή καλείται Κλίμακα Επίπεδων Γκρι (gray scale value) το εύρος τιμών της οποίας είναι από 0 έως 255.

Το λογισμικό βρίσκει το άκρο (σύνορο) του σχήματος του δοκιμίου ανιχνεύοντας το σημείο όπου το επίπεδο έντασης του γκρι αλλάζει μεταξύ δυο γειτονικών σημείων. Το λογισμικό μετατρέπει τις συντεταγμένες των σημείων από το σύστημα συντεταγμένων της CCD σε συντεταγμένες στο σύστημα συντεταγμένων της μηχανής, και ενώνοντας τα σημεία αυτά καθορίζεται το περίγραμμα του δοκιμίου.



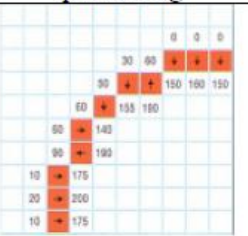
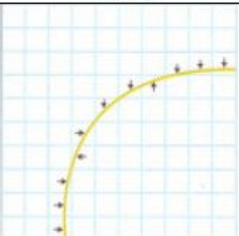
Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι:

οι μετρούμενες διαστάσεις του δοκιμίου υπολογίζονται από τις συντεταγμένες σημείων του ειδώλου και όχι του δοκιμίου.

Υπάρχουν δυο συστήματα καθορισμού των σημείων που αποτελούν το σύνορο του σχήματος του δοκιμίου:

Επεξεργασία ειδώλου (image processing) και ανίχνευση άκμων (edge detection).

κατά την διαδικασία δημιουργίας ειδώλου λαμβάνονται υπόψη οι τιμες όλων των ρixel σε αντίθεση με τη μέθοδο της ανίχνευσης όπου λαμβάνονται μόνο μερικές τιμες. Με τις επιπρόσθετες πληροφορίες της επεξεργασίας ειδώλου, τιμες επιπέδου γκρι γειτονικών ρixel χρησιμοποιούνται παρεμβάλλοντας τιμες υπό-ρixel. Με την διαδικασία αυτή το σύστημα γνωρίζει όχι μόνο το ρixel που περιέχει σημείο-συνορο αλλά και την ακριβή θέση μέσα στο ρixel που βρίσκεται το σημείο.

measurement object	measurement values	measurement processing	measurement result
			
image of a hole	pixeling	subpixeling	edge

7.1.3. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα

Οι μηχανές Visio είναι ιδανικές για μετρήσεις ελαστικών αντικειμένων διότι με την χρήση του αισθητήρα εικόνας αποφεύγονται παραμορφώσεις του δοκιμίου όπως γίνεται με τους αισθητήρες επαφής.

Είναι επίσης ιδανικές για μέτρηση πολύ μικρών αντικειμένων όπου υπάρχει αδυναμία συγκράτησης άλλα και αδυναμία χρήσης αισθητήρα επαφής λόγω του μεγάλου σχετικού μεγέθους του, ως προς το δοκίμιο. Π.χ. αντικείμενα βιοτεχνολογίας, ωρολογοποιίας, τυπωμένα κυκλώματα, οπές αλλά και άλλες διαμορφώσεις σε ελάσματα κ.α

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του αισθητήρα εικόνας έναντι του αισθητήρα επαφής είναι ότι οι ακμές του δοκιμίου βρίσκονται κατευθείαν ενώ με χρήση του δευτέρου οι ακμές υπολογίζονται σαν τομές επίπεδων και χρήση άλλων χαρακτηριστικών βασιζόμενα σε αρκετά σημεία.

Επίσης το αποτέλεσμα με αισθητήρες επαφής περιορίζεται από την ποσότητα των σημείων που συλλέγονται ενώ ο αισθητήρας εικόνας λαμβάνει εκατοντάδες σημεία με μια λήψη.

Επιπρόσθετος ο κύκλος μέτρησης είναι γρηγορότερος με αισθητήρας εικόνας αφού με τον αισθητήρα επαφής έχουμε χρόνους επαφής με το δοκίμιο, απόσυρσης άλλα και λήψης της μέτρησης.

Τέλος ο χρόνος λειτουργίας του λογισμικού των vision συστημάτων για τον καθορισμό των συντεταγμένων είναι μικρότερος των υπολοίπων CMM μηχανών.

Μειονεκτήματα

Λόγο του μικρού μεγέθους τους, στις μηχανές visio υπάρχει και ο περιορισμός των διαστάσεων άλλα και του βάρους των δοκιμίων. Τυπικές τιμή διαστάσεων και βάρους έχουν δοθεί στην προηγούμενη παράγραφο.

Είναι δύσκολο να υπολογίσει τα παρακάτω μεγέθη:

- κυλινδρικότητα και κωνικότητα οπών.
- Σφαιρικότητα
- καθετότητα των καθέτων επιφανειών ως προς τις μετωπικές επιφάνειες

7.2. Αβεβαιότητα στη Μέτρηση με Αισθητήρα Εικόνας (Video Probe)

Το 1996 στο περιοδικό manufacturing technology τεύχος 45 παρουσιάστηκε ένα μαθηματικό μοντέλο υπολογισμού του ορίου αβεβαιότητας από τους Seung-Woo Kim, P.A. McKeown του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Ινστιτούτου Επιστήμης και Τεχνολογίας της Κορέας.

Οι παράμετροι που εξεταστήκαν για την ανάπτυξη του μοντέλου ήταν:

- Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των φακών και της διάταξης τους (design parameters)
- Συνεκτικότητα φωτός (coherence of illumination)
- Ψευδή αναπαραγωγή από την συστοιχία CCD (aliasing of CCD array)
- Αλγόριθμοι ανίχνευσης ακμής (Edge detection algorithms)

Εξετάζοντας τα παραπάνω ο ερευνητής κατέληξε ότι:

- α) Η αβεβαιότητα λόγω συνεκτικότητας του φωτός επηρεάζεται μόνο από τον λόγο f/a ο οποίος καλείται αριθμός f του αντικειμενικού φακού και όχι από την μεγέθυνση m . Η εξίσωση που περιγράφει την συγκεκριμένη αβεβαιότητα είναι:

$$U_c \cong 0,2\lambda(f/a) \quad (1)$$

- β) η αβεβαιότητα των αλγορίθμων U_s καθορίζεται από την εξ.2

$$U_s \cong k_s[0,5\lambda(f/a)] \quad (2)$$

Όπου k_s σταθερά η οποία τινει να είναι μικροτερη της μοναδας με την αυξηση της ικανοτητας subpixeling των αλγορίθμων.

- γ) αποεστίαση και ψευδή κυματομορφή δεν επηρεάζουν την αβεβαιότητα

- δ) μεταξύ των σχεδιαστικών παραμέτρων του οπτικού συστήματος μόνο ο λόγος f/a επηρεάζει την αβεβαιότητα και πρέπει να επιλέγεται όσο το δυνατών μικρότερος.

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω η ολική αβεβαιότητα U δίνεται από την σχέση:

$$U = U_c + U_s = 0,7\lambda f/a \quad (3)$$

Από την παραπάνω εξίσωση βλέπουμε ότι αν θέσουμε:

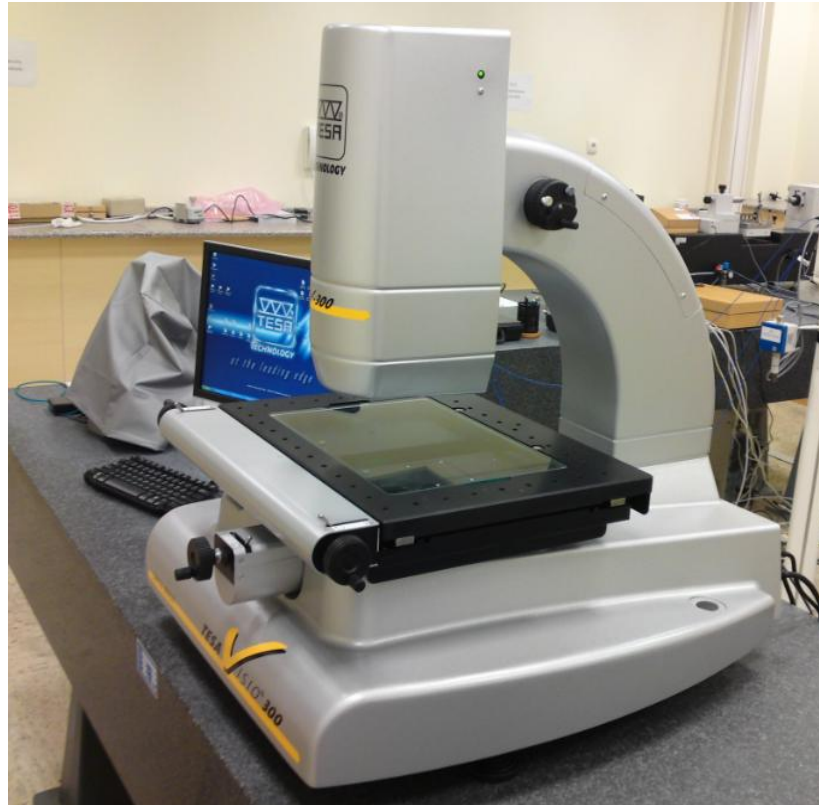
$\lambda=0,5 \mu\text{m}$, τιμή που αποτελεί το μέσο μήκος κύματος του φωτός και

$F/\alpha=1$, όπου αποτελεί τη μέγιστη τιμή

Τότε η μέγιστη θεωρητική τιμή αβεβαιότητας είναι **$U=0,35 \mu\text{m}$** .

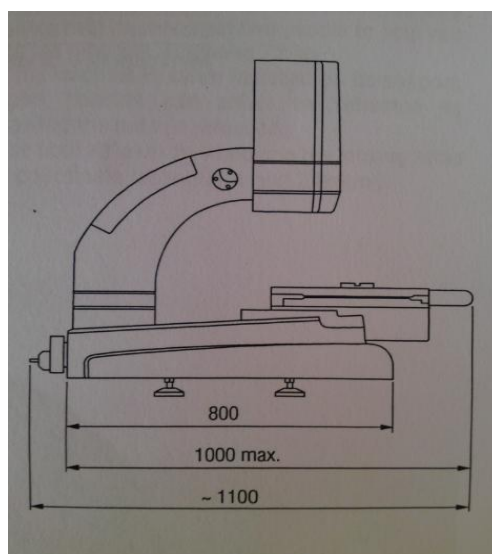
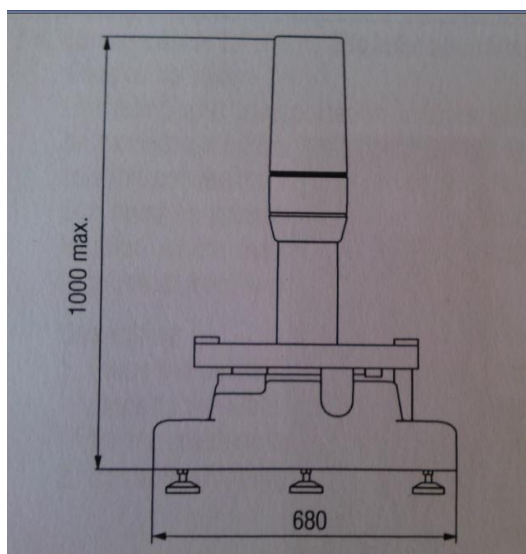
8. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

8.1 Περιγραφή της Μηχανής TESA-VISIO 300 του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου του Ε.Μ.Π



Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις



Hardware

Η μηχανή συνοδεύεται από έναν υπολογιστή μάρκας DELL με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Επεξεργαστής: Intel Celeron 2.8 GHz, FSB533

Μνήμη: 1 GB (2x512) 533 Mhz NON-ECC DDRII

Σκληρός δίσκος : 40 GB SATA 7200 rpm

Κάρτα γραφικών: Intel Media Accelerator 950, 224 shared memory

IF PCDis, Memory card 128 Mo

DVD Driver / CD-ROM 16x

Floppy disc 3,5" 1,44 MB

Σύστημα ήχου : Audio-Chip AC-97

Κάρτα δικτύου: LAN Broadcom solution 5751 GB Ethernet 10/100/1000

Θύρες : 1xRS232, 1xCentronics, 8xUSB-2.0, 1xRJ-45

OS: Windows XP Professional, Multilanguage

Οθόνη : TFT 17"

Αισθητήρας εικόνας

Αναλογική CCD κάμερα, PAL 752×582 pixels

Μεγέθυνση

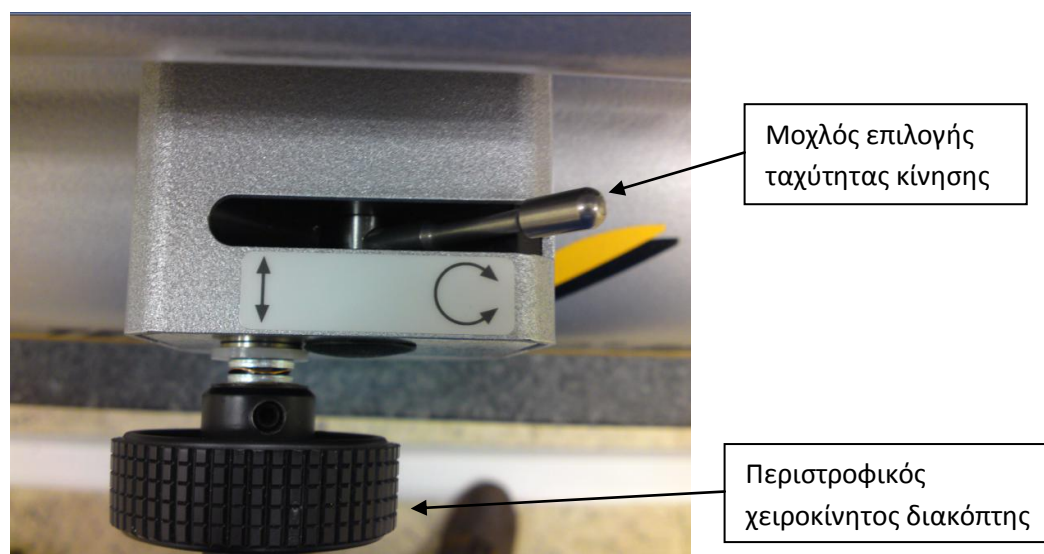
Μηχανική Από 0,7× έως 4,5×.

Επίσης ανάλογα με τον φακό που χρησιμοποιούμε πτωχαίνουμε τις παρακάτω τιμές μεγέθυνσης

ΦΑΚΟΣ	0,5 ×	0,75 ×	1 ×	1,5 ×	2 ×
ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ	15 × έως 65 ×	22 × έως 97 ×	30 × έως 130 ×	44 × έως 195 ×	60 × έως 260 ×

Τράπεζα Μετρήσεως

Αλουμινένια τράπεζα διαστάσεων 510×395 mm (X/Y). Δέχεται **μέγιστο φορτίο 16 Kg** στο μέσον. Η κίνηση της γίνεται από δυο περιστροφικούς διακόπτες για τον άξονα X και έναν για τον άξονα Y. Διαθέτει μηχανισμό απελευθέρωσης για γρήγορη μετακίνηση. Στην περίπτωση αυτή ο μοχλός επιλογής τοποθετείται στη θέση ↔



Εύρος Μέτρησης

Οι μέγιστες διαστάσεις του αντικείμενου που μπορεί να μετρηθεί είναι:

300×200×150 mm (X×Y×Z)

Βάρος δοκιμίου

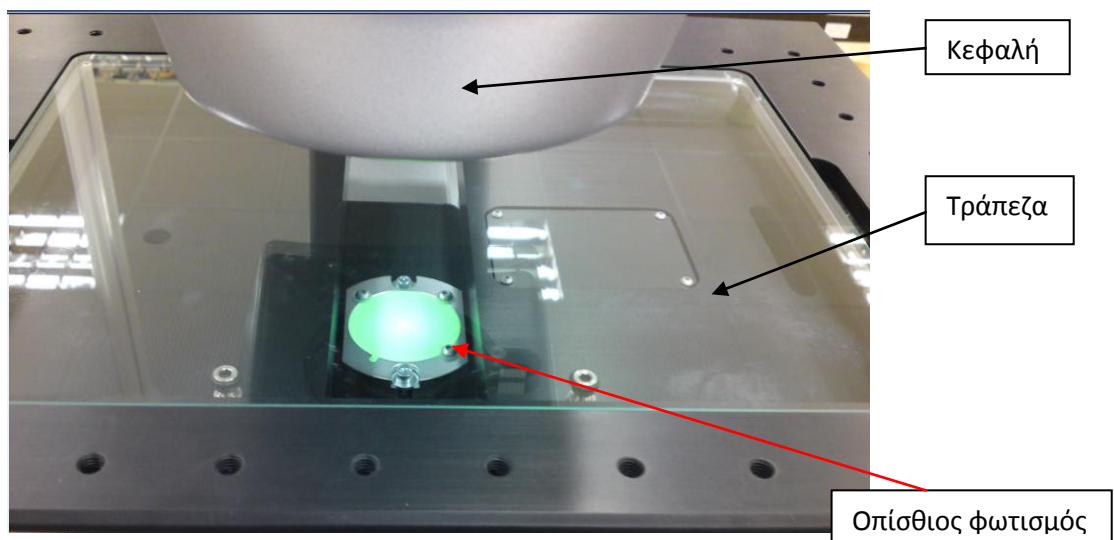
Το μέγιστο βάρος δοκιμίου που μπορεί να τοποθετηθεί στην αλουμινένια τράπεζα είναι 16 Kg

Φωτισμός

Ο φωτισμός του αντικειμένου γίνεται με LED η ένταση των οποίων ρυθμίζεται από το software.

Πιο συγκεκριμένα κάτω από τη βάση της τράπεζας υπάρχει ένα LED που αποτελεί τον οπίσθιο φωτισμό (back light) ενώ στο κάτω μέρος της κεφαλής έχουν τοποθετηθεί πηγές LED που φωτίζουν το δοκίμιο από πάνω. Ο φωτισμός αυτός διακρίνεται σε:

Κάθετο φωτισμό (direct lighting) ή ομοαξονικό φωτισμό (coaxial light) και ο δακτυλιοειδής φωτισμός (ring light) που αποτελείται από τέσσερις ομάδες των έξι LED και φωτίζει το κομμάτι υπό γωνίες 0° , 90° , 180° και 270°



Δίκτης Laser

Ο Δίκτης Laser μας βοηθά στην γρήγορη τοποθέτηση του σταυρονήματος στην περιοχή της μέτρησης δείχνοντας στο αντικείμενο το σημείο στο οποίο βρίσκεται το σταυρόνημα. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε μεγάλη μεγέθυνση

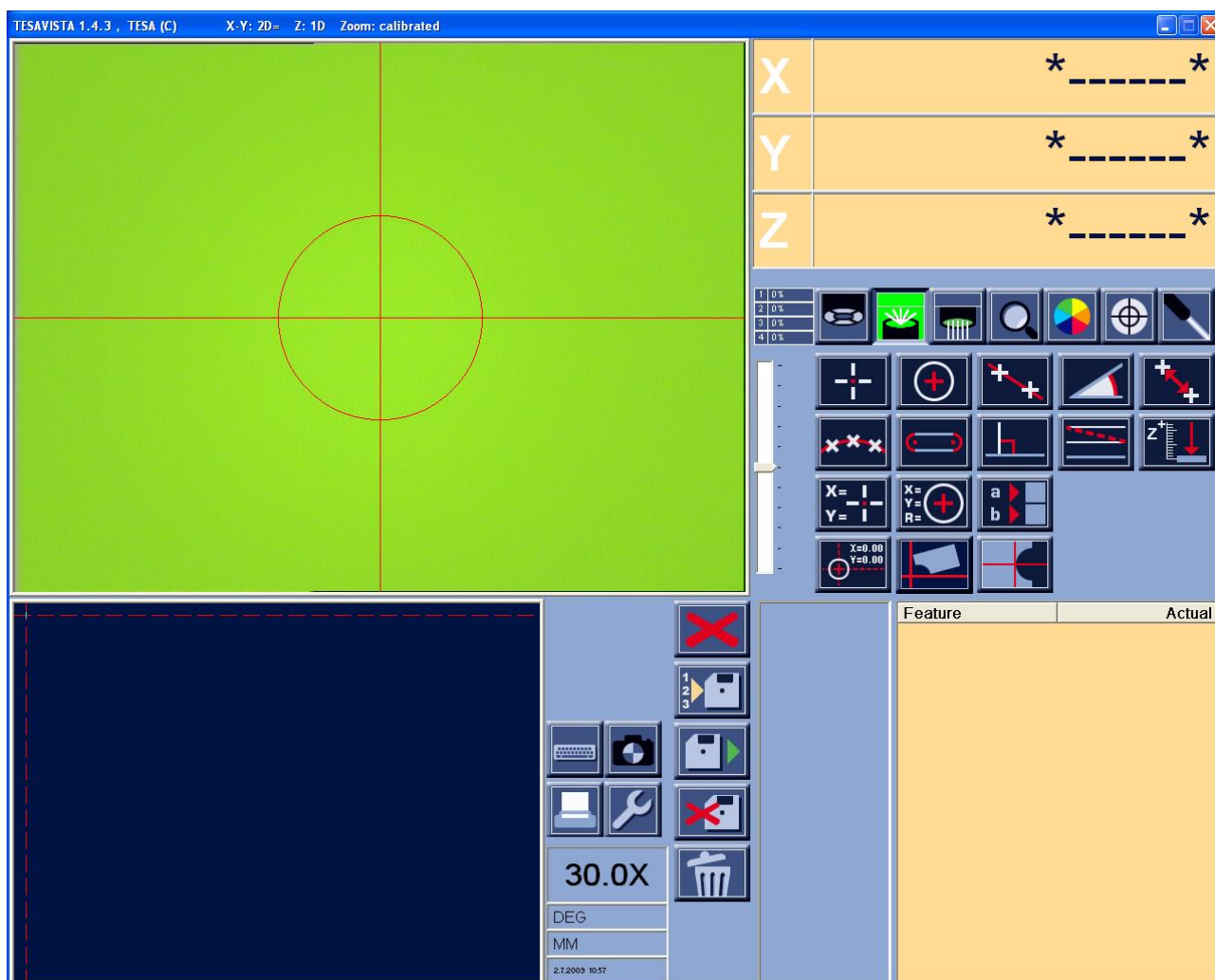


Εκκίνηση της Μηχανής

Θέτουμε τον διακόπτη που βρίσκεται στο πίσω μέρος του υπολογιστή στη θέση ON

Στη συνέχεια ανοίγουμε τον υπολογιστή και ανοίγουμε το πρόγραμμα **TESA VISTA**.

Η μηχανή στα επόμενα δευτερόλεπτα εκτελεί κάποιες ρυθμίσεις αυτόματα και όταν αυτές τελειώσουν εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο εκκίνησης το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



Παρατηρούμε ότι στις θέσεις των τιμών των αξόνων X,Y,Z αντί για τιμές εμφανίζονται τα σύμβολα *-----*.

Το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε αρχικοποίηση (initialising) στους άξονες της μηχανής.

Αρχικοποίηση (Initialising)

Άξονας Z

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο πάνω μέρος της κλίμακας.

Ανεβάζουμε την κεφαλή μέχρι να ακούσουμε έναν χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Z υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Άξονας X

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα αριστερά μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα X υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

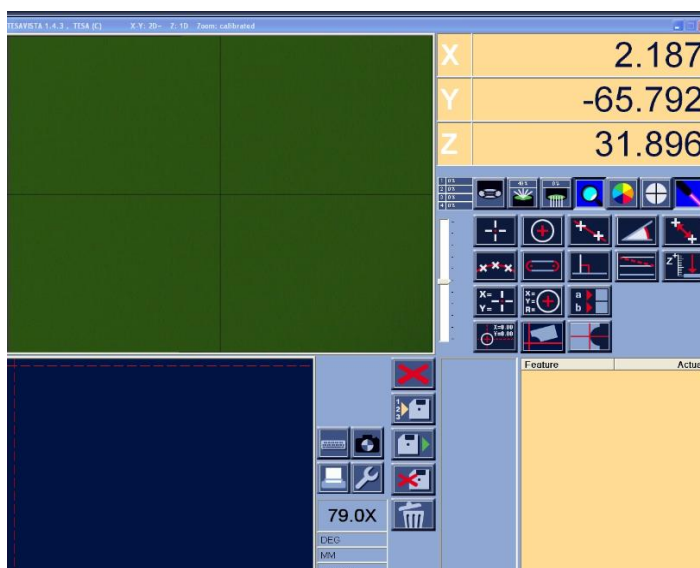
Άξονας Y

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα προς τη μεριά του χειριστή μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Y υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο λειτουργίας μετά το initializing των αξόνων.



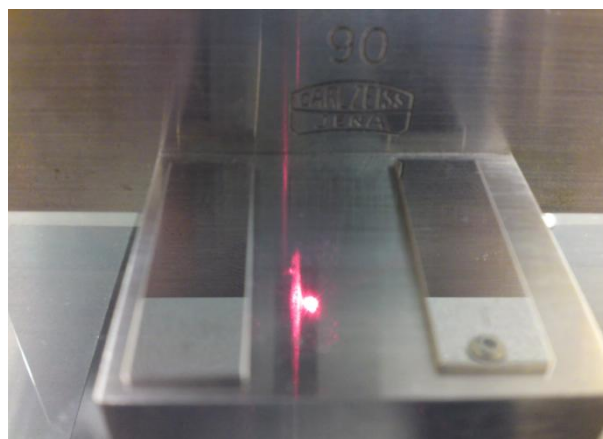
Πραγματοποίηση Μέτρησης

Τοποθετούμε το δοκίμιο όσον το δυνατό στο κέντρο της τράπεζας .

Ενεργοποιούμε το **δείκτη laser** πατώντας το πλήκτρο



ο οποίος δείχνει την περιοχή του αντικειμένου που φαίνεται στην οθόνη.

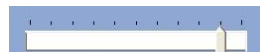


Επιλεγούμε **μεγέθυνση** πατώντας το πλήκτρο



και στη συνέχεια

επιτυχαίνουμε την επιθυμητή μεγέθυνση με τη χρήση του κέρσορα



η οποία φαίνεται όπως η διπλανή εικόνα

130.0X

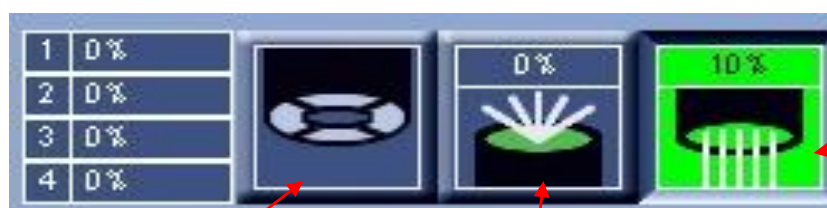
Είναι προτιμητέο να επιλέγεται η μεγαλύτερη τιμή μεγέθυνσης ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση.

Η μεγέθυνση θα πρέπει να παραμείνει σταθερή κατά τη διάρκεια μιας σειράς μετρήσεων

Το είδος του **σταυρονήματος** και το χρώμα του ρυθμίζονται πατώντας παρατεταμένα τα πλήκτρα:



Ενώ ο **φωτισμός** του δοκιμίου ρυθμίζεται από τα πλήκτρα:



Segmented ring light

Green light

Coaxial light

Επιλεγούμε το φως πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο και με τον κέρσορα αυξομειώνουμε την ένταση του .

Ειδικότερα για το ring light πατώντας το μια φορά αυξομειώνεται η ένταση και των τεσσάρων ομάδων (των 6 LED κάθε μια) LED ταυτόχρονα, ενώ με περαιτέρω πάτημα του πλήκτρου επιλέγεται κάθε φορά μια από τις τέσσερις ομάδες.

Είναι πολύ σημαντική η επιλογή του σωστού φωτισμού του δοκιμίου ώστε να φαίνονται καθαρά η επιφάνεια και τα όρια του, ειδικότερα σε σφαιρικά αντικείμενα όπου έχουμε ανάκλαση φωτός.

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΟΥ

Για λόγους συντομίας το σταυρόνημα θα συμβολίζεται με (+)

Τοποθετώντας το (+) στο σημείο που θέλουμε να επιλέξουμε πατάμε το πλήκτρο:



Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο




Πατάμε το πλήκτρο



και στη συνέχεια το



Η εισαγωγή του σημείου έχει γίνει και το σημείο ονομάζεται **point 1**

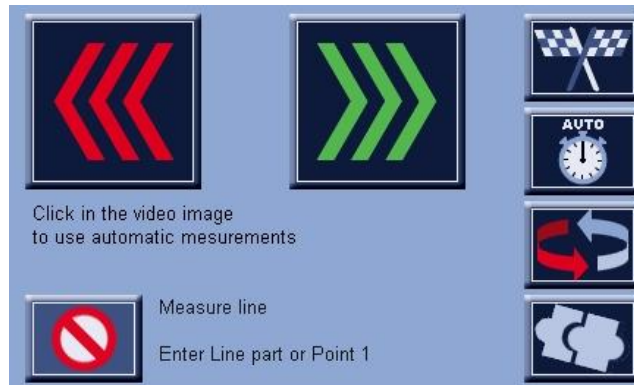
Point 1	Feature	Actual
	 X:	-2.326
	Y:	0.040
	Z:	-0.308

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΕΙΑΣ

Πατάμε το πλήκτρο δεδομένων



και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής



Εισαγωγή σημείων

Πατώντας κάθε φορά το



εισάγουμε το σημείο που βρίσκεται το

σταυρόνημα ενώ με το



εισάγουμε σημείο που επιλεγούμε από τα

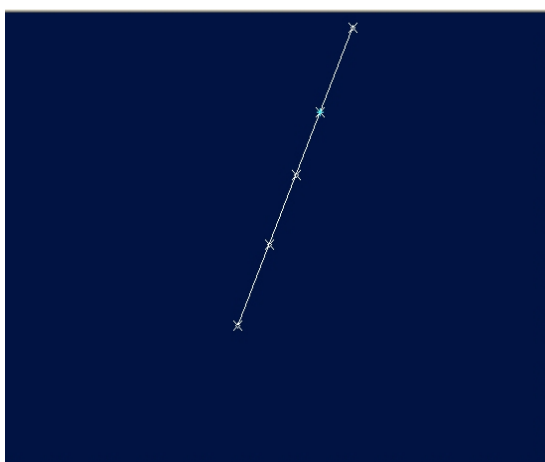
σημεία που έχουμε καταχωρήσει.

Όταν εισάγουμε τα σημεία που θέλουμε, πατάμε



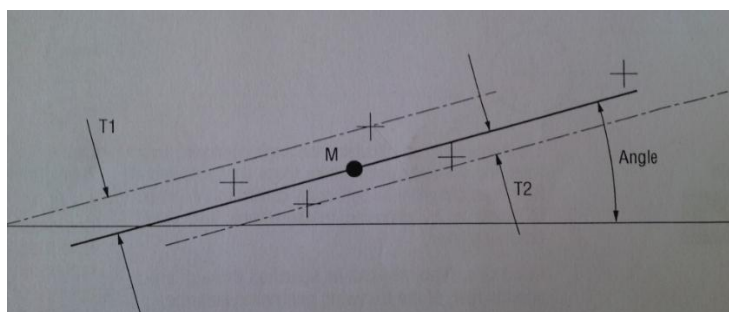
και η ευθεία

εμφανίζεται στην οθόνη γεωμετρικών σχημάτων ενώ τα χαρακτηριστικά της εμφανίζονται στον πίνακα χαρακτηριστικών όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



	Feature	Actual
Point 1		
Point 2		
Point 3		
Point 4		
Point 5		
Line 1		
	cX:	-17.726
	cY:	17.788
	Angle:	65.946
	T-:	0.004
	T+:	0.003
	RMS:	0.000

Οι ανοχές T1 και T2 ορίζονται σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.



ΚΟΙΝΗ ΧΡΗΣΗ ΠΛΗΚΤΡΩΝ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πατώντας



ακυρώνεται η εισαγωγή που έχει γίνει είτε με



είτε με το



Με το



ολοκληρώνεται η διαδικασία

ενώ με το



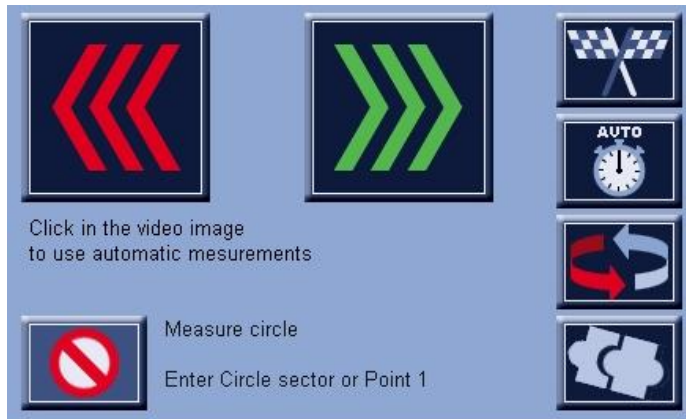
ακυρώνεται η διαδικασία

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ

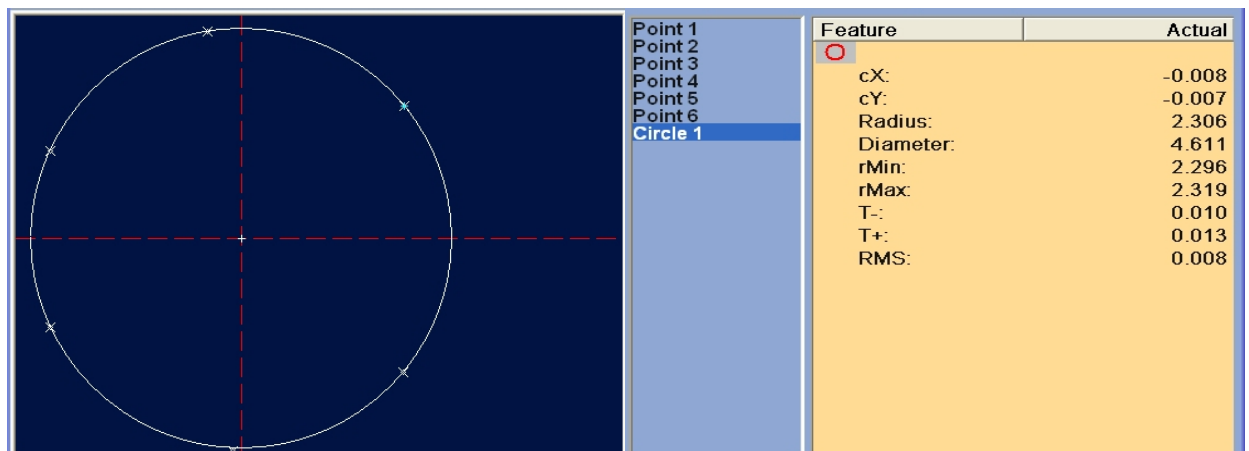
Πατάμε το πλήκτρο
δεδομένων



και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής

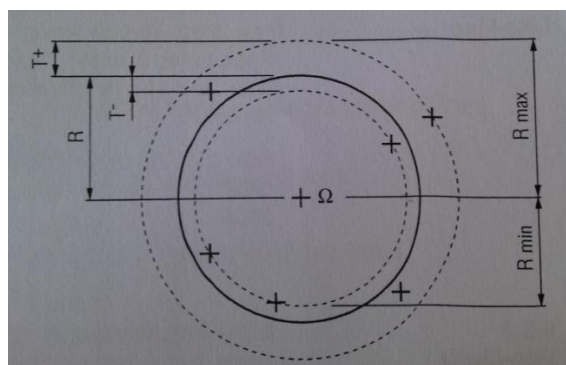


Μετά την εισαγωγή σημείων κατασκευάζεται ο κύκλος και υπολογίζεται η διάμετρος και οι συντεταγμένες του κέντρου.




Η ανοχή T+ ορίζεται ως η απόσταση του πιο απομακρυσμένου σημείου του περιγεγραμμένου κύκλου από τον υπολογισμένο κύκλο ενώ

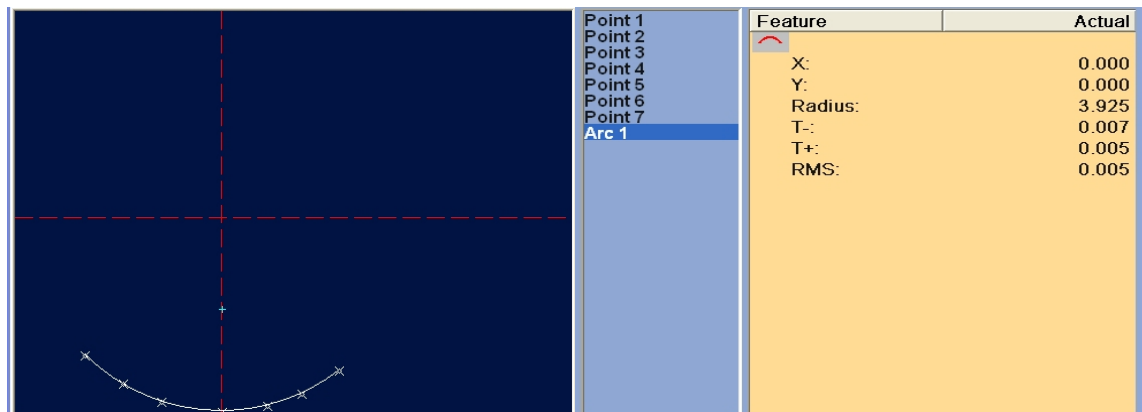
Η ανοχή T- ορίζεται ως η απόσταση του πιο απομακρυσμένου σημείου του εγγεγραμμένου κύκλου από τον υπολογισμένο κύκλο




ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΟΥ ΤΟΞΟΥ

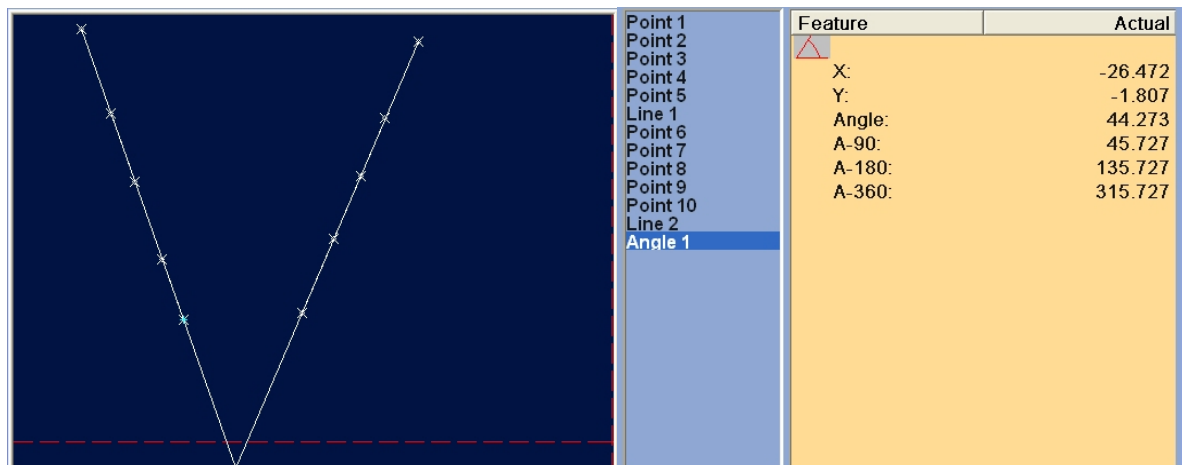
Πατάμε το πλήκτρο  και εισάγουμε τουλάχιστον τρία σημεία. Υπολογίζεται η ακτίνα καμπυλότητας και οι συντεταγμένες του κέντρου.

Οι ανοχές T+ και T- ορίζονται όπως και στον κύκλο.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΩΝΙΑΣ

Πατάμε το πλήκτρο  και εισάγουμε δυο γραμμές οι οποίες αποτελούν τις πλευρές της γωνίας και τις οποίες ειδή έχουμε κατασκευάσει. Υπολογίζεται η μεταξύ τους γωνία και οι συντεταγμένες του σημείου τομής.



ΥΠΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

Πατάμε το πλήκτρο



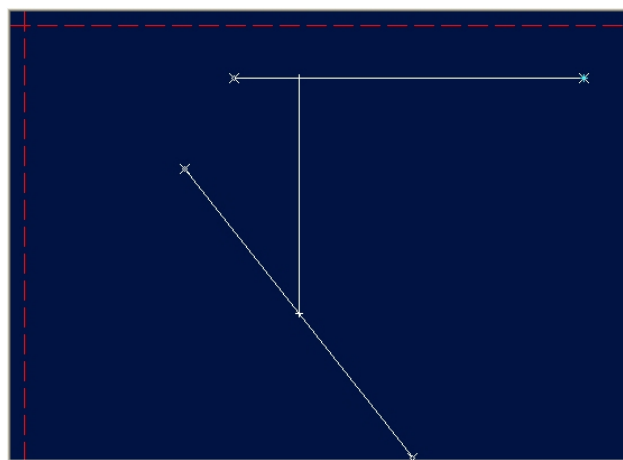
και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής

στοιχείων.

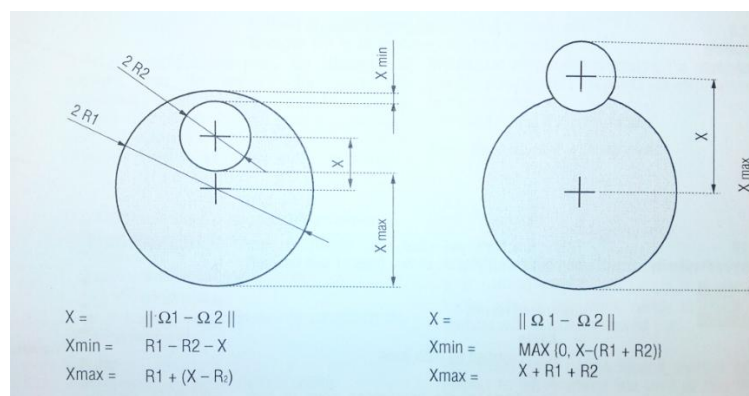
Εισάγοντας **δου σημεία** υπολογίζεται η απόσταση των σημείων αυτών

Εισάγοντας **ένα σημείο και μια ευθεία** υπολογίζεται η απόσταση του σημείου από την ευθεία.

Εισάγοντας **δου ευθείες** υπολογίζεται η απόσταση του μέσου της δεύτερης ευθείας από την πρώτη ευθεία.

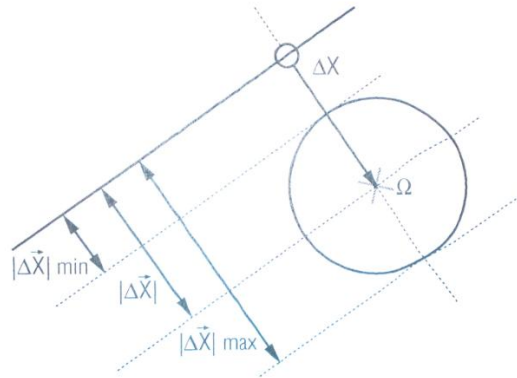


Εισάγοντας **δου κύκλους** υπολογίζεται η απόσταση των κέντρων των δυο κύκλων καθώς επίσης και η απόσταση των δυο κοντινότερων και των δυο πιο απομακρυσμένων σημείων στην περίμετρο των δυο κύκλων όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



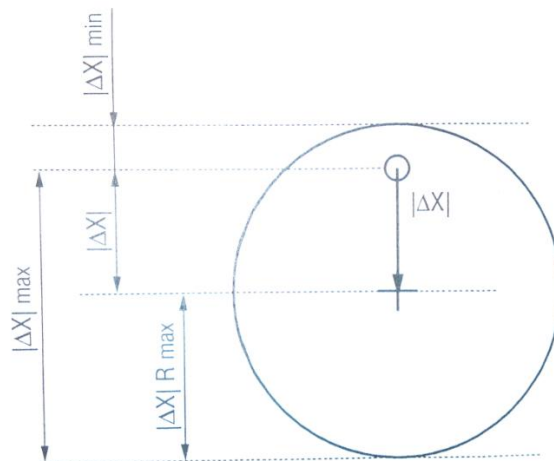
Εισάγοντας **έναν κύκλο και μια ευθεία** υπολογίζεται η απόσταση του κέντρου του κύκλου από την ευθεία.

Επίσης υπολογίζεται η απόσταση του πιο απομακρυσμένου σημείου της περιμέτρου του κύκλου από την ευθεία καθώς επίσης και η απόσταση του κοντινότερου σημείου της περιμέτρου του κύκλου από την ευθεία όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εισάγοντας **έναν κύκλο και ένα σημείο** υπολογίζεται η απόσταση του κέντρου του κύκλου από το σημείο.

Επίσης υπολογίζεται η απόσταση του πιο απομακρυσμένου σημείου της περιμέτρου του κύκλου από το σημείο καθώς επίσης και η απόσταση του κοντινότερου σημείου της περιμέτρου του κύκλου από το σημείο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΚΑΘΕΤΟΤΗΤΑΣ

Πατάμε το πλήκτρο



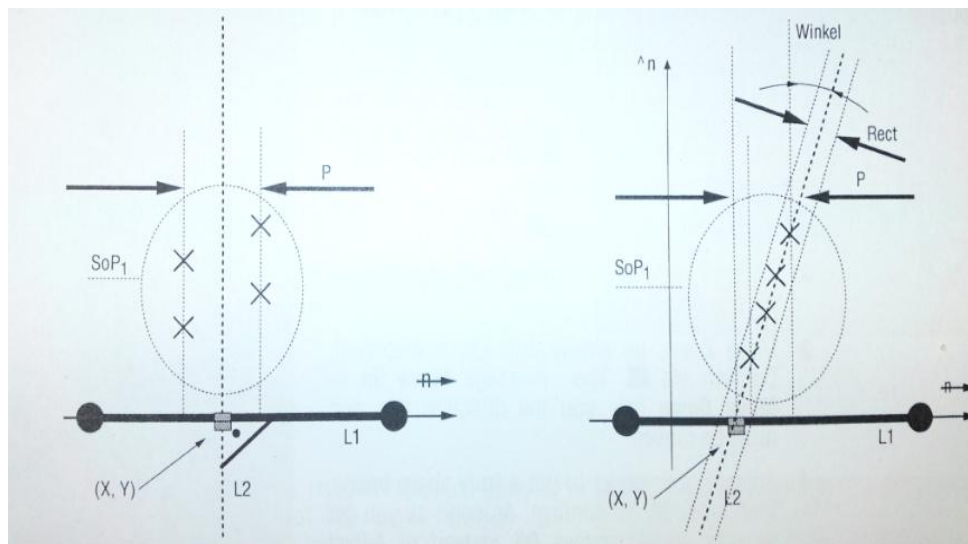
και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής στοιχείων.

Εισάγοντας **δύο ευθείες** υπολογίζονται η μεταξύ τους γωνία, οι συντεταγμένες του σημείου τομής, το σφάλμα ευθυγραμμίας της δεύτερης ευθείας **Rect** και το σφάλμα καθετότητας της δεύτερης ευθείας **P**

Αντί για δεύτερη ευθεία μπορούμε να εισάγουμε ομάδα σημείων.

Το σφάλμα καθετότητας υπολογίζεται παίρνοντας ως ευθεία αναφοράς την ευθεία 1

Στα παρακάτω σχήματα ως ευθεία αναφοράς θεωρείται η L1.



Στο αριστερό σχήμα το σφάλμα καθετότητας των σημείων ισούται με το σφάλμα ευθυγραμμίας ενώ στο δεξί σχήμα δεν ισούται με το σφάλμα ευθυγραμμίας.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ

Πατάμε το πλήκτρο

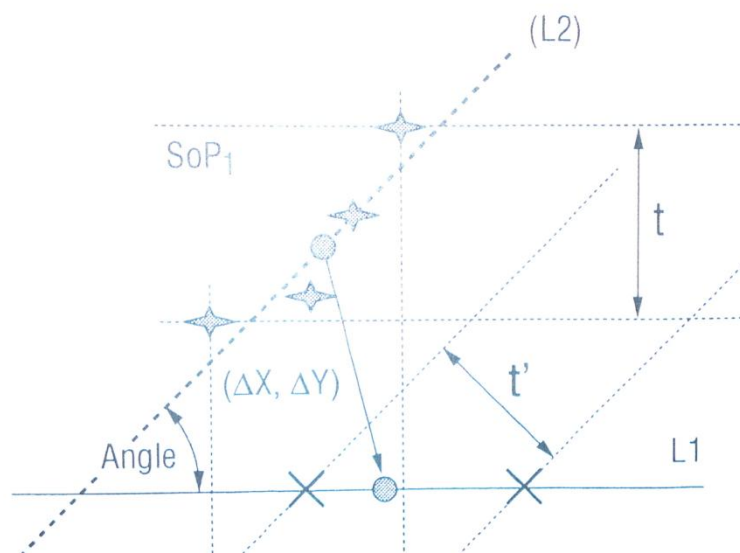


και εμφανίζεται το παράθυρο εισαγωγής

στοιχείων.


Εισάγοντας **δου ευθείες** υπολογίζονται η μεταξύ τους γωνία, οι συντεταγμένες του κέντρου της πρώτης ευθείας, το σφάλμα παραλληλότητας της δεύτερης ευθείας **Parallelism** και το σφάλμα παραλληλότητας της πρώτης ευθείας **Parallelism 2**.

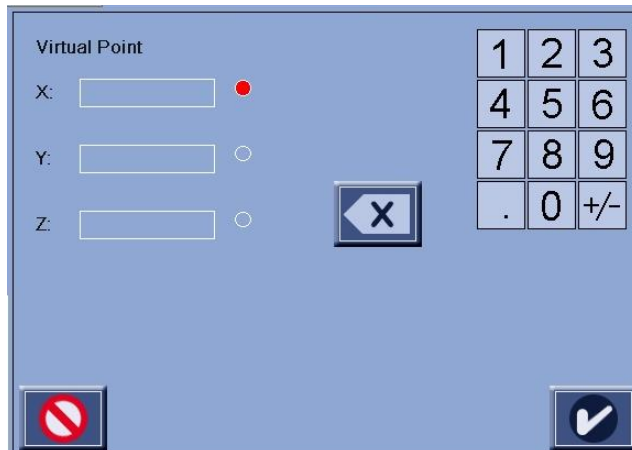
Αντί για δυο ευθείες μπορούμε να εισάγουμε είτε ευθεία και ομάδα σημείων είτε δυο ομάδες σημείων.



Στο παραπάνω σχήμα ισχύουν $t = \text{Parallelism}$ και $t' = \text{Parallelism 2}$

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΗΜΕΙΟΥ

Πατώντας το  ανοίγει το παρακάτω παράθυρο και εισάγουμε τις συντεταγμένες του σημείου που θέλουμε να δημιουργήσουμε.



Virtual Point


X: ●

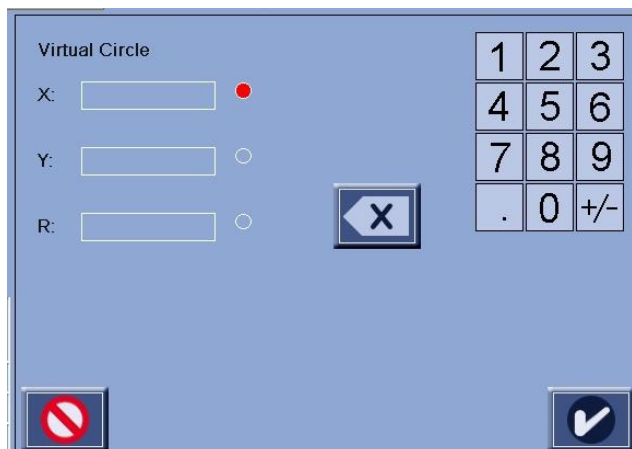
Y: ○

Z: ○

1	2	3
4	5	6
7	8	9
.	0	+/-

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΥΚΛΟΥ

Πατώντας το  ανοίγει το παρακάτω παράθυρο και εισάγουμε τις συντεταγμένες του κέντρου και την ακτίνα του κύκλου που θέλουμε να δημιουργήσουμε.



Virtual Circle

X: ●

Y: ○

R: ○

1	2	3
4	5	6
7	8	9
.	0	+/-

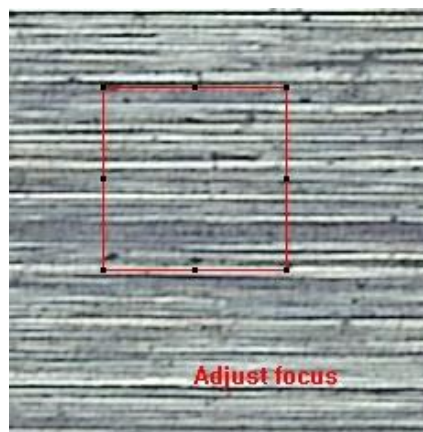
ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΨΟΥΣ

Η συνάρτηση Z ενεργοποιείται πατώντας το πλήκτρο
και ανοίγει το παρακάτω παράθυρο



Με την συνάρτηση Z δημιουργούνται συντεταγμένες σημείου σε επίπεδη επιφάνεια $P=(X,Y,Z)$. Για την δημιουργία του σημείου P λαμβάνονται τέσσερα σημεία σύμφωνα με της οδηγίες που εμφανίζονται στην οθόνη. Η διαδικασία είναι η έξης:

- 1) Ενεργοποιούμε την συνάρτηση και στην οθόνη εμφανίζεται το μήνυμα **adjust focus** και εστιάζουμε στην επιφάνεια.



Στη συνέχεια πατάμε το πλήκτρο επιβεβαίωσης



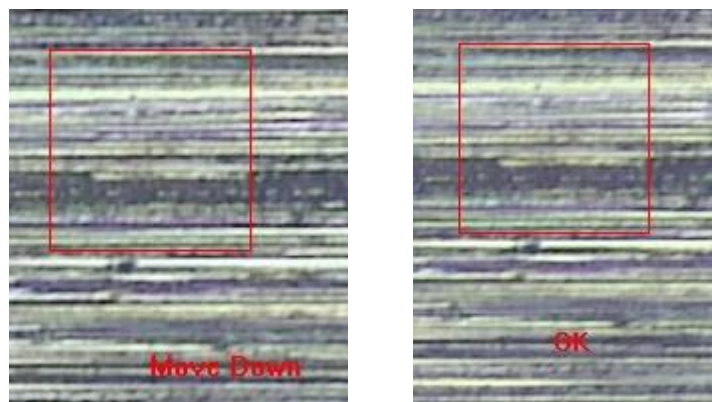
όποτε

και γίνεται η εισαγωγή του πρώτου σημείου **point 1**.

- 2) Μετακινούμε τον άξονα Z προς τα πάνω σύμφωνα με την οδηγία που εμφανίζεται στην οθόνη πολύ αργά μέχρι να εμφανιστεί η ένδοξη **o.k**, οπότε και εισάγουμε το **point 2**.



- 3) Στην συνέχεια ξαναεμφανίζεται το μήνυμα **adjust focus**, εστιάζουμε και εισάγουμε το **point 3**.
- 4) Εμφανίζεται το μήνυμα **move down** και μετακινούμαστε προς τα κάτω μέχρι να εμφανιστεί το o.k. οπότε και εισάγουμε το **point 4**.



- 5) Αφού έχει γίνει η εισαγωγή και των τεσσάρων σημείων, δημιουργείται το σημείο **Height 1**.

Στη συνέχεια μετακινούμαστε στην περιοχή με το διαφορετικό ύψος που θέλουμε να μετρήσουμε και επαναλαμβάνοντας την παραπάνω διαδικασία δημιουργούμε το σημείο **Height 2**.


Το μετρούμενο ύψος υπολογίζεται έμμεσα ως έξης:

Με την χρήση της συνάρτησης υπολογισμού απόστασης δυο σημείων



εμφανίζεται η απόσταση μεταξύ των σημείων **Height 1** και **Height 2** και οι διαφορές ΔX , ΔY και ΔZ .

Το ζητούμενο ύψος είναι η τιμή ΔZ .

Height 1 Height 2 Distance 1	Feature	Actual
		
	ΔX :	1.811
	ΔY :	0.001
	ΔZ :	1.049
	Distance:	1.811
	Min:	1.811
	Max:	1.811

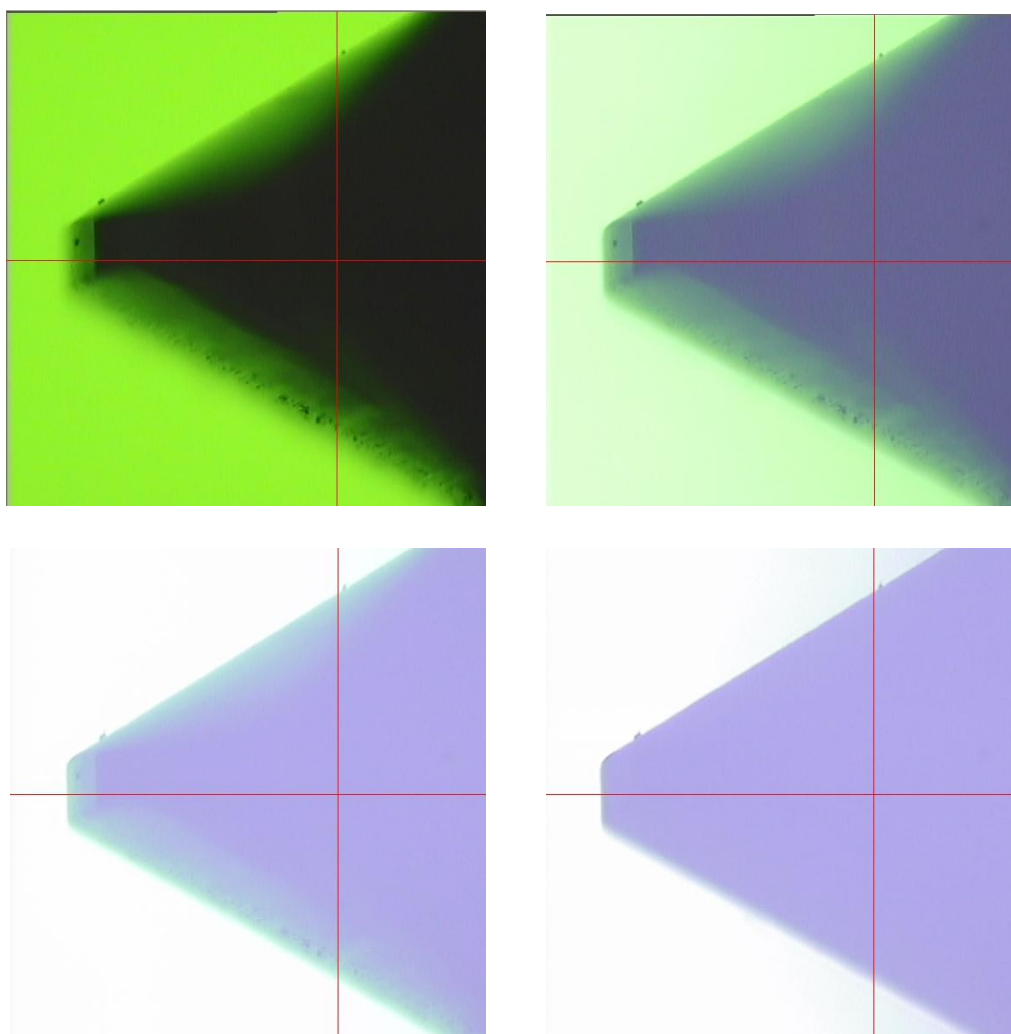
8.2 Δοκιμαστικές Μετρήσεις – Εξοικείωση με την Μηχανή.

Η μηχανή **TESA VISIO 300** αποτελεί πρόσφατο απόκτημα του Μετροτεχνικού Εργαστηρίου και είχα την τιμή να είμαι ο πρώτος που πραγματοποίησε μετρήσεις με την συγκεκριμένη μηχανή.

Στην διαδικασία εξοικείωσης με την μηχανή έγιναν κάποιες δοκιμαστικές μετρήσεις από όπου εξάγονται κάποια συμπεράσματα σχετικά με την μορφή των αντικειμένων που μπορούν να μετρηθούν με την μηχανή καθώς και για τους παράγοντες που επιφέρουν σφάλμα στη μέτρηση.

Σφάλμα λόγω φωτισμού

Λέγεται ότι το 60% των σφαλμάτων με μια vision μηχανή οφείλεται στον φωτισμό. Παρακάτω εικονίζεται φωτογραφικό υλικό από την μηχανή όπου για διαφορά αντικείμενα φαίνονται οι συνθήκες φωτισμού.

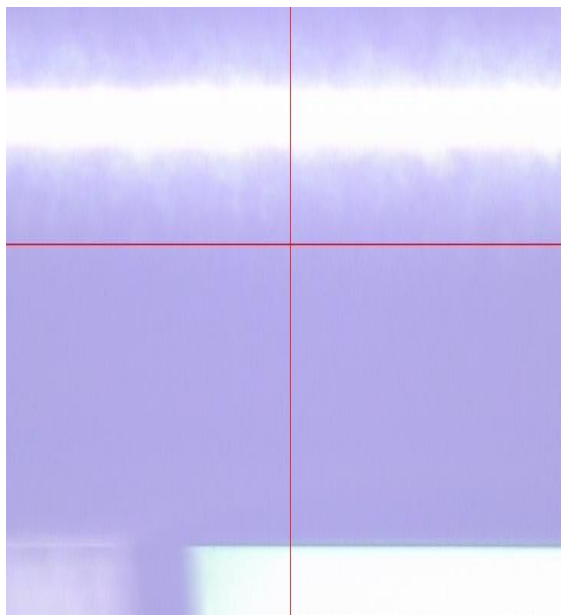


Εικ.1 Δημιουργία ειδώλου για διάφορες συνθήκες φωτισμού σε σπείρωμα κοχλία

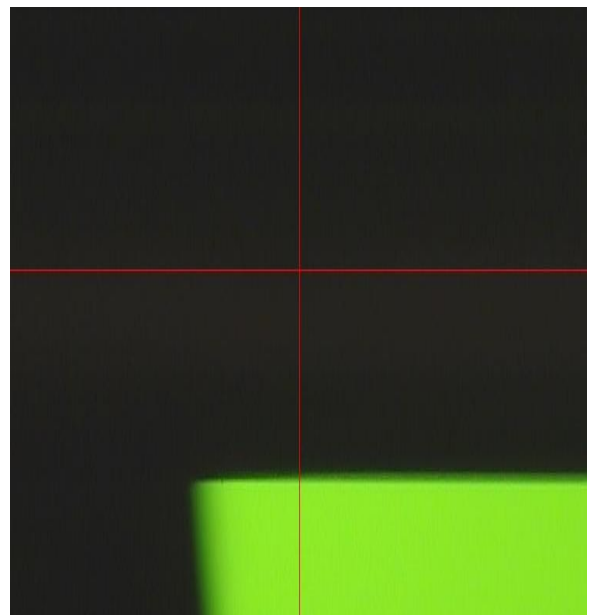
Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ξεκάθαρα η δυσκολία επιλογής φωτισμού αφού ανάλογα με τον φωτισμό αλλάζουν τα όρια αντικείμενου.

Στην εικ.2 παρατηρούμε ένα πρότυπο σωματίδιο διαμέτρου $d=1,732$ mm με μεγέθυνση **130x**. Εδώ η επιλογή φωτισμού είναι δύσκολη από άποψης οπτικής ικανότητας του χειριστή διότι ενώ το όριο του δοκιμίου είναι πιο ξεκάθαρο στην φωτεινή εικόνα (εικ. 2 α),αυτή με την σειρά της κουράζει τον χειριστή αυξάνοντας έτσι το σφάλμα επιλογής σημείων αλλά και τον χρόνο μέτρησης.

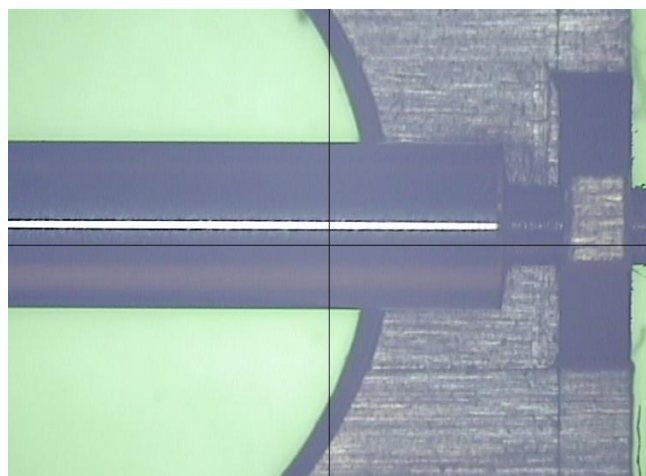
Ενώ στην εικ.3 βλέπουμε ότι για μεγέθυνση 30x του ίδιου σύρματος είναι πιο ξεκάθαρο το όριο του, ανεξαρτήτως φωτισμού.



(α)



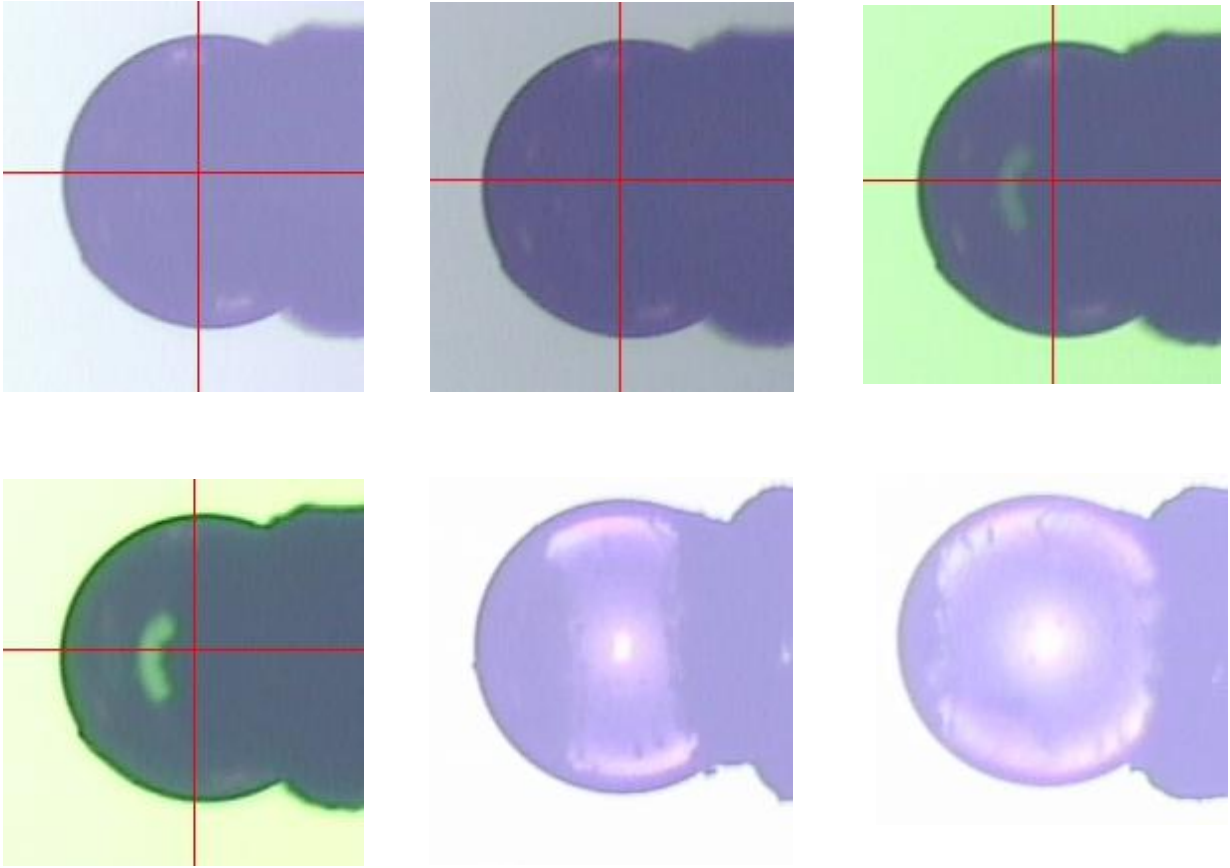
(β)



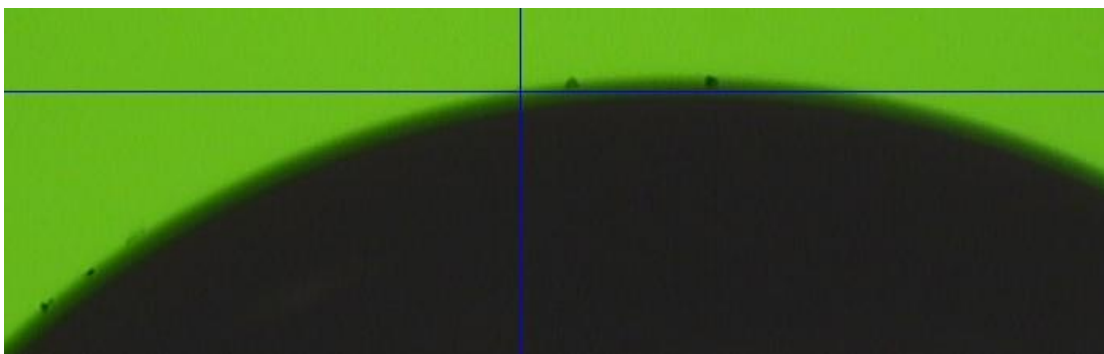
(γ)

Εικ.2 (α) 130x (β) 130x (γ) 30x

Ενώ στα σφαιρικά αντικείμενα το παραπάνω φαινόμενο είναι εντονότερο, για μικρής διαμέτρου προτύπων σφαιρών όπως αυτής της εικ.3 ($d=0,300\text{ mm}$) το σύνορο της σφαίρα είναι ξεκάθαρο ακόμα και για μεγέθυνση **130x**.



Εικ. 3 Σφαίρα Διακρίβωσης $d=0,300\text{ mm}$

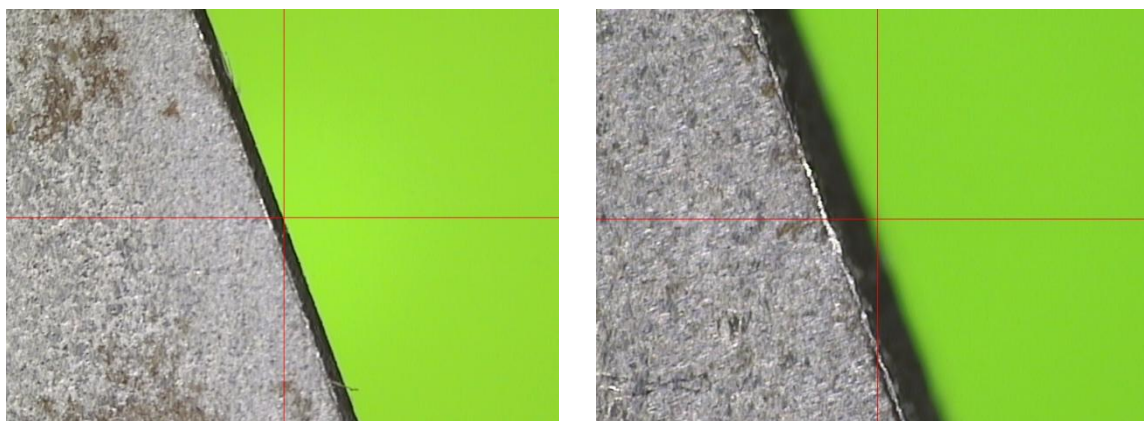


Εικ. 4 Σφαίρα Διακρίβωσης $d=2,500\text{ mm}$ με Μεγέθυνση **130x**

Σφάλμα λόγω Μεγέθυνσης

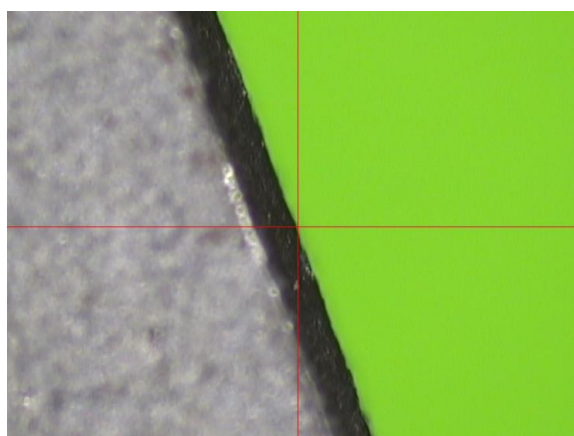
Ενώ ο γενικός κανόνας είναι οι μετρήσεις να γίνονται με όσο το δυνατό μεγαλύτερη μεγέθυνση, παρατηρούμε ότι όταν τα δοκίμια δεν είναι καλής ποιότητας η μεγάλη μεγέθυνση δυσκολεύει την διαδικασία επιλογής σημείων.

Η μεγάλη μεγέθυνση επίσης κάνει ορατό το προβλήματα επιλογής σημείων σε δοκίμιο όταν υπάρχει σφάλμα καθετότητα μεταξύ των καθετών επιφανειών και των μετωπικών επιφανειών του δοκιμίου.



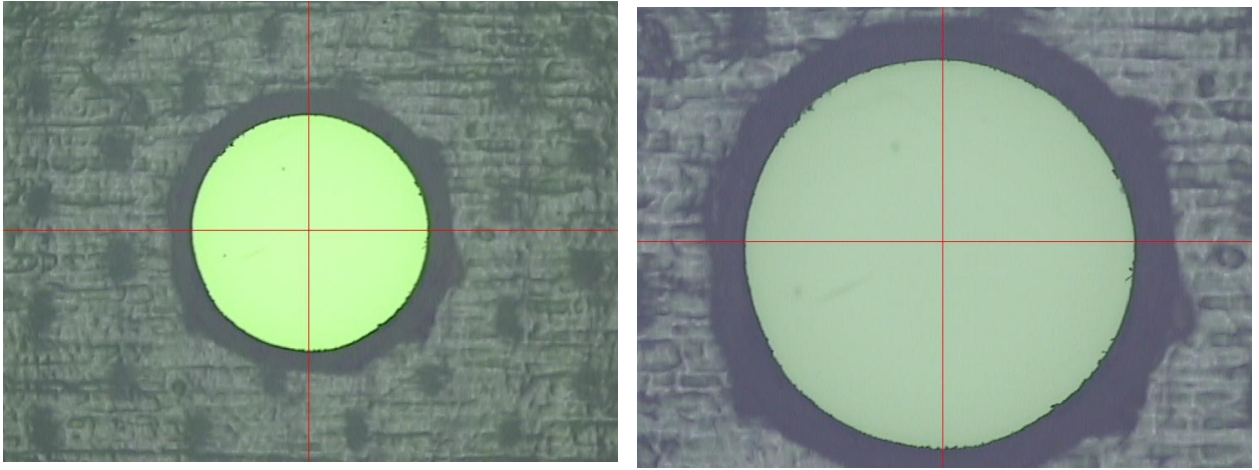
(α)

(β)



Εικ.5 (α) 30x (β) 90x (γ) 90x

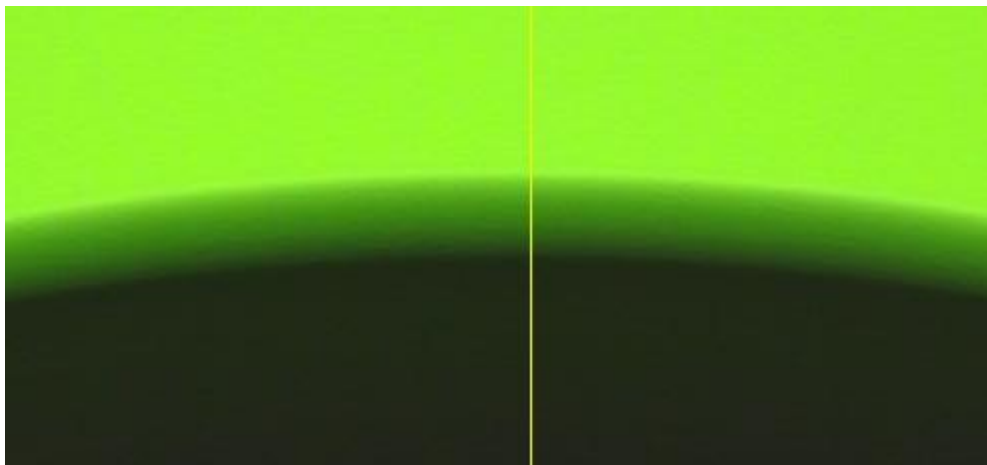
Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε και τον προβληματισμό ως προς το σημείο εστίασης όταν έχουμε μεγέθυνση **90x**.



Εικ.6 (α) 30x (β) 50x

Ομοίως στην εικ. 4 φαίνεται ότι περνώντας από μεγέθυνση **30x** σε **50x** σε οπή διαμέτρου **d=2,44** mm, αρχίζουν να φαίνονται οι ατέλειες της περιμέτρου και γίνεται αμέσως κατανοητό ότι μεγαλύτερη μεγέθυνση θα δυσκόλευε την μέτρηση.

Ενώ στην εικ.7 φαίνεται και το πρόβλημα της μεγέθυνσης σε πρότυπη σφαίρα διακρίβωσης **d=2,500** mm για μεγέθυνση **195x**.

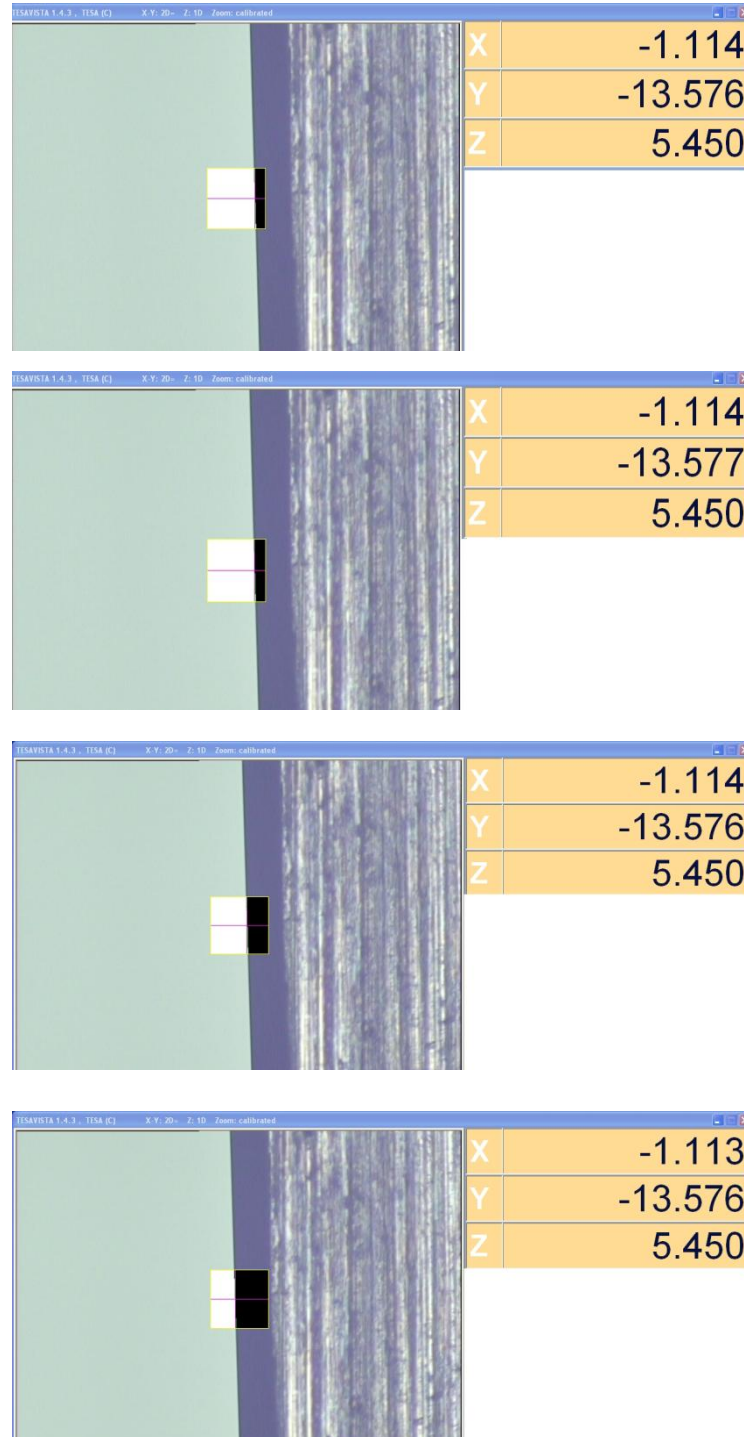


Εικ. 7 Σφαίρα Διακρίβωσης **d=2,500** mm με Μεγέθυνση **195x**

Από την σύγκριση των εικόνων 4 και 7 παρατηρούμε την αύξηση της ψευδοπεριοχής.

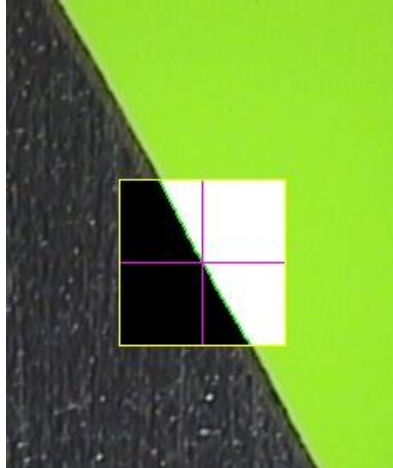
Σφάλμα από την χρήση του Edge detector

Παρατηρούμε ότι σε ακμή διακριβωμένου πλακιδίου η χρήση Edge detector εμπεριέχει σφαλμά **0,001 μm** όπως φαίνεται στις συντεταγμένες των αξόνων X και Y όπως φαίνεται από τις διαδοχικές εικόνες όπου η τράπεζα μέτρησης ήταν ακίνητη.



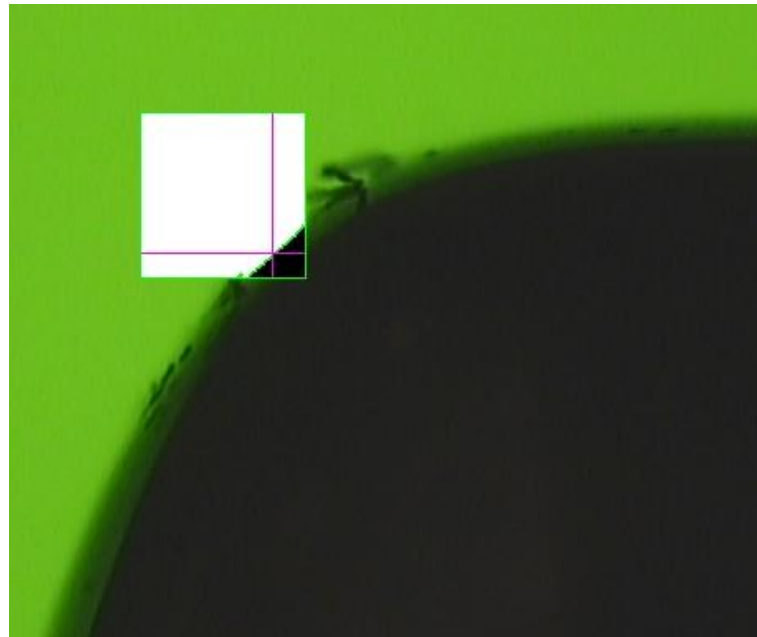
Εικ. 8 Χρήση λειτουργιάς Edge detector σε πρότυπο πλακίδιο

Όταν το όριο του αντικείμενου δεν είναι κατασκευασμένο με μεγάλη ακρίβεια η χρήση της λειτουργίας Edge detector είναι πολύ χρήσιμη όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

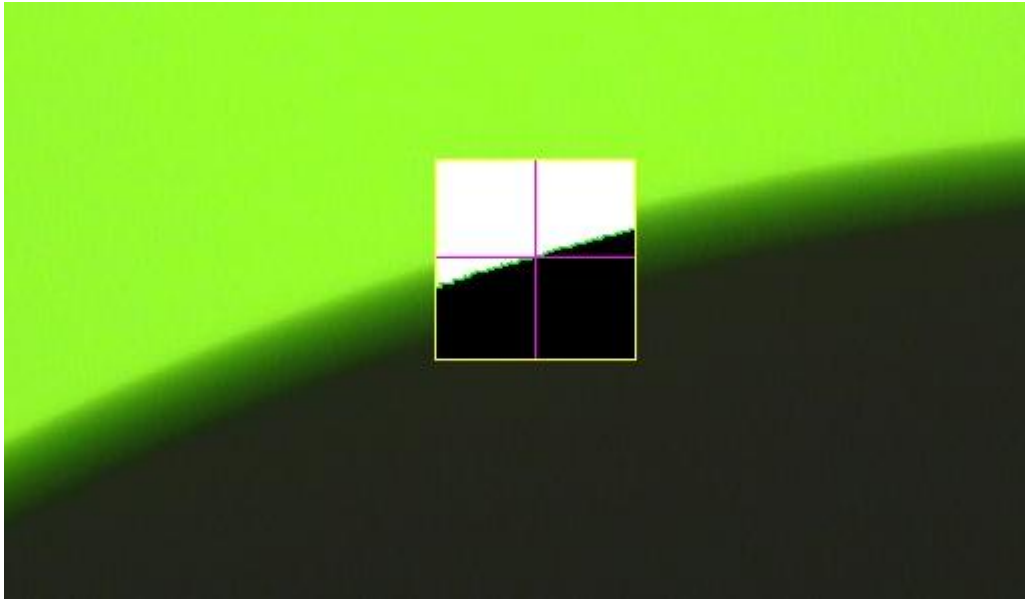


Εικ.9

Ενώ στις εικόνες βλέπουμε ότι με η χρήση του Edge detector θα έχει ως αποτέλεσμα τιμή διάστασης διαφορετική της πραγματικής αφού σαν ακραίο σημείο επιλέγεται κάποιο με ικανοποιητικό επίπεδο βαθμίδας γκρι.

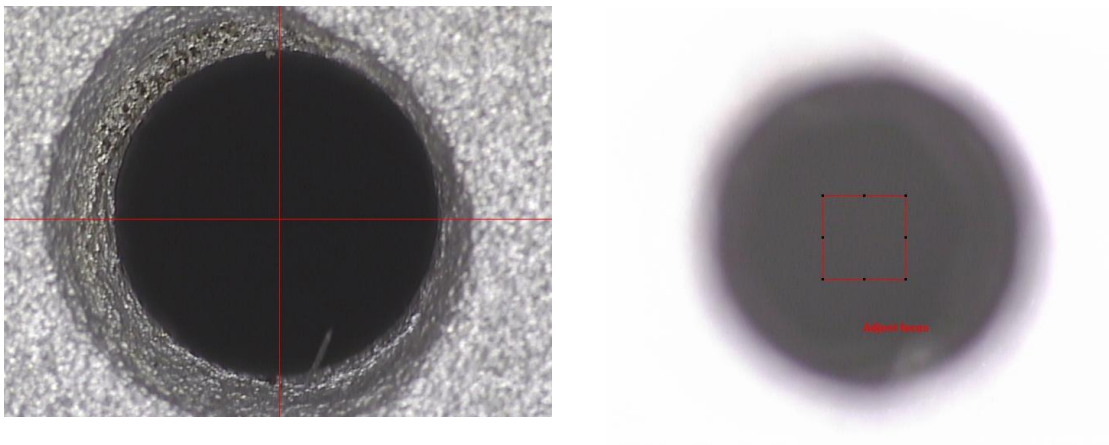


Εικ.10



Εικ. 11

Αδυναμία εστίασης σε πυθμένα οπής μικρής διαμέτρου.



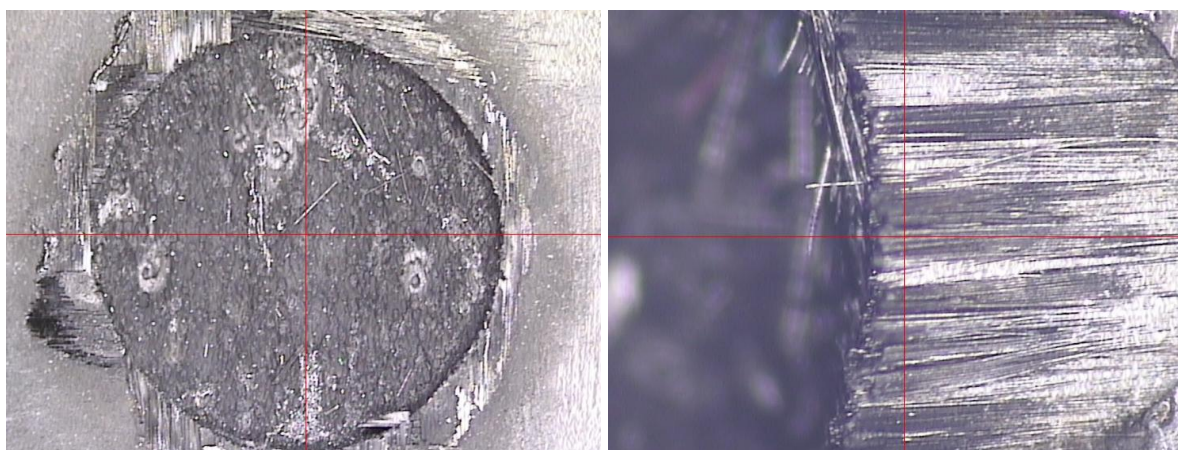
Εικ. 12

Όπως φαίνεται στην εικ.9 υπάρχει αδυναμία εστίασης στον πυθμένα οπών μικρής διαμέτρου ακόμα και με χρήση του κάθετου φωτισμού σε όλη του την ένταση και χρήση της συνάρτησης Z.

Οπές με μέθοδο τόξου σε υλικά που περιέχουν ίνες.

Παρατηρούμαι ότι σε υλικά που αποτελούνται από ίνες όπου τα όρια τους δεν είναι ξεκάθαρα άλλα και η χρήση αισθητήρα επαφής κρίνεται ακατάλληλη λόγω παραμόρφωσης του δοκιμίου, η χρήση της συγκεκριμένης μηχανής κρίνεται ιδανική.

Παρακάτω απεικονίζονται εικόνες από οπές σε δοκίμια από ανθρακονήματα που δημιουργηθήκαν με μέθοδο τόξου στο **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ του Ε.Μ.Π**



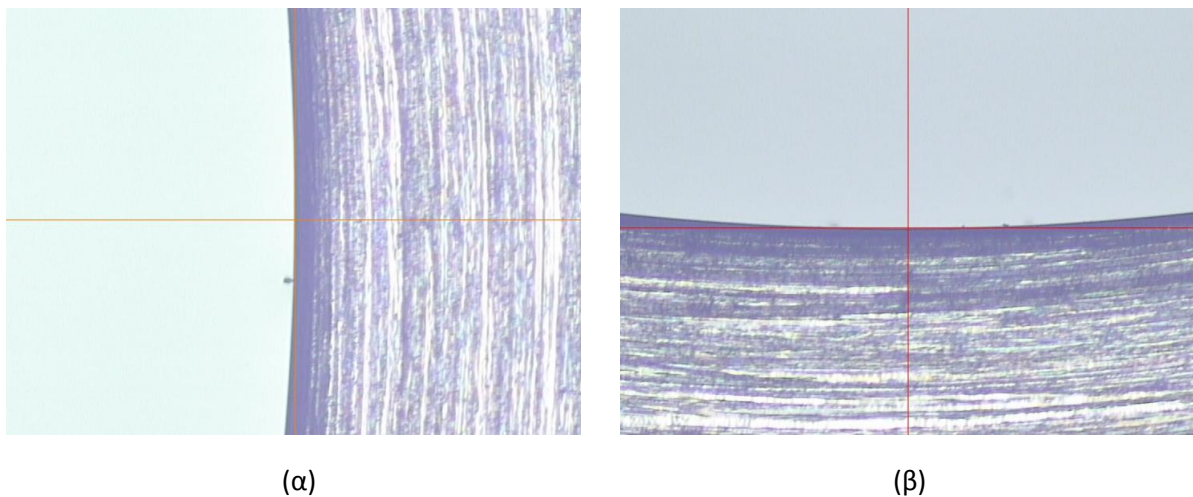
Εικ. 13

8.3 Δοκιμαστικές Μετρήσεις για Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Υπολογισμού Εσωτερικής Διαμέτρου και Τόξου Καμπυλότητας.

Εσωτερική Διάμετρο

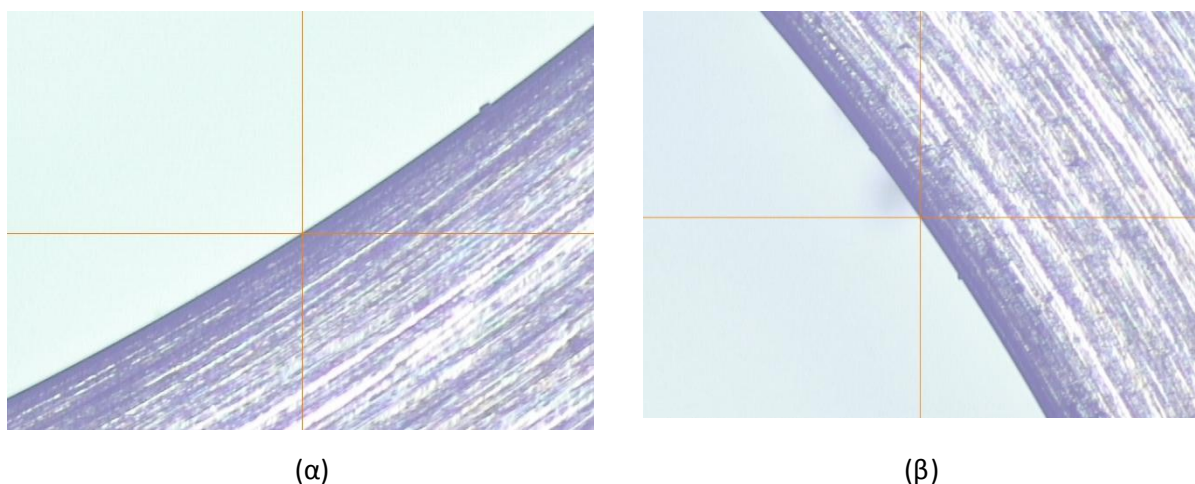
Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε κατά την επιλογή σημείων σε κύκλο ήταν αυτό της επιλογής σημείων.

Σε πρότυπο δακτύλιο διακρίβωσης με $d=14,000$ mm αντιμετωπίσαμε το πρόβλημα της επιλογής σημείων στις γωνίες 0° 90° 180° και 270° διότι είναι δύσκολη η απολυτή επαφή της καθέτου του σταυρονήματος με την περίμετρο του κύκλου (βλ. εικ. 14).



Εικ. 14 (α) επαφή στις 0° και (β) επαφή στις 270°

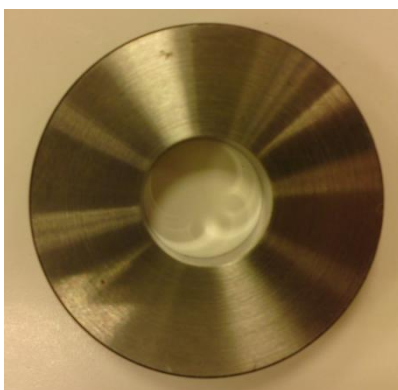
Στα ενδιάμεσα τόξα η επιλογή των σημείων είναι πιο εύκολη όπως φαίνεται στην εικ.15



Εικ. 15 (α) σημείο περίπου στις 315° και (β) σημείο περίπου στις 45°

Σε δοκιμαστικές μετρήσεις που έγιναν για την ανάπτυξη της μεθοδολογίας η πιο σημαντική παράμετρος ήταν η θέση και η πυκνότητα των επιλεγμένων σημείων.

Έγιναν μετρήσεις σε πρότυπο δακτύλιο διακρίβωσης διαμέτρου **d=14,000 mm**.



Εικ.13 Πρότυπος Δακτύλιος d=14,000 mm

Οι πρώτες μετρήσεις έγιναν επιλέγοντας μονό τα τέσσερα (4) επαπτόμενα σημεία ,δηλαδή στις γωνίες **0° 90° 180° και 270°**

Παρατηρήσαμε ότι ο μέσος όρος των μετρήσεων ήταν **d=14,200 mm**.

Στη συνέχεια έγιναν μετρήσεις μονό με τα τέσσερα σημεία στο μέσον κάθε τεταρτοκύκλιου, δηλ περίπου σε γωνίες **45° 135° 225° και 315°**

Παρατηρήσαμε ότι ο μέσος όρος των μετρήσεων ήταν **d=13,999 mm**.

Κρίθηκε λοιπόν απαραίτητο να συμπεριλήφθην και τα επαπτόμενα και τα ενδιάμεσα σημεία.

Έτσι πραγματοποιώντας μετρήσεις και με τα οκτώ σημεία είδαμε ότι ο μέσος όρος ήταν **d=14,000 mm**.

Προσθέτοντας και άλλα ενδιάμεσα σημεία παρατηρήσαμε ότι η διασπορά τιμών μειωνόταν ενώ έμενε σταθερή για μετρήσεις με επιλογή δεκαέξι 16 σημείων και άνω:

Τέσσερα (4) τα επαπτόμενα και από τρία (3) σε περίπου ίσα τόξα σε κάθε τεταρτοκύκλιο.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία $20^{\circ} \text{C} \pm 0,1^{\circ} \text{C}$ και σχετική υγρασία $45\% \pm 1\%$

Η μεθοδολογία της μέτρησης αναφέρεται στην οδηγία **V-02 D**.

Τόξο καμπυλότητας

Με όμοιο τρόπο έγιναν δοκιμές με τον ίδιο δακτύλιο και καταλήξαμε ότι πρέπει να επιλέγουν επτά (7) σημεία για την μέτρηση τόξου καμπυλότητας:

Ένα (1) επαπτόμενο με την μια ευθεία του σταυρονήματος και από τρία (3) δεξιά και τρία (3) αριστερά του επαπτόμενου σε περίπου ίσα τόξα.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία από 19,7°C έως 19,9° C και σχετική υγρασία από 42% έως 44 %

Η μεθοδολογία της μέτρησης αναφέρεται στην οδηγία **V-03 AR**.

Ακόμα λίγες δοκιμές

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με δοκιμές που έγιναν σε κάποιες από τις πρότυπες σφαίρες διακρίβωσης του μικροτεχνικού εργαστηριού με τις διακριβωμένες τιμες τους και με την τιμή που αποτελεί τον μέσο όρο των μετρήσεων.

Ο αριθμός των μετρήσεων ήταν οκτώ ενώ οι τιμες θερμοκρασίας και υγρασίας ήταν στα επιτρεπτά όρια.

Διακριβωμένη Τιμή Διαμέτρου (mm)	Μέσος Όρος Μετρομένων Τιμών (mm)
0,300	0,300
2,550	2,551
3,200	3,199



Εικ.14 Πρότυπη Σφαίρα d=0,300 mm κατά την διάρκεια μέτρησης

Απόσταση Παραλλήλων Πλευρών

Προκειμένου να μετρήσουμε την απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων πλευρών έγιναν δοκιμές με προτυπο πλακίδιο με πλευρα $a=10\text{ mm}$.

Έγιναν δοκιμές με χρήση των συναρτήσεων απόστασης ευθειών και απόστασης σημείου από ευθεία που διαθέτη η μηχανή.

Συνεπώς το σημαντικό είναι να επιλεγούν ο αριθμος των σημείων και η θέση τους ώστε να κατασκευαστούν οι ευθείες που αποτελούν τις πλευρές του δοκιμίου.

Οι πρώτες δοκιμές έγιναν επιλέγοντας τρία (3) σημεία για την κατασκευή της κάθε ευθείας:

από ένα (1) σημείο περίπου στα άκρα του δοκιμίου και ένα (1) περίπου στη μέση.

Από δοκιμαστικές μετρήσεις παρατηρήσαμε ότι δεν άλλαξε η θέση της ευθείας όταν αυξήσαμε κατά δυο (2) τα σημεία επιλογής όπου και τα πέντε (5) σημεία επιλέχτηκαν σε περίπου ίσες αποστάσεις.

Το παραπάνω συμπέρασμα εξήχθη από το γεγονός ότι οι τιμες των ανοχών T_+ και T_- ήταν όσες και μάλιστα είχαν μηδενική τιμή.

$$T_+ = 0,000\text{ mm}$$

$$T_- = 0,000\text{ mm}$$

Με βάση τα παραπάνω αναπτύχτηκαν δυο μεθοδολογίες, οι: **V-01.1** και **V-01.2**

Δεδομένου ότι το μεγάλο πλεονέκτημα της μηχανής visio είναι η γρήγορη μέτρηση πολύ μικρών δοκιμίων, έγιναν δοκιμές όχι σε πρότυπα πλακίδια αλλά σε κάποια από τα πρότυπα συρματίδια διακρίβωσης του μικροτεχνικού εργαστηρίου όπου αφού ορίσουμε τις ευθείες που αποτελούν τα όρια της προβολής των συρματιδίων ελήφθησαν τιμές σύμφωνα με τα παραπάνω.

Ο αριθμός των μετρήσεων ήταν οκτώ (8) ενώ οι τιμες θερμοκρασίας και υγρασίας ήταν στα επιτρεπτά όρια.

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται ένας πίνακας με τις διακριβωμένες τιμες τους και με την τιμή που αποτελεί τον μέσο όρο των μετρήσεων.

Διακριβωμένη Τιμή Διαμέτρου (mm)	Μέσος Όρος Μετρομένων Τιμών (mm)
0,173	0,173
0,202	0,201
0,231	0,231
0,260	0,261
0,346	0,346
0,577	0,575
0,866	0,865
1,732	1,734
2,309	2,306

Παρατηρούμε ότι για διάμετρο σύρματος μικρότερη των **1,000 mm** οι μετρούμενες τιμες είτε ταυτίζονται με τις διακριβωμένες τιμες είτε παρουσιάζουν σφάλμα **0,001 mm**.

Σε μεγαλύτερες τιμές όμως όπου λόγο αντανάκλασης φωτός τα όρια του κυλινδρικού δοκιμίου δεν είναι σαφή το σφάλμα μεγαλώνει.

Υπολογισμός γωνίας

Ο υπολογισμός της γωνίας γίνεται με την συνάρτηση υπολογισμού γωνίας της μηχανής με δεδομένα εισόδου τις δυο ευθείες που την περιέχουν

Και εδώ το πρόβλημα έγκειται στην κατασκευή ευθειών .

Λαμβάνονται σημεία σε κάθε πλευρά ώστε να κατασκευαστούν οι δυο ευθείες.

Δεν λαμβάνεται σημείο στην κορυφή της γωνίας.

Η μεθοδολογία που αναπτύχτηκε είναι η **V-03 AR**



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 1/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

1 ΣΚΟΠΟΣ

Υπολογισμός Εσωτερικής Διαμέτρου

2 ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣΩΠΑ

Σχεδίαση Οδηγίας:	Υπεύθυνος Ποιότητας
Συντονιστής Οδηγίας:	Τεχνικός Υπεύθυνος
Εμπλεκόμενοι:	Προσωπικό Εξουσιοδοτημένο για την μέτρηση αυτή

3 . ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

3.1 ΔΟΚΙΜΙΑ

3.1.1 Περιορισμοί διαστάσεων

Τα δοκίμια θα έχουν ονομαστική διάμετρο έως 200 mm.

3.1.2 Απαίτηση καθαρών επιφανειών

Θα πρέπει, προφανώς, όλες οι εμπλεκόμενες, με την μέτρηση, επιφάνειες να είναι απολύτως καθαρές. Για το λόγο αυτό, καθαρίζουμε το δοκίμιο καλά, με αιθυλική αλκοόλη και ένα λινό πανάκι.

3.1.3 Θερμοκρασιακή απαίτηση

Το δοκίμιο πρέπει να βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία με την μηχανή (και συγκεκριμένα στους 20 °C) και για το λόγο αυτό θα πρέπει να βρίσκεται πάνω στην τράπεζα εργασίας της μηχανής από την προηγούμενη ημέρα. Ο χειριστής που έχει λάβει εντολή για μέτρηση ενεργοποιεί την κλιματιστική μονάδα της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών, τουλάχιστον 24 ώρες πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης. Ο χειρισμός του δοκιμίου γίνεται με ειδικές λαβίδες ή γάντια ώστε να μην θερμανθεί από την επαφή με τα χέρια.

3.1.4 Άλλες παρατηρήσεις

Για ασφαλέστερα αποτελέσματα θα πρέπει να έχουμε καθαρίσει το δοκίμιο μια μέρα πριν την μέτρηση, οπότε και να μείνει εντός του εργαστηρίου και πάνω στην τράπεζα εργασίας (η οποία καθαρίζεται πριν την τοποθέτηση του δοκιμίου), ώστε να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του χώρου και της μηχανής μέτρησης (20 °C).

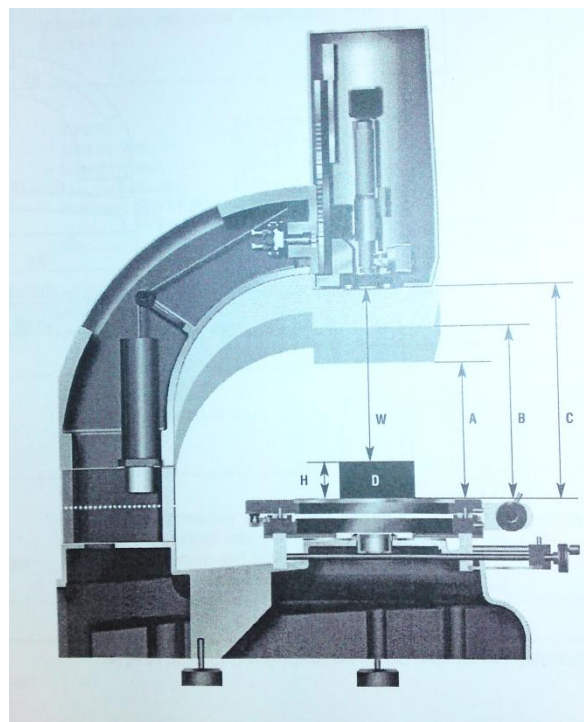


ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 2/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο μόνος εξοπλισμός της μηχανής είναι ο φακός ο οποίος επιλέγεται ανάλογα με την επιθυμητή μεγέθυνση και το ύψος του δοκιμίου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

ΦΑΚΟΣ	0,5x	0,75x	1x	1,5x	2x
ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ	15x-65x	22x-97x	30x-130x	44x-195x	60x-260x
ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ H (mm)	60	120	150	180	195
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΙΟ W (mm)	150	90	60	30	15
ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	10 × 13,6	6,6 × 9	5 × 6,8	3,3 × 4,5	2,5 × 3,4
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	2,2 × 3	1,4 × 2	1,1 × 1,5	0,7 × 1	0,5 × 0,7

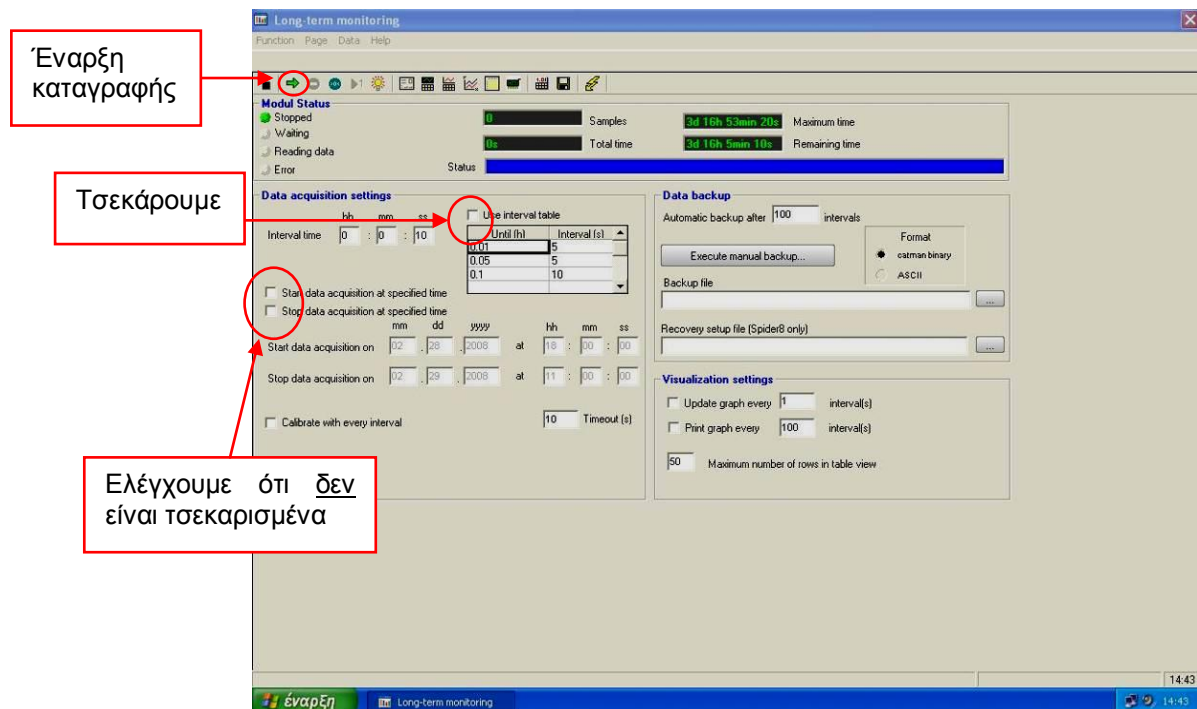


Το μοντέλο της μηχανής που έχει εφοδιαστεί το μικροτεχνικό εργαστήριο είναι με απόσταση κεφαλής από την τράπεζα την **A**: 60-210 mm

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 3/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

3.3.1 Εκκινούμε τον κεντρικό υπολογιστή της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών και το Data Logger για την συλλογή των περιβαλλοντικών δεδομένων. Από την επιφάνεια εργασίας επιλέγουμε το “Project 2” που αφορά το πρόγραμμα συλλογής των δεδομένων. Στην οθόνη λειτουργίας του Project ελέγχουμε ότι είναι τσεκαρισμένο το πεδίο «*Internal Table*», ότι δεν είναι τσεκαρισμένα τα πεδία «*Start...*», «*Stop...*» και επιλέγουμε το εικονίδιο εκκίνησης (πράσινο βέλος) για να αρχίσει η καταγραφή.



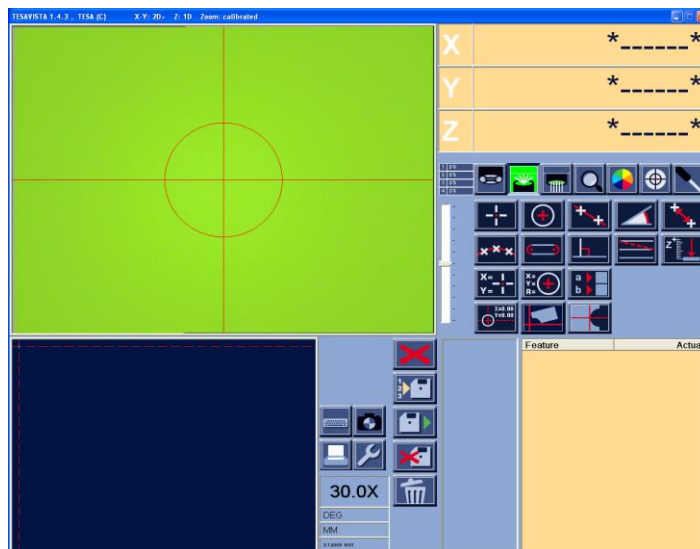
Σχήμα 2: Ρυθμίσεις για την καταγραφή των συνθηκών

3.3.2 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Θέτουμε τον διακόπτη που βρίσκεται στο πίσω μέρος του υπολογιστή στη θέση ON. Στη συνέχεια ανοίγουμε τον υπολογιστή και ανοίγουμε το πρόγραμμα **TESA VISTA**. Η μηχανή στα επόμενα δευτερόλεπτα εκτελεί κάποιες ρυθμίσεις αυτόματα και όταν αυτές τελειώσουν εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο εκκίνησης το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 4/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Παρατηρούμε ότι στις θέσεις των τιμών των αξόνων X,Y,Z αντί για τιμές εμφανίζονται τα σύμβολα *-----*.

Το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε αρχικοποίηση (initialising) των αξόνων της μηχανής

3.3.3 ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Άξονας Z

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο πάνω μέρος της κλίμακας.

Ανεβάζουμε την κεφαλή μέχρι να ακούσουμε έναν χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Z υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*.

Άξονας X

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα αριστερά μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα X υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*.

Άξονας Y

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

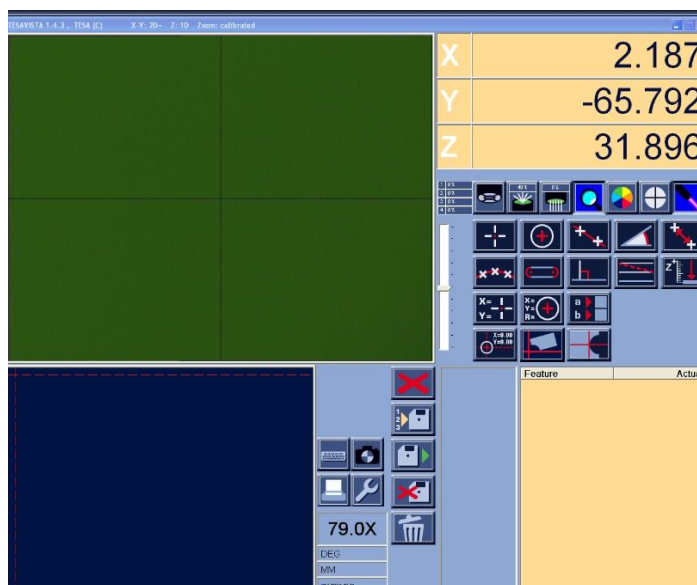
Μετακινούμε την τράπεζα προς τη μεριά του χειριστή μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Y υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο λειτουργίας μετά την αρχικοποίηση των αξόνων.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 5/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



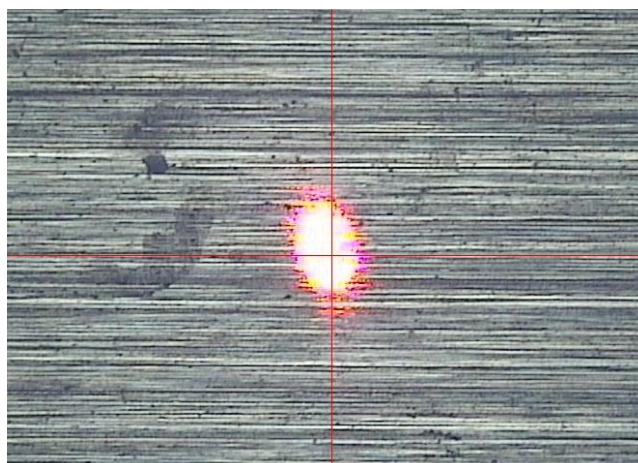
3.4 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

3.4.1 Τοποθετούμε το δοκίμιο όσον το δυνατό στο κέντρο της τράπεζας .

Ενεργοποιούμε το **δείκτη laser** πατώντας το πλήκτρο



ο οποίος δείχνει την περιοχή του αντικειμένου που φαίνεται στην οθόνη





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 6/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 Επιλέγουμε **μεγέθυνση** πατώντας το πλήκτρο  και στη συνέχεια

επιτυχαίνουμε την επιθυμητή μεγέθυνση με τη χρήση του κέρσορα 

η οποία φαίνεται όπως η διπλανή εικόνα

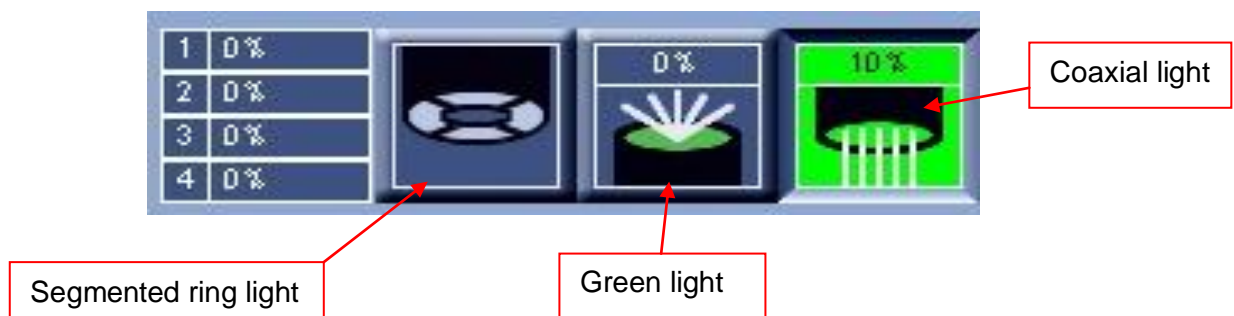
130.0X

Η μεγέθυνση θα πρέπει να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια μιας σειράς μετρήσεων

3.4.4 Το είδος του **σταυρονήματος** και το χρώμα του ρυθμίζονται πατώντας τα πλήκτρα:



3.4.5 Ο **φωτισμός** του δοκίμου ρυθμίζεται από τα πλήκτρα:



Επιλέγουμε το φως πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο και με τον κέρσορα



αυξομειώνουμε την ένταση του .

Ειδικότερα για το **ring light** πατώντας το μια φορά αυξομειώνεται η ένταση και των τεσσάρων ομάδων (των 6 LED κάθε μια) LED ταυτόχρονα, ενώ με περαιτέρω πάτημα του πλήκτρου επιλέγεται κάθε φορά μια από τις τέσσερις ομάδες.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 7/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Είναι πολύ σημαντική η επιλογή του σωστού φωτισμού του δοκίμου ώστε να φαίνονται καθαρά η επιφάνεια και τα όρια του ειδικότερα σε αντικείμενα όπου έχουμε ανάκλαση φωτός.

3.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου επιλέγονται 16 σημεία στην περίμετρο του κύκλου.

Τα τέσσερα (4) από αυτά είναι στις γωνίες 0 , $\pi/2$, π , $3\pi/2$ ενώ επιλέγονται από τρία (3) σημεία σε κάθε τεταρτοκύκλιο περίπου σε ίσα τόξα.

3.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΟΥ

Για λόγους συντομίας το σταυρόνημα θα συμβολίζεται με (+)

Τοποθετώντας το (+) στο σημείο που θέλουμε να επιλέξουμε πατάμε το πλήκτρο:



Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



Πατάμε το πλήκτρο



και στη συνέχεια το





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 8/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

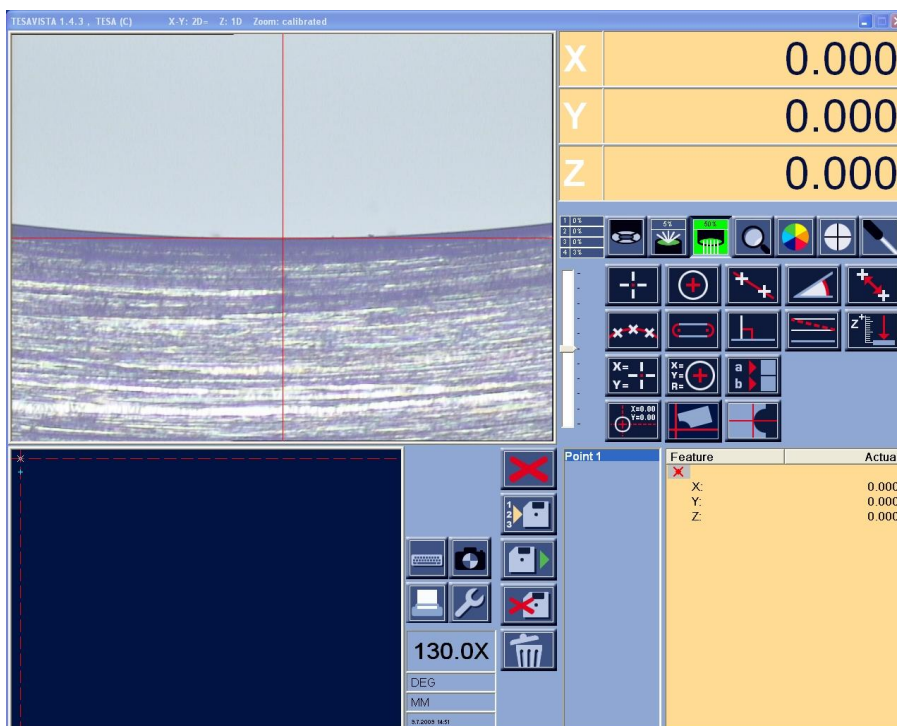
Η εισαγωγή του σημείου έχει γίνει και το σημείο ονομάζεται **point 1**.

Point 1	Feature	Actual
	X:	-2.326
	Y:	0.040
	Z:	-0.308

3.4.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το πρώτο σημείο που επιλέγεται είναι σε γωνία $3\pi/2$ (point 1).
Στο **point 1** δίνουμε συντεταγμένες $(x,y)=(0,0)$ επιλέγοντας το και πατώντας το

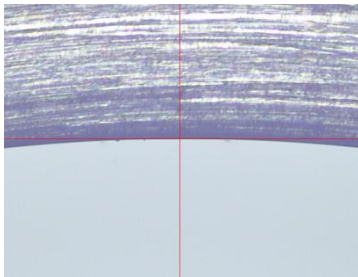
πλήκτρο:



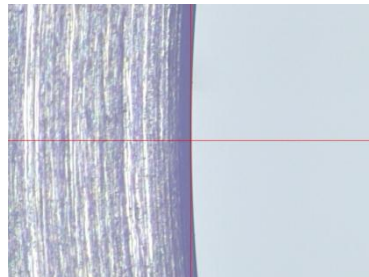


ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 9/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

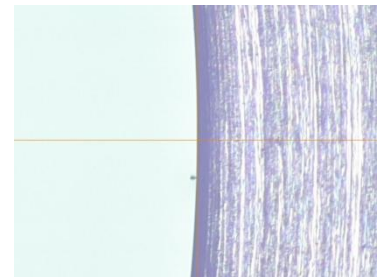
στη συνέχεια λαμβάνονται τα σημεία:



point 2 ($\pi/2$)



point 3 (π)



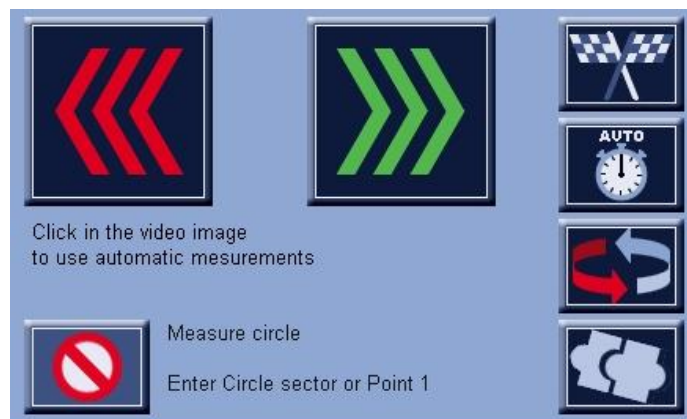
point 4 (0)

Με τα τέσσερα (4) σημεία υπολογίζουμε την διάμετρο ως εξής:

Πατάμε το πλήκτρο



Και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 10/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Επιλέγουμε **point 1** και πατάμε



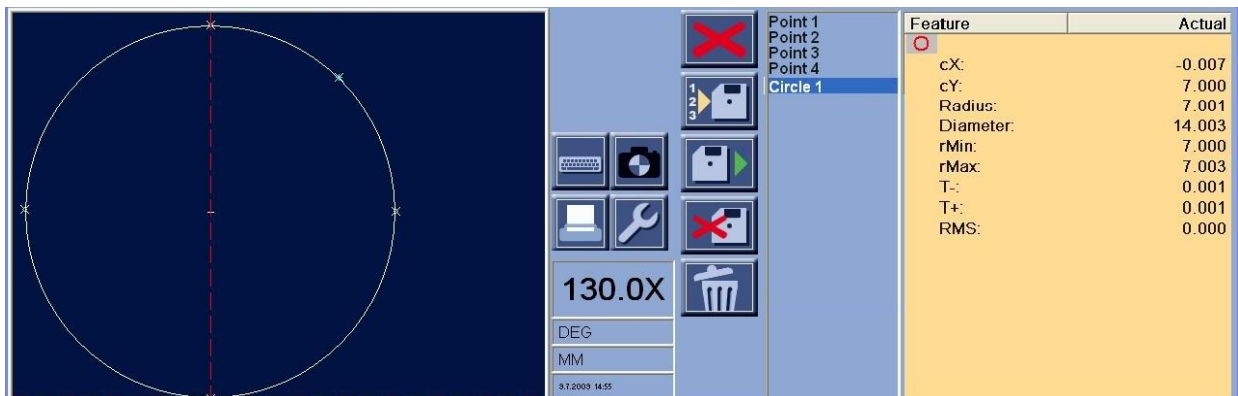
Συνεχίζουμε την διαδικασία με όλα τα σημεία και όταν ολοκληρωθεί η εισαγωγή των

σημείων πατάμε

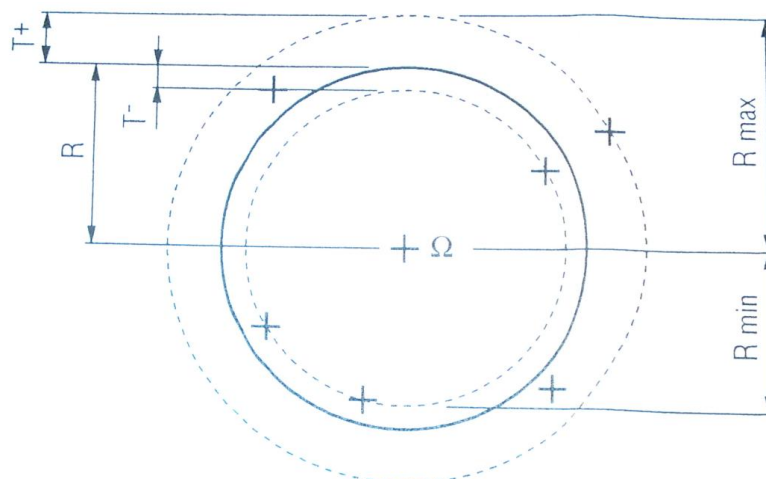


και το πρόγραμμα υπολογίζει κύκλο με βάση τα

σημεία που εισήχθησαν ενώ στην οθόνη εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα




Όπου Circle 1 είναι ο κύκλος που υπολογίστηκε από τα τέσσερα πρώτα σημεία ενώ τα μεγέθη Rmax, Rmin, T+, T- ορίζονται σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:

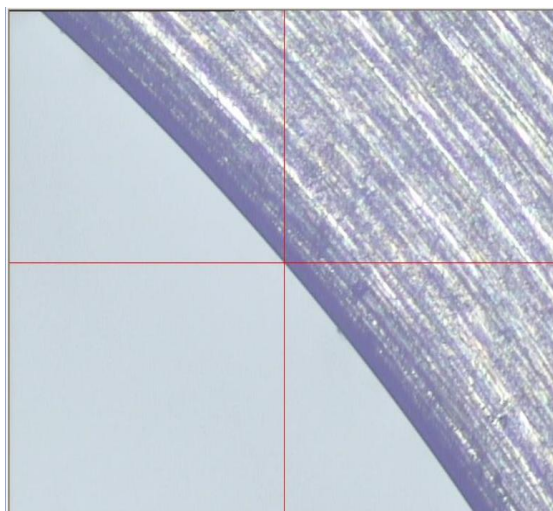




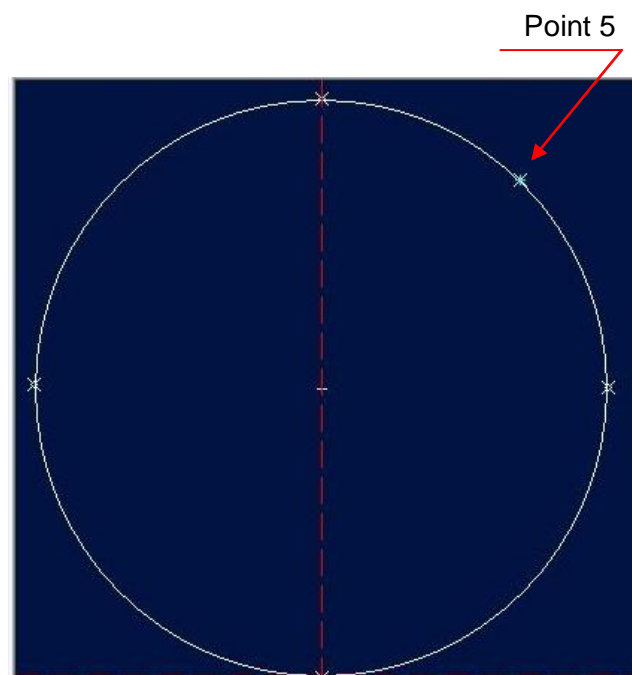
ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 11/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Σημείωση: Αν δεν είμαστε σίγουροι ότι εισάγαμε όλα τα σημεία μπορούμε να σταματήσουμε την διαδικασία με το 

Στην παρούσα φάση έχουμε μια τιμή της διαμέτρου υπολογιζόμενη με μόνο τέσσερα (4) σημεία και έχουμε στην οθόνη σχεδιασμένη την περίμετρο του κύκλου η οποία μας βοηθά στην επιλογή των ενδιάμεσων σημείων όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Point 5



Στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την διαδικασία λαμβάνοντας δεκαέξι (16) σημεία και έτσι δημιουργούμε τον **Circle 2**.

Συνολικά παίρνουμε τριάντα (30) μετρήσεις δηλ. μέχρι και τον **Circle 31** έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις μας ακολουθούν **Κανονική Κατανομή**.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 12/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει τις μετρήσεις πατάμε το



και εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο

Αφού δηλώσουμε το όνομα του αρχείου το οποίο μπορεί να είναι συνδυασμός

γραμμάτων και αριθμών πατάμε



και το αρχείο σώζεται στην τοποθεσία:

C:\tesavista\Features.

Για να ανοίξουμε το αρχείο πατάμε



και εμφανίζεται στην οθόνη η λίστα με

όλα τα αρχεία.

Για να δημιουργήσουμε αρχείο **.html** πατάμε



και συμπληρώνουμε τα

πεδία του παρακάτω παραθύρου. Το αρχείο αποθηκεύεται στην τοποθεσία

C:\tesavista\Reports.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 13/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης μεταβαίνουμε στην οθόνη του κεντρικού Η/Υ και επιλέγουμε το εικονίδιο διακοπής καταγραφής δεδομένων (κόκκινο απαγορευτικό εικονίδιο) για να σταματήσει η καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Επιλέγουμε το εικονίδιο αποθήκευσης και στο παράθυρο που ακολουθεί επιλέγουμε «**Select Channels Containing Data**», τσεκάρουμε «**ASCII II**», επιλέγουμε φάκελο αποθήκευσης «**C:/TEMP LOG**», δίνουμε όνομα αρχείου και πατούμε **OK**.

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Συμπληρώνεται το φύλλο μέτρησης όπου αναφέρονται μεταξύ άλλων τα εξής:

Περιγραφή και κωδικός του δοκιμίου.

Όνομα του υπευθύνου για την διεξαγωγή της μέτρησης.

Ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής της μέτρησης.

Χρονική διάρκεια μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή μέσης θερμοκρασίας του χώρου μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης.

Μέγεθος δείγματος.

Μέση τιμή.

Τυπική απόκλιση.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή.

Αναφέρεται αν οι μετρήσεις ακολουθούν **Κανονική κατανομή**, το κριτήριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε καθώς και οι τιμές των παραμέτρων του.

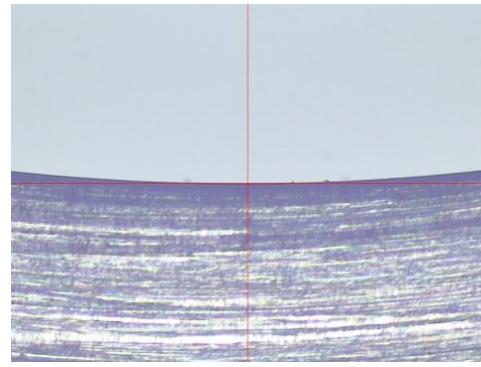
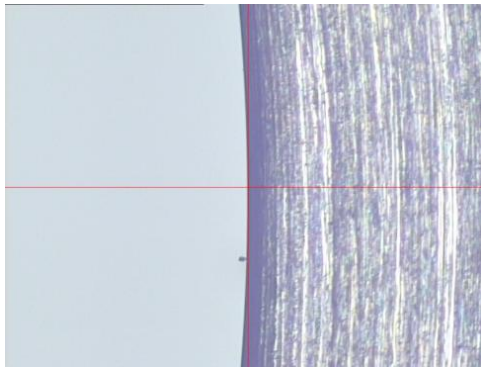
Τέλος παραδίδονται διαγράμματα μεταβολής μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας καθώς και ιστόγραμμα και καμπύλη κανονικής κατανομής των μετρήσεων.



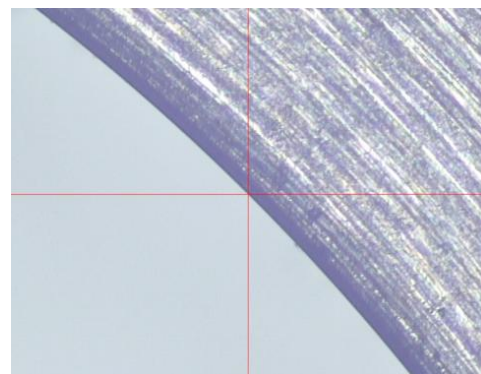
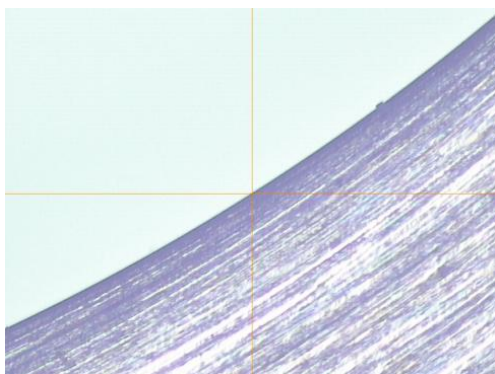
ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-02 D	Διεξαγωγή Μέτρησης Εσωτερικής Διαμέτρου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 14/14
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΣΧΟΛΙΑ

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην επιλογή των σημείων στα τόξα $0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ όπου εφάπτεται η μια εκ των δυο καθέτων ευθειών του σταυρονήματος στην περίμετρο του κύκλου ειδικότερα σε περιπτώσεις υπολογισμού διαμέτρου άνω των 5 mm και κάνοντας χρήση μεγέθυνσης πάνω από **100x** διότι υπάρχει δυσκολία στην επιλογή του σημείου όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες



Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η ευκολία επιλογής σημείου





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 1/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

1 ΣΚΟΠΟΣ

Υπολογισμός Απόστασης Παράλληλων Πλευρών.

2 ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣΩΠΑ

Σχεδίαση Οδηγίας:	Υπεύθυνος Ποιότητας
Συντονιστής Οδηγίας:	Τεχνικός Υπεύθυνος
Εμπλεκόμενοι:	Προσωπικό Εξουσιοδοτημένο για την μέτρηση αυτή

3 . ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

3.1 ΔΟΚΙΜΙΑ

3.1.1 Περιορισμοί διαστάσεων

Μετρούμενη απόσταση έως 200 mm.

3.1.2 Απαίτηση καθαρών επιφανειών

Θα πρέπει, προφανώς, όλες οι εμπλεκόμενες, με την μέτρηση, επιφάνειες να είναι απολύτως καθαρές. Για το λόγο αυτό, καθαρίζουμε το δοκίμιο καλά, με αιθυλική αλκοόλη και ένα λινό πανάκι.

3.1.3 Θερμοκρασιακή απαίτηση

Το δοκίμιο πρέπει να βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία με την μηχανή (και συγκεκριμένα στους 20 °C) και για το λόγο αυτό θα πρέπει να βρίσκεται πάνω στην τράπεζα εργασίας της μηχανής από την προηγούμενη ημέρα. Ο χειριστής που έχει λάβει εντολή για μέτρηση ενεργοποιεί την κλιματιστική μονάδα της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών, τουλάχιστον 24 ώρες πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης. Ο χειρισμός του δοκιμίου γίνεται με ειδικές λαβίδες ή γάντια ώστε να μην θερμανθεί από την επαφή με τα χέρια.

3.1.4 Άλλες παρατηρήσεις

Για ασφαλέστερα αποτελέσματα θα πρέπει να έχουμε καθαρίσει το δοκίμιο μια μέρα πριν την μέτρηση, οπότε και να μείνει εντός του εργαστηρίου και πάνω στην τράπεζα εργασίας (η οποία καθαρίζεται πριν την τοποθέτηση του δοκιμίου), ώστε να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του χώρου και της μηχανής μέτρησης (20 °C).

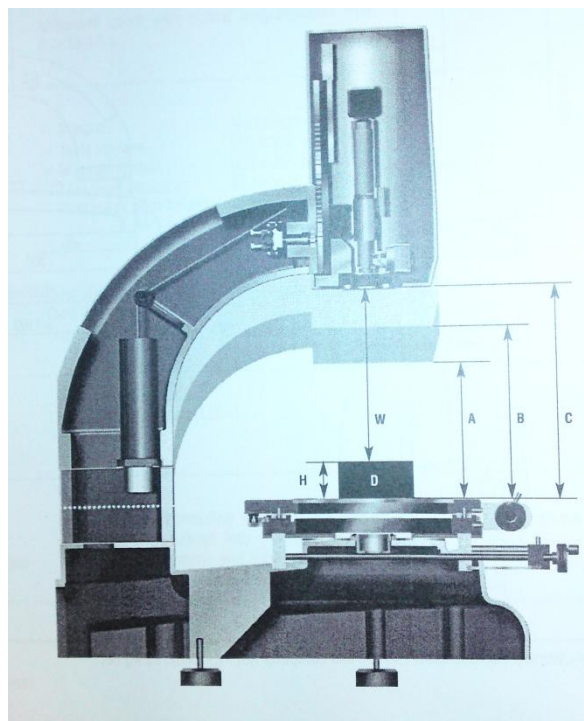


ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 2/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο μόνος εξοπλισμός της μηχανής είναι ο φακός ο οποίος επιλέγεται ανάλογα με την επιθυμητή μεγέθυνση και το ύψος του δοκιμίου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

ΦΑΚΟΣ	0,5x	0,75x	1x	1,5x	2x
ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ	15x-65x	22x-97x	30x-130x	44x-195x	60x-260x
ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ H (mm)	60	120	150	180	195
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΙΟ W (mm)	150	90	60	30	15
ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	10 × 13,6	6,6 × 9	5 × 6,8	3,3 × 4,5	2,5 × 3,4
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	2,2 × 3	1,4 × 2	1,1 × 1,5	0,7 × 1	0,5 × 0,7

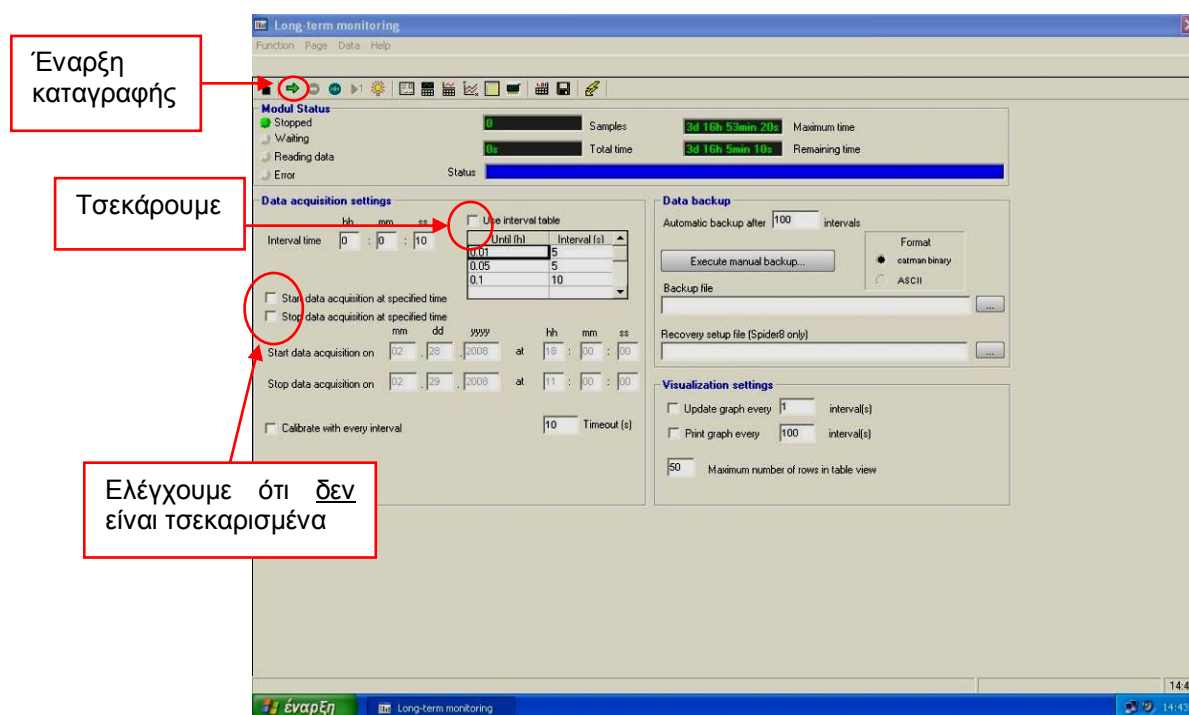


Το μοντέλο της μηχανής που έχει εφοδιαστεί το μικροτεχνικό εργαστήριο είναι με απόσταση κεφαλής από την τράπεζα την A : 60-210 mm

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 3/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

3.3.1 Εκκινούμε τον κεντρικό υπολογιστή της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών και το Data Logger για την συλλογή των περιβαλλοντικών δεδομένων. Από την επιφάνεια εργασίας επιλέγουμε το “Project 2” που αφορά το πρόγραμμα συλλογής των δεδομένων. Στην οθόνη λειτουργίας του Project ελέγχουμε ότι είναι τσεκαρισμένο το πεδίο «*Internal Table*», ότι δεν είναι τσεκαρισμένα τα πεδία «*Start...*», «*Stop...*» και επιλέγουμε το εικονίδιο εκκίνησης (πράσινο βέλος) για να αρχίσει η καταγραφή.



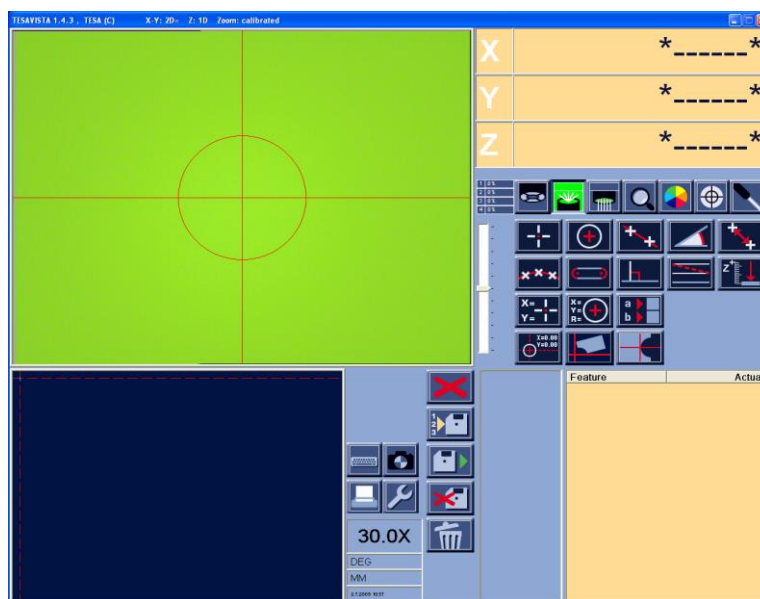
Σχήμα 2: Ρυθμίσεις για την καταγραφή των συνθηκών

3.3.2 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Θέτουμε τον διακόπτη που βρίσκεται στο πίσω μέρος του υπολογιστή στη θέση ON. Στη συνέχεια ανοίγουμε τον υπολογιστή και ανοίγουμε το πρόγραμμα **TESA VISTA**. Η μηχανή στα επόμενα δευτερόλεπτα εκτελεί κάποιες ρυθμίσεις αυτόματα και όταν αυτές τελειώσουν εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο εκκίνησης το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 4/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Παρατηρούμε ότι στις θέσεις των τιμών των αξόνων X,Y,Z αντί για τιμές εμφανίζονται τα σύμβολα *-----*.

Το επόμενο βήμα είναι να κανουμε αρχικοποίηση (initialising) των αξόνων της μηχανής

3.3.3 ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Άξονας Z

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο πάνω μέρος της κλίμακας.

Ανεβάζουμε την κεφαλή μέχρι να ακούσουμε έναν χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Z υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Άξονας X

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα αριστερά μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα X υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Άξονας Y

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

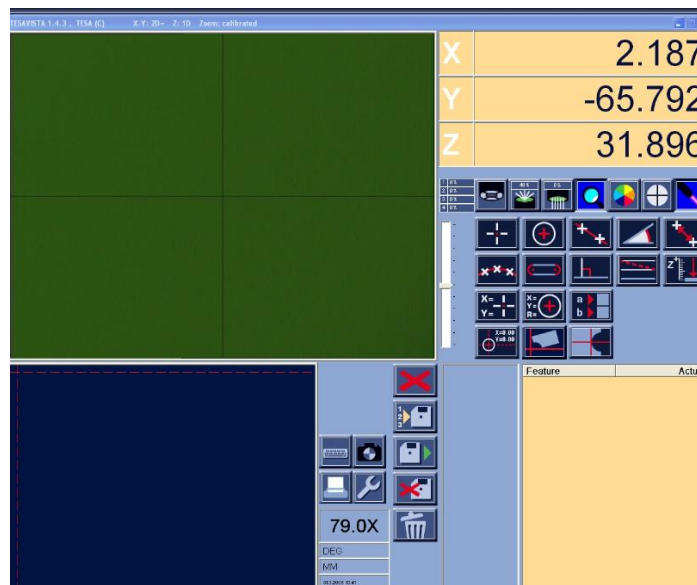
Μετακινούμε την τράπεζα προς τη μεριά του χειριστή μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Y υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 5/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο λειτουργίας μετά την αρχικοποίηση των αξόνων.



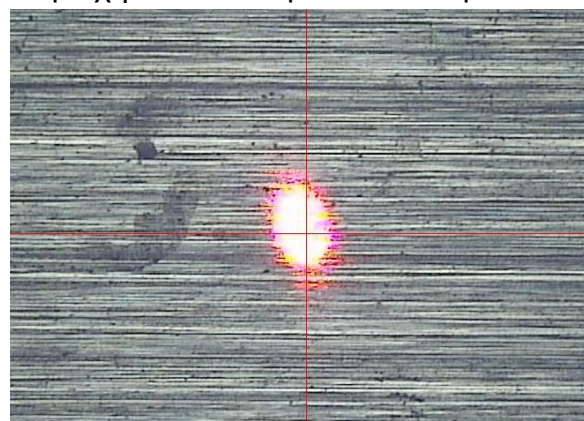
3.4 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

3.4.1 Τοποθετούμε το δοκίμιο όσον το δυνατό στο κέντρο της τράπεζας .

Ενεργοποιούμε το **δείκτη laser** πατώντας το πλήκτρο



ο οποίος δείχνει την περιοχή του αντικείμενου που φαίνεται στην οθόνη





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 6/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 Επιλέγουμε **μεγέθυνση** πατώντας το πλήκτρο  και στη συνέχεια

επιτυχαίνουμε την επιθυμητή μεγέθυνση με τη χρήση του κέρσορα 

η οποία φαίνεται όπως η διπλανή εικόνα

130.0X

Η μεγέθυνση θα πρέπει να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια μιας σειράς μετρήσεων

3.4.4 Το είδος του **σταυρονήματος** και το χρώμα του ρυθμίζονται πατώντας τα πλήκτρα:



3.4.5 Ο **φωτισμός** του δοκίμου ρυθμίζεται από τα πλήκτρα:



Segmented ring light

Green light

Coaxial light

Επιλέγουμε το φως πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο και με τον κέρσορα



αυξομειώνουμε την ένταση του .

Ειδικότερα για το **ring light** πατώντας το μια φορά αυξομειώνεται η ένταση και των τεσσάρων ομάδων (των 6 LED κάθε μια) LED ταυτόχρονα, ενώ με περαιτέρω πάτημα του πλήκτρου επιλέγεται κάθε φορά μια από τις τέσσερις ομάδες.

Είναι πολύ σημαντική η επιλογή του σωστού φωτισμού του δοκίμου ώστε να φαίνονται καθαρά η επιφάνεια και τα όρια του ειδικότερα σε αντικείμενα όπου έχουμε ανάκλαση φωτός.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 7/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Κατασκευάζονται οι ευθείες που αποτελούν τις προβολές των παραλλήλων πλευρών του δοκιμίου σε επίπεδο κάθετο προς αυτές, οι οποίες ονομάζονται από το λογισμικό της μηχανής Line 1 & Line 2.

Κάθε ευθεία κατασκευάζεται επιλέγοντας τρία σημεία:

Τα Point 1, Point 2 & Point 3 για την Line 1 και Point 4,5 & 6 για την Line 2.

Τα Point 1 και Point 3 αποτελούν τα ακραία σημεία της Line 1 ενώ το Point 2 το μέσον της Line 1.

Ομοίως για την Line 2 τα άκρα είναι τα σημεία Point 4 και Point 6 ενώ το Point 5 είναι το μέσον.

Υπολογίζεται η απόσταση της Line 1 από το Point 5 (μέσον της Line 2) με τη χρήση της συνάρτησης υπολογισμού Απόστασης Σημείου από Ευθεία που διαθέτει το λογισμικό πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο.

Το μετρούμενο μήκος ονομάζεται Distance 1.

Όμοιος υπολογίζεται η Distance 2 που είναι η απόσταση της Line 2 από το Point 2.

Η τιμή της απόστασης των δυο παράλληλων πλευρών λαμβάνεται ως ο μέσος Όρος των Distance 1 και Distance 2.

ΠΡΟΣΟΧΗ

Η προσέγγιση του σταυρονήματος σε ένα επιθυμητό σημείο θα πρέπει να γίνεται περιστρέφοντας του περιστροφικούς διακόπτες κίνησης της τράπεζας και της κεφαλής σύμφωνα με την ωρολογιακή φορά καθόλη τη διάρκεια της μέτρησης.

3.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΟΥ

Για λόγους συντομίας το σταυρόνημα θα συμβολίζεται με (+)

Τοποθετώντας το (+) στο σημείο που θέλουμε να επιλέξουμε πατάμε το πλήκτρο:



Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 8/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Πατάμε το πλήκτρο



και στη συνέχεια το



Η εισαγωγή του σημείου έχει γίνει και το σημείο ονομάζεται **point 1**

Point 1	Feature	Actual
	X:	-2.326
	Y:	0.040
	Z:	-0.308

3.4.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το πρώτο σημείο που επιλέγεται είναι ένα άκρο (point 1).

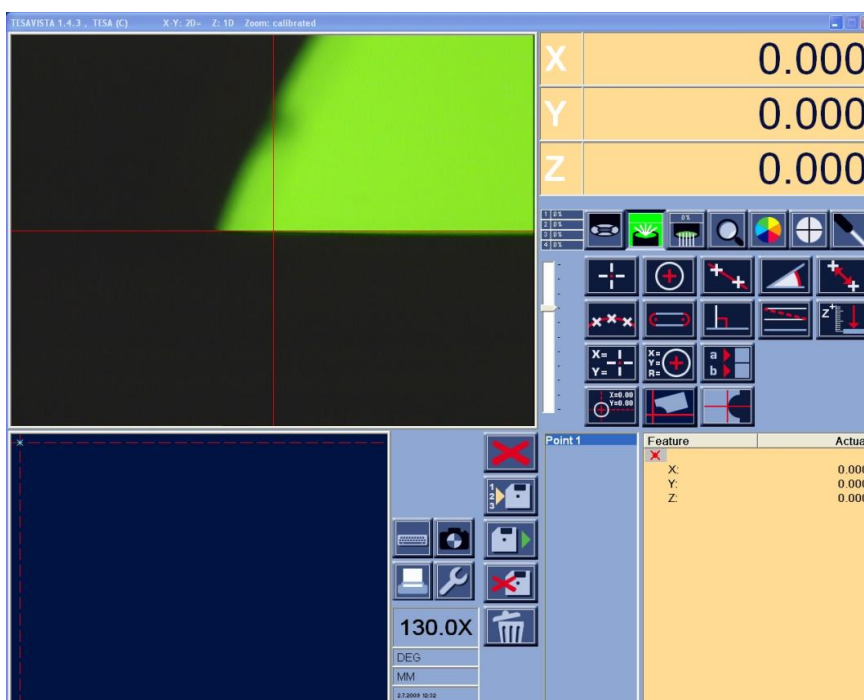
Στο **point 1** δίνουμε συντεταγμένες $(x,y)=(0,0)$ επιλέγοντας το και πατώντας το

πλήκτρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 9/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

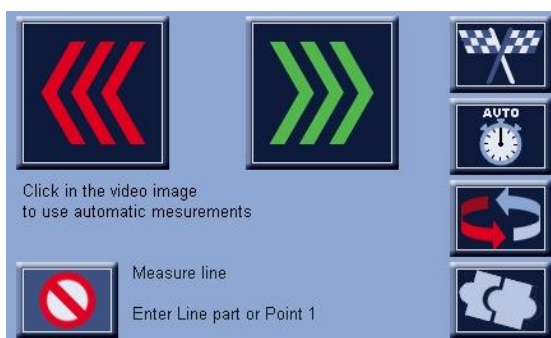


στη συνέχεια λαμβάνονται τα σημεία **point 2** και **point 3**.
Με τα παραπάνω σημεία κατασκευάζουμε την ευθεία **Line 1** ως εξής:

Πατάμε το πλήκτρο



Και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 10/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Επιλέγουμε **point 1** και πατάμε



Συνεχίζουμε την διαδικασία με τα σημεία point2 και point 3 και όταν ολοκληρωθεί η

εισαγωγή των σημείων πατάμε



και το πρόγραμμα κατασκευάζει την

ευθεία Line 1.

Σημείωση: Αν δεν είμαστε σίγουροι ότι εισάγαμε όλα τα σημεία μπορούμε να

σταματήσουμε την διαδικασία με το



Στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την διαδικασία και κατασκευάζουμε την ευθεία **line 2**.

Στην συνέχεια υπολογίζουμε την απόσταση της **Line 1** από το σημείο **point 5** ως εξής:

Πατάμε το πλήκτρο



Και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχάνη TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 11/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Επιλέγουμε **Line 1** και πατάμε



Στη συνέχεια επιλέγουμε **point 5** και πατάμε

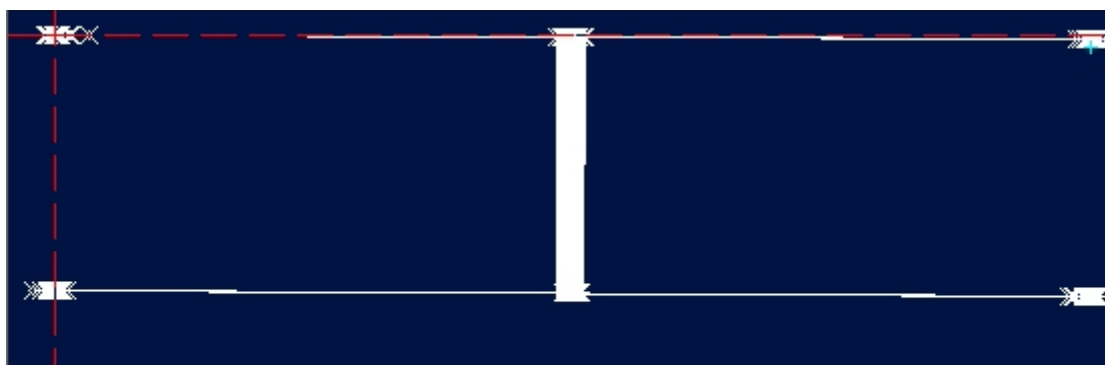


Τότε το πρόγραμμα υπολογίζει την ζητούμενη απόσταση και την ονομάζει **distance 1**.

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε την απόσταση της **Line 2** από το **point 2**

Συνολικά παίρνουμε τριάντα (30) μετρήσεις δηλ. μέχρι και την **distance 60** έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις μας ακολουθούν **Κανονική Κατανομή**.

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της μέτρησης στην οθόνη βλέπουμε όλα τα σημεία που έχουν επιλεγεί, τις ευθείες που έχουν κατασκευαστεί και τις αποστάσεις που έχουν υπολογιστεί.






ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 12/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει τις μετρήσεις πατάμε το



και εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο

Αφού δηλώσουμε το όνομα του αρχείου το οποίο μπορεί να είναι συνδυασμός γραμμάτων και αριθμών πατάμε  και το αρχείο σώζεται στην τοποθεσία:

C:\tesavista\Features.

Για να ανοίξουμε το αρχείο πατάμε



και εμφανίζεται στην οθόνη η λίστα με

όλα τα αρχεία.

Για να δημιουργήσουμε αρχείο **.html** πατάμε



και συμπληρώνουμε τα

πεδία του παρακάτω παραθύρου.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.1	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 13/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Το αρχείο αποθηκεύεται στην τοποθεσία **C:\tesavista\Reports**.

3.4.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης μεταβαίνουμε στην οθόνη του κεντρικού Η/Υ και επιλέγουμε το εικονίδιο διακοπής καταγραφής δεδομένων (κόκκινο απαγορευτικό εικονίδιο) για να σταματήσει η καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Επιλέγουμε το εικονίδιο αποθήκευσης και στο παράθυρο που ακολουθεί επιλέγουμε «**Select Channels Containing Data**», τσεκάρουμε «**ASCII II**», επιλέγουμε φάκελο αποθήκευσης «**C:/TEMP LOG**», δίνουμε όνομα αρχείου και πατούμε **OK**.

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Συμπληρώνεται το φύλλο μέτρησης όπου αναφέρονται μεταξύ άλλων τα εξής:

Περιγραφή και κωδικός του δοκιμίου.

Όνομα του υπευθύνου για την διεξαγωγή της μέτρησης.

Ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής της μέτρησης.

Χρονική διάρκεια μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή μέσης θερμοκρασίας του χώρου μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης.

Μέγεθος δείγματος.

Μέση τιμή.

Τυπική απόκλιση.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή.

Αναφέρεται αν οι μετρήσεις ακολουθούν **Κανονική κατανομή**, το κριτήριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε καθώς και οι τιμές των παραμέτρων του.

Τέλος παραδίδονται διαγράμματα μεταβολής μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας καθώς και ιστόγραμμα και καμπύλη κανονικής κατανομής των μετρήσεων.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 1/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

1 ΣΚΟΠΟΣ

Υπολογισμός Απόστασης Παράλληλων Πλευρών.

2 ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣΩΠΑ

Σχεδίαση Οδηγίας:	Υπεύθυνος Ποιότητας
Συντονιστής Οδηγίας:	Τεχνικός Υπεύθυνος
Εμπλεκόμενοι:	Προσωπικό Εξουσιοδοτημένο για την μέτρηση αυτή

3 . ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

3.1 ΔΟΚΙΜΙΑ

3.1.1 Περιορισμοί διαστάσεων

Μετρούμενη απόσταση έως 200 mm.

3.1.2 Απαίτηση καθαρών επιφανειών

Θα πρέπει, προφανώς, όλες οι εμπλεκόμενες, με την μέτρηση, επιφάνειες να είναι απολύτως καθαρές. Για το λόγο αυτό, καθαρίζουμε το δοκίμιο καλά, με αιθυλική αλκοόλη και ένα λινό πανάκι.

3.1.3 Θερμοκρασιακή απαίτηση

Το δοκίμιο πρέπει να βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία με την μηχανή (και συγκεκριμένα στους 20 °C) και για το λόγο αυτό θα πρέπει να βρίσκεται πάνω στην τράπεζα εργασίας της μηχανής από την προηγούμενη ημέρα. Ο χειριστής που έχει λάβει εντολή για μέτρηση ενεργοποιεί την κλιματιστική μονάδα της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών, τουλάχιστον 24 ώρες πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης. Ο χειρισμός του δοκιμίου γίνεται με ειδικές λαβίδες ή γάντια ώστε να μην θερμανθεί από την επαφή με τα χέρια.

3.1.4 Άλλες παρατηρήσεις

Για ασφαλέστερα αποτελέσματα θα πρέπει να έχουμε καθαρίσει το δοκίμιο μια μέρα πριν την μέτρηση, οπότε και να μείνει εντός του εργαστηρίου και πάνω στην τράπεζα εργασίας (η οποία καθαρίζεται πριν την τοποθέτηση του δοκιμίου), ώστε να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του χώρου και της μηχανής μέτρησης (20 °C).

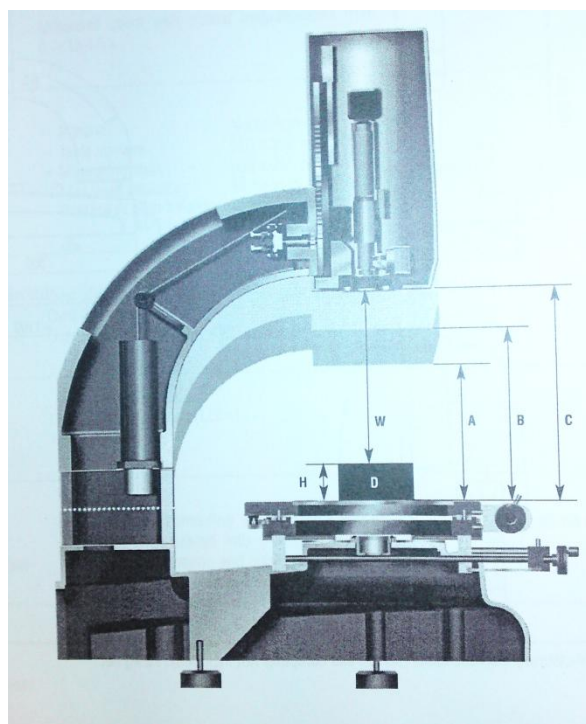


ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 2/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο μόνος εξοπλισμός της μηχανής είναι ο φακός ο οποίος επιλέγεται ανάλογα με την επιθυμητή μεγέθυνση και το ύψος του δοκιμίου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

ΦΑΚΟΣ	0,5x	0,75x	1x	1,5x	2x
ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ	15x-65x	22x-97x	30x-130x	44x-195x	60x-260x
ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ H (mm)	60	120	150	180	195
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΑΠΌ ΔΟΚΙΜΙΟ W (mm)	150	90	60	30	15
ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	10 × 13,6	6,6 × 9	5 × 6,8	3,3 × 4,5	2,5 × 3,4
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	2,2 × 3	1,4 × 2	1,1 × 1,5	0,7 × 1	0,5 × 0,7



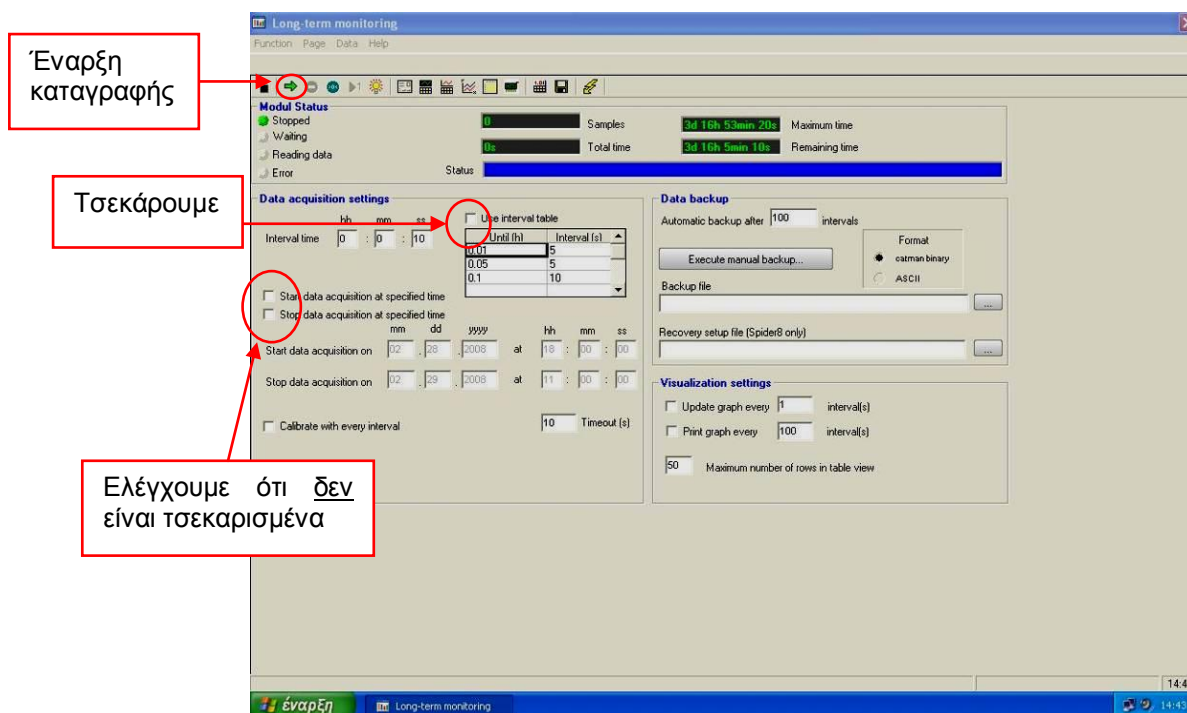
Το μοντέλο της μηχανής που έχει εφοδιαστεί το μικροτεχνικό εργαστήριο είναι με απόσταση κεφαλής από την τράπεζα την A : 60-210 mm



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 3/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

3.3.1 Εκκινούμε τον κεντρικό υπολογιστή της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών και το Data Logger για την συλλογή των περιβαλλοντικών δεδομένων. Από την επιφάνεια εργασίας επιλέγουμε το “Project 2” που αφορά το πρόγραμμα συλλογής των δεδομένων. Στην οθόνη λειτουργίας του Project ελέγχουμε ότι είναι τσεκαρισμένο το πεδίο «Internal Table», ότι δεν είναι τσεκαρισμένα τα πεδία «Start...», «Stop...» και επιλέγουμε το εικονίδιο εκκίνησης (πράσινο βέλος) για να αρχίσει η καταγραφή.



Σχήμα 2: Ρυθμίσεις για την καταγραφή των συνθηκών

3.3.2 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Θέτουμε τον διακόπτη που βρίσκεται στο πίσω μέρος του υπολογιστή στη θέση ON. Στη συνέχεια ανοίγουμε τον υπολογιστή και ανοίγουμε το πρόγραμμα **TESA VISTA**. Η μηχανή στα επόμενα δευτερόλεπτα εκτελεί κάποιες ρυθμίσεις αυτόματα και όταν αυτές τελειώσουν εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο εκκίνησης το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 4/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Παρατηρούμε ότι στις θέσεις των τιμών των αξόνων X,Y,Z αντί για τιμές εμφανίζονται τα σύμβολα *-----*.

Το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε αρχικοποίηση (initialising) των αξόνων της μηχανής

3.3.3 ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Άξονας Z

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο πάνω μέρος της κλίμακας.

Ανεβάζουμε την κεφαλή μέχρι να ακούσουμε έναν χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Z υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Άξονας X

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα αριστερά μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα X υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Άξονας Y

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα προς τη μεριά του χειριστή μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Y υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο λειτουργίας μετά την αρχικοποίηση των αξόνων.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 5/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



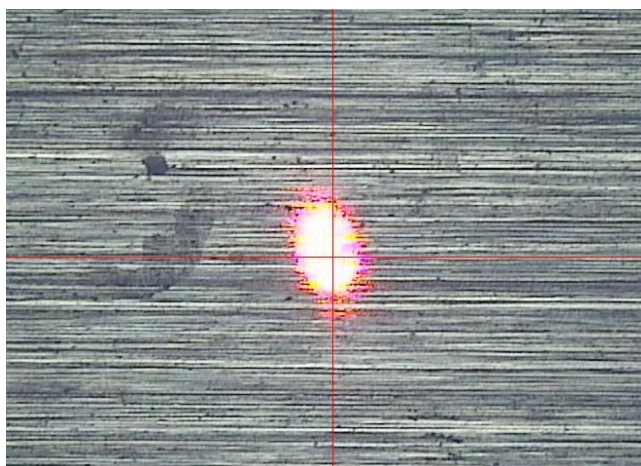
3.4 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

3.4.1 Τοποθετούμε το δοκίμιο όσον το δυνατό στο κέντρο της τράπεζας .

Ενεργοποιούμε το **δείκτη laser** πατώντας το πλήκτρο



ο οποίος δείχνει την περιοχή του αντικειμένου που φαίνεται στην οθόνη





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 6/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 Επιλέγουμε **μεγέθυνση** πατώντας το πλήκτρο  και στη συνέχεια

επιτυχαίνουμε την επιθυμητή μεγέθυνση με τη χρήση του κέρσορα 

η οποία φαίνεται όπως η διπλανή εικόνα

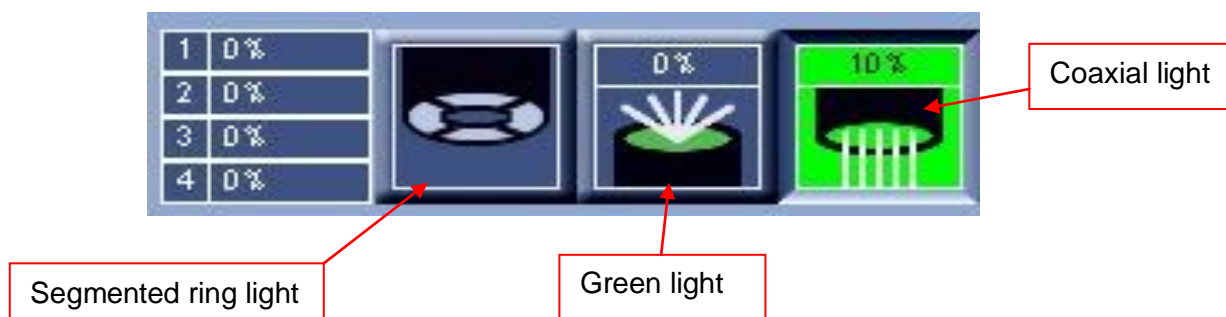
130.0X

Η μεγέθυνση θα πρέπει να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια μιας σειράς μετρήσεων.

3.4.4 Το είδος του **σταυρονήματος** και το χρώμα του ρυθμίζονται πατώντας τα πλήκτρα:



3.4.5 Ο **φωτισμός** του δοκίμου ρυθμίζεται από τα πλήκτρα:



Επιλέγουμε το φως πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο και με τον κέρσορα



αυξομειώνουμε την ένταση του .

Ειδικότερα για το **ring light** πατώντας το μια φορά αυξομειώνεται η ένταση και των τεσσάρων ομάδων (των 6 LED κάθε μια) LED ταυτόχρονα, ενώ με περαιτέρω πάτημα του πλήκτρου επιλέγεται κάθε φορά μια από τις τέσσερις ομάδες.

Είναι πολύ σημαντική η επιλογή του σωστού φωτισμού του δοκίμου ώστε να



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 7/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

φαίνονται καθαρά η επιφάνεια και τα όρια του ειδικότερα σε αντικείμενα όπου έχουμε ανάκλαση φωτός

3.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Κατασκευάζονται οι ευθείες που αποτελούν τις προβολές των παράλληλων πλευρών του δοκιμίου σε επίπεδο κάθετο προς αυτές οι οποίες ονομάζονται από το λογισμικό της μηχανής Line 1 & Line 2.

Κάθε ευθεία κατασκευάζεται επιλέγοντας τρία σημεία:

Τα Point 1, Point 2 & Point 3 για την Line 1 και Point 4,5 & 6 για την Line 2.

Τα Point 1 και Point 3 αποτελούν τα ακραία σημεία της Line 1 ενώ το Point 2 το μέσον της Line 1.

Ομοίως για την Line 2 τα άκρα είναι τα σημεία Point 4 και Point 6 ενώ το Point 5 είναι το μέσον.

Υπολογίζεται η απόσταση της Line 1 από την Line 2 με τη χρήση της συνάρτησης υπολογισμού Απόστασης Ευθείας από Ευθεία που διαθέτει το λογισμικό πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο.

Το μετρούμενο μήκος ονομάζεται Distance 1.

Λαμβάνονται τριάντα (30) μετρήσεις ώστε να μπορούμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή

ΠΡΟΣΟΧΗ

Η προσέγγιση του σταυρονήματος σε ένα επιθυμητό σημείο θα πρέπει να γίνεται περιστρέφοντας του περιστροφικούς διακόπτες κίνησης της τράπεζας και της κεφαλής σύμφωνα με την ωρολογιακή φορά καθόλη τη διάρκεια της μέτρησης.

Η μεγέθυνση θα πρέπει να παραμείνει σταθερή καθόλη τη διάρκεια της μέτρησης.

3.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΟΥ

Για λόγους συντομίας το σταυρόνημα θα συμβολίζεται με (+)

Τοποθετώντας το (+) στο σημείο που θέλουμε να επιλέξουμε πατάμε το πλήκτρο:



Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 8/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Πατάμε το πλήκτρο



και στη συνέχεια το



Η εισαγωγή του σημείου έχει γίνει και το σημείο ονομάζεται **point 1**

Point 1	Feature	Actual
	X:	-2.326
	Y:	0.040
	Z:	-0.308

3.4.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το πρώτο σημείο που επιλέγεται είναι ένα άκρο (point 1).

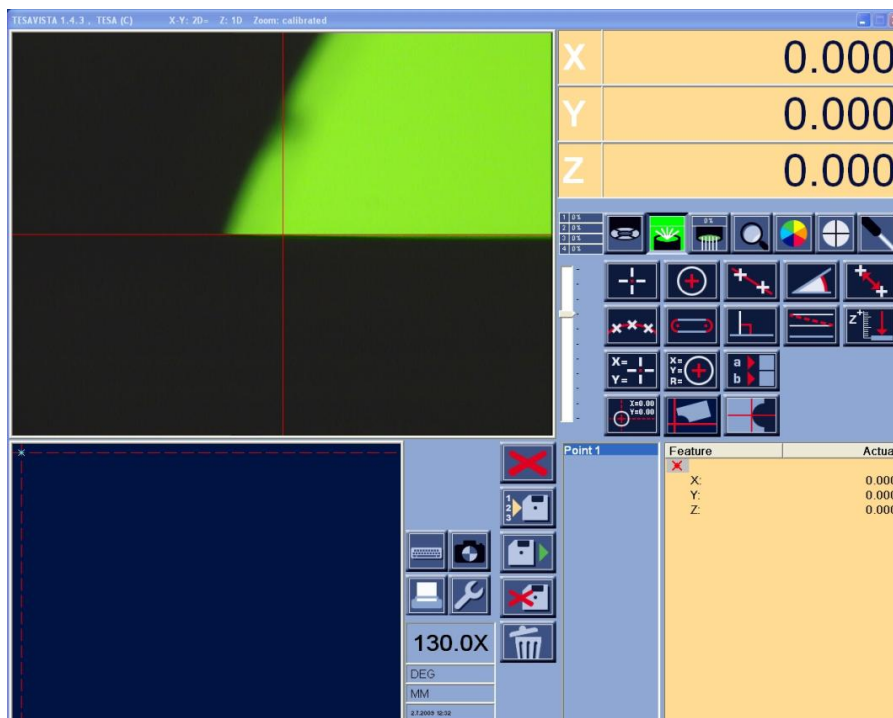
Στο **point 1** δίνουμε συντεταγμένες $(x,y)=(0,0)$ επιλέγοντας το και πατώντας το

πλήκτρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 9/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

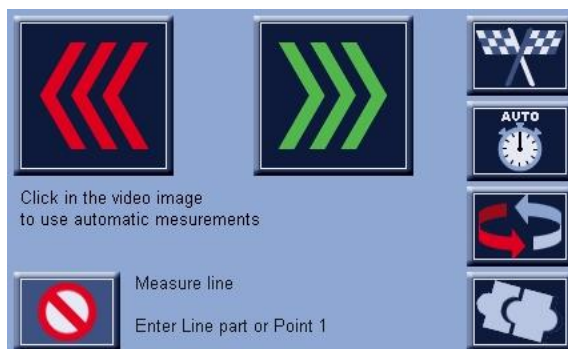


στη συνέχεια λαμβάνονται τα σημεία **point 2** και **point 3**.
Με τα παραπάνω σημεία κατασκευάζουμε την ευθεία **Line 1** ως εξής:

Πατάμε το πλήκτρο



Και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 10/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Επιλέγουμε **point 1** και πατάμε



Συνεχίζουμε την διαδικασία με τα σημεία point2 και point 3 και όταν ολοκληρωθεί η

εισαγωγή των σημείων πατάμε



και το πρόγραμμα κατασκευάζει την

ευθεία **Line 1**.

Σημείωση: Αν δεν είμαστε σίγουροι ότι εισάγαμε όλα τα σημεία μπορούμε να σταματήσουμε την διαδικασία με το



Στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την διαδικασία και κατασκευάζουμε την ευθεία **line 2**.

Ο υπολογισμός την απόστασης της **Line 1** από την ευθεία **line 2** γίνεται ως εξής:

Πατάμε το πλήκτρο



Και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 11/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Επιλέγουμε **Line 1** και πατάμε



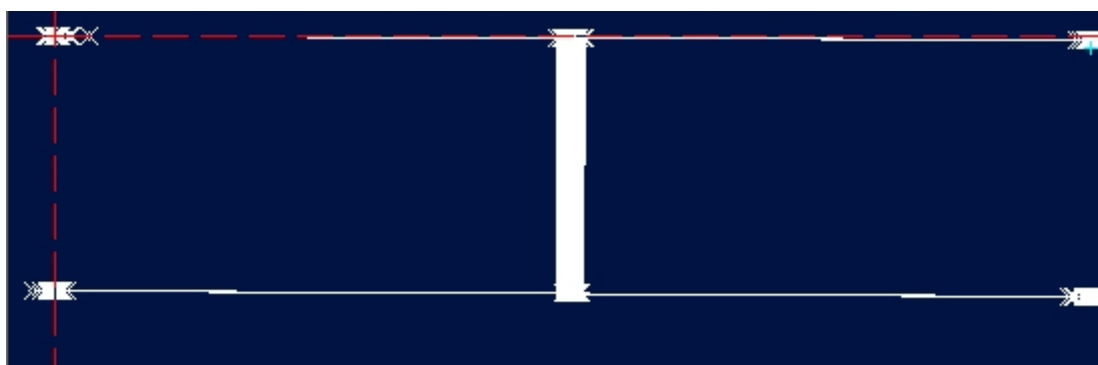
Στη συνέχεια επιλέγουμε **Line 2** και πατάμε



Τότε το πρόγραμμα υπολογίζει την ζητούμενη απόσταση και την ονομάζει **distance 1**.

Συνολικά παίρνουμε τριάντα (30) μετρήσεις δηλ. μέχρι και την **distance 30** έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις μας ακολουθούν **Κανονική Κατανομή**.

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της μέτρησης στην οθόνη βλέπουμε όλα τα σημεία που έχουν επιλεγεί, τις ευθείες που έχουν κατασκευαστεί και τις αποστάσεις που έχουν υπολογιστεί.





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 12/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει τις μετρήσεις πατάμε το



και εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο

Specify file name for Measurement Series

Αφού δηλώσουμε το όνομα του αρχείου το οποίο μπορεί να είναι συνδυασμός

γραμμάτων και αριθμών πατάμε



και το αρχείο σώζεται στην τοποθεσία:

C:\tesavista\Features.

Για να ανοίξουμε το αρχείο πατάμε



και εμφανίζεται στην οθόνη η λίστα με

όλα τα αρχεία.

Για να δημιουργήσουμε αρχείο **.html** πατάμε



και συμπληρώνουμε τα

πεδία του παρακάτω παραθύρου. Το αρχείο αποθηκεύεται στην τοποθεσία

C:\tesavista\Reports.

Report

Report name

Part name

Operator name

Note



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-1.2	Διεξαγωγή Μέτρησης Απόστασης Παράλληλων Πλευρών με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 13/13
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης μεταβαίνουμε στην οθόνη του κεντρικού Η/Υ και επιλέγουμε το εικονίδιο διακοπής καταγραφής δεδομένων (κόκκινο απαγορευτικό εικονίδιο) για να σταματήσει η καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Επιλέγουμε το εικονίδιο αποθήκευσης και στο παράθυρο που ακολουθεί επιλέγουμε «**Select Channels Containing Data**», τσεκάρουμε «**ASCII II**», επιλέγουμε φάκελο αποθήκευσης «**C:/TEMP LOG**», δίνουμε όνομα αρχείου και πατούμε **OK**.

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Συμπληρώνεται το φύλλο μέτρησης όπου αναφέρονται μεταξύ άλλων τα εξής:

Περιγραφή και κωδικός του δοκιμίου.

Όνομα του υπευθύνου για την διεξαγωγή της μέτρησης.

Ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής της μέτρησης.

Χρονική διάρκεια μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή μέσης θερμοκρασίας του χώρου μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης.

Μέγεθος δείγματος.

Μέση τιμή.

Τυπική απόκλιση.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή.

Αναφέρεται αν οι μετρήσεις ακολουθούν **Κανονική κατανομή**, το κριτήριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε καθώς και οι τιμές των παραμέτρων του.

Τέλος παραδίδονται διαγράμματα μεταβολής μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας καθώς και ιστόγραμμα και καμπύλη κανονικής κατανομής των μετρήσεων.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 1/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

1 ΣΚΟΠΟΣ

Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου.

2 ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣΩΠΑ

Σχεδίαση Οδηγίας:	Υπεύθυνος Ποιότητας
Συντονιστής Οδηγίας:	Τεχνικός Υπεύθυνος
Εμπλεκόμενοι:	Προσωπικό Εξουσιοδοτημένο για την μέτρηση αυτή

3 . ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

3.1 ΔΟΚΙΜΙΑ

3.1.1 Περιορισμοί διαστάσεων

Τα δοκίμια θα έχουν διαστάσεις έως 300×200 mm.

3.1.2 Απαίτηση καθαρών επιφανειών

Θα πρέπει, προφανώς, όλες οι εμπλεκόμενες, με την μέτρηση, επιφάνειες να είναι απολύτως καθαρές. Για το λόγο αυτό, καθαρίζουμε το δοκίμιο καλά, με αιθυλική αλκοόλη και ένα λινό πανάκι.

3.1.3 Θερμοκρασιακή απαίτηση

Το δοκίμιο πρέπει να βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία με την μηχανή (και συγκεκριμένα στους 20 °C) και για το λόγο αυτό θα πρέπει να βρίσκεται πάνω στην τράπεζα εργασίας της μηχανής από την προηγούμενη ημέρα. Ο χειριστής που έχει λάβει εντολή για μέτρηση ενεργοποιεί την κλιματιστική μονάδα της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών, τουλάχιστον 24 ώρες πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης. Ο χειρισμός του δοκιμίου γίνεται με ειδικές λαβίδες ή γάντια ώστε να μην θερμανθεί από την επαφή με τα χέρια.

3.1.4 Άλλες παρατηρήσεις

Για ασφαλέστερα αποτελέσματα θα πρέπει να έχουμε καθαρίσει το δοκίμιο μια μέρα πριν την μέτρηση, οπότε και να μείνει εντός του εργαστηρίου και πάνω στην τράπεζα εργασίας (η οποία καθαρίζεται πριν την τοποθέτηση του δοκιμίου), ώστε να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του χώρου και της μηχανής μέτρησης (20 °C).

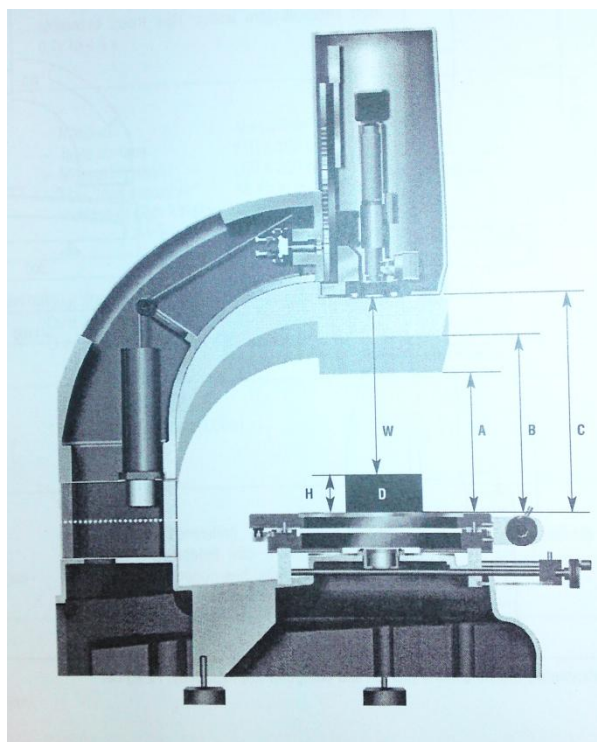


ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 2/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο μόνος εξοπλισμός της μηχανής είναι ο φακός ο οποίος επιλέγεται ανάλογα με την επιθυμητή μεγέθυνση και το ύψος του δοκιμίου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

ΦΑΚΟΣ	0,5x	0,75x	1x	1,5x	2x
ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ	15x-65x	22x-97x	30x-130x	44x-195x	60x-260x
ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ H (mm)	60	120	150	180	195
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΑΠΌ ΔΟΚΙΜΙΟ W (mm)	150	90	60	30	15
ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	10 × 13,6	6,6 × 9	5 × 6,8	3,3 × 4,5	2,5 × 3,4
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	2,2 × 3	1,4 × 2	1,1 × 1,5	0,7 × 1	0,5 × 0,7



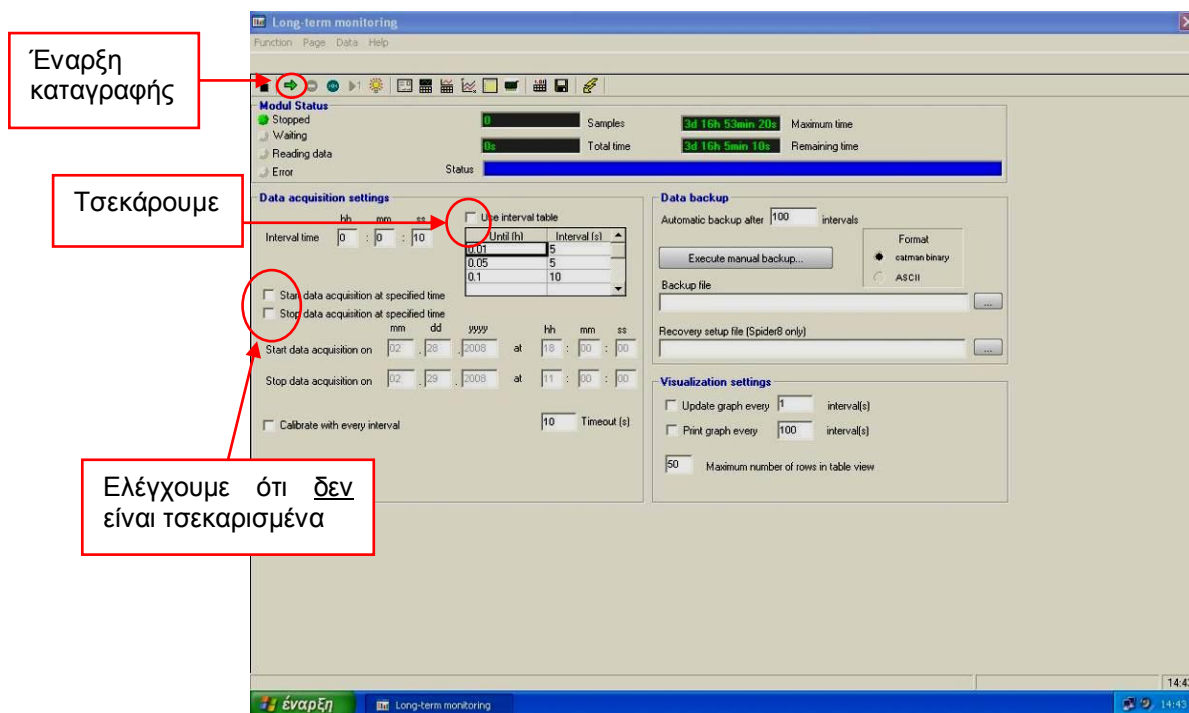
Το μοντέλο της μηχανής που έχει εφοδιαστεί το μικροτεχνικό εργαστήριο είναι με απόσταση κεφαλής από την τράπεζα την A : 60-210 mm



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 3/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

3.3.1 Εκκινούμε τον κεντρικό υπολογιστή της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών και το Data Logger για την συλλογή των περιβαλλοντικών δεδομένων. Από την επιφάνεια εργασίας επιλέγουμε το “Project 2” που αφορά το πρόγραμμα συλλογής των δεδομένων. Στην οθόνη λειτουργίας του Project ελέγχουμε ότι είναι τσεκαρισμένο το πεδίο «*Internal Table*», ότι δεν είναι τσεκαρισμένα τα πεδία «*Start...*», «*Stop...*» και επιλέγουμε το εικονίδιο εκκίνησης (πράσινο βέλος) για να αρχίσει η καταγραφή.



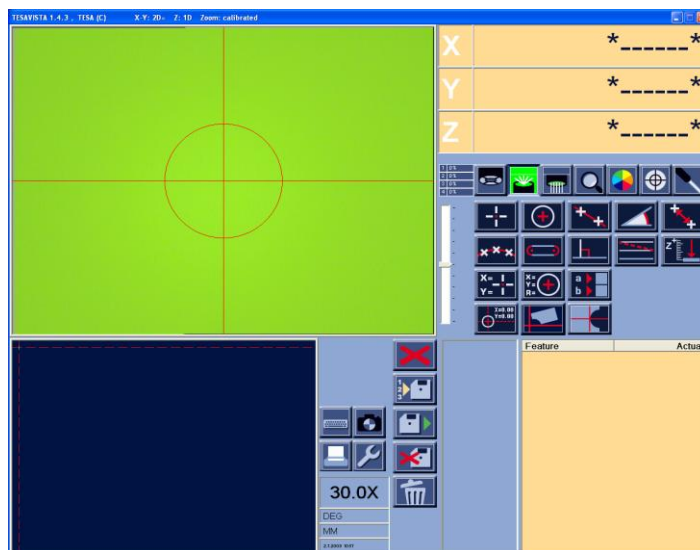
Σχήμα 2: Ρυθμίσεις για την καταγραφή των συνθηκών

3.3.2 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Θέτουμε τον διακόπτη που βρίσκεται στο πίσω μέρος του υπολογιστή στη θέση ON. Στη συνέχεια ανοίγουμε τον υπολογιστή και ανοίγουμε το πρόγραμμα **TESA VISTA**. Η μηχανή στα επόμενα δευτερόλεπτα εκτελεί κάποιες ρυθμίσεις αυτόματα και όταν αυτές τελειώσουν εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο εκκίνησης το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 4/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Παρατηρούμε ότι στις θέσεις των τιμών των αξόνων X,Y,Z αντί για τιμές εμφανίζονται τα σύμβολα *-----*.
Το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε αρχικοποίηση (initialising) των αξόνων της μηχανής.

3.3.3 ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Άξονας Z

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο πάνω μέρος της κλίμακας.

Ανεβάζουμε την κεφαλή μέχρι να ακούσουμε έναν χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Z υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*.

Άξονας X

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα αριστερά μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα X υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*.

Άξονας Y

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

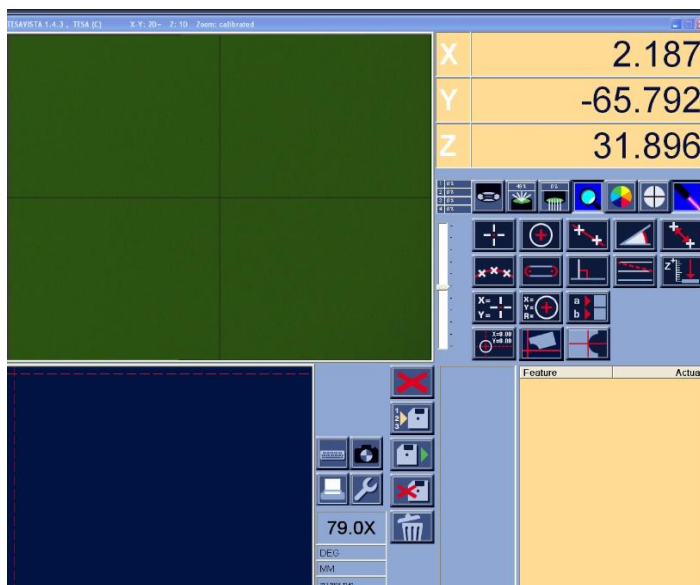
Μετακινούμε την τράπεζα προς τη μεριά του χειριστή μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Y υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο λειτουργίας μετά την αρχικοποίηση των αξόνων.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 5/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



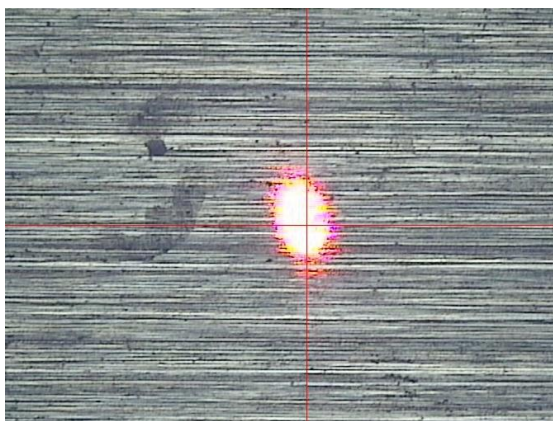
3.4 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

3.4.1 Τοποθετούμε το δοκίμιο όσον το δυνατό στο κέντρο της τράπεζας .

Ενεργοποιούμε το **δείκτη laser** πατώντας το πλήκτρο



ο οποίος δείχνει την περιοχή του αντικειμένου που φαίνεται στην οθόνη





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 6/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 Επιλέγουμε **μεγέθυνση** πατώντας το πλήκτρο  και στη συνέχεια

επιτυχαίνουμε την επιθυμητή μεγέθυνση με τη χρήση του κέρσορα 

η οποία φαίνεται όπως η διπλανή εικόνα

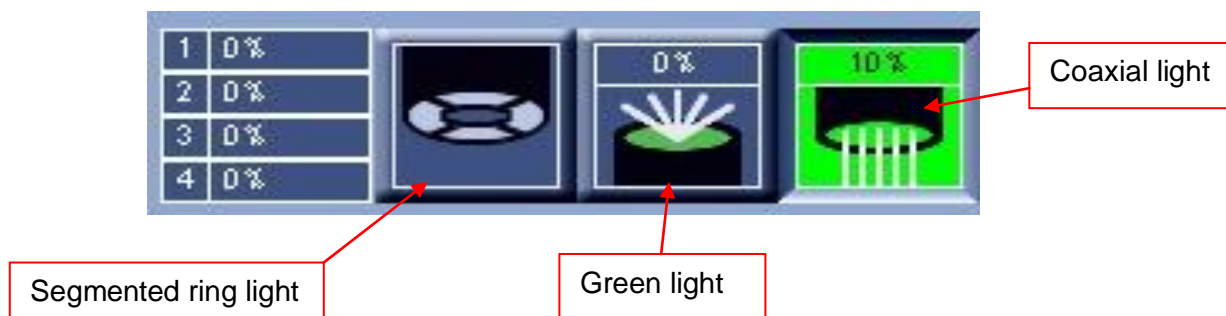
130.0X

Η μεγέθυνση θα πρέπει να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια μιας σειράς μετρήσεων

3.4.4 Το είδος του **σταυρονήματος** και το χρώμα του ρυθμίζονται πατώντας τα πλήκτρα:



3.4.5 Ο **φωτισμός** του δοκίμου ρυθμίζεται από τα πλήκτρα:



Επιλέγουμε το φως πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο και με τον κέρσορα



αυξομειώνουμε την ένταση του .

Ειδικότερα για το **ring light** πατώντας το μια φορά αυξομειώνεται η ένταση και των τεσσάρων ομάδων (των 6 LED κάθε μια) LED ταυτόχρονα, ενώ με περαιτέρω πάτημα του πλήκτρου επιλέγεται κάθε φορά μια από τις τέσσερις ομάδες.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 7/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Είναι πολύ σημαντική η επιλογή του σωστού φωτισμού του δοκίμου ώστε να φαίνονται καθαρά η επιφάνεια και τα όρια του ειδικότερα σε αντικείμενα όπου έχουμε ανάκλαση φωτός

3.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Για τον υπολογισμό της Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου επιλέγονται επτά (7) σημεία περίπου σε ίσα τόξα με το ένα από αυτά να είναι το σημείο επαφής του τόξου με μια από την ευθεία του σταυρονήματος.

3.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΟΥ

Για λόγους συντομίας το σταυρόνημα θα συμβολίζεται με (+)

Τοποθετώντας το (+) στο σημείο που θέλουμε να επιλέξουμε πατάμε το πλήκτρο:



Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



Πατάμε το πλήκτρο



και στη συνέχεια το



Η εισαγωγή του σημείου έχει γίνει και το σημείο ονομάζεται **point 1**



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 8/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Point 1	Feature	Actual
	X:	-2.326
	Y:	0.040
	Z:	-0.308

3.4.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Επιλέγονται τα επτά (7) σημεία πάνω στην καμπύλη. Με τα σημεία αυτά υπολογίζουμε την ακτίνα καμπυλότητας ως εξής:

Πατάμε το πλήκτρο



Και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



Επιλέγουμε **point 1** και πατάμε



Συνεχίζουμε την διαδικασία με όλα τα σημεία και όταν ολοκληρωθεί η εισαγωγή των

σημείων πατάμε



και το πρόγραμμα υπολογίζει τόξο με βάση τα σημεία

που εισήχθησαν το οποίο ονομάζει **Arc 1** ενώ στην οθόνη εμφανίζεται η παρακάτω

εικόνα:



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 9/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

X	0.031
Y	-1.870
Z	0.000

Feature	Actual
Point 1	
Point 2	
Point 3	
Point 4	
Point 5	
Point 6	
Point 7	
Arc 1	
X:	0.000
Y:	0.000
Radius:	3.925
T-:	0.007
T+:	0.005
RMS:	0.005

Όπου:

R: η ακτίνα καμπυλότητας υπολογιζόμενη με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων.

T+: η μέγιστη ανοχή της ακτίνας η οποία ορίζεται ως η διαφορά της υπολογιζόμενης ακτίνας μείον την απόσταση από το κέντρο του πιό κοντινού σημείου.

T- : η ελάχιστη ανοχή της ακτίνας η οποία ορίζεται ως η διαφορά της απόστασης από το κέντρο του πιό μακρινού σημείου μείον την υπολογιζόμενη ακτίνα.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 10/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Σημείωση: Αν δεν είμαστε σίγουροι ότι εισάγαμε όλα τα σημεία μπορούμε να σταματήσουμε την διαδικασία με το



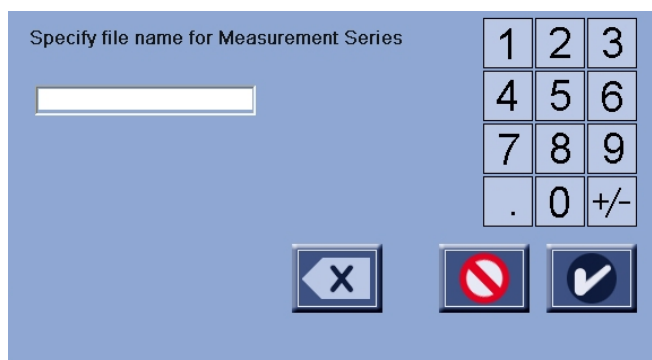
Συνολικά παίρνουμε τριάντα (30) μετρήσεις δηλ. μέχρι και το **Arc 30** έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις μας ακλουθούν **Κανονική Κατανομή**.


3.4.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει τις μετρήσεις πατάμε το




και εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο



Αφού δηλώσουμε το όνομα του αρχείου το οποίο μπορεί να είναι συνδυασμός γραμμάτων και αριθμών πατάμε  και το αρχείο σώζεται στην τοποθεσία:

C:\tesavista\Features.

Για να ανοίξουμε το αρχείο πατάμε  και εμφανίζεται στην οθόνη η λίστα με όλα τα αρχεία.

Για να δημιουργήσουμε αρχείο **.html** πατάμε  και συμπληρώνουμε τα πεδία του παρακάτω παραθύρου:



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-03 AR	Υπολογισμός Ακτίνας Καμπυλότητας Τόξου με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 11/11
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Report
Report name
Part name
Operator name
Note

Το αρχείο αποθηκεύεται στην τοποθεσία C:\TESAVISTA\reports

3.4.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης μεταβαίνουμε στην οθόνη του κεντρικού Η/Υ και επιλέγουμε το εικονίδιο διακοπής καταγραφής δεδομένων (κόκκινο απαγορευτικό εικονίδιο) για να σταματήσει η καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Επιλέγουμε το εικονίδιο αποθήκευσης και στο παράθυρο που ακολουθεί επιλέγουμε «**Select Channels Containing Data**», τσεκάρουμε «**ASCII II**», επιλέγουμε φάκελο αποθήκευσης «**C:/TEMP LOG**», δίνουμε όνομα αρχείου και πατούμε **OK**.

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Συμπληρώνεται το φύλλο μετρήσεων όπου αναφέρονται μεταξύ άλλων τα εξής:

Περιγραφή και κωδικός του δοκιμίου.

Όνομα του υπευθύνου για την διεξαγωγή της μέτρησης.

Ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής της μέτρησης.

Χρονική διάρκεια μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή μέσης θερμοκρασίας του χώρου μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης.

Μέγεθος δείγματος.

Μέση τιμή.

Τυπική απόκλιση.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή.

Αναφέρεται αν οι μετρήσεις ακολουθούν **Κανονική κατανομή**, το κριτήριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε καθώς και οι τιμές των παραμέτρων του.

Τέλος παραδίδονται διαγράμματα μεταβολής μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας καθώς και ιστόγραμμα και καμπύλη κανονικής κατανομής των μετρήσεων.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 1/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

1 ΣΚΟΠΟΣ

Υπολογισμός Γωνίας.

2 ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣΩΠΑ

Σχεδίαση Οδηγίας:	Υπεύθυνος Ποιότητας
Συντονιστής Οδηγίας:	Τεχνικός Υπεύθυνος
Εμπλεκόμενοι:	Προσωπικό Εξουσιοδοτημένο για την μέτρηση αυτή

3 . ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

3.1 ΔΟΚΙΜΙΑ

3.1.1 Περιορισμοί διαστάσεων

Τα δοκίμια θα έχουν διαστάσεις έως 300×200 mm.

3.1.2 Απαίτηση καθαρών επιφανειών

Θα πρέπει, προφανώς, όλες οι εμπλεκόμενες, με την μέτρηση, επιφάνειες να είναι απολύτως καθαρές. Για το λόγο αυτό, καθαρίζουμε το δοκίμιο καλά, με αιθυλική αλκοόλη και ένα λινό πανάκι.

3.1.3 Θερμοκρασιακή απαίτηση

Το δοκίμιο πρέπει να βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία με την μηχανή (και συγκεκριμένα στους 20 °C) και για το λόγο αυτό θα πρέπει να βρίσκεται πάνω στην τράπεζα εργασίας της μηχανής από την προηγούμενη ημέρα. Ο χειριστής που έχει λάβει εντολή για μέτρηση ενεργοποιεί την κλιματιστική μονάδα της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών, τουλάχιστον 24 ώρες πριν την πραγματοποίηση της μέτρησης. Ο χειρισμός του δοκιμίου γίνεται με ειδικές λαβίδες ή γάντια ώστε να μην θερμανθεί από την επαφή με τα χέρια.

3.1.4 Άλλες παρατηρήσεις

Για ασφαλέστερα αποτελέσματα θα πρέπει να έχουμε καθαρίσει το δοκίμιο μια μέρα πριν την μέτρηση, οπότε και να μείνει εντός του εργαστηρίου και πάνω στην τράπεζα εργασίας (η οποία καθαρίζεται πριν την τοποθέτηση του δοκιμίου), ώστε να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του χώρου και της μηχανής μέτρησης (20 °C).



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οδηγία
V-04 AN

Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας
με τη Μηχανή TESA-VISIO 300

Υπεύθυνος Έκδοσης

Υπεύθυνος Έγκρισης

Αρ. Έκδοσης

Ημερομηνία Έκδοσης

Σελίδα
2/12

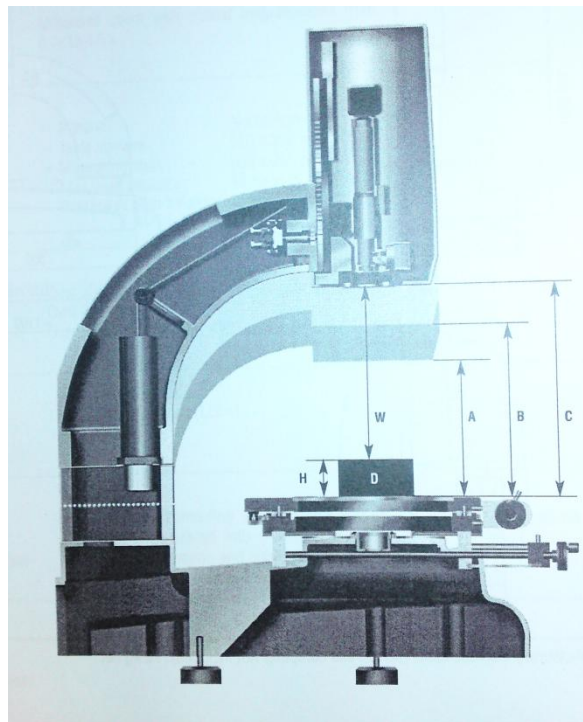
Υπεύθυνος Ποιότητας

Διευθυντής Εργαστηρίου

3.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο μόνος εξοπλισμός της μηχανής είναι ο φακός ο οποίος επιλέγεται ανάλογα με την επιθυμητή μεγέθυνση και το ύψος του δοκιμίου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

ΦΑΚΟΣ	0,5x	0,75x	1x	1,5x	2x
ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ	15x-65x	22x-97x	30x-130x	44x-195x	60x-260x
ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ H (mm)	60	120	150	180	195
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΑΠΟ ΔΟΚΙΜΙΟ W (mm)	150	90	60	30	15
ΜΕΓΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	$10 \times 13,6$	$6,6 \times 9$	$5 \times 6,8$	$3,3 \times 4,5$	$2,5 \times 3,4$
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (mm)	$2,2 \times 3$	$1,4 \times 2$	$1,1 \times 1,5$	$0,7 \times 1$	$0,5 \times 0,7$



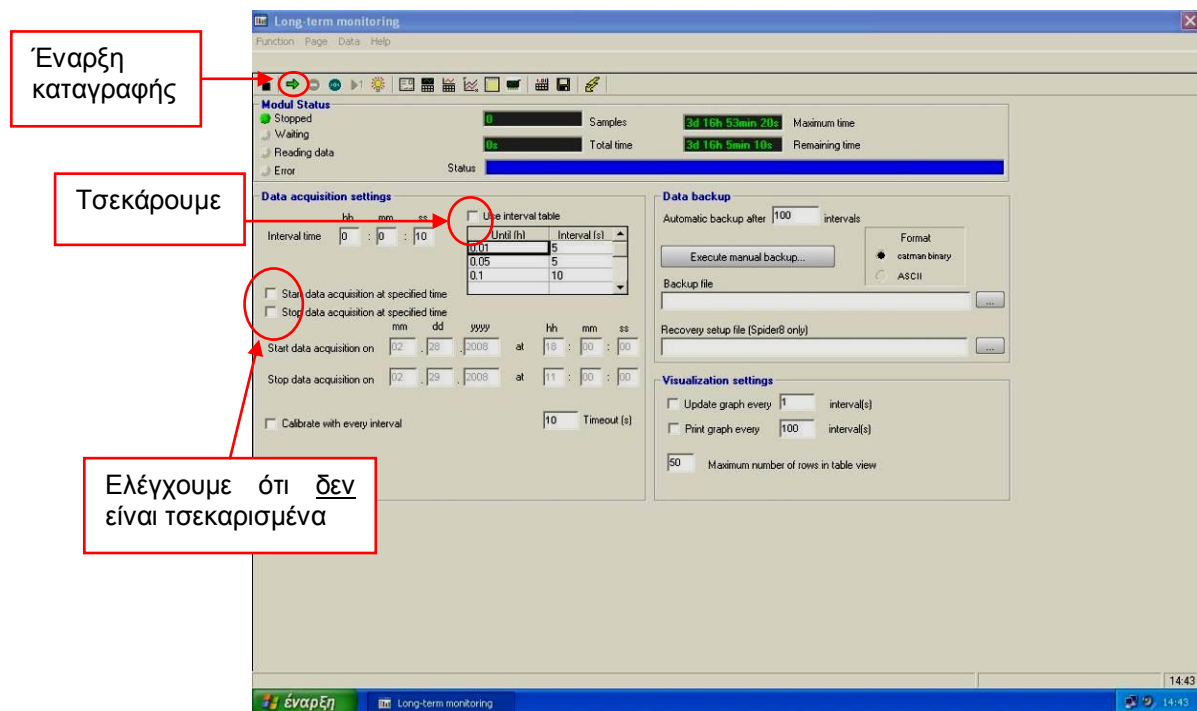
Το μοντέλο της μηχανής που έχει εφοδιαστεί το μικροτεχνικό εργαστήριο είναι με απόσταση κεφαλής από την τράπεζα την A : 60-210 mm



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 3/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

3.3.1 Εκκινούμε τον κεντρικό υπολογιστή της Αίθουσας Ελεγχόμενων Συνθηκών και το Data Logger για την συλλογή των περιβαλλοντικών δεδομένων. Από την επιφάνεια εργασίας επιλέγουμε το “Project 2” που αφορά το πρόγραμμα συλλογής των δεδομένων. Στην οθόνη λειτουργίας του Project ελέγχουμε ότι είναι τσεκαρισμένο το πεδίο «Internal Table», ότι δεν είναι τσεκαρισμένα τα πεδία «Start...», «Stop...» και επιλέγουμε το εικονίδιο εκκίνησης (πράσινο βέλος) για να αρχίσει η καταγραφή.



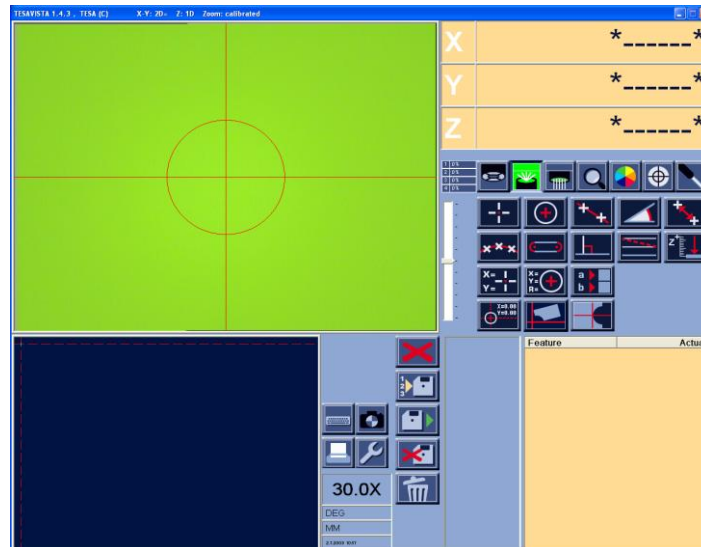
Σχήμα 2: Ρυθμίσεις για την καταγραφή των συνθηκών

3.3.2 ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Θέτουμε τον διακόπτη που βρίσκεται στο πίσω μέρος του υπολογιστή στη θέση ON. Στη συνέχεια ανοίγουμε τον υπολογιστή και ανοίγουμε το πρόγραμμα **TESA VISTA**. Η μηχανή στα επόμενα δευτερόλεπτα εκτελεί κάποιες ρυθμίσεις αυτόματα και όταν αυτές τελειώσουν εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο εκκίνησης το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 4/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



Παρατηρούμε ότι στις θέσεις των τιμών των αξόνων X,Y,Z αντί για τιμές εμφανίζονται τα σύμβολα *-----*.

Το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε αρχικοποίηση (initialising) των αξόνων της μηχανής

3.3.3 ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Άξονας Z

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο πάνω μέρος της κλίμακας.

Ανεβάζουμε την κεφαλή μέχρι να ακούσουμε έναν χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Z υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Άξονας X

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

Μετακινούμε την τράπεζα αριστερά μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα X υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Άξονας Y

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο κέντρο της κλίμακας.

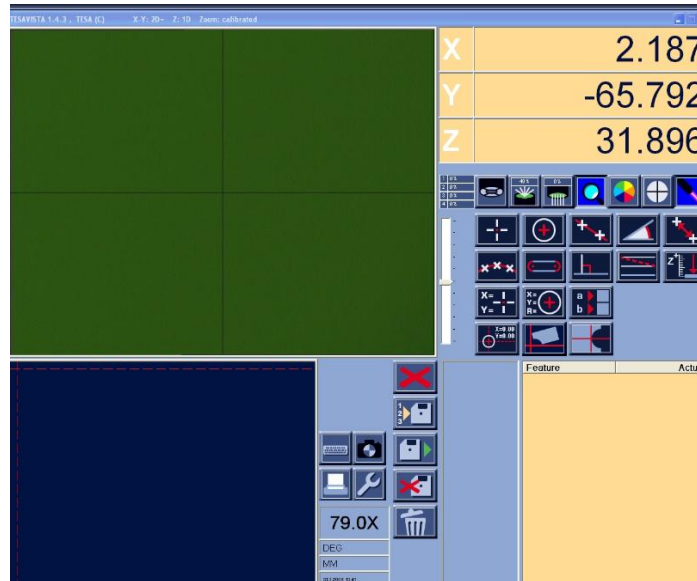
Μετακινούμε την τράπεζα προς τη μεριά του χειριστή μέχρι να ακούσουμε τον χαρακτηριστικό ήχο 'μπιπ'.

Μετά τον ήχο παρατηρούμε στην οθόνη ότι στο πλαίσιο τιμών του άξονα Y υπάρχει αριθμητική ένδειξη αντί της *-----*

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο λειτουργίας μετά την αρχικοποίηση των αξόνων.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 5/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			



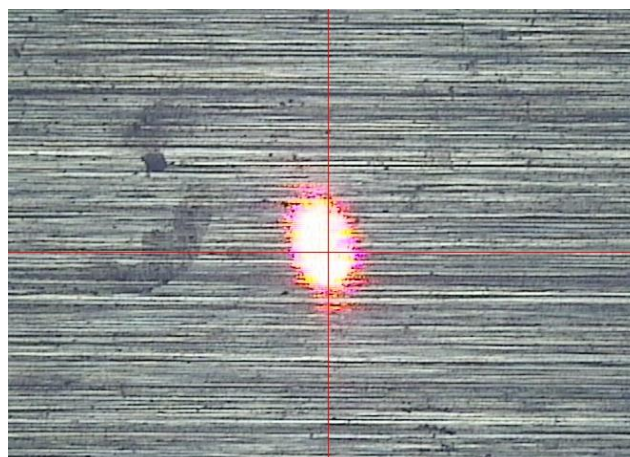
3.4 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

3.4.1 Τοποθετούμε το δοκίμιο όσον το δυνατό στο κέντρο της τράπεζας .

Ενεργοποιούμε το **δείκτη laser** πατώντας το πλήκτρο



ο οποίος δείχνει την περιοχή του αντικειμένου που φαίνεται στην οθόνη





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 6/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

3.4.3 Επιλέγουμε **μεγέθυνση** πατώντας το πλήκτρο



και στη συνέχεια

επιτυχαίνουμε την επιθυμητή μεγέθυνση με τη χρήση του κέρσορα



η οποία φαίνεται όπως η διπλανή εικόνα

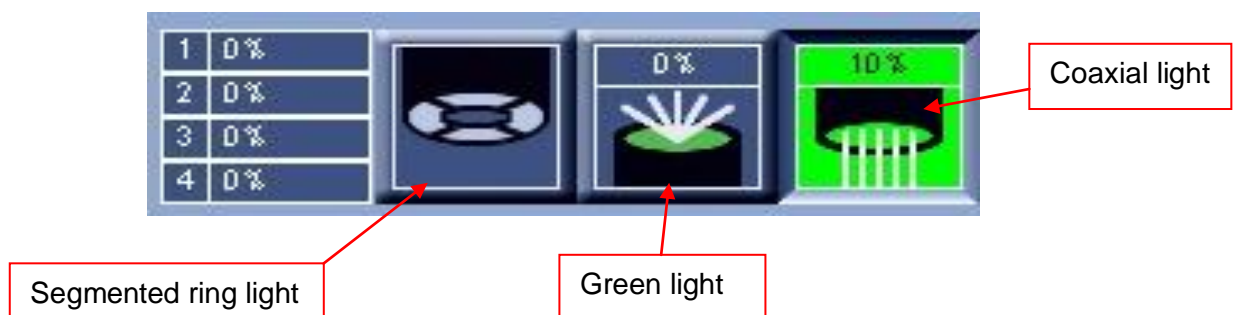


Η μεγέθυνση θα πρέπει να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια μιας σειράς μετρήσεων

3.4.4 Το είδος του **σταυρονήματος** και το χρώμα του ρυθμίζονται πατώντας τα πλήκτρα:



3.4.5 Ο **φωτισμός** του δοκίμου ρυθμίζεται από τα πλήκτρα:



Επιλέγουμε το φως πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο και με τον κέρσορα



αυξομειώνουμε την ένταση του .

Ειδικότερα για το **ring light** πατώντας το μια φορά αυξομειώνεται η ένταση και των τεσσάρων ομάδων (των 6 LED κάθε μια) LED ταυτόχρονα, ενώ με περαιτέρω πάτημα του πλήκτρου επιλέγεται κάθε φορά μια από τις τέσσερις ομάδες.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 7/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Είναι πολύ σημαντική η επιλογή του σωστού φωτισμού του δοκίμου ώστε να φαίνονται καθαρά η επιφάνεια και τα όρια του ειδικότερα σε αντικείμενα όπου έχουμε ανάκλαση φωτός

3.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Για τον υπολογισμό της γωνίας θα πρέπει να κατασκευαστούν οι ημιευθείες που την περιέχουν.

Για την κατασκευή κάθε ημιευθείας λαμβάνονται τρία (3) σημεία περίπου σε ίσες αποστάσεις ενώ δεν λαμβάνεται σαν σημείο η κορυφή της γωνίας.

3.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΟΥ

Για λόγους συντομίας το σταυρόνημα θα συμβολίζεται με (+)

Τοποθετώντας το (+) στο σημείο που θέλουμε να επιλέξουμε πατάμε το πλήκτρο:



Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο



Πατάμε το πλήκτρο



και στη συνέχεια το



Η εισαγωγή του σημείου έχει γίνει και το σημείο ονομάζεται **point 1**.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 8/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Point 1	Feature	Actual
	X:	-2.326
	Y:	0.040
	Z:	-0.308

3.4.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Λαμβάνονται τρία (3) σημεία **point 1**, **point 2**, και **point 3** και κατασκευάζουμε την ημιευθεία **Line 1** και στη συνέχεια με τα σημεία **point 4**, **point 5** και **point 6** κατασκευάζουμε την **Line 2**.

Η μεταξύ των **Line 1** και **Line 2** γωνία υπολογίζεται ως εξής:

Πατάμε το πλήκτρο



Και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:





ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 9/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Επιλέγουμε **Line 1** και πατάμε



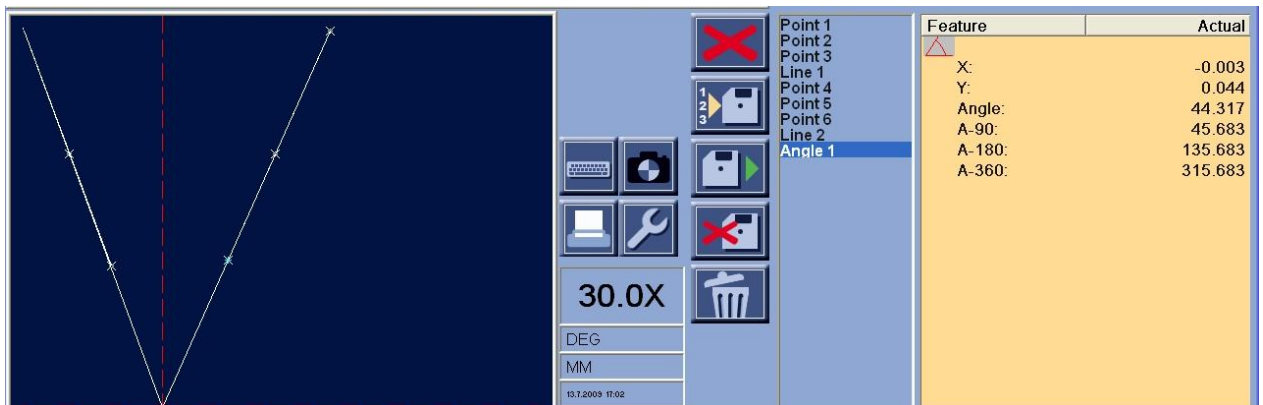
Στην συνέχεια επιλεγούμε **Line 2** και

πατάμε



ολοκληρώνοντας έτσι την εισαγωγή των ημιευθειών.

Το πρόγραμμα υπολογίζει την γωνία με βάση τις Line 1 και Line 2 και την ονομάζει **Angle 1** όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Όπου:

Angle 1: η μετρούμενη γωνία

A-90: η συμπληρωματική της

A-180: η παραπληρωματική της

Σημείωση: Αν δεν είμαστε σίγουροι ότι εισάγαμε όλες τις ημιευθείες ή υποψιαζόμαστε ότι έχουμε κάνει κάποιο λάθος, μπορούμε να σταματήσουμε την διαδικασία με το



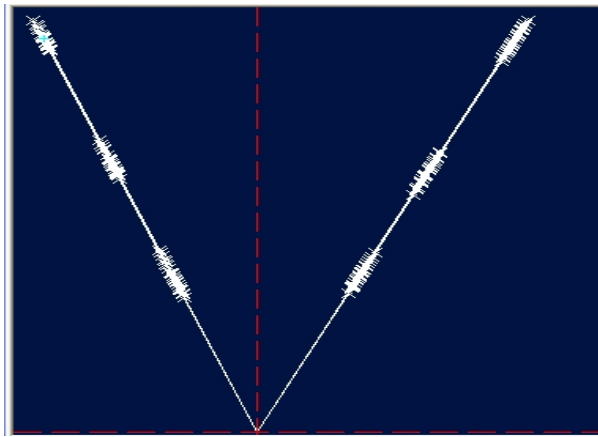
Στην παρούσα φάση έχουμε μια τιμή της γωνίας υπολογιζόμενη με μόνο δυο (2) ημιευθείες ενώ στην οθόνη φαίνονται οι ημιευθείες και η μεταξύ τους γωνία.

Στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την διαδικασία λαμβάνοντας συνολικά τριάντα (30) μετρήσεις δηλ. μέχρι και την **angle 30** έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις μας ακολουθούν **Κανονική Κατανομή**.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 10/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της μέτρησης στην οθόνη βλέπουμε όλα τα σημεία που έχουν επιλεγεί και οι ημιευθείες που έχουν κατασκευαστεί.



3.4.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Εφόσον έχουμε ολοκληρώσει τις μετρήσεις πατάμε το



και εμφανίζεται στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο

Specify file name for Measurement Series


[Input Field]

1 2 3
4 5 6
7 8 9
. 0 +/-

[X] [Cancel] [Confirm]




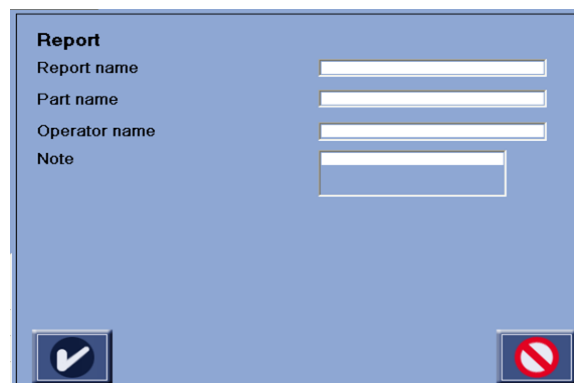
ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 11/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

Αφού δηλώσουμε το όνομα του αρχείου το οποίο μπορεί να είναι συνδυασμός γραμμάτων και αριθμών πατάμε  και το αρχείο σώζεται στην τοποθεσία:

C:\tesavista\Features.

Για να ανοίξουμε το αρχείο πατάμε  και εμφανίζεται στην οθόνη η λίστα με όλα τα αρχεία.

Για να δημιουργήσουμε αρχείο **.html** πατάμε  και συμπληρώνουμε τα πεδία του παρακάτω παραθύρου:



Το αρχείο αποθηκεύεται στην τοποθεσία **C:\tesavista\Reports**

3.4.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης μεταβαίνουμε στην οθόνη του κεντρικού Η/Υ και επιλέγουμε το εικονίδιο διακοπής καταγραφής δεδομένων (κόκκινο απαγορευτικό εικονίδιο) για να σταματήσει η καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Επιλέγουμε το εικονίδιο αποθήκευσης και στο παράθυρο που ακολουθεί επιλέγουμε «**Select Channels Containing Data**», τσεκάρουμε «**ASCII II**», επιλέγουμε φάκελο αποθήκευσης «**C:/TEMP LOG**», δίνουμε όνομα αρχείου και πατούμε **OK**.



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	Οδηγία V-04 AN	Διεξαγωγή Μέτρησης Γωνίας με τη Μηχανή TESA-VISIO 300		
Υπεύθυνος Έκδοσης	Υπεύθυνος Έγκρισης	Αρ. Έκδοσης	Ημερομηνία Έκδοσης	Σελίδα 12/12
Υπεύθυνος Ποιότητας	Διευθυντής Εργαστηρίου			

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Συμπληρώνεται το φύλλο μέτρησης όπου αναφέρονται μεταξύ άλλων τα εξής:

Περιγραφή και κωδικός του δοκιμίου.

Όνομα του υπευθύνου για την διεξαγωγή της μέτρησης.

Ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής της μέτρησης.

Χρονική διάρκεια μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή μέσης θερμοκρασίας του χώρου μέτρησης.

Ελάχιστη και μέγιστη τιμή σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης.

Μέγεθος δείγματος.

Μέση τιμή.

Τυπική απόκλιση.

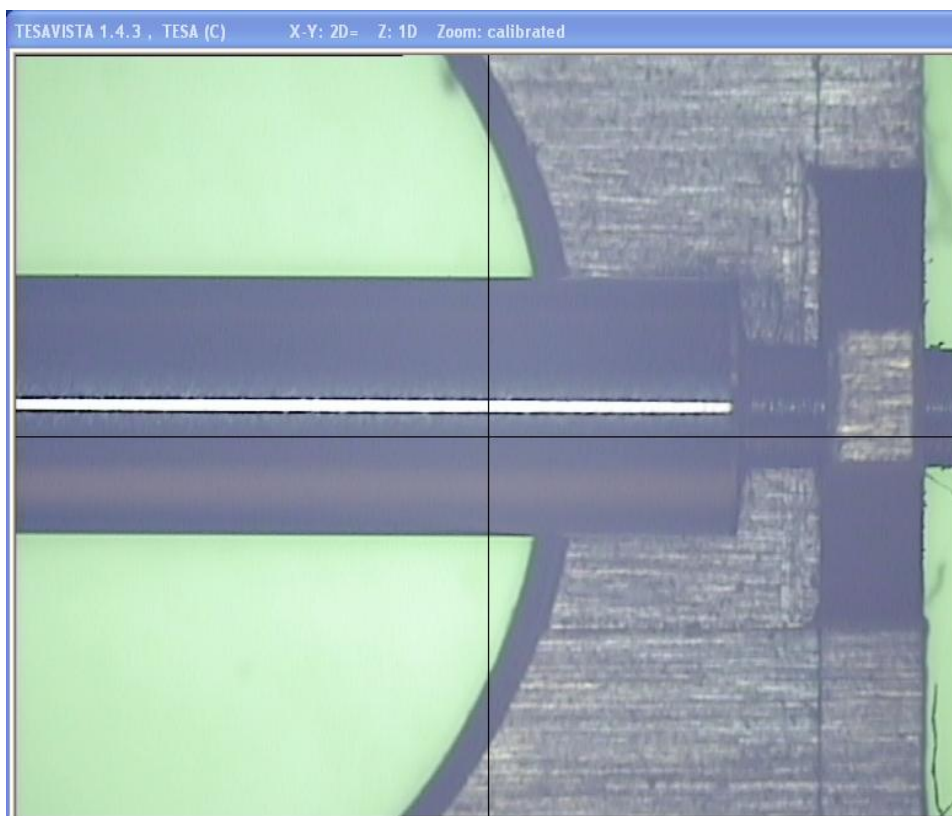
Ελάχιστη και μέγιστη τιμή.

Αναφέρεται αν οι μετρήσεις ακολουθούν **Κανονική κατανομή**, το κριτήριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε καθώς και οι τιμές των παραμέτρων του.

Τέλος παραδίδονται διαγράμματα μεταβολής μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας καθώς και ιστόγραμμα και καμπύλη κανονικής κατανομής των μετρήσεων.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΥΡΜΑΤΙΔΙΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΠΛΕΥΡΩΝ V-1.1 ΚΑΙ V-1.2

Το πρότυπο σύρμα το οποίο μετρήθηκε έχει διάμετρο $d=1,732 \text{ mm}$ και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα πάνω στη βάση του.



Εικόνα 1

Λόγο του ότι το συγκεκριμένο δοκίμιο είναι κυλινδρικό πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή στον φωτισμό του δοκιμίου για την αποφυγή ανακλάσεων οι οποίες δυσκολεύουν τη διαδικασία της μέτρησης και αυξάνουν το σφάλμα μέτρησης διότι δεν είναι ξεκάθαρα τα όρια του αντικείμενου.

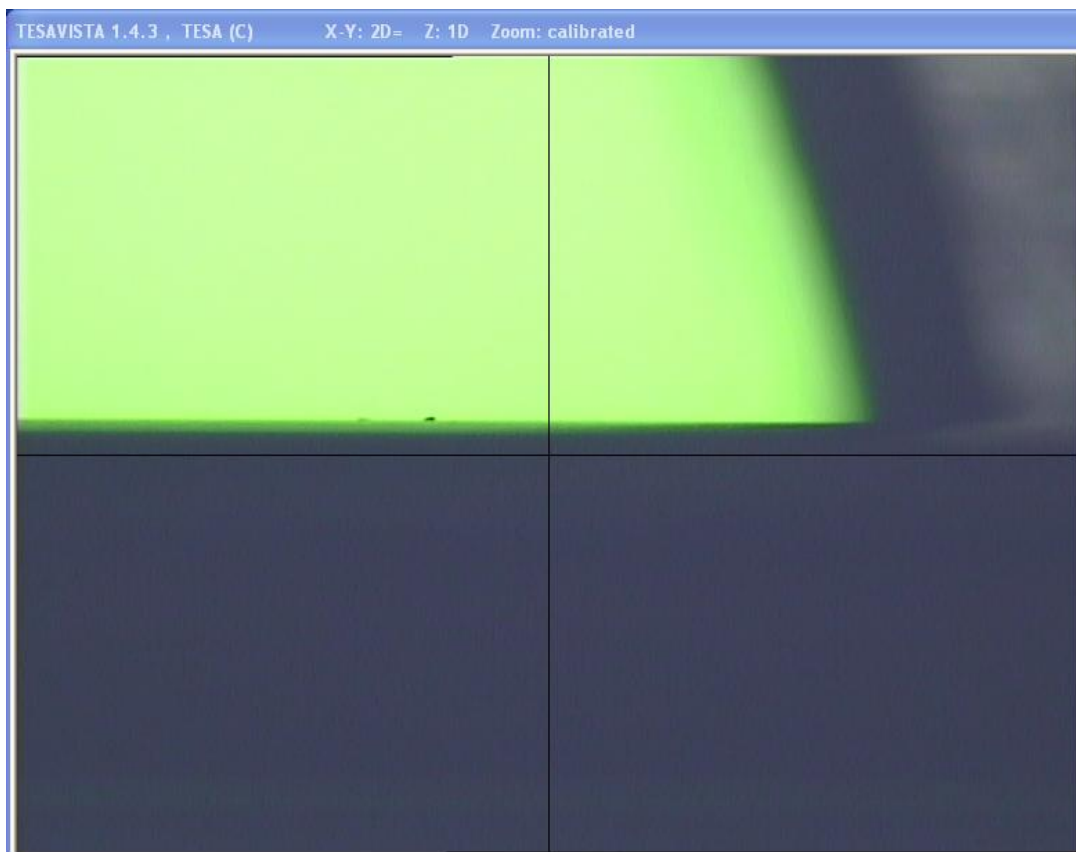
Στην εικόνα 2 φαίνεται το πρόβλημα την ανάκλασης ενώ στην εικόνα 3 φαίνονται οι συνθήκες φωτισμού κατά τις οποίες έγινε η συγκεκριμένη μέτρηση και οι οποίες ήταν:

Profile illumination 0%

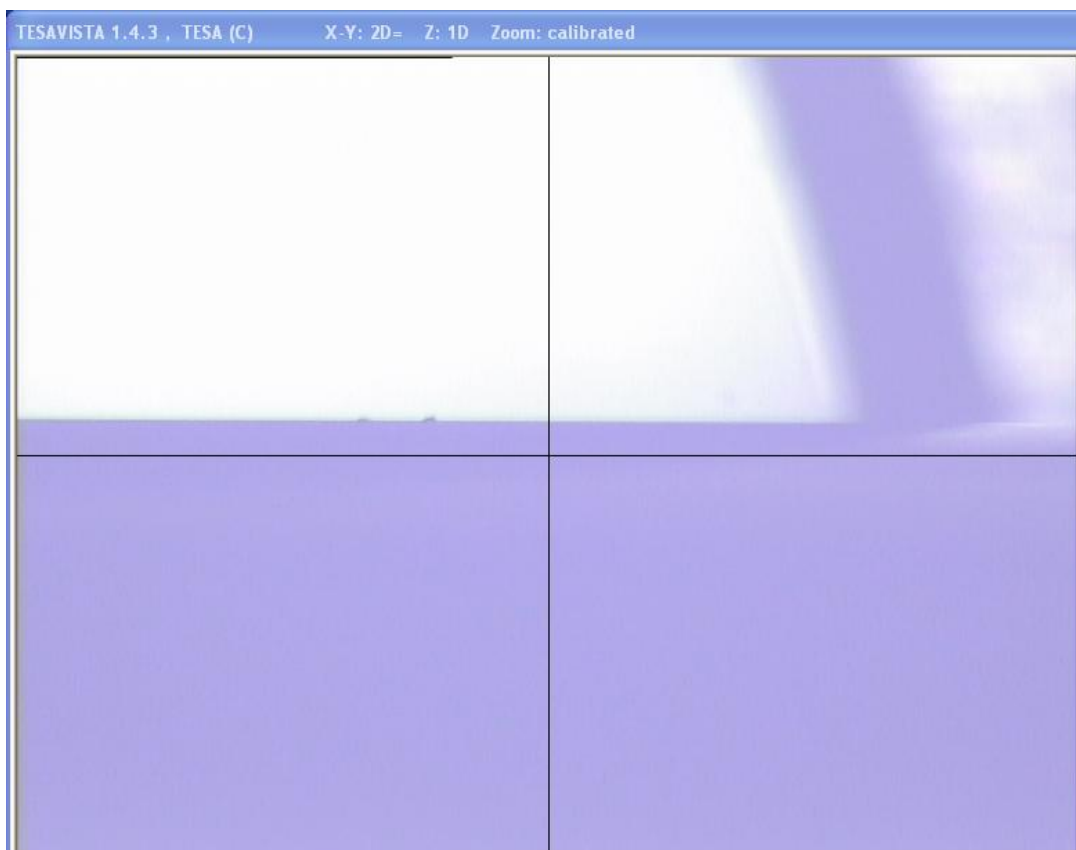
Coaxial light 80%

Segmented ring light 0%

Η μέτρηση έγινε με μεγέθυνση **130 X**

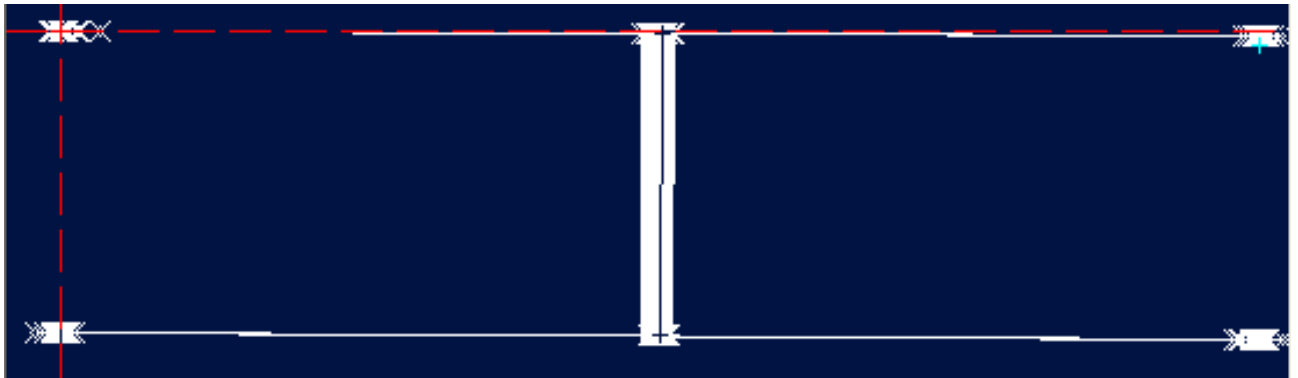


Εικόνα 2



Εικόνα 3

Στην εικόνα 4 φαίνονται τα σημεία που επιλέχτηκαν για τη μέτρηση και οι μετρούμενες αποστάσεις.

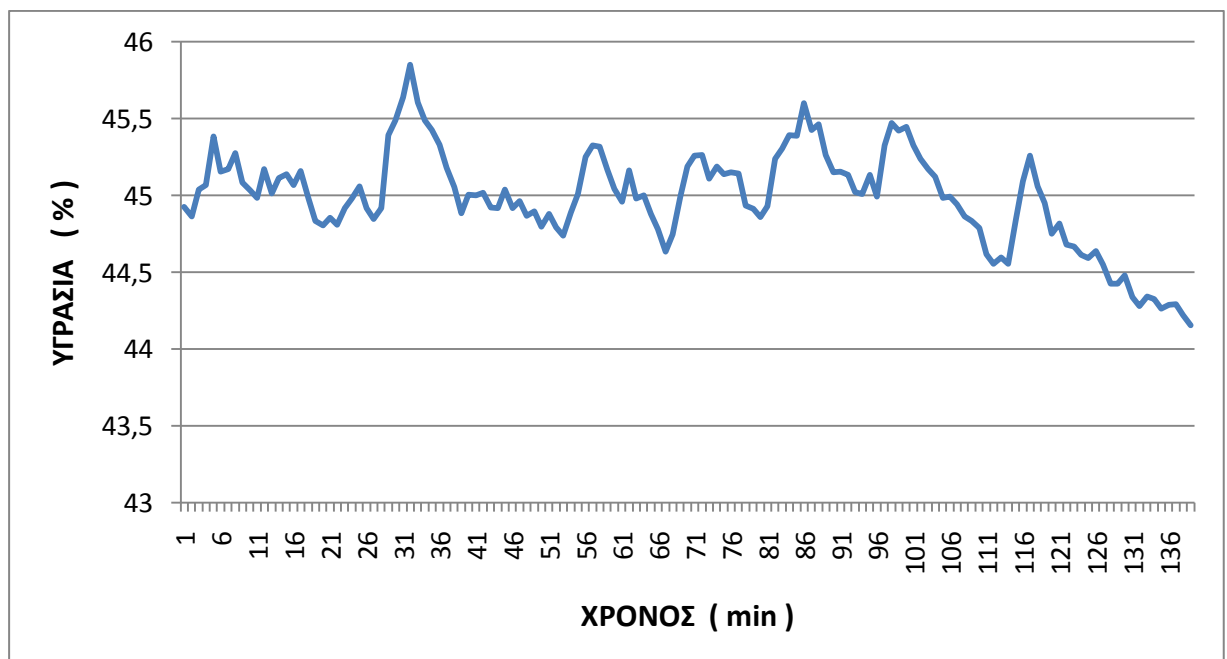
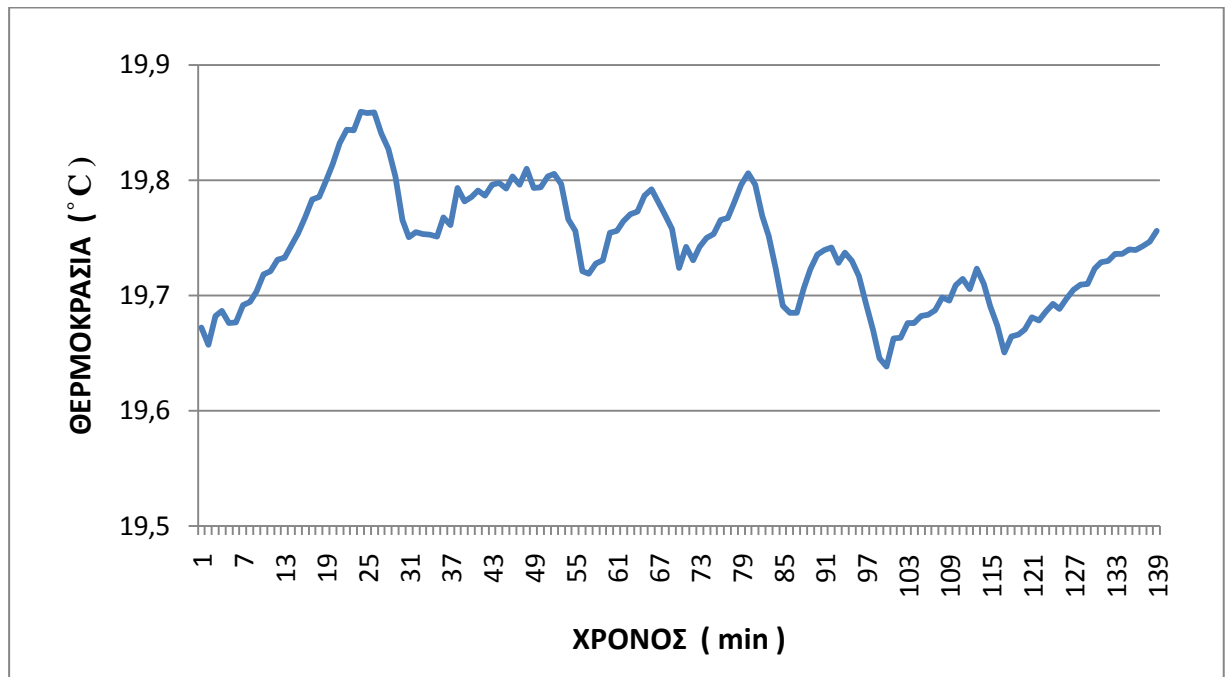


Εικόνα 4

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η μέτρηση διήρκησε **140 min.**

Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα μεταβολής θερμοκρασίας και υγρασίας στον χώρο μέτρησης κατά τη διάρκεια της μέτρησης.



Στον πίνακα που ακόλουθη αναφέρονται οι συνθήκες μέτρησης

Διάρκεια μέτρησης	(min)	140
Μεγίστη θερμοκρασία	T_{MAX} (°C)	19,859
Ελάχιστη θερμοκρασία	T_{MIN} (°C)	19,638
Διακύμανση θερμοκρασίας	ΔT (°C)	0,221
Μέγιστη σχετική υγρασία	HUM_{MAX} (%)	44,852
Ελάχιστη σχετική υγρασία	HUM_{MIN} (%)	44,153
Διακύμανση σχετικής υγρασίας	ΔHUM (%)	1,699

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ V-1.1

Πραγματοποιήθηκαν **30** μετρήσεις ώστε να μπορούμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή η όχι

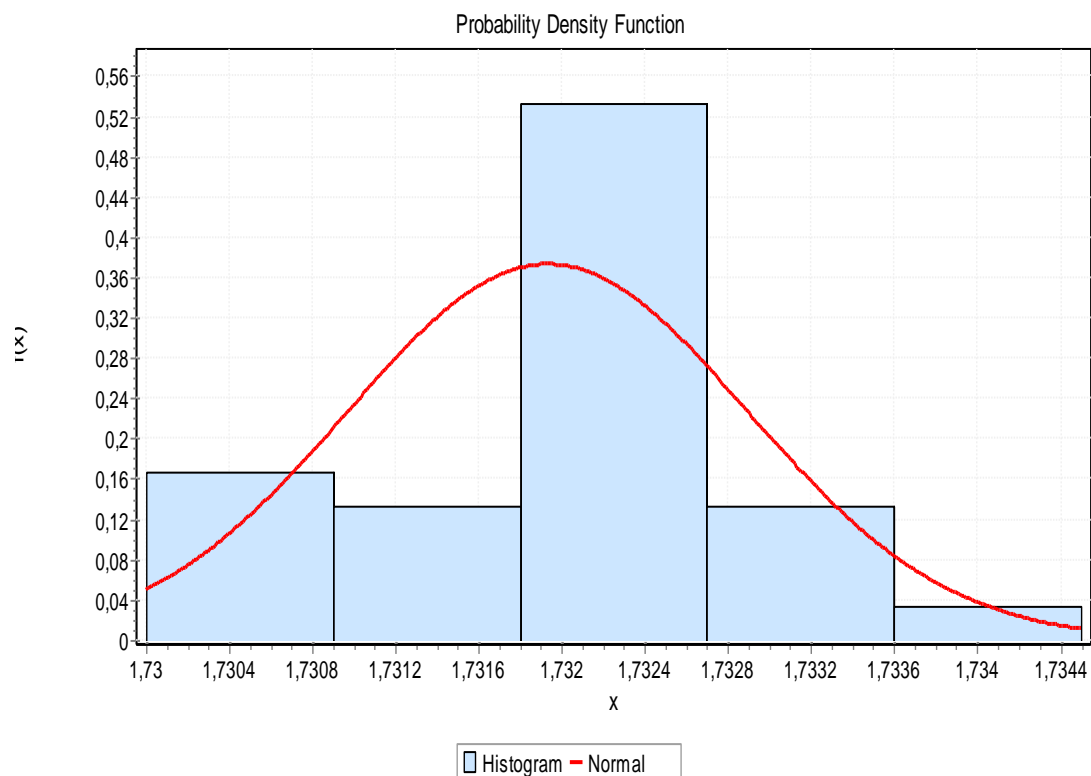
Έγινε επεξεργασία μετρήσεων με το πρόγραμμα **Easy Fit**

Τα αποτελέσματα σύμφωνα με την οδηγία V-1.1 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μέγεθος δείγματος	<i>N</i>	30
Μέση τιμή	<i>μ</i>	1,7319 mm
Τυπική απόκλιση	<i>σ</i>	9,6252E-4 mm
Ελάχιστη τιμή		1,73 mm
Μέγιστη τιμή		1,7345 mm

Οι τιμές των μετρήσεων ακολουθούν κανονική κατανομή σύμφωνα με το κριτήριο **kolmogorov-Smirnov** σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και άνω.

Normal [#42]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	30				
Statistic	0,22761				
P-Value	0,07562				
Rank	9				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,19032	0,21756	0,2417	0,27023	0,28987
Reject?	Yes	Yes	No	No	No



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ V-1.2

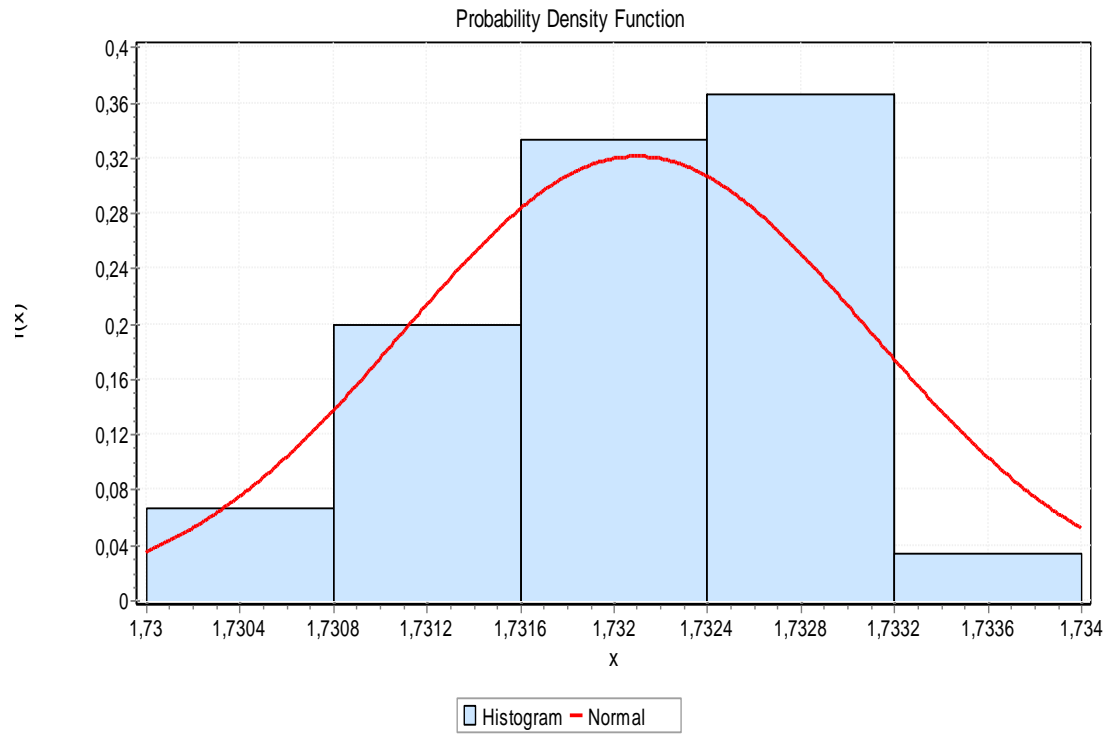
Πραγματοποιήθηκαν **30** μετρήσεις ώστε να μπορούμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή.

Έγινε επεξεργασία μετρήσεων με το πρόγραμμα **EasyFit** τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μέγεθος δείγματος	<i>N</i>	30
Μέση τιμή	<i>μ</i>	1,7321 mm
Τυπική απόκλιση	<i>σ</i>	9,9481E-4 mm
Ελάχιστη τιμή		1,73 mm
Μέγιστη τιμή		1,734 mm

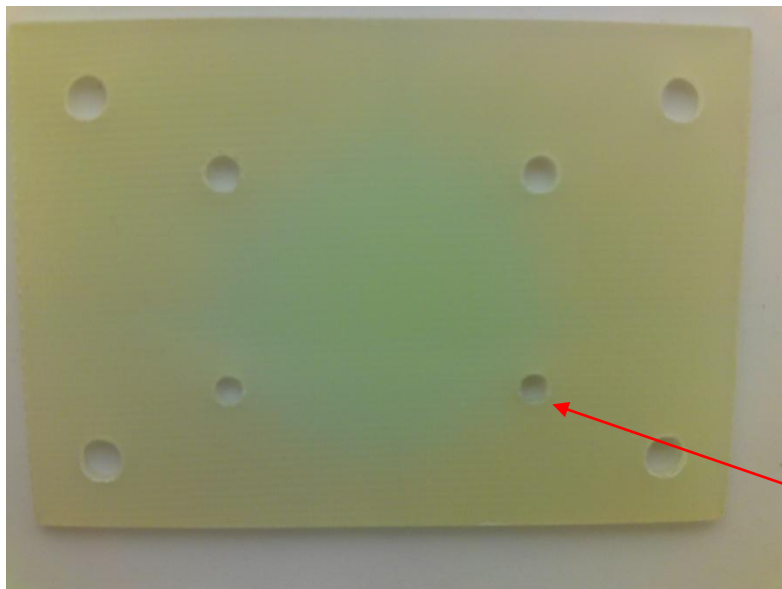
Οι τιμές των μετρήσεων ακολουθούν κανονική κατανομή σύμφωνα με το κριτήριο **kolmogorov-Smirnov** σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και άνω

Normal [#42]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	30				
Statistic	0,21719				
P-Value	0,10102				
Rank	14				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,19032	0,21756	0,2417	0,27023	0,28987
Reject?	Yes	No	No	No	No



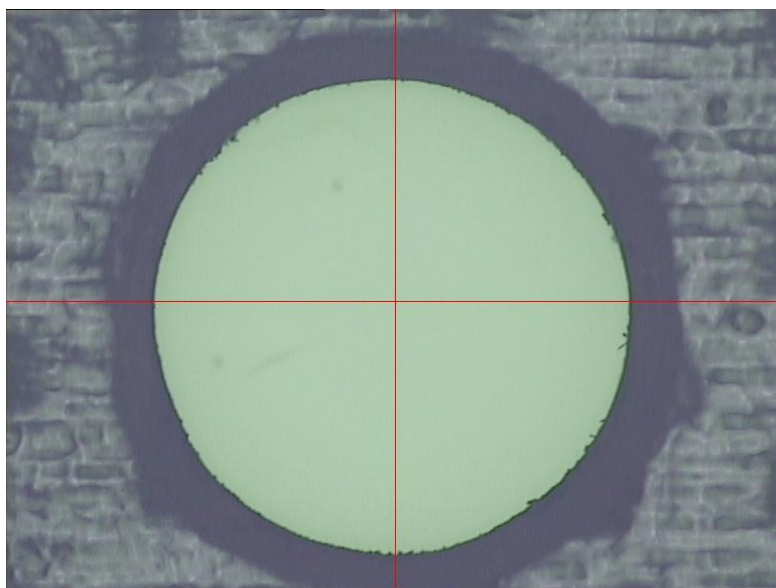
ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ

Πραγματοποιήθηκε μέτρηση της εσωτερικής διαμέτρου της οπής που καταδεικνύεται στο παρακάτω δοκίμιο στην μετρητική μηχανή TESA-VISIO 300, σύμφωνα με την οδηγία μέτρησης εσωτερικής διαμέτρου **V-02.D** του μικροτεχνικού εργαστηρίου του Ε.Μ.Π για την συγκεκριμένη μηχανή.



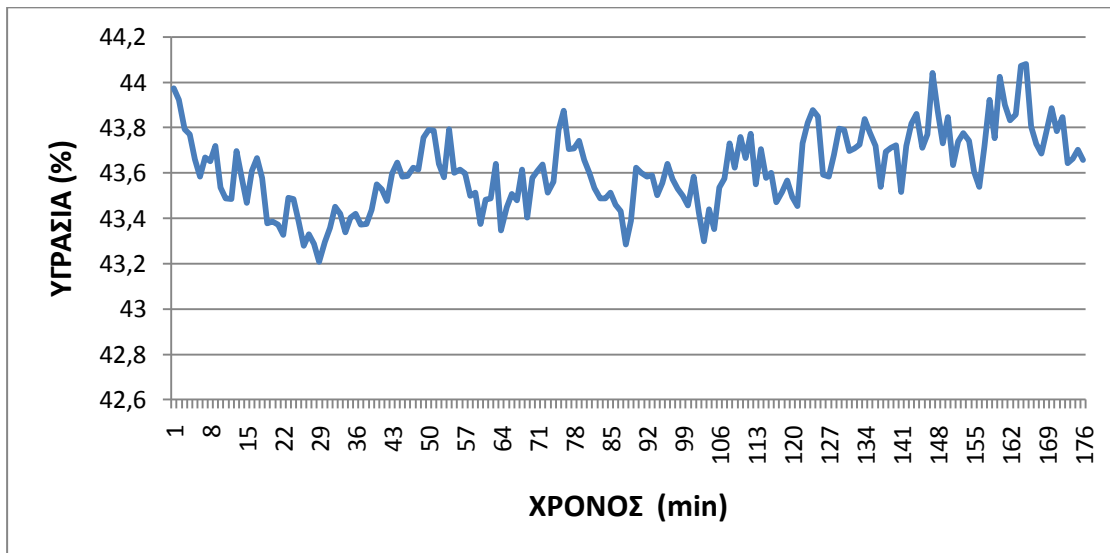
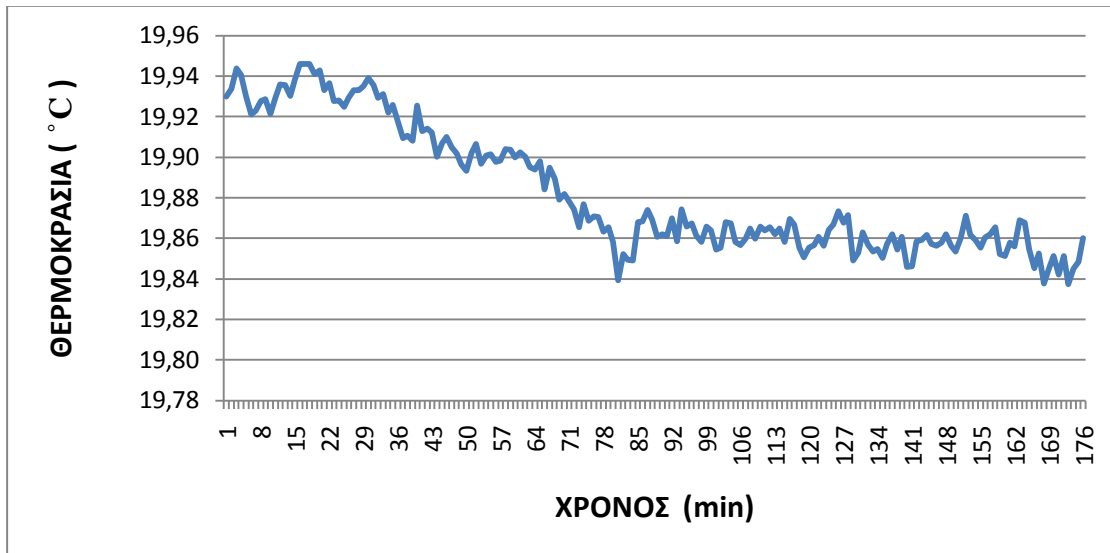
Μετρούμενη
οπή

Η μεγέθυνση που επιλέχτηκε ήταν **50 ×**



Η μέτρηση διήρκησε **175 min**

Τα διαγράμματα μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης κατά τη διάρκεια της μέτρησης, φαίνονται παρακάτω.



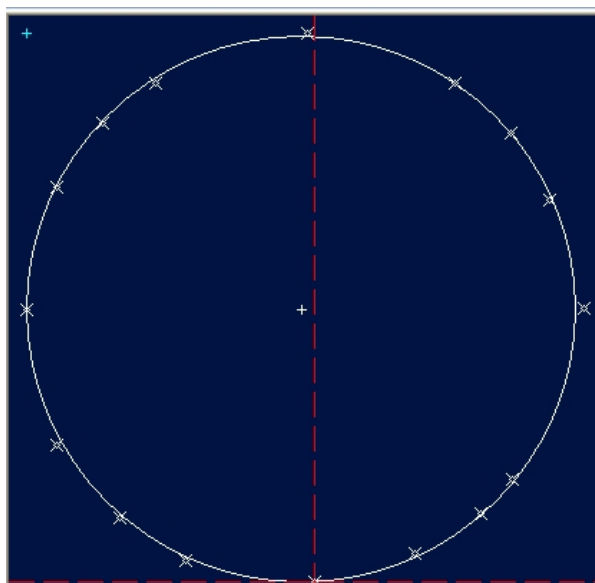
Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι συνθήκες μέτρησης

Διάρκεια μέτρησης (min)	175
Μέγιστη θερμοκρασία (° C)	19,946
Ελάχιστη θερμοκρασία (° C)	19,837
Διακύμανση θερμοκρασίας (° C)	0,109
Μέγιστη σχετική υγρασία (%)	44,08
Ελάχιστη σχετική υγρασία (%)	43,209
Διακύμανση σχετικής υγρασίας (%)	0,871

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Πραγματοποιήθηκαν **30 μετρήσεις** ώστε να μπορούμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα σημεία που επιλέχθηκαν για την μέτρηση.

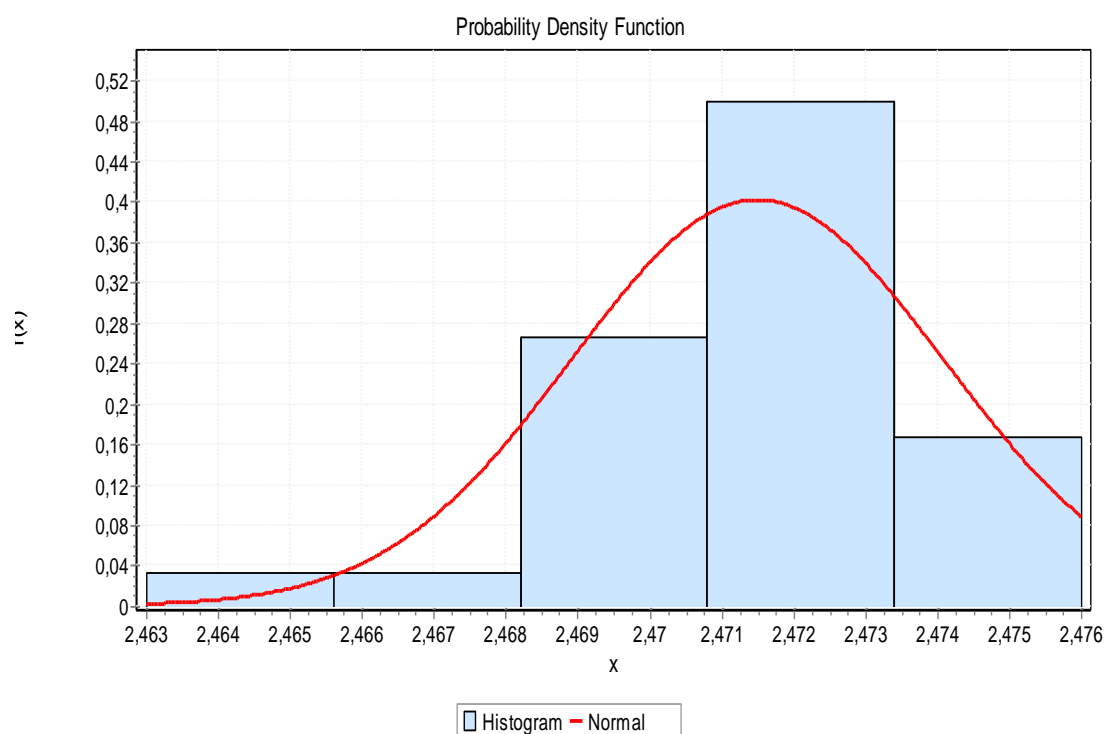


Έγινε επεξεργασία μετρήσεων με το πρόγραμμα **Easy Fit** τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Μέγεθος δείγματος N	30
Μέση τιμή μ	2,4715 mm
Τυπική απόκλιση σ	0,00258 mm
Ελάχιστη τιμή	2,463 mm
Μέγιστη τιμή	2,476 mm

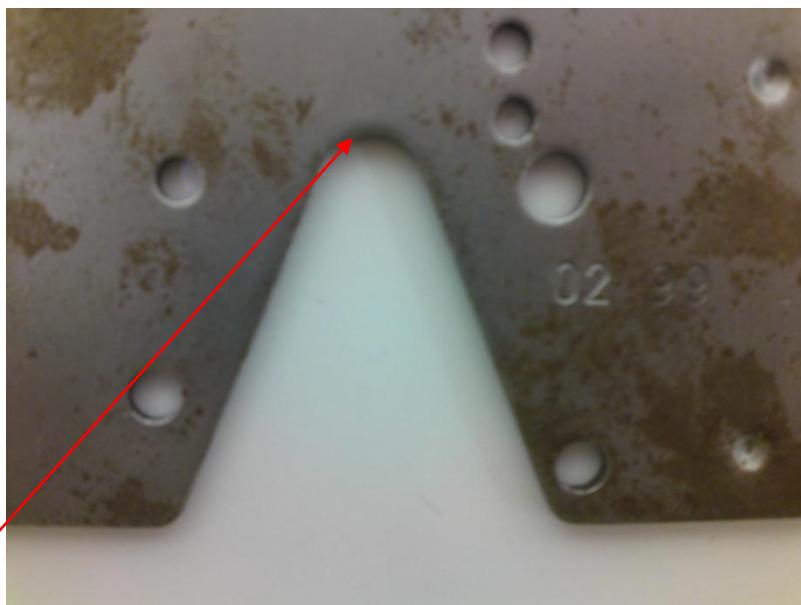
Οι τιμές των μετρήσεων ακολουθούν κανονική κατανομή σύμφωνα με το κριτήριο **kolmogorov-Smirnov** σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και άνω.

Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	30				
Statistic	0,14341				
P-Value	0,52163				
Rank	10				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,19032	0,21756	0,2417	0,27023	0,28987
Reject?	No	No	No	No	No



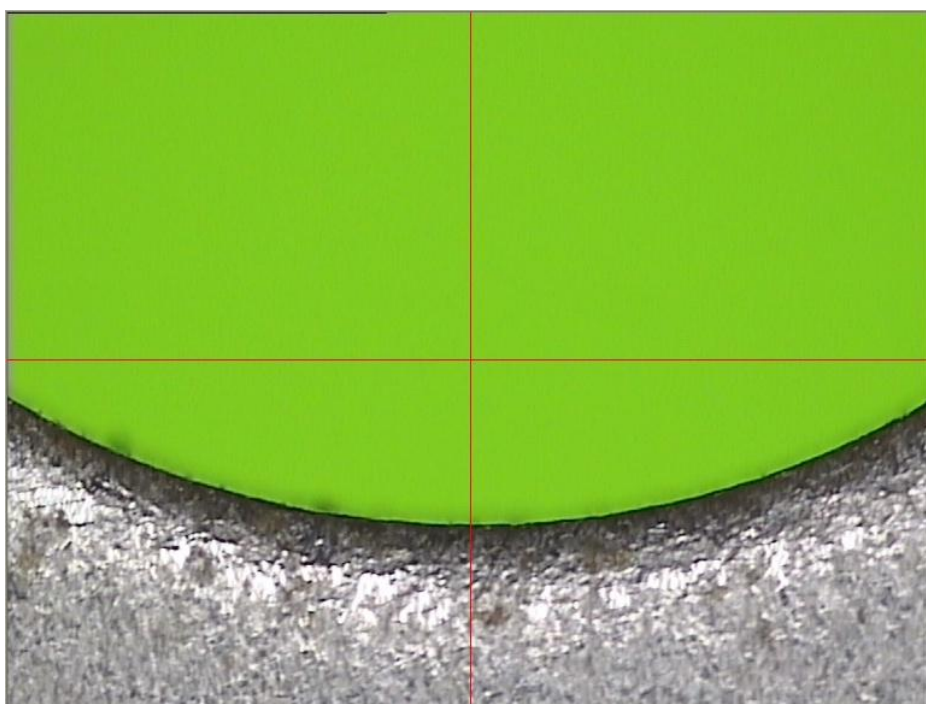
ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΑΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ ΤΟΞΟΥ

Πραγματοποιήθηκε μέτρηση της ακτίνας καμπυλότητας του τόξου του παρακάτω δοκιμίου στην μετρητική μηχανή TESA-VISIO 300, σύμφωνα με την οδηγία μέτρησης **V-03 AR** ακτίνας καμπυλότητας τόξου του μικροτεχνικού εργαστηρίου του Ε.Μ.Π για την συγκεκριμένη μηχανή.



Μετρούμενο
τόξο

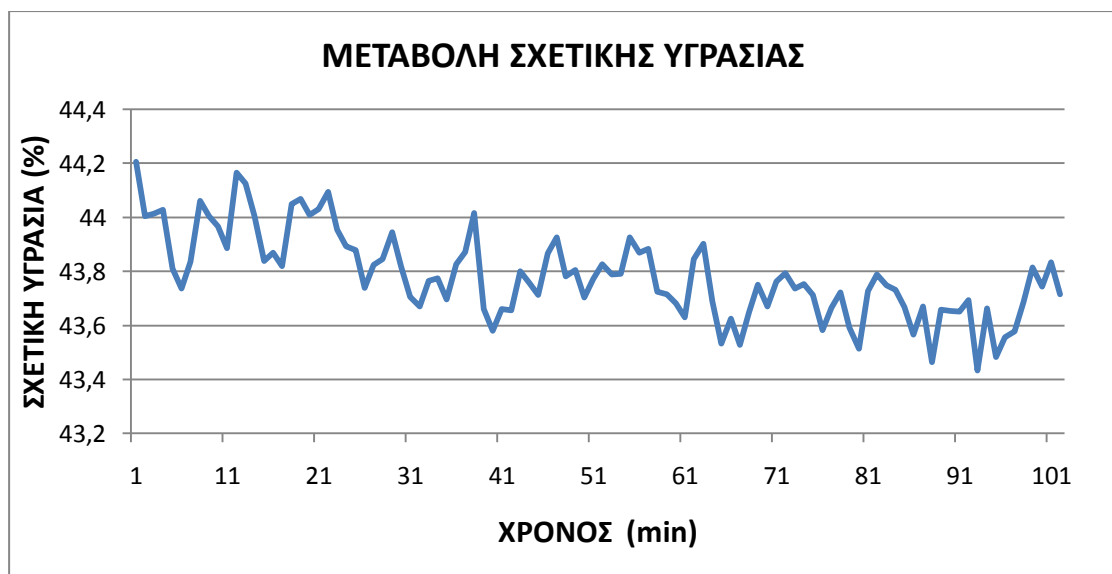
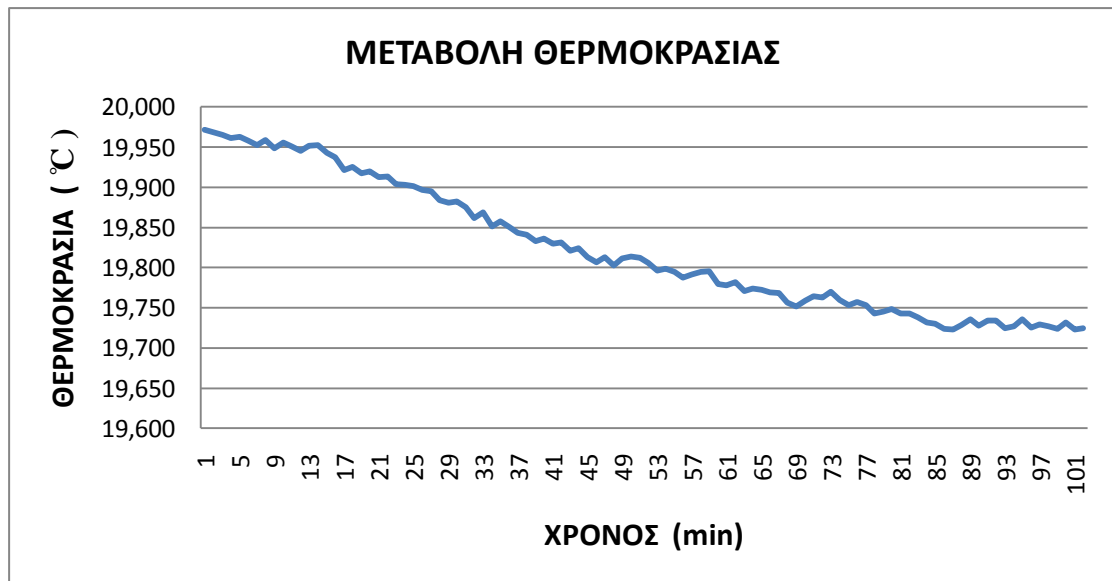
Η μεγέθυνση που επιλέχτηκε ήταν **130 x**



ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η μέτρηση διήρκησε **100 min**

Τα διαγράμματα μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης κατά τη διάρκεια της μέτρησης φαίνονται παρακάτω.



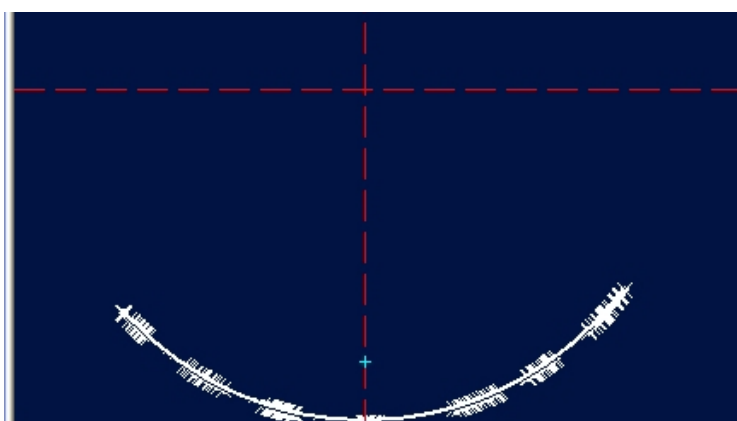
Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι συνθήκες μέτρησης.

Διάρκεια μέτρησης	(min)	100
Μέγιστη θερμοκρασία	T_{MAX} ($^{\circ}C$)	19,972
Ελάχιστη θερμοκρασία	T_{MIN} ($^{\circ}C$)	19,723
Διακύμανση θερμοκρασίας	ΔT ($^{\circ}C$)	0,249
Μέγιστη σχετική υγρασία	HUM_{MAX} (%)	44,205
Ελάχιστη σχετική υγρασία	HUM_{MIN} (%)	43,433
Διακύμανση σχετικής υγρασίας	ΔHUM (%)	0,772

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Πραγματοποιήθηκαν **30 μετρήσεις** ώστε να μπορούμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα σημεία που επιλέχθισαν για την μέτρηση.

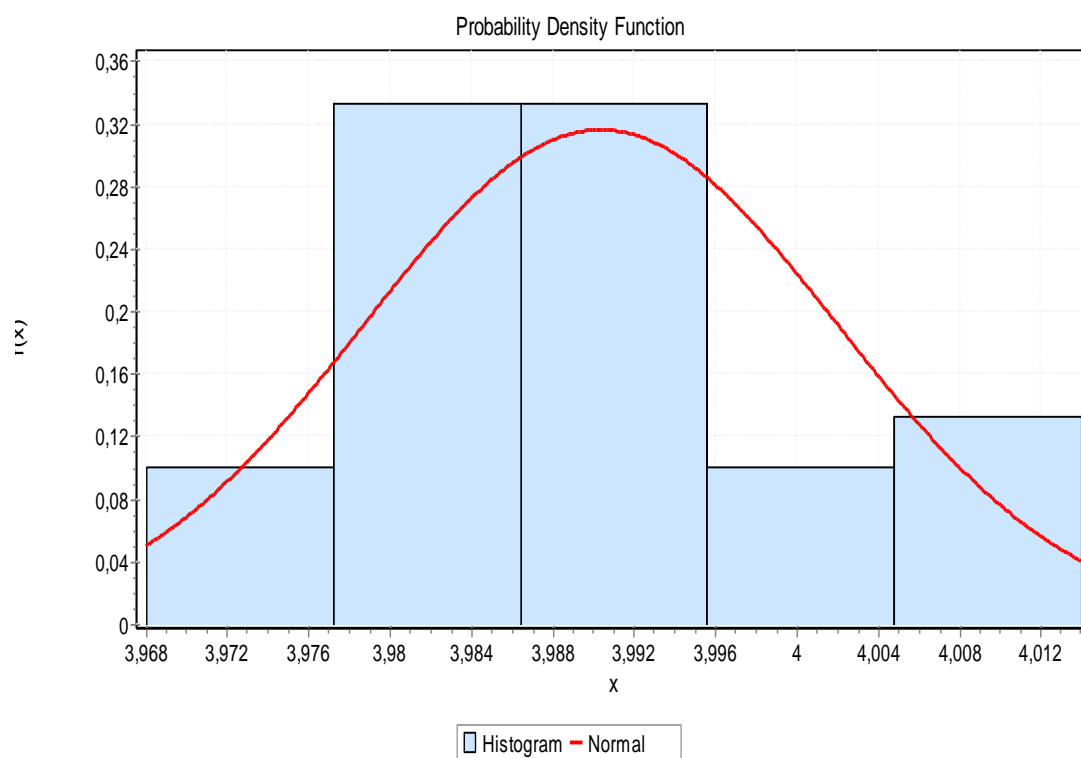


Έγινε επεξεργασία μετρήσεων με το πρόγραμμα **EasyFit** τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Μέγεθος δείγματος	N	30
Μέση τιμή	μ	3,9904 mm
Τυπική απόκλιση	σ	0,01162 mm
Ελάχιστη τιμή		3,968 mm
Μέγιστη τιμή		4,014 mm

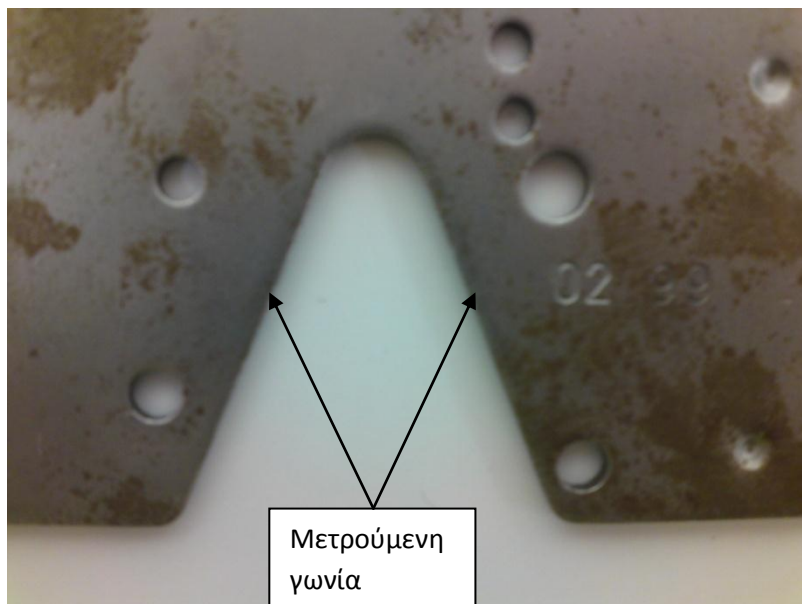
Οι τιμές των μετρήσεων ακολουθούν κανονική κατανομή σύμφωνα με το κριτήριο **kolmogorov-Smirnov** σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και άνω.

Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	30				
Statistic	0,14373				
P-Value	0,5188				
Rank	33				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,19032	0,21756	0,2417	0,27023	0,28987
Reject?	No	No	No	No	No

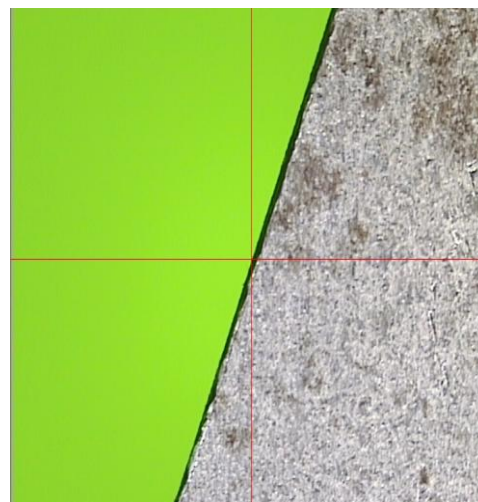
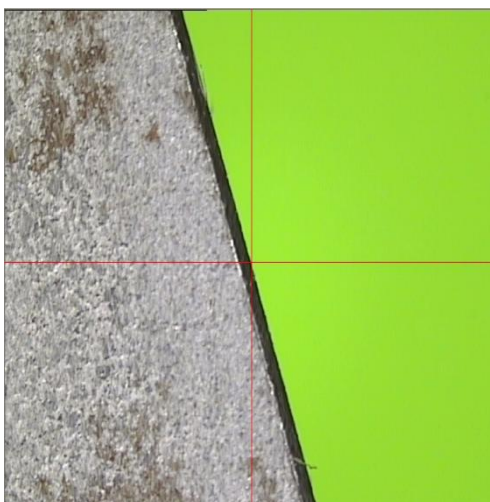


ΜΕΤΡΗΣΗ ΓΩΝΙΑΣ

Πραγματοποιήθηκε μέτρηση της γωνίας του παρακάτω δοκιμίου στην μετρητική μηχανή TESA-VISIO 300, σύμφωνα με την οδηγία μέτρησης **V-04 AN** γωνίας του μικροτεχνικού εργαστηρίου του Ε.Μ.Π για την συγκεκριμένη μηχανή.



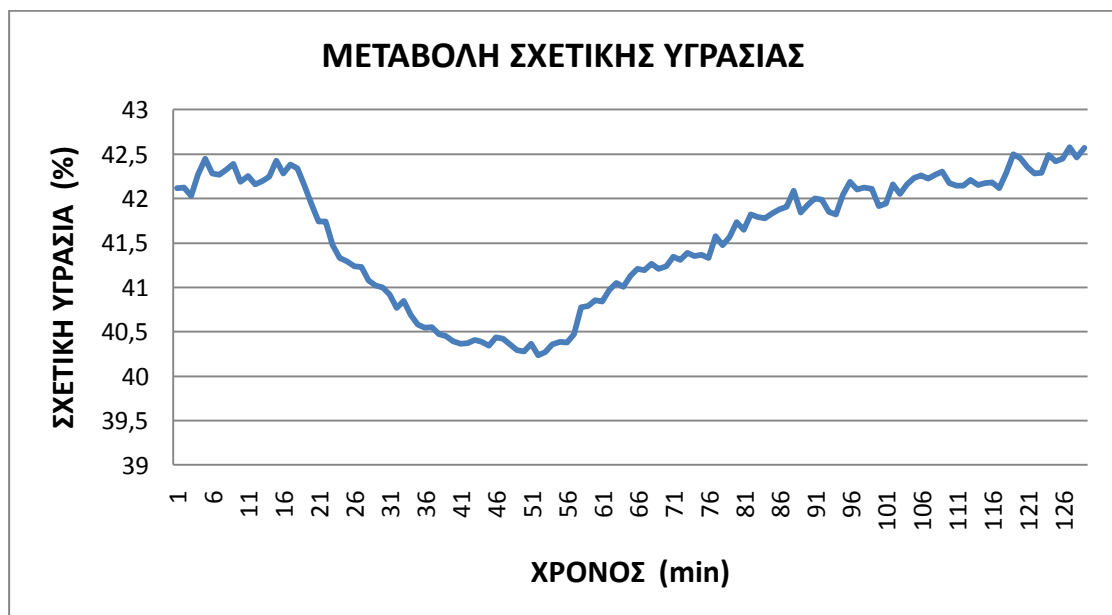
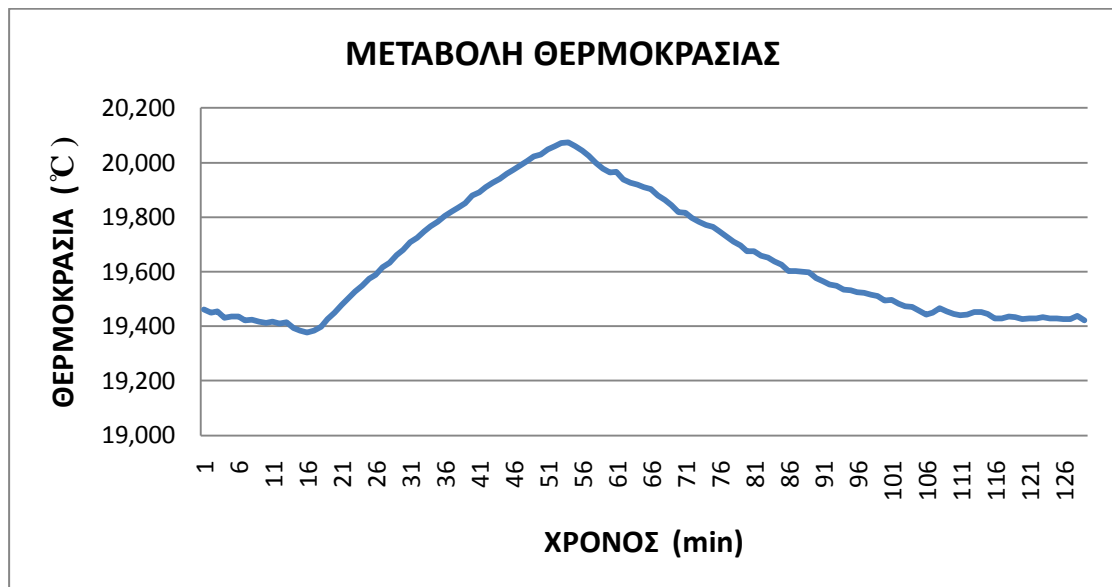
Η μεγέθυνση που επιλέχτηκε ήταν **30 ×**



ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η μέτρηση διήρκησε **125 min**

Τα διαγράμματα μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο μέτρησης κατά τη διάρκεια της μέτρησης φαίνονται παρακάτω.



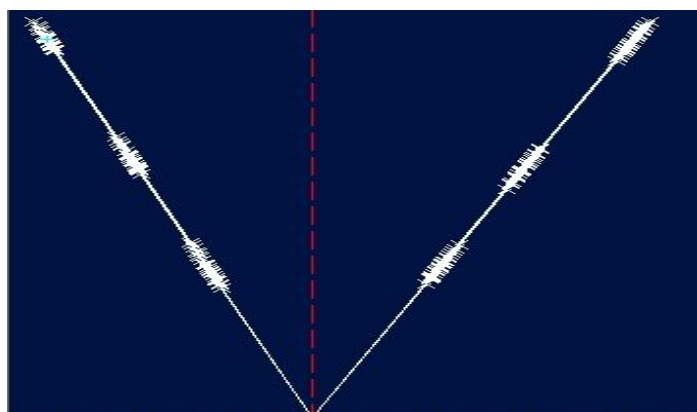
Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι συνθήκες μέτρησης.

Διάρκεια μέτρησης	(min)	125
Μεγίστη θερμοκρασία	T_{MAX} ($^{\circ}C$)	20,074
Ελάχιστη θερμοκρασία	T_{MIN} ($^{\circ}C$)	19,378
Διακύμανση θερμοκρασίας	ΔT ($^{\circ}C$)	0,696
Μέγιστη σχετική υγρασία	HUM_{MAX} (%)	42,576
Ελάχιστη σχετική υγρασία	HUM_{MIN} (%)	40,235
Διακύμανση σχετικής υγρασίας	ΔHUM (%)	2,341

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Πραγματοποιήθηκαν **30** μετρήσεις ώστε να μπορούμε να αποφανθούμε αν οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα σημεία που επιλέχθηκαν για την μέτρηση.

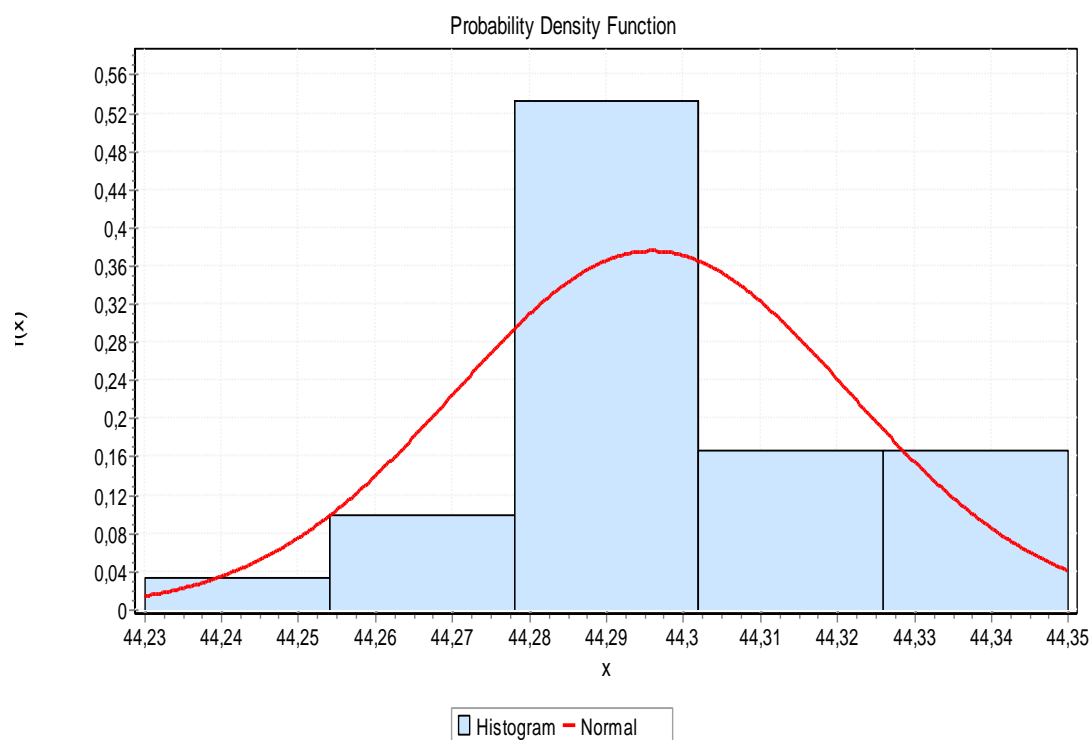


Έγινε επεξεργασία μετρήσεων με το πρόγραμμα **Easy Fit** τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Μέγεθος δείγματος	N	30
Μέση τιμή	μ	44,296 $^{\circ}$
Τυπική απόκλιση	σ	0,02554 $^{\circ}$
Ελάχιστη τιμή		44,23 $^{\circ}$
Μέγιστη τιμή		44,35 $^{\circ}$

Οι τιμές των μετρήσεων ακολουθούν κανονική κατανομή σύμφωνα με το κριτήριο **kolmogorov-Smirnov** σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και άνω.

Normal [#43]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	30				
Statistic	0,13219				
P-Value	0,62366				
Rank	21				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,19032	0,21756	0,2417	0,27023	0,28987
Reject?	No	No	No	No	No



ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Έγιναν δοκιμές μέτρησης διαστάσεων μικρών αντικειμένων με οπτική μέθοδο, με την μηχανή TESA –VISIO 300, με σκοπό την διερεύνηση των δυνατοτήτων μέτρησης της μηχανής .

Παρατηρήθηκε ότι σε σφαιρικά και κυλινδρικά αντικείμενα δημιουργείται γύρω από το σύνορο των αντικειμένων μια ψευδοπεριοχή, το μέγεθος της οποίας αυξάνει αυξάνοντας την μεγέθυνση, με αποτέλεσμα τη δυσκολία καθορισμού του συνόρου του αντικείμενου. Το φαινόμενο αυτό δεν επηρεάζεται από την θέση του δοκιμίου. Χρήση κάθετου φωτισμού μεγάλης έντασης μπορεί να εξομαλύνει οπτικά την εικόνα του ειδώλου στην οθόνη ώστε αντικείμενο και ψευδοπεριοχή να φαίνονται σαν ενιαία περιοχή. Αυτό όμως θα πρέπει να αποφεύγεται διότι υπάρχει σφάλμα διάστασης του ειδώλου, αφού μετά την ενοποίηση των δυο περιοχών έχει μεγαλώσει η διάσταση του ειδώλου και δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική διάσταση του αντικείμενου. Το ίδιο πρόβλημα παρατηρήθηκε και στην περίπτωση σπειρώματος κοχλίας. Μέτρηση των αντικειμένων αυτών θα πρέπει να αποτελέσει περεταίρω μελλοντική διερεύνηση.

Δεν μπορούν να γίνουν μετρήσεις σε σφάλματα μορφής όπως σφαιρικότητα, κυλινδρικότητα και καθετότητα μεταξύ μετωπικών και καθέτων πλευρών. Μπορούν όμως με την χρήση συναρτήσεων της μηχανής να γίνουν μετρήσεις σφάλματος καθετότητας και παραλληλότητας ακμών στο επίπεδο.

Η μηχανή αποτελεί ιδανική λύση για μετρήσεις διαμορφώσεων σε ελάσματα, σε τυπωμένα κυκλώματα και σε πολύ μικρού μεγέθους αντικείμενα όπου μέτρηση με αισθητήρα επαφής θα περιείχε σφάλμα λόγω σχετικού μεγέθους του αισθητήρα σε σχέση με το αντικείμενο.

Με βάση τα παραπάνω προτείνεται μεθοδολογία μετρήσεις διαστάσεων τεσσάρων γεωμετρικών σχημάτων:

- Μέτρηση εσωτερικής διαμέτρου κύκλου
- Μέτρηση τόξου καμπυλότητας
- Μέτρηση απόστασης παράλληλων πλευρών και
- Μέτρηση γωνίας

Πιο συγκεκριμένα για την μέτρηση απόστασης παράλληλων πλευρών προτείνονται δυο μεθοδολογίες ώστε να γίνει χρήση διαφορετικών συναρτήσεων υπολογισμού που διαθέτει η μηχανή.

Οι προτεινόμενες μεθοδολογίες επαληθεύονται από μετρήσεις που έγιναν σύμφωνα με αυτές.

Όλες οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή με πολύ μικρή τυπική απόκλιση.

Όσον αφορά την μέτρηση απόστασης παράλληλων πλευρών, η οποία πραγματοποιήθηκε σε διακριβωμένο πρότυπο, παρατηρούμε ότι και στις δυο μετρήσεις υπάρχει διαφορά της μέσης τιμής κατά 0,1 μm από την διακριβωμένη τιμή, ενώ μεταξύ τους παρουσιάζουν πολύ μικρή διαφορά τυπικής απόκλισης η οποία είναι $9,6252 \times 10^{-4}$ για την μέτρηση σύμφωνα με την V-1.1 και $9,9481 \times 10^{-4}$ για την μέτρηση σύμφωνα με την V-1.2.

Μεγάλο πλεονέκτημα όμως από άποψη χρόνου αποτελεί η οδηγία V-1.2 αφού η μέτρηση διαρκεί σχεδόν το μισό χρόνο από ότι η μέτρηση με την V-1.1, γι' αυτό και προτείνεται σαν κύρια μέθοδο.

Οι μετρήσεις υπολογισμού διαμέτρου, ακτίνας καμπυλότητας και γωνίας πραγματοποιήθηκαν σε δοκίμιο που δεν είναι διακριβωμένο.

Παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις ακολουθούν κανονική κατανομή και παρουσιάζουν μικρή τυπική απόκλιση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ι.Ε.ΓΑΡΟΦΑΛΑΚΗΣ, (1996) “Τεχνολογική Φυσική” , Μακεδονικές εκδόσεις.
2. Ν. ΘΕΟΦΑΝΟΥΣ, (1989) “Οπτρωνική”, τόμος 1, εκδόσεις: γιάννης β. βασδέκης.
3. Σ.Ε. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, (1989) “Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών”, εκδόσεις ΕΜΠ.
4. Γ. ΜΑΝΣΟΥΡ, & Χ. ΚΑΡΑΧΑΛΙΟΥ, (2007) “ Διαστατική Μετρολογία”, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις: ΖΗΤΗ.
5. BOSCH, J. (1995),. “Coordinate Measuring Machines and Systems”, New York: Marcel Dekker Inc.
6. BUSCH, T., HARLOW, R., & THOMPSON, R. (1998), “ Fundamentals of Dimensional Metrology”, New York: Delmar Publishers.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

1. KIM S-W and MCKEOWN P.A, (1996), “Measurement Uncertainty Limit of a Video Probe in Coordinate Metrology”, CIRP Annals, Manufacturing Technology,45.
2. ANNARITA LAZZARI and GAETANO LUCULANO, (2004)“Evaluation of the Uncertainty of an Optical Machine with a Vision System for Contactless Measurement”, ELSEVIER, Measurement 36.
3. BJORN HEMMING, (2007), “Measurement Traceability and Uncertainty in Machine Vision Applications”, Phd Thesis, Espoo Finland.

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

- VDI/VDE 2627 Blatt 1 Measuring Rooms Classification and characteristics
ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 Γενικές Απαιτήσεις Διαπίστευσης Εργαστηρίων Δοκιμών Διακριβώσεων
- ISO 1 Θερμοκρασία αναφοράς για βιομηχανικές μετρήσεις μήκους
DIN 102 (10.56) Θερμοκρασία αναφοράς μετρητικών εργαλείων και τεμαχίων προς κατεργασία
DIN 2257 Έννοιες της τεχνικής επαλήθευσης μήκους
Μέρος 1ο (11.82) Μονάδες, Διεργασίες, Τρόποι επαλήθευσης- Μετρολογικές έννοιες
Μέρος 2ο (08.74) Σφάλμα και αβεβαιότητα στη μέτρηση

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΦΥΛΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ			
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΟΔΗΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ				
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ				
ΜΕΓΙΣΤΗ T _{max} (c)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ T _{min} (c)	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΔT(c)	ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ	
			ΝΑΙ	ΌΧΙ
ΥΓΡΑΣΙΑ				
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (%)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (%)	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ %	ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ	
			ΝΑΙ	ΌΧΙ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ (min)	
ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ		
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ		
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ		
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ		
ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ		
ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝ ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΝΑΙ	ΌΧΙ
ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ		

Ο ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ

