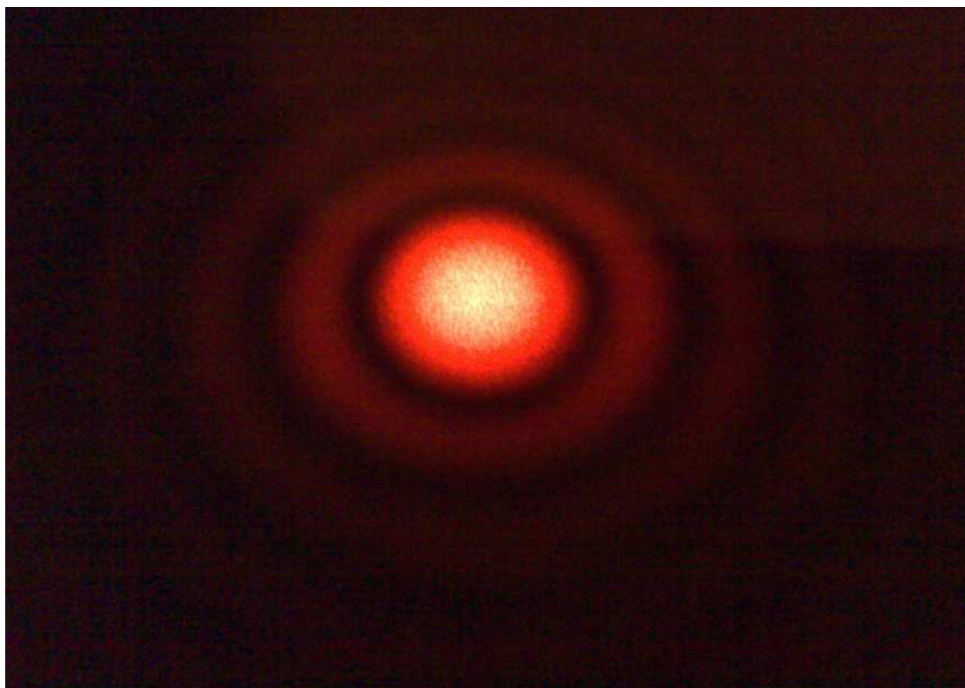




**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ  
ΜΗΚΩΝ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΑ ΜΕ  
ΤΟΥΣ ΣΥΧΓΡΟΝΟΥΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ**



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΜΑΥΡΑΚΗΣ

Επιβλεπουσα: Ε. Λάμπρου  
Λέκτορας ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2008

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι μετρήσεις μηκών αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ενασχόλησης του επαγγελματία τοπογράφου μηχανικού και όχι μόνο, με τις ανάγκες του επαγγέλματός του.

Παλιότερα η διαδικασία αυτή χρειαζόταν πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα για την μέτρηση αλλά και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Σήμερα η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη έκανε τις μετρήσεις αυτές υπόθεση δευτερολέπτων, ή ακόμη και ταχύτερα. Παράλληλα με την μείωση του χρόνου διάρκειας των μετρήσεων, αυξάνονται και οι απαιτήσεις για μεγαλύτερη εμβέλεια των μετρήσεων.

Επιπλέον, δημιουργούνται νέες εναλλακτικές μέθοδοι, όπως η δυνατότητα μέτρησης μηκών χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα-πρίσματος, μια λειτουργία που πλέον προσφέρουν όλοι οι γεωδαιτικοί σταθμοί.

Η εμβέλεια και ακρίβεια της λειτουργίας αυτής διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του γεωδαιτικού σταθμού.

Ωστόσο, δημιουργούνται ερωτήματα που αφορούν την αξιοπιστία και την ακρίβεια αυτού του είδους των μετρήσεων δεδομένου ότι ο τοπογράφος μηχανικός μετρά μήκη σε ένα ευρύ φάσμα υλικών αλλά και αποχρώσεων που ως γνωστών παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες ανακλαστικότητας και απορρόφησης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να διερευνήσει ακριβώς αυτή την ορθότητα ή μη των μετρήσεων εφαρμόζοντας πειραματικές μετρήσεις σε διαφορετικά υλικά, τόσο τύπου όσο και χρώματος, με διαφορετικά όργανα και σε διαφορετικές αποστάσεις.

Με τον τρόπο αυτό θα γίνει μια εκτίμηση της συνολικής ποιότητας των μετρήσεων των μηκών που πραγματοποιούνται με τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς χωρίς την χρήση ανακλαστήρα.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στην εκπόνηση της εργασίας αυτής, η οποία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος Γεωπληροφορικής, συντέλεσαν πολλοί παράγοντες τους οποίους και θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Αρχικά, τον καθηγητή ΕΜΠ κ. Δ.Δ. Μπαλοδήμο αλλά και τον καθηγητή ΕΜΠ κ. Μ. Κάβουρα ως διευθυντές του προγράμματος για την συμπαράσταση αλλά και εμπύχωση τους αυτά τα χρόνια.

Την Λέκτορα του ΕΜΠ κα Ευαγγελία Λάμπρου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια αλλά και συμβουλές, παρατηρήσεις και προτάσεις της σε ολόκληρη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Τον λέκτορα του ΕΜΠ κο Γεώργιο Πανταζή, η συνεισφορά, οι προτάσεις αλλά και η ουσιαστική βοήθεια του οποίου αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην διαμόρφωση της εργασίας.

Τον καλό μου φίλο και υποψήφιο Διδάκτορα του ΕΜΠ Κωνσταντίνο Νικολίτσα για τις αλληπάλληλες φορές τις οποίες χρειάστηκε να βοηθήσει είτε σε θέματα εργασιών πεδίου, προγραμματισμού αλλά και ψυχολογικής υποστήριξης όλη αυτή την περίοδο.

Τον κ. Ιωάννη Παπαδημητρίου για την κατασκευή της βάσης στήριξης των δοκιμίων με ιδιαίτερη υπομονή, μεράκι και ακρίβεια.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μελέτη της ακρίβειας και της ορθότητας των μετρήσεων του μήκους που πραγματοποιούνται χωρίς την χρήση πρίσματος με τους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς. Η εργασία αποτελείται από 4 κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά στοιχεία περί ανακλαστικότητας καθώς και της χρήσης στην σύγχρονη εποχή της λειτουργίας της μέτρησης μηκών χωρίς την χρήση ανακλαστήρα από τους γεωδαιτικούς σταθμούς. Επίσης περιγράφονται οι γενικές αρχές της μεθόδου μέτρησης μηκών χωρίς ανακλαστήρα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία διερεύνησης που ακολουθήθηκε για τη μελέτη της ακρίβειας και ορθότητας των μετρήσεων των μηκών τόσο σε εσωτερικό όσο και εξωτερικό χώρο. Στην συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία επιλογής και κατασκευής της βάσης στήριξης των υλικών καθώς και η διαδικασία ελέγχου και βαθμονόμησής της. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα διαγράμματα των μετρήσεων των μηκών για όλα τα όργανα και τα υλικά τόσο σε εσωτερικό όσο και σε εξωτερικό χώρο με ταυτόχρονη σύγκριση των αποτελεσμάτων ανά υλικό αλλά και ανά όργανο. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι επαναληπτικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για κάποια από τα όργανα εκ νέου σε εξωτερικό χώρο. Για όλες τις σειρές μετρήσεων περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία αξιολόγησης των μετρήσεων αυτών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση όλων των συμπερασμάτων της εργασίας και παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα που αφορούν τις μετρήσεις των μηκών σε διαφορετικά υλικά χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα. Επίσης παρατίθενται οι προτάσεις οι οποίες θα συμβάλλουν στην περαιτέρω αξιοποίηση της παρούσας εργασίας και θα συντελέσουν στην μεγαλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της μεθόδου μέτρησης μηκών χωρίς πρίσμα.

## ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1: Διαχεόμενη ανακλαστικότητα.....	2
Σχήμα 1.2: Ανακλαστικότητα γυαλιστερού στόχου-καθρέφτη.....	2
Σχήμα 1.3: Αυτοανακλαστικότητα.....	3
Σχήμα 1.4: Επιδράσεις ανακλαστικότητας και διάθλασης σε μη ομογενή ημιδιαφανή υλικά (ξύλο, μάρμαρο).....	5
Σχήμα 1.5: Μέθοδος διάρκειας πτήσης του παλμού.....	11
Σχήμα 1.6: Μέθοδος διαφοράς φάσης.....	12
Σχήμα 2.1: Γωνία πρόσπτωσης $90^{\circ}$ .....	16
Σχήμα 2.2: Γωνία πρόσπτωσης $30^{\circ}$ .....	16
Σχήμα 2.3: Γωνία πρόσπτωσης $45^{\circ}$ .....	16
Σχήμα 2.4: Όψη κατασκευής.....	20
Σχήμα 2.5: Κάτοψη κατασκευής.....	21
Σχήμα 2.6: Έλεγχος βάσης στήριξης στην αίθουσα Y23.....	24
Σχήμα 2.7: Απεικόνιση σημείων στο περιβάλλον AutoCAD.....	27
Σχήμα 2.8: Απόκλιση κέντρου κύκλου από επίπεδο βραχιόνων.....	30

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 3.1: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White στα 50m με το TCR303.....	41
Διάγραμμα 3.2: Εσωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m με το TCR303.....	41
Διάγραμμα 3.3: Εσωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου στα 50m με το TCR303.....	42
Διάγραμμα 3.4: Εσωτερική μέτρηση σε γεωδαιτικό στόχο Sokkia στα 50m με το TCR303.....	43
Διάγραμμα 3.5: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο λευκό στα 50m με το TCR303.....	44
Διάγραμμα 3.6: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο γκρι στα 50m με το TCR303.....	45
Διάγραμμα 3.7: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι γκρι στα 50m με το TCR303.....	46
Διάγραμμα 3.8: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό λευκό στα 50m με το TCR303.....	47
Διάγραμμα 3.9: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό κόκκινο στα 50m με το TCR303.....	48
Διάγραμμα 3.10 : Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι γκρι στα 50m με το TCR303.....	49
Διάγραμμα 3.11: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι μπεζ στα 50m με το TCR303.....	50
Διάγραμμα 3.12: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο αφρολέξ λευκό στα 50m με το TCR303.....	51
Διάγραμμα 3.13: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο μάρμαρο στα 50m με το TCR303.....	52
Διάγραμμα 3.14: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο σίδηρο στα 50m με το TCR303.....	53
Διάγραμμα 3.15: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Εύλο στα 50m με το TCR303.....	54
Διάγραμμα 3.16: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με το TCR303.....	55
Διάγραμμα 3.17: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη στα 50m με το TCR303.....	56
Διάγραμμα 3.18: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκελος στα 50m με το TCR303.....	57
Διάγραμμα 3.19: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χρυσού στα 50m με το TCR303.....	58
Διάγραμμα 3.20: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πάγου στα 50m με το TCR303.....	58
Διάγραμμα 3.21: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak Gray	

στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	61
Διάγραμμα 3.22: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	61
Διάγραμμα 3.23: Εσωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	62
Διάγραμμα 3.24: Εσωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	62
Διάγραμμα 3.25: Εσωτερική μέτρηση σε . γεωδαιτικό στόχο Sokkia στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	63
Διάγραμμα 3.26: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο λευκό στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	64
Διάγραμμα 3.27: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο γκρι στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	65
Διάγραμμα 3.28: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι γκρι στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	66
Διάγραμμα 3.29: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι μαύρο στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	66
Διάγραμμα 3.30: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό λευκό στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	67
Διάγραμμα 3.31: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό κόκκινο στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	67
Διάγραμμα 3.32 : Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι γκρι στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	68
Διάγραμμα 3.33: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο . πλακάκι μπεζ στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	68
Διάγραμμα 3.34: με το Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Αφρολέξ καφέ στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	69
Διάγραμμα 3.35: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο αφρολέξ λευκό στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	69
Διάγραμμα 3.36: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Σίδηρο στα 50m με το με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	70
Διάγραμμα 3.37: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο μάρμαρο στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	71
Διάγραμμα 3.38: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο κεραμίδι στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	71
Διάγραμμα 3.39: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο άσφαλτος στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	72
Διάγραμμα 3.40: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο ξύλο στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	72
Διάγραμμα 3.41: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο βράχος στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	73
Διάγραμμα 3.42: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	73

Διάγραμμα 3.43: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	74
Διάγραμμα 3.44: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκελος στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	74
Διάγραμμα 3.45: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χρυσού στα 50m με το Trimble 5605DR .....	75
Διάγραμμα 3.46: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πάγου στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	76
Διάγραμμα 3.47: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak Gray στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	78
Διάγραμμα 3.48: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	78
Διάγραμμα 3.49: Εσωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	79
Διάγραμμα 3.50 Εσωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	79
Διάγραμμα 3.51: Εσωτερική μέτρηση σε . γεωδαιτικό στόχο Sokkia στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	80
Διάγραμμα 3.52: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο λευκό στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	80
Διάγραμμα 3.53: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο γκρι στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	81
Διάγραμμα 3.54: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι γκρι στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	81
Διάγραμμα 3.55: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι μαύρο στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	82
Διάγραμμα 3.56: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό λευκό στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	82
Διάγραμμα 3.57: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό κόκκινο στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	83
Διάγραμμα 3.58 : Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι γκρι στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	83
Διάγραμμα 3.59: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο . πλακάκι μπεζ στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	84
Διάγραμμα 3.60: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Αφρολέξ καφέ στα 50m με το με το Topcon GPT3003LN .....	84
Διάγραμμα 3.61: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο αφρολέξ λευκό στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	85
Διάγραμμα 3.62: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Σίδερο στα 50m με το με το Topcon GPT3003LN .....	85
Διάγραμμα 3.63: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο μάρμαρο στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	86
Διάγραμμα 3.64: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο	



κεραμίδι στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	86
Διάγραμμα 3.65: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο άσφαλτος στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	87
Διάγραμμα 3.66: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο ξύλο στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	87
Διάγραμμα 3.67: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο βράχος στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	88
Διάγραμμα 3.68: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	88
Διάγραμμα 3.69: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	99
Διάγραμμα 3.70: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκελος στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	90
Διάγραμμα 3.71: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χρυσού στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	91
Διάγραμμα 3.72: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πάγου στα 50m με το Topcon GPT3003LN .....	92
Διάγραμμα 3.73: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak Gray στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	94
Διάγραμμα 3.74: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	95
Διάγραμμα 3.75: Εσωτερικές μετρήσεις σε Αυτοκόλλητος ανακλαστικό στόχο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	95
Διάγραμμα 3.76: Εσωτερικές μετρήσεις σε Αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	96
Διάγραμμα 3.77: Εσωτερικές μετρήσεις σε Γεωδαιτικό στόχο Sokkia στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	97
Διάγραμμα 3.78: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Τσιμέντο λευκό στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	98
Διάγραμμα 3.79: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Τσιμέντο γκρι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς.....	99
Διάγραμμα 3.80: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Χαρτόνι γκρι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	100
Διάγραμμα 3.81: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Χαρτόνι μαύρο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	100
Διάγραμμα 3.82: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλαστικό λευκό στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	101
Διάγραμμα 3.83: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλαστικό κόκκινο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	101
Διάγραμμα 3.84 Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο 79: πλακάκι γκρι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	102
Διάγραμμα 3.85: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλακάκι μπεζ στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	103

Διάγραμμα 3.86: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Αφρολέξ καφέ στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	103
Διάγραμμα 3.87: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Αφρολέξ λευκό στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	104
Διάγραμμα 3.88: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Μάρμαρο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	105
Διάγραμμα 3.89: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Σίδηρο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	106
Διάγραμμα 3.90: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Κεραμίδι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	107
Διάγραμμα 3.91: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Άσφαλτος στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	107
Διάγραμμα 3.92: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Ξύλο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	108
Διάγραμμα 3.93: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Βράχος στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	108
Διάγραμμα 3.94: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	109
Διάγραμμα 3.95: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Μελαμίνη στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	110
Διάγραμμα 3.96: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νίκελος στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	110
Διάγραμμα 3.97: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Χρυσού στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς.....	111
Διάγραμμα 3.98: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πάγου στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς .....	112
Διάγραμμα 3.99: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White με το TCR303.....	120
Διάγραμμα 3.100: Εξωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο με το TCR303.....	120
Διάγραμμα 3.101: Εξωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου με το TCR303.....	121
Διάγραμμα 3.102: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο λευκό με το TCR303.....	121
Διάγραμμα 3.103: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι γκρι με το TCR303.....	122
Διάγραμμα 3.104: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό λευκό με το TCR303.....	122
Διάγραμμα 3.105: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το TCR303.....	123
Διάγραμμα 3.106 : Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι γκρι με το TCR303.....	123
Διάγραμμα 3.107: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο	

πλακάκι μπεζ με το TCR303.....	124
Διάγραμμα 3.108: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο αφρολέξ λευκό με το TCR303.....	124
Διάγραμμα 3.109: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο μάρμαρο με το TCR303.....	125
Διάγραμμα 3.110: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Ξύλο με το TCR303.....	125
Διάγραμμα 3.111: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη με το TCR303.....	125
Διάγραμμα 3.112: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκελος με το TCR303.....	126
Διάγραμμα 3.113: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White με το Trimble 5605DR .....	128
Διάγραμμα 3.114: Εξωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο με το Trimble 5605DR .....	128
Διάγραμμα 3.115: Εξωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου με το Trimble 5605DR .....	129
Διάγραμμα 3.116: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Trimble 5605DR .....	130
Διάγραμμα 3.117: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Trimble 5605DR .....	130
Διάγραμμα 3.118: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Trimble 5605DR .....	131
Διάγραμμα 3. 119: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό λευκό με το Trimble 5605DR .....	131
Διάγραμμα 3.120: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Trimble 5605DR .....	132
Διάγραμμα 3.121: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Trimble 5605DR .....	132
Διάγραμμα 3.122: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο . αφρολέξ λευκό με το Trimble 5605DR .....	133
Διάγραμμα 3.123: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο μάρμαρο με το Trimble 5605DR .....	133
Διάγραμμα 3.124: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Ξύλο με το Trimble 5605DR .....	134
Διάγραμμα 3.125: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη με το Trimble 5605DR .....	134
Διάγραμμα 3.126: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκελος με το Trimble 5605DR .....	135
Διάγραμμα 3.127: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak Gray με το Topcon GPT3003LN .....	137
Διάγραμμα 3.128: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White με το Topcon GPT3003LN .....	137

Διάγραμμα 3.129: Εξωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο με το Topcon GPT3003LN.....	138
Διάγραμμα 3.130: Εξωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου με το Topcon GPT3003LN .....	138
Διάγραμμα 3.131: Εξωτερική μέτρηση σε γεωδαιτικό στόχο Sokkia με το Topcon GPT3003LN .....	139
Διάγραμμα 3.132: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Topcon GPT3003LN .....	139
Διάγραμμα 3.133: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Topcon GPT3003LN .....	140
Διάγραμμα 3.134: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Topcon GPT3003LN .....	140
Διάγραμμα 3.135: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Χαρτόνι μαύρο με το Topcon GPT3003LN .....	141
Διάγραμμα 3.136: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό λευκό με το Topcon GPT3003LN .....	141
Διάγραμμα 3.137: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Topcon GPT3003LN.....	142
Διάγραμμα 3.138 : Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι γκρι με το Topcon GPT3003LN.....	142
Διάγραμμα 3.139: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι μπέζ με το Topcon GPT3003LN.....	143
Διάγραμμα 3.140: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Αφρολεξ καφέ με το Topcon GPT3003LN .....	143
Διάγραμμα 3.141: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Topcon GPT3003LN .....	144
Διάγραμμα 3.142: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο μάρμαρο με το Topcon GPT3003LN .....	144
Διάγραμμα 3.143: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο σίδηρο με το Topcon GPT3003LN .....	145
Διάγραμμα 3.144: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο κεραμίδι με το Topcon GPT3003LN .....	145
Διάγραμμα 3.145: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο άσφαλτο με το Topcon GPT3003LN .....	146
Διάγραμμα 3.146: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Ξύλο με το Topcon GPT3003LN .....	146
Διάγραμμα 3.147: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο βράχο με το Topcon GPT3003LN .....	147
Διάγραμμα 3.148: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Νοβοπάν με το Topcon GPT3003LN .....	147
Διάγραμμα 3.149: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη με το Topcon GPT3003LN .....	147
Διάγραμμα 3.150: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο	

Νίκελος με το Topcon GPT3003LN .....	148
Διάγραμμα 3.151: Εξωτερική μέτρηση σε στόχο Χρυσού με το Topcon GPT3003LN .....	148
Διάγραμμα 3.152: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	157
Διάγραμμα 3.153: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	157
Διάγραμμα 3.154: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	158
Διάγραμμα 3.155: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	159
Διάγραμμα 3.156: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	160
Διάγραμμα 3.157: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	160
Διάγραμμα 3.158: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι μαύρο με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	161
Διάγραμμα 3.159: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό λευκό με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	161
Διάγραμμα 3.160 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	162
Διάγραμμα 3.161 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι γκρι με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	162
Διάγραμμα 3.162: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	163
Διάγραμμα 3.163: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	164
Διάγραμμα 3.164: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νίκελος με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	164
Διάγραμμα 3.165: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μάρμαρο με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	165
Διάγραμμα 3.166: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	165
Διάγραμμα 3.167: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο ξύλο με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	166
Διάγραμμα 3.168: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White με το Topcon GPT3003LN.....	167
Διάγραμμα 3.169: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak Gray με το Topcon GPT3003LN.....	167
Διάγραμμα 3.170: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Topcon GPT3003LN.....	168
Διάγραμμα 3.171: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Topcon GPT3003LN.....	168

Διάγραμμα 3.172: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Torcon GPT3003LN .....	169
Διάγραμμα 3.173: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι μαύρο με το Torcon GPT3003LN.....	169
Διάγραμμα 3.174: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό λευκό με το Torcon GPT3003LN.....	170
Διάγραμμα 3.175: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Torcon GPT3003LN.....	170
Διάγραμμα 3.176: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι γκρι με το Torcon GPT3003LN.....	171
Διάγραμμα 3.177 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Torcon GPT3003LN.....	171
Διάγραμμα 3.178: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ καφέ με το Torcon GPT3003LN.....	172
Διάγραμμα 3.179: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Torcon GPT3003LN.....	172
Διάγραμμα 3.180: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μάρμαρο με το Torcon GPT3003LN.....	173
Διάγραμμα 3.181 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο ξύλο με το Torcon GPT3003LN.....	173
Διάγραμμα 3.182: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νοβοπάν με το Torcon GPT3003LN.....	174
Διάγραμμα 3.183: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη με το Torcon GPT3003LN.....	174
Διάγραμμα 3.184: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νίκελο με το Torcon GPT3003LN.....	174
Διάγραμμα 3.187: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak Gray με το Torcon GPT3003LN.....	175
Διάγραμμα 3.188: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White με το Torcon GPT3003LN .....	176
Διάγραμμα 3.189: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Torcon GPT3003LN.....	176
Διάγραμμα 3.190: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Torcon GPT3003LN.....	176
Διάγραμμα 3.191: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Torcon GPT3003LN.....	177
Διάγραμμα 3.192: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι μαύρο με το Torcon GPT3003LN.....	177
Διάγραμμα 3.193: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό λευκό με το Torcon GPT3003LN.....	178
Διάγραμμα 3.194: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Torcon GPT3003LN .....	178
Διάγραμμα 3.195: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο	

πλακάκι γκρι με το Torcon GPT3003LN.....	179
Διάγραμμα 3.196: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Torcon GPT3003LN.....	179
Διάγραμμα 3.197: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ καφέ με το Torcon GPT3003LN.....	180
Διάγραμμα 3.198: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Torcon GPT3003LN.....	180
Διάγραμμα 3.199 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μάρμαρο με το Torcon GPT3003LN.....	181
Διάγραμμα 3.200: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο ξύλο με το Torcon GPT3003LN .....	181
Διάγραμμα 3.201: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νοβοπάν με το Torcon GPT3003LN.....	181
Διάγραμμα 3.202: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη με το Torcon GPT3003LN.....	182
Διάγραμμα 3.203: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νίκηλο με το Torcon GPT3003LN.....	182
Διάγραμμα 4.1: Χρονική διάρκεια εργασιών.....	193

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1 Ανακλαστικότητα διαφόρων επιφανειών-υλικών [ <a href="http://www.philtec.com">www.philtec.com</a> ].....	5
Πίνακας 1.2 Φυσικές ιδιότητες υλικών [ <a href="http://www.efunda.com">www.efunda.com</a> ].....	6
Πίνακας 1.3 Ανακλαστικότητα ανά υλικό [ <a href="http://www.matweb.com">www.matweb.com</a> ].....	6
Πίνακας 1.4 Ανακλαστικότητα ανά υλικό [ <i>Jelalian 1992, Kraus and Schneider 1988, Egan 1985</i> ].....	7
Πίνακας 1.5: Διαφορές των δυο μεθόδων μέτρησης.....	13
Πίνακας 2.1: Συντεταγμένες βάθρων αίθουσας Y23.....	26
Πίνακας 2.1: Τελικές συντεταγμένες σημείων.....	27
Πίνακας 3.1: Εύρος αποκλίσεων τιμών κάθε μέτρησης για εσωτερικές μετρήσεις στα 50m με το Leica TCR303.....	59
Πίνακας 3.2: Εύρος αποκλίσεων τιμών κάθε μέτρησης για εσωτερικές μετρήσεις στα 50m με το Trimble 5605DR <sup>+</sup> .....	77
Πίνακας 3.3: Εύρος αποκλίσεων τιμών κάθε μέτρησης για εσωτερικές μετρήσεις στα 50m με το Topcon 3003LN.....	92
Πίνακας 3.4 Αξιολόγηση μετρήσεων με το TCR303 της Leica.....	114
Πίνακας 3.5 Αξιολόγηση μετρήσεων με το 5605DR <sup>+</sup> της Trimble.....	115
Πίνακας 3.6 Αξιολόγηση μετρήσεων με το GPT3003 της Topcon.....	116
Πίνακας 3.7 Αξιολόγηση μετρήσεων με το TCR303 της Leica.....	149
Πίνακας 3.8 Αξιολόγηση μετρήσεων με το 5605DR <sup>+</sup> της Trimble.....	150
Πίνακας 3.9 Αξιολόγηση μετρήσεων με το GPT3003 της Topcon.....	151
Πίνακας 3.10 Πειραματικές μετρήσεις ίχνους οπτικής δέσμης του γεωδαιτικού σταθμού Topcon GPT3003LN.....	154
Πίνακας 3.11 Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το 5600DR <sup>+</sup> της Trimble με A4.....	183
Πίνακας 3.12 Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το Topcon GPT3003 με A4.....	184
Πίνακας 3.10: Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το Topcon GPT3003 με A1.....	185
Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εσωτερικών μετρήσεων στα 50m.....	186
Πίνακας 4.2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξωτερικών μετρήσεων...187	
Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα επαναληπτικών εξωτερικών μετρήσεων.....	188



## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Φωτ. 1.1: Εργαστηριακό πείραμα ελέγχου ανακλαστικότητας.....	8
Φωτ. 1.2: Το EDM Leica Wild DIOR 3002S.....	9
Φωτ. 1.3: Κάρτα Kodak Gray.....	14
Φωτ. 2.1: Μετρήσεις στο τούνελ.....	17
Φωτ. 2.2: Βάση στήριξης.....	19
Φωτ. 2.3 : Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TDM 5000 και TDM 5005.....	23
Φωτ. 2.4: Σημεία που μετρήθηκαν.....	25
Φωτ. 2.5: Υπόδειξη σημείων με χρήση καρφίτσας.....	26
Φωτ. 2.6: Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TCR303.....	21
Φωτ. 2.7: Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός 5605DR <sup>+</sup> .....	33
Φωτ. 2.8: Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN.....	34
Φωτ. 2.9: Kodak Gray Card.....	35
Φωτ. 2.10: Kodak White Card.....	35
Φωτ. 2.11: Αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος.....	35
Φωτ. 2.12: Αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου.....	35
Φωτ. 2.13: Γεωδαιτικός στόχος Sokkia.....	35
Φωτ. 2.14: Τσιμέντο λευκό.....	35
Φωτ. 2.15: Τσιμέντο γκρι.....	36
Φωτ. 2.15: Χαρτόνι γκρι.....	36
Φωτ. 2.17: Χαρτόνι μαύρο.....	36
Φωτ. 2.18: Πλαστικό λευκό.....	36
Φωτ. 2.19: Πλαστικό κόκκινο.....	37
Φωτ. 2.20: Πλακάκι γκρι.....	37
Φωτ. 2.21: Πλακάκι μπεζ.....	37
Φωτ. 2.22: Αφρολέξ καφέ.....	37
Φωτ. 2.23: Αφρολέξ λευκό.....	37
Φωτ. 2.24: Μάρμαρο.....	37
Φωτ. 2.25: Κεραμίδι.....	38
Φωτ. 2.26: Ασφαλτος.....	38
Φωτ. 2.27: Ξύλο.....	38
Φωτ. 2.28: Βράχος.....	38
Φωτ. 2.29: Νοβοπάν.....	38
Φωτ. 2.30: Μελαμίνη.....	38
Φωτ. 2.31: Νίκελος.....	39
Φωτ. 2.32: Χρυσός.....	39
Φωτ. 3.1: Ίχνος οπτικής δέσμης laser.....	153
Φωτ. 3.2: Δακτύλιοι στην οπτική δέσμη laser.....	154

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογική εξέλιξη ως έντονο χαρακτηριστικό της καθημερινότητάς μας δεν μπορούσε παρά να επηρεάσει έντονα και την ανάπτυξη των σύγχρονων ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών με στόχο τη βελτίωση του χρόνου, κόστους αλλά και της ποιότητας των μετρήσεων ενός τοπογράφου μηχανικού.

Ως αποτέλεσμα παρατηρείται μια συνεχής αναβάθμιση των λειτουργιών που προσφέρει ένας τέτοιος σταθμός. Πλέον, η δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς την χρήση ανακλαστήρα θεωρείται ως βασική προϋπόθεση για να αποκαλεστεί ένα όργανο συγχρόνως τεχνολογικά άρτιο αλλά και ολοκληρωμένο από άποψης λειτουργιών από τον τοπογράφο μηχανικό.

Ως αποτέλεσμα, με την πάροδο του χρόνου εμφανίζονται νέες καινοτομίες οι οποίες επιτρέπουν την μέτρηση μηκών κάθε φορά σε ακόμα μεγαλύτερα επίπεδα. Χαρακτηριστικό είναι ότι μέσα σε μια δεκαετία το βεληνεκές μέτρησης μηκών χωρίς ανακλαστήρα το οποίο κυμαινόταν σε μήκη της τάξης των 60m πλέον αγγίζει τα 2000m.

Ωστόσο, δεδομένου ότι οι απαιτήσεις σε ακρίβεια και ορθότητα των μετρήσεων αυτών δεν έχουν αλλοιωθεί από την πλευρά του τοπογράφου μηχανικού, γεννιέται το ερώτημα του κατά πόσον μπορεί ένας τέτοιος γεωδαιτικός σταθμός να πληροί αυτές τις προϋποθέσεις και επομένως να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια από τον μηχανικό.

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο τον έλεγχο των αποτελεσμάτων και ειδικότερα της αξιοπιστίας των μετρήσεων που πραγματοποιούνται σε μεγάλες αποστάσεις με χρήση εναλλακτικών στόχων που μπορεί να συναντηθούν και στην πράξη σε συνήθεις εργασίες πεδίου. Θα διερευνηθεί, με διαφορετικά όργανα, η συμπεριφορά της λειτουργίας reflectorless των σύγχρονων γεωδαιτικών σταθμών και θα γίνει προσπάθεια να δοθεί μια εκτίμηση του μέγιστου βεληνεκούς μέχρι το οποίο τέτοιου είδους μετρήσεις μπορούν να θεωρηθούν πραγματικά αξιόπιστες με βάση τις ανάγκες του σύγχρονου μηχανικού.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΡΙΣΜΑΤΟΣ

### 1.1 Ανακλαστικότητα

Ως ανακλαστικότητα ορίζεται η σχέση ανάμεσα στην ένταση της ανακλώμενης ακτινοβολίας και στην ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας πάνω σε μια επιφάνεια. Πρακτικά περιγράφει το λόγο της ανακλαστικότητας προς το θόρυβο και επηρεάζει με συστηματικό τρόπο τη μέτρηση του μήκους [Ingensand et al, 2003].

Η ανάκλαση μιας μονοχρωματικής φωτεινής ακτίνας σε μια επιφάνεια παράγει ακτίνες σε διάφορες διευθύνσεις. Αυτός ο τύπος της ιστροπικής ανάκλασης μπορεί να περιγραφεί από το νόμο συνημιτόνων του Lambert:

$$I_{reflected}(\lambda) = I_i(\lambda) \cdot kd(\lambda) \cdot \cos(\theta) \quad (1.1)$$

όπου:

- $I_i(\lambda)$  = η ένταση της φωτεινής ακτίνας, συνάρτηση του μήκους κύματος (χρώμα),
- $kd(\lambda)$  = συντελεστής διάχυτης ανάκλασης που είναι επίσης συνάρτηση του μήκους κύματος και
- $\theta$  = γωνία ανάμεσα στη προσπίπτουσα φωτεινή ακτίνα και το κάθετο διάνυσμα στην επιφάνεια.

Η ποσότητα της ακτινοβολίας που επιστρέφεται από την επιφάνεια ενός στόχου χαρακτηρίζεται ως συντελεστής ανακλαστικότητας  $r$  και εκφράζεται σε ποσοστό επί της %.

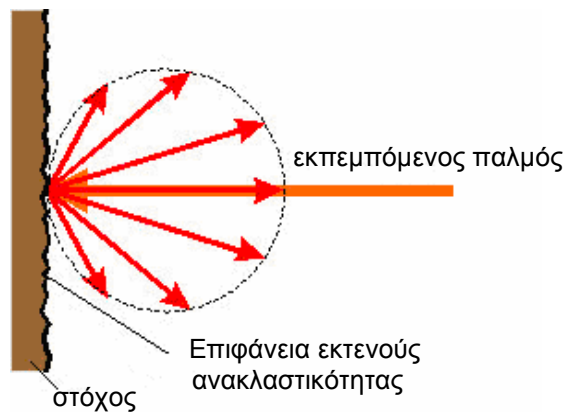
Για στόχο μεγάλης ανακλαστικότητας η μέγιστη τιμή του συντελεστή  $r$  είναι 100%. Για καθρέφτες ή για αυτοανακλώμενους στόχους, η (θεωρητική) τιμή της ανακλαστικότητας μπορεί να ξεπεράσει το 100% κατά πολύ.

Ο συντελεστής ανακλαστικότητας εξαρτάται επιπλέον, όπως είναι φυσικό, από το μήκος κύματος.

Τα κυριότερα είδη ανακλαστικότητας [[www.riegl.com](http://www.riegl.com)] είναι:

- **Διαχεόμενη ανακλαστικότητα**

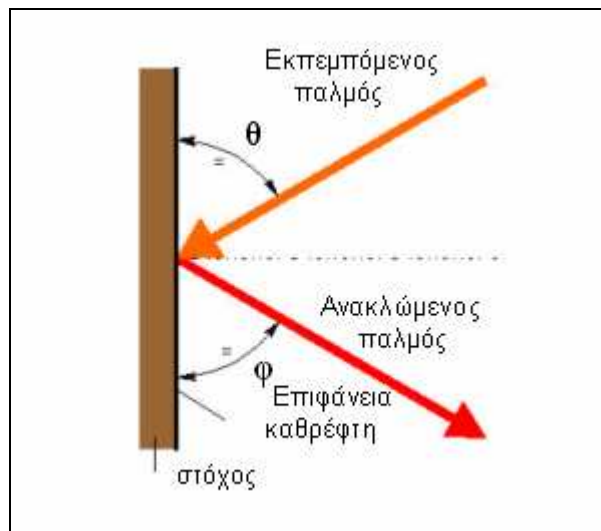
Ο παλμός ανακλάται προς όλες τις διευθύνσεις σύμφωνα με το νόμο του Lambert (σχήμα 1.1).



Σχήμα 1.1: Διαχεόμενη ανακλαστικότητα

- **Ανακλαστικότητα γυαλιστερού στόχου-καθρέφτη**

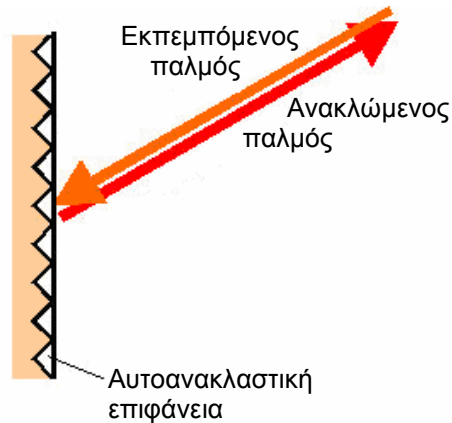
Η γωνία  $\varphi$  του ανακλώμενου παλμού σε σχέση με την επιφάνεια του στόχου είναι ίση με τη γωνία της πρόσπτωσης στην επιφάνεια. Ο προσπίπτων και ο ανακλώμενος παλμός ανήκουν στο ίδιο επίπεδο (σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2: Ανακλαστικότητα γυαλιστερού στόχου-καθρέφτη

- **Αυτοανακλαστικότητα**

Ο αυτοανακλώμενος παλμός επιστρέφει στην ίδια διεύθυνση με τη διεύθυνση του εκπεμπόμενου παλμού (σχήμα 1.3). Αυτή η ιδιότητα διατηρείται σε πολλές διαφορετικές διευθύνσεις του εκπεμπόμενου παλμού.



Σχήμα 1.3: Αυτοανακλαστικότητα [www.riegl.com]

## 1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.

Γενικά πειράματα σε διάφορα γεωδαιτικά ιδρύματα [Godin et al., 2001; Schwarz, 2001; Ingensand, 1999] έχουν δείξει ότι η ανακλαστικότητα των υλικών επιδρά στις μετρήσεις και παράγει μια διαφορά στο μετρούμενο μήκος της τάξης του 1cm.

Σε κάθε γεωδαιτικό σταθμό όπως και σε όλες τις τεχνολογίες laser χωρίς χρήση ανακλαστήρα (reflectorless), η λειτουργία τους επηρεάζεται και περιορίζεται εκτός από άλλους παράγοντες (απόσταση, ατμοσφαιρικές συνθήκες) από φυσικούς νόμους της ανακλαστικότητας, τις οπτικές ιδιότητες του υλικού, τη περιλαμβανόμενη διάθλαση και τα αποτελέσματα της εσωτερικής διάθλασης.

Η απόσταση από μια επιφάνεια μετράται εάν ένα επαρκές ποσό της ενέργειας του παλμού ανακλάται έτσι ώστε το σήμα να καταγραφεί από τον ανιχνευτή του συστήματος του οργάνου. Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από τον ανιχνευτή πρέπει να ξεπερνά ένα προκαθορισμένο όριο έντασης για να καταγραφεί ο χρόνος επιστροφής του παλμού.

Η αναλογία του ανακλώμενου παλμού δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες του υλικού της επιφάνειας αλλά και από το μήκος κύματος του παλμού laser. Έχει διαπιστωθεί ότι επιφάνειες διαφορετικής ανακλαστικότητας προκαλούν συστηματικά σφάλματα στις μετρημένες αποστάσεις λόγω της αραίωσης του παλμού στην ανακλαστική επιφάνεια.

Για αντικείμενα που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά ή από διαφορετικού χρώματος ή επικάλυψης επιφάνειες τα σφάλματα που αναμένονται είναι σημαντικά [Boehler et al, 2003]. Επίσης μια δοσμένη

επιφάνεια μπορεί να παρουσιάζεται ανώμαλη σε ορατά μήκη κύματος και εξομαλυσμένη σε μεγαλύτερα μήκη κύματος.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβολές (διακυμάνσεις) της ανακλαστικότητας είναι το μέγεθος και ο τύπος των στόχων. Αυτό αποδεικνύεται μέσω των πειραματικών διαδικασιών αφού τα αποτελέσματα ήταν τελείως διαφορετικά για μικρούς στόχους (πχ. φύλλο), για γραμμικούς στόχους (πχ. ένα σύρμα), εκτεταμένους στόχους (πχ. η επιφάνεια ενός δρόμου) αλλά και ογκώδης στόχους (πχ. ένα δέντρο).

Επίσης την ανακλαστικότητα μπορεί να επηρεάσει και η γωνία πρόσπτωσης του εκπεμπόμενου παλμού στην επιφάνεια ανάκλασης. Ωστόσο οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα είναι το χρώμα αλλά και το υλικό της επιφάνειας.

### **1.2.1 Το χρώμα**

Έχει αποδειχτεί πως οι άσπρες και γενικότερα ανοικτόχρωμες επιφάνειες αποφέρουν μεγάλης έντασης (ισχυρές) ανακλάσεις ενώ αντίθετα η ανάκλαση είναι μικρή σε μαύρες ή σκουρόχρωμες επιφάνειες.

Οι επιδράσεις των χρωματισμένων επιφανειών εξαρτώνται επίσης από τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπόμενου laser (πράσινο, κόκκινο, εγγύς υπέρυθρο). Επιφάνειες λαμπερές συνήθως δεν είναι εύκολο να καταγραφούν.

### **1.2.2 Το υλικό**

Η ένταση του ανακλώμενου παλμού εξαρτάται από φυσικούς αλλά και από γεωμετρικούς παράγοντες των υλικών.

Φυσικοί παράγοντες είναι:

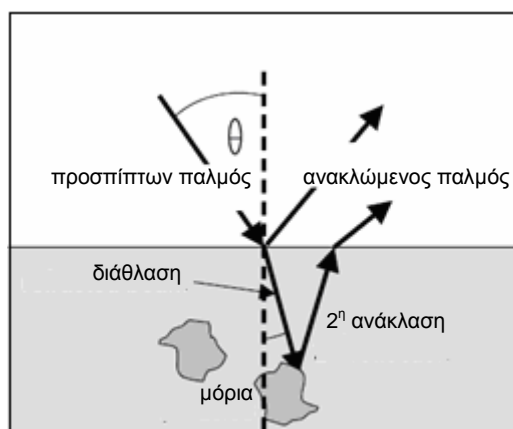
- η ηλεκτρική αγωγιμότητα και
- η μαγνητική διαπερατότητα του υλικού.

Γεωμετρικοί παράγοντες περιλαμβάνουν:

- τη γωνία πρόσπτωσης πάνω στην επιφάνεια
- και τη τραχύτητα της επιφάνειας.

Επιπροσθέτως, ορισμένα υλικά διαπερνούνται από τον παλμό laser και η ακτίνα επιπλέον διαθλάται και ανακλάται μέσα στο ίδιο υλικό. Αυτό συμβαίνει σε υλικά μη ομογενή, όπως για παράδειγμα το ξύλο και το

μάρμαρο, και προκαλεί ένα επιπλέον συστηματικό σφάλμα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς (σχήμα 1.4) [Ingensand et al, 2003].



Σχήμα 1.4: Επιδράσεις ανακλαστικότητας και διάθλασης σε μη ομογενή ημιδιαφανή υλικά (ξύλο, μάρμαρο) [www.geometh.ethz.ch]

Σχετικά με την διαφορετικότητα της ανάκλασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε σχέση με το υλικό της επιφάνειας στόχευσης έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες πειραματικές μελέτες και έχει αποδειχτεί ότι κάθε υλικό πράγματι αντιδρά διαφορετικά. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται διάφορα υλικά με την αντίστοιχη εκτίμηση σχετικά με την ανακλαστικότητά τους όπως αυτά προέκυψαν και υπολογίστηκαν από διάφορες πειραματικές έρευνες.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΔΙΑΧΕΟΜΕΝΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ		ΓΥΑΛΙΣΤΕΡΕΣ-ΑΥΤΟΑΝΑΚΛΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	
Υλικό	Ανακλαστικότητα	Υλικό	Ανακλαστικότητα
άσπρο χαρτί	πάνω από 100%	λεπτό φύλλο μετάλλου 3M2000X	1250%
ξύλεια (πεύκο στεγνό, καθαρό)	94%	αδιαφανές άσπρο πλαστικό	110%
χιόνι	80-90%	αδιαφανές μαύρο πλαστικό	17%
άσπρη τοιχοποιία	85%	καθαρό πλαστικό	50%
ασβεστόλιθος, άργιλος	πάνω από 75%		
φυλλοβόλα δέντρα	60%		
κωνοφόρα δέντρα	30%		
ανώμαλη ξύλινη επιφάνεια	25%		
τσιμέντο (λείο)	24%		
άσφαλτος με χαλίκια	17%		
μαύρος τοίχος από καουτσούκ	2%		

Πίνακας 1.1 Ανακλαστικότητα διαφόρων επιφανειών-υλικών [www.philtec.com]

Οι τιμές της ανακλαστικότητας υπολογίστηκαν για ένα μήκος κύματος περίπου 0.9μm. Για υλικά με γυαλιστερές ή αστραφτερές επιφάνειες, η

τιμή της ανακλαστικότητας αντιπροσωπεύει τη μέγιστη επιστροφή ακτινοβολίας, με τον παλμό να πέφτει ακριβώς κάθετα στην επιφάνεια του υλικού.

Στον πίνακα 1.2 παρατηρούνται οι φυσικές ιδιότητες ορισμένων υλικών που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα. Παρατηρείται ότι οι ιδιότητες αυτές διαφοροποιούνται μεταξύ των υλικών και ως αποτέλεσμα αναμένεται να προκαλούν διαφοροποιήσεις και στην ανακλαστικότητα των υλικών, όπως φαίνεται στο πίνακα 1.3.

Υλικό	Ποκνότητα (x1000kg/m <sup>3</sup> )	Ηλεκτρική αγωγιμότητα ohm/cm	Μαγνητική διαπερατότητα
Ασήμι	10.49	1.55E-06	-
Αλουμίνιο	2.71	2.70E-06	1.01
Χρυσός	19.32	2.20E-06	-
Ατσάλι	7.85	1.74E-05	1.007
Γυαλί	2.4-2.8	3e+014 - 1e+015	-
Σίδηρος	7.87	8.90E-06	1.008
Χαλκός	8.94	1.70E-06	1.17
Μαγνήσιο	1.74	4.60E-06	1.0001

Πίνακας 1.2 Φυσικές ιδιότητες υλικών [[www.efunda.com](http://www.efunda.com)]

Μικρές τιμές ανακλαστικότητας παρουσιάζει ο μόλυβδος, το νικέλιο, το τιτάνιο και το κοβάλτιο ενώ μεγάλη ανακλαστικότητα παρατηρείται στο ασήμι, το αλουμίνιο, το χρυσό και το μαγνήσιο.

Υλικό	Συντελεστής ανακλαστικότητας (0-1)
Ασήμι	0.9
Αλουμίνιο	0.86
Χρυσός	0.5-0.85
Κοβάλτιο	0.37-0.675
Χρώμιο	0.7
Σίδηρος	0.65
Χαλκός	0.63
Μαγνήσιο, χυτή άμμος	0.72-0.77
Μόλυβδος	0.46
Νικέλιο	0.413
Τιτάνιο	0.56

Πίνακας 1.3 Ανακλαστικότητα ανά υλικό [[www.matweb.com](http://www.matweb.com)]



Στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται διάφορες τιμές ανακλαστικότητας για ένα αριθμό υλικών προς τα οποία έγιναν μετρήσεις με μήκος κύματος περίπου 1μm.

Υλικό	Συντελεστής ανακλαστικότητας (0-1)
Άσφαλτος	0.2
Αλουμίνιο	0.8-0.9
Τσιμέντο	0.4
Χρόμιο	0.6
Χαλκός	0.9
φύλλο καλαμποκιού	0.9
φύλλο σφενδάμου	0.4
λευκόχρυσος	0.45-0.6
αμμώδες υγρό έδαφος	0.15
αμμώδες ξυρό έδαφος	0.3
χιόνι	0.25
ανοξειδωτο ατσάλι	0.2-0.6
ανοξειδωτο υλικό	0.1-0.2
νερό	<0.01
φύλλο άσπρης δρυός	0.65

Πίνακας 1.4 Ανακλαστικότητα ανά υλικό [*Jelalian 1992, Kraus and Schneider 1988, Egan 1985*)]

Έχουν πραγματοποιηθεί πειράματα με χρήση σαρωτών, που χρησιμοποιούν παρόμοια διαδικασία μέτρησης σημείων χωρίς ανακλαστήρα (reflectorless) με τους γεωδαιτικούς σταθμούς που καταδεικνύουν ότι υλικά διαφορετικού χρώματος και υφής παράγουν νέφη σημείων διαφορετικής ποιότητας. Έχει μάλιστα παρατηρηθεί απώλεια των σημείων σε επιφάνειες μικρής ανακλαστικότητας σε αποστάσεις μικρότερες από τα 50m. Επιπλέον, πειράματα έχουν δείξει ότι το σύστημα αυτό δεν είναι ικανό να μετρά αποστάσεις σε υλικά μικρής ανακλαστικότητας πέρα από τα 50m (ενώ το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 100m) (Φωτ. 1.1). Σαρώσεις κυλινδρικών δοκιμίων διαφορετικών υλικών καταδεικνύουν ότι το πλαστικό και ο ανοξειδωτος χάλυβας έχουν μεγάλο θόρυβο μετρήσεων συγκριτικά με τον ορείχαλκο και το κεραμικό υλικό. Οι αποκλίσεις των διαμέτρων των δοκιμίων παρουσιάζονται μικρές στο αλουμίνιο, στο γαλβανισμένο σίδηρο και στο κεραμικό υλικό (2-4mm), χωρίς να συμβαίνει όμως το ίδιο σε άλλα υλικά όπως το πλαστικό και ο ανοξειδωτος χάλυβας (2-4cm). Επιπλέον, η επικάλυψή τους με ταινίες

διαφόρων υλικών καταδεικνύει ότι η ανακλαστικότητα εξαρτάται από τη λαμπρότητα και τη τραχύτητα της επιφάνειας και, σε περιπτώσεις που είναι αυξημένες αυτές οι δυο ιδιότητες, η ενέργεια του παλμού laser διασκορπίζεται με αποτέλεσμα να μην επιστρέφει στη μονάδα του φωτοανιχνευτή του σαρωτή [Fidera et al, 2004].



Φωτ. 1.1: Εργαστηριακό πείραμα ελέγχου ανακλαστικότητας  
[www.isprs.org]

### 1.3 Μέτρηση μηκών χωρίς πρίσμα (reflectorless) με σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς

Η γενική αρχή μέτρησης μηκών στους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς είναι ουσιαστικά η εκπομπή από το όργανο ενός ορατού laser παλμού που ανακλάται σε έναν στόχο και επιστρέφει στον αισθητήρα του οργάνου. Στην συνέχεια το μήκος υπολογίζεται ανάλογα με την τεχνική που εφαρμόζεται μέσω

- της διαφοράς φάσης του εκπεμπόμενου παλμού κατά την επιστροφή ή
- της διάρκειας “πτήσης” του παλμού μέχρι την επιστροφή του αντίστοιχα.

Η επιλογή μια από τις δύο μεθόδους που εφαρμόζονται για την μέτρηση μηκών χωρίς τη χρήση πρίσματος έγκειται συνήθως στην ευχέρεια του χρήστη, ο οποίος επιλέγει την κατάλληλη ανάλογα με την εφαρμογή. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι δύο αυτές μέθοδοι.

Η μεγάλη αυτή καινοτομία της μέτρησης μήκους χωρίς τη χρήση πρίσματος είναι επανάσταση για τις εργασίες του τοπογράφου μηχανικού

και εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90 με το αποστασιόμετρο Leica Wild DIOR 3002S (φωτ. 1.2) και από τότε εξελίχθηκε σε σημείο να αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες των σύγχρονων οργάνων. Το όργανο αυτό πρωτοεμφανίστηκε ως επιβατηγό σε ψηφιακό η μη θεοδόλιχο με εμβέλεια της τάξης των 60m χωρίς την χρήση ανακλαστήρα.



Φωτ.1.2: Το αποστασιόμετρο Leica Wild DIOR 3002S

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς έφερε ραγδαία εξέλιξη στην εμβέλεια των οργάνων αυτών. Έτσι,

- ✓ το 2000 εμφανίζεται η σειρά TCR300 της Leica με εμβέλεια 100m,
- ✓ το 2002 η σειρά 5600 της Trimble με εμβέλεια 600m,
- ✓ το 2005 η εμβέλεια εκτοξεύεται στα 1200m (Topcon GPT3000LN) και 1600m (Trimble S6).
- ✓ Πλέον η τεχνολογία αυτή αγγίζει την εμβέλεια των 2000m με την εμφάνιση της σειράς GPT-9000 της εταιρίας Topcon.

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η μέτρηση μηκών χωρίς την χρήση ανακλαστήρα είναι τα εξής:

- Δυνατότητα μέτρησης απρόσιτων σημείων
- Δυνατότητα μέτρησης σημείων με μεγάλο βαθμό δυσκολίας και επικινδυνότητας στην προσέγγιση
- Δυνατότητα μέτρησης σημείων σε κλειστούς χώρους χαμηλού φωτισμού

- Δυνατότητα μέτρησης σημείων σε μνημεία – χώρους προστασίας χωρίς ύπαρξη φθορών
- Μείωση προσωπικού εκτέλεσης μετρήσεων
- Μείωση χρόνου διάρκειας μετρήσεων
- Ακρίβεια στον εντοπισμό των σημείων

Οι γεωδαιτικοί σταθμοί χρησιμοποιούν ακτινοβολίες μήκους κύματος οι οποίες ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες:

- **Class 1:** Αόρατο laser, υψίστης ασφαλείας με ισχύ μικρότερη του 1mW
- **Class 2:** Ορατό αλλά και ασφαλές laser που χρησιμοποιείται στην πλειοψηφία των γεωδαιτικών σταθμών. Είναι επιβλαβές στην όραση ενώ απαγορεύεται η σκόπευση από άλλο όργανο ή άλλων σκοπευτικών διατάξεων.
- **Class 3:** Επικίνδυνο laser αυξημένης εμβέλειας με ισχύ 5mW που είναι ιδιαίτερα επιβλαβές στην όραση και προϋποθέτει χρήση μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό χρήσης.

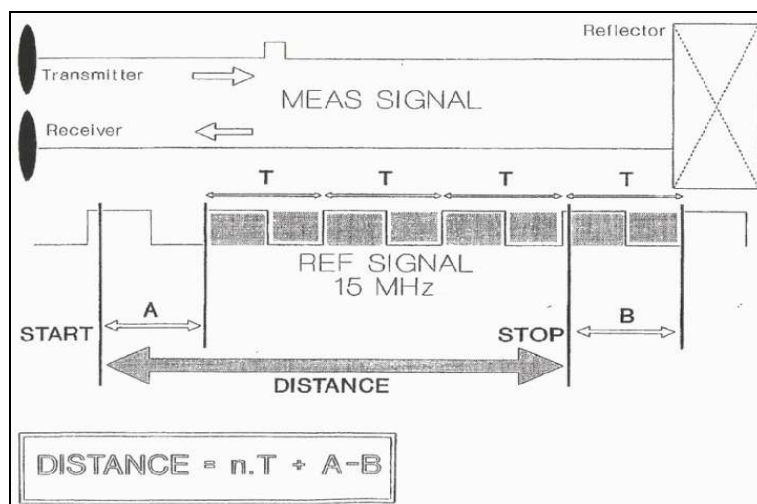
Οι περισσότεροι γεωδαιτικοί σταθμοί που έχουν την δυνατότητα μετρήσεων χωρίς την χρήση ανακλαστήρα χρησιμοποιούν για κάποιες λειτουργίες την πρώτη κατηγορία laser ενώ για τις συνηθέστερες λειτουργίες την κατηγορία 2.

### 1.3.1 Μέθοδος διάρκειας πτήσης του παλμού (Time Of Flight)

Η μέθοδος της διάρκειας πτήσης μετρά με ακρίβεια την χρονική πληροφορία που απαιτείται για τον υπολογισμό ενός εύρους μετρήσεων. Το EDM που φέρει ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός εκπέμπει χιλιάδες μικρούς υπέρυθρους ή laser παλμούς οι οποίοι διαβιβάζονται μέσα από το τηλεσκόπιο στον στόχο. Αυτοί οι παλμοί ανακλώνται από τον στόχο και επιστρέφουν στο όργανο όπου ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές μετρούν τον χρόνο της πτήσης για κάθε ένα παλμό.

Όσο η ταχύτητα του φωτός μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια ο χρόνος της πτήσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον άμεσο προσδιορισμό του μήκους μεταξύ οργάνου και στόχου. Γνωρίζοντας πως η μέθοδος αυτή έχει και την μεγαλύτερη εμβέλεια ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι πως εξασφαλίζει τα μεγαλύτερα επίπεδα ασφαλείας όσον αφορά την ασφάλεια των ματιών επειδή το διάστημα μεταξύ της εκπομπής των laser παλμών αποτρέπει τη συγκέντρωση της ενέργειας που θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα επιβλαβής.

Κάθε παλμός αντιστοιχεί σε μια άμεση μέτρηση μήκους, ωστόσο για τον βέλτιστο υπολογισμό του μήκους οργάνου – στόχου χρησιμοποιούνται χιλιάδες τέτοιοι παλμοί οι οποίοι είναι δυνατόν να αποσταλούν μέσα σε ένα μόνο δευτερόλεπτο. [Δ.Δ. Μπαλοδήμος, 2005]

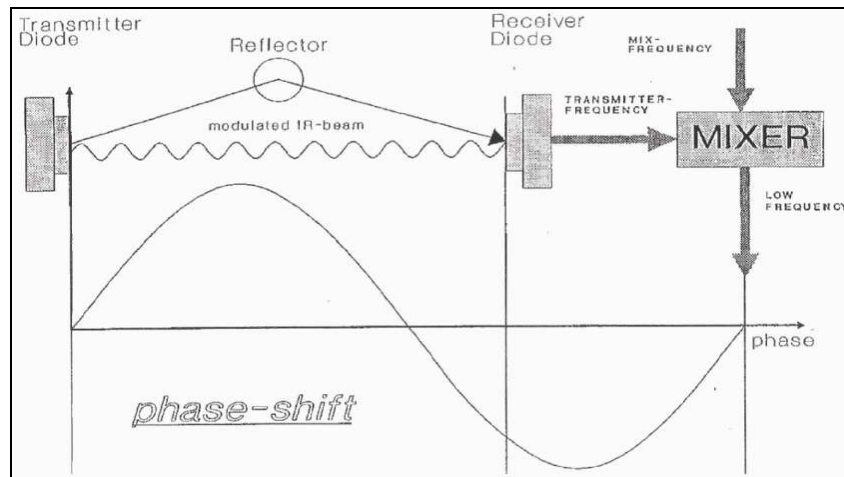


Σχήμα 1.5: Μέθοδος διάρκειας πτήσης του παλμού

### 1.3.2 Μέθοδος διαφοράς φάσης

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην σύγκριση των διαφορών φάσης. Το EDM διαβιβάζει μια ομοαξονικής έντασης διαμορφωμένη οπτική δέσμη μέτρησης η οποία ανακλάται από μια επιφάνεια και επιστρέφει στο όργανο. Η διαφορά φάσης ανάμεσα στο διαβιβαζόμενο φως και στην ανακλώμενη ακτίνα ανιχνεύεται από ειδικές συσκευές και στην ουσία αναπαριστά την απόσταση. Το όργανο μετρά μια σταθερή μετατόπιση της φάσης παρά την ύπαρξη αναπόφευκτων αποκλίσεων στο εκπεμπόμενο και ανακλώμενο σήμα.

Μόνο η μετατόπιση αυτή της φάσης λαμβάνεται ως πληροφορία από την σύγκριση τουλάχιστον δύο φάσεων (δύο παλμών με διαφορετικά μήκη κύματος) αφού η ύπαρξη της ασάφειας κύκλων αποτρέπει την απευθείας μετατροπή αυτής της διαφοράς σε απόσταση μεταξύ οργάνου και στόχου. Αυτή η ασάφεια κύκλων αναλύεται χρησιμοποιώντας πολλαπλές μετρήσεις διαμορφωμένων ακτινοβολιών διαφορετικών μηκών κύματος οι οποίες παρέχουν ένα μοναδικό, ακέραιο αριθμό από κύκλους. Όταν ο ακαίρεος αριθμός αυτός υπολογιστεί η απόσταση μπορεί να προσδιοριστεί με πολύ μεγάλη ακρίβεια. [Δ.Δ. Μπαλοδήμος, 200]



Σχήμα 1.6: Μέθοδος διαφοράς φάσης

### 1.3.3 Σύγκριση των δύο μεθόδων

Όπως προαναφέρθηκε η μέθοδος του χρόνου πτήσης χρησιμοποιεί παλμούς φωτός για απευθείας μετρήσεις μηκών ενώ η μέθοδος διαφοράς φάσης χρησιμοποιεί διαμορφωμένο φως για μετρήσεις διαφορών φάσης οι οποίες μπορούν να δώσουν αποτελέσματα για το μήκος μόνο αν έχει επιλυθεί η ασάφεια των ακεραίων αριθμών μήκους κύματος.

Οι παλμοί που χρησιμοποιούνται για την μέθοδο χρόνου πτήσης μπορεί να είναι πολλές φορές πιο ισχυροί σε σχέση με την ενέργεια που χρησιμοποιείται στην άλλη μέθοδο. Επομένως μπορούν να μετρήσουν μεγαλύτερα μήκη και να χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερες εμβέλειες. Ωστόσο η μέθοδος χρόνου πτήσης έχει παραδοσιακά ελαφρώς χαμηλότερη ακρίβεια από την μέθοδο διαφοράς φάσης αλλά με τα σύγχρονα όργανα η διαφορά αυτή τείνει να εξαλειφθεί κάνοντας το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης εμβέλειας να φαντάζει ως ισχυρό κίνητρο επιλογής της πρώτης μεθόδου από τον χρήστη.

Και στις δύο μεθόδους παρατηρείται μια απόκλιση της δέσμης της ακτίνας Laser γεγονός που οφείλεται προφανώς στα γενικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες του φωτός. Το γεγονός αυτό είναι αναπόφευκτο ωστόσο παρουσιάζει διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται.

Τέλος μια άλλη διαφορά είναι η ανοχή που παρουσιάζει η μέθοδος χρόνου πτήσης σε εξωτερικούς παράγοντες που εμφανίζονται ανάμεσα στην θέση οργάνου στόχου (πχ. διερχόμενα αυτοκίνητα) κάτι που οφείλεται στην συνένωση διαφορετικών ειδών παλμών και επομένως στην δυνατότητα αυτόματου εντοπισμού και εξαίρεσης τέτοιων μετρήσεων.

Συνοπτικά οι βασικές διαφορές των δυο μεθόδων εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα 1.5.

<b>ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΦΑΣΗΣ</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΛΜΩΝ</b>
Μεγαλύτερη ακρίβεια	Μικρότερη ακρίβεια
Μικρότερη εμβέλεια	Μεγαλύτερη εμβέλεια
Μικρότερο μέγεθος και σχήμα δέσμης	Μεγαλύτερο μέγεθος και σχήμα δέσμης
Περισσότερο χρόνο	Ανεξάρτητη των παρεμβολών

Πίνακας 1.5: Διαφορές των δυο μεθόδων μέτρησης

### **1.3.4 Πρότυπα μέτρησης Kodak Gray και Kodak White**

Για τον υπολογισμό αλλά και τον ονομαστικό ορισμό της εμβέλειας και της ακρίβειας κάθε σύγχρονου γεωδαιτικού σταθμού, λόγω του πλήθους και της ποικιλίας των υλικών στόχευσης υπήρξε η ανάγκη δημιουργίας ενός συγκεκριμένου στόχου-υλικού αναφοράς που θα καθόριζε αυτά τα όρια.

Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα φύλλα Kodak Gray και Kodak White τα οποία είναι διεθνώς χρησιμοποιημένα πρότυπα στην επαγγελματική φωτογραφία για πολλά χρόνια. Τα φύλλα αυτά έχουν σχήμα κάρτας διαστάσεων συνήθως 4x5 ή 8x10 ίντσες και περίπου 1/8 της ίντσας πάχος (Φωτ. 1.3).

Το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι η μια πλευρά, η γκρι η οποία και ονομάζεται συνήθως Kodak Gray, ανακλά ακριβώς το 18% της προσπίπτουσας σε αυτή ακτινοβολίας ενώ αντίστοιχα η άλλη πλευρά, η λευκή η οποία συνήθως ονομάζεται Kodak White, ανακλά ακριβώς το 90% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Εξαιτίας αυτής ακριβώς της έντονης ανακλαστικότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην λευκή πλευρά της κάρτας, οι κατασκευαστές ορίζουν το μέγιστο βεληνεκές των μετρήσεων χωρίς την χρήση ανακλαστήρα με μετρήσεις πάνω στην Kodak White Card.



Φωτ. 1.3: Κάρτα Kodak Gray



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

#### 2.1 Διαδικασία ελέγχου σε εσωτερικό χώρο

Η διαδικασία των μετρήσεων σε εσωτερικό χώρο πραγματοποιήθηκε στο κτήριο Λαμπαδάριο και συγκεκριμένα στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο του τούνελ μήκους περίπου 50m. Έτσι εξασφαλίστηκαν σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης αλλά και φωτισμού ενώ παράλληλα εξαλείφθηκαν σφάλματα λόγω επίδρασης των καιρικών συνθηκών (πχ. αντίθετος ήλιος, βροχή, υγρασία, κτλ).

Επίσης γνωρίζοντας την ονομαστική τιμή του μήκους και σε συνδυασμό με την εξαναγκασμένη κέντρωση τόσο του οργάνου όσο και των στόχων τα αποτελέσματα είναι άμεσα συγκρίσιμα μεταξύ τους.

Η διαδικασία που ακολουθείται για κάθε σειρά μετρήσεων είναι η εξής:

- Τοποθετείται στο πρώτο βάθρο στην μια άκρη του τούνελ του κτηρίου Λαμπαδαρίου ο γεωδαιτικός σταθμός ενώ σε ένα άλλο βάθρο στην άλλη άκρη του τούνελ και σε απόσταση 50m τοποθετείται η εξαναγκασμένη βάση κέντρωσης και το τρικόχλιο πάνω στην οποία τοποθετούνται κατά σειρά ένα πρίσμα καθώς και όλα τα δοκίμια (φωτ. 2.1).
- Μετράται το μήκος ανάμεσα στον γεωδαιτικό σταθμό και το πρίσμα με την ακρίβεια που παρέχει κάθε σταθμός για αυτή την μέτρηση.
- Το όργανο παραμένει σταθερό χωρίς να αλλάξει γωνία σκόπευσης έτσι ώστε να παραμείνουν σταθερές οι συνθήκες μέτρησης για κάθε υλικό. Έτσι το σημείο μέτρησης του μήκους παραμένει σταθερό άρα τα μήκη που θα μετρούνται είναι άμεσα συγκρίσιμα.
- Στην θέση του καταφώτου τοποθετούνται κατά σειρά τα δοκίμια πάνω σε ειδική βάση στήριξης.

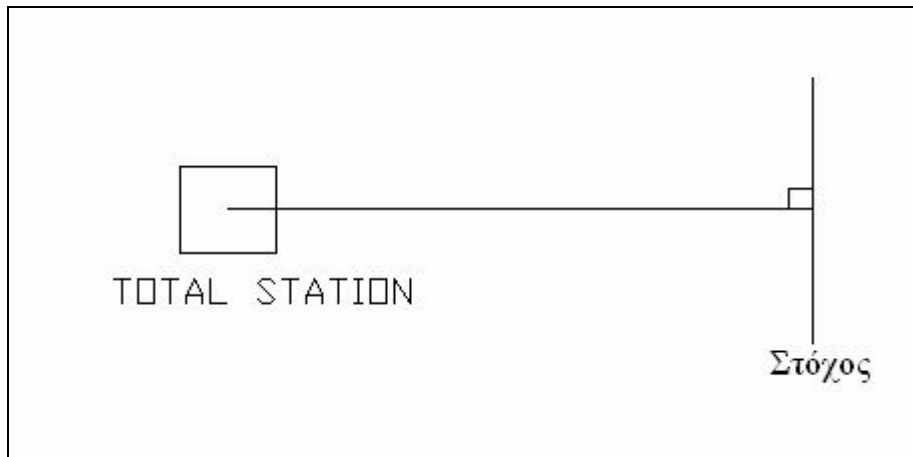
Έτσι πραγματοποιούνται κάθε φορά 5 διαδοχικές μετρήσεις του μήκους:

- Με χρήση τριών διαφορετικών οργάνων
- Σε 26 διαφορετικά υλικά
- Σε τρεις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης

Οι διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης αφορούν τα δοκίμια και αναφέρονται στη γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια του δοκιμίου σε σχέση με τη διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου.

Έτσι διακρίνονται 3 περιπτώσεις, η επιφάνεια του δοκιμίου να είναι

- κάθετη στην διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου (σχήμα 2.1)
- να σχηματίζει γωνία  $30^\circ$  με την κάθετη στην διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου (σχήμα 2.2)
- να σχηματίζει γωνία  $45^\circ$  με την κάθετη στην διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου (σχήμα 2.3)



Σχήμα 2.1: Γωνία πρόσπτωσης  $90^\circ$



Σχήμα 2.2: Γωνία πρόσπτωσης  $30^\circ$



Σχήμα 2.3: Γωνία πρόσπτωσης  $45^\circ$

Η μεταβολή της θέσης του στόχου επετεύχθη με την περιστροφή της ειδικής βάσης πάνω στην οποία τοποθετήθηκε η βάση στήριξης των δοκιμίων στις αντίστοιχες γωνίες με σκοπό τη μελέτη της ανακλαστικότητας της ακτινοβολίας όταν τα υλικά στοχεύονται όχι κάθετα αλλά υπό γωνία όπως πολλές φορές συμβαίνει στην πράξη.

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις το όργανο παρέμενε ακίνητο σε πακτωμένη οριζόντια και κατακόρυφη γωνία αντίστοιχα.

Όλες οι σειρές μετρήσεων καταγράφηκαν σε ειδικά έντυπα τα οποία συντάχθηκαν και δείγματά τους περιλαμβάνονται στο παράρτημα της εργασίας.



Φωτ. 2.1: Μετρήσεις στο τούνελ

## 2.2 Διαδικασία ελέγχου σε εξωτερικό χώρο

Η διαδικασία των μετρήσεων σε εξωτερικό χώρο είναι ακριβώς η ίδια με την αντίστοιχη διαδικασία των εσωτερικών μετρήσεων. Ωστόσο οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε μεγαλύτερα μήκη τα οποία πλησιάζουν τις εμβέλειες των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν.

Έτσι, με τον ίδιο τρόπο, πραγματοποιούνται κάθε φορά 5 διαδοχικές μετρήσεις του μήκους:

- Με χρήση τριών διαφορετικών οργάνων
- Σε 26 διαφορετικά υλικά
- Σε τρεις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης

## 2.3 Αξιολόγηση μετρήσεων

Στόχος είναι η σύγκριση της τιμής του μήκους που μετρήθηκε με την χρήση πρίσματος σε κάθε θέση με αυτή που μετρήθηκε στην ίδια θέση πάνω στην επιφάνεια κάθε υλικού και να υπολογιστεί η διαφορά τους.

Έτσι εξετάστηκε αν η διαφορά των μετρήσεων του μήκους οργάνου-στόχου με ανακλαστήρα και χωρίς ανακλαστήρα είναι μικρότερη ή όχι από την επιτρεπόμενη για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% σύμφωνα με τις ακρίβειες μέτρησης που δίνουν οι κατασκευαστές των οργάνων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω  $\Delta D$  ορίζεται η διαφορά της μέτρησης του μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα:

$$\Delta D = \beta_1 - \alpha_1 \quad (2.1)$$

Όπου:

$\beta_1$  η μέτρηση με χρήση ανακλαστήρα και  
 $\alpha_1$  η μέτρηση χωρίς ανακλαστήρα.

Σύμφωνα με τον νόμο μετάδοσης σφαλμάτων:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{\sigma_{\beta_1}^2 + \sigma_{\alpha_1}^2} \quad (2.2)$$

Για να είναι αποδεκτή η τιμή της διαφοράς του μήκους  $\Delta D$  πρέπει να βρίσκεται στο διάστημα:

$$-Z \sigma_{\Delta D} \leq \Delta D \leq Z \sigma_{\Delta D} \quad (2.3)$$

όπου  $Z$  η τιμή 1.96 για μονοδιάστατο έλεγχο για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται για κάθε όργανο, κάθε υλικό και κάθε γωνία πρόσπτωσης.

## 2.4 Βάση στήριξης

### 2.4.1 Περιγραφή βάσης στήριξης

Προκειμένου να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα των μετρήσεων με την τιμή της μέτρησης στο πρίσμα πρέπει τα δοκίμια να τοποθετηθούν σε μια κατάλληλη διάταξη έτσι ώστε να πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε μια κατάλληλη βάση στήριξης η οποία:

- ✓ Τοποθετείται σε τρικόγλιο ώστε να μπορεί να οριζοντιωθεί
- ✓ Έχει δυνατότητα περιστροφής ώστε να τοποθετείται ο στόχος στην επιθυμητή γωνία πρόσπτωσης σε σχέση με το σκοπευτικό άξονα του οργάνου.

- ✓ Είναι σταθερή
- ✓ Έχει τη δυνατότητα να δέχεται υλικά-δοκίμια τα οποία έχουν διαφορετικό σχήμα ή πάχος
- ✓ Επιτρέπει την κατακόρυφη τοποθέτηση των δοκιμίων
- ✓ Εξασφαλίζει την ίδια θέση της επιφάνειας μέτρησης του μήκους για όλα τα δοκίμια και την ταύτισής με το σημείο μέτρησης του πρίσματος.

Η βάση στήριξης αυτή έχει το σχήμα ενός είδους καλουπιού με ενιαία βάση και πλάτη για την συρταρωτή κατακόρυφη τοποθέτηση των δοκιμίων.

Επειδή τα δοκίμια είναι διαφορετικού πάχους επιλέχθηκε η κατασκευή να διαθέτει κενό τουλάχιστον 30mm και έπειτα με την βοήθεια 2 ελικοειδών κοχλίων να πραγματοποιείται η σταθεροποίηση των δοκιμίων μικρότερου πάχους (Φωτ. 2.2)



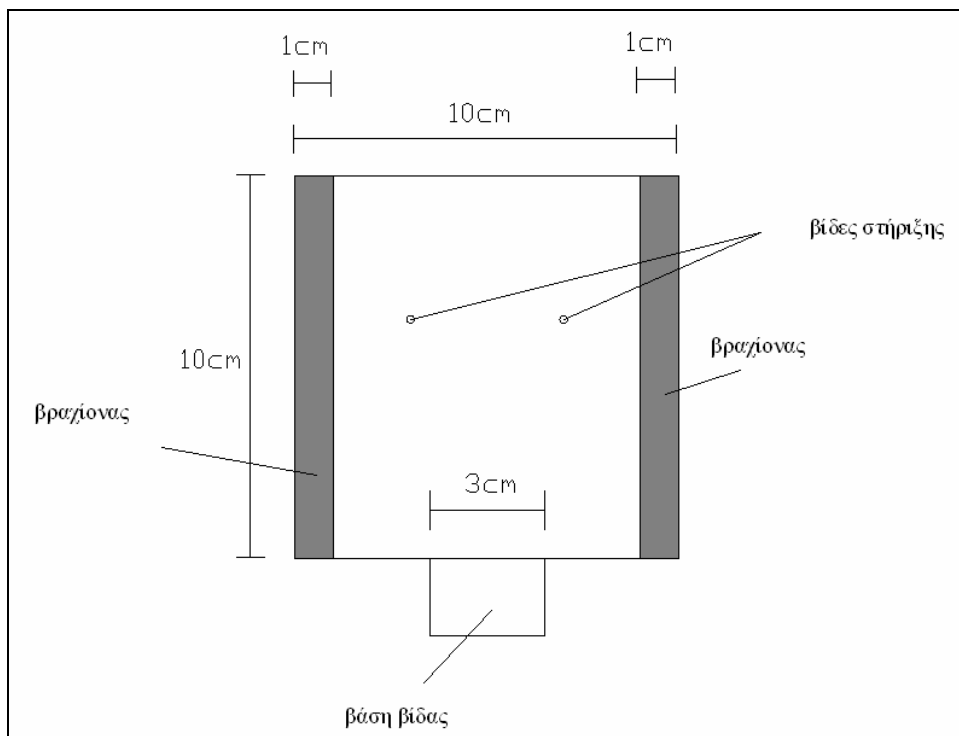
Φωτ. 2.2: Βάση στήριξης

Για την σταθεροποίηση των δοκιμίων σχεδιάστηκε η κατασκευή 2 κατακόρυφων λεπτών εμπρόσθιων βραχιόνων που αφενός στηρίζουν από εμπρός το δοκίμιο και αφετέρου αφήνουν ικανοποιητικό κενό ανάμεσά τους ως περιοχή σκόπευσης των δοκιμίων. Δεδομένου ότι οι μετρήσεις θα πραγματοποιούνται και σε εξωτερικούς χώρους και μάλιστα σε αποστάσεις μερικών εκατοντάδων μέτρων επιλέχθηκε μια τυπική επιφάνεια 10cm έτσι ώστε να υπάρχει μια αρκετά διακριτή περιοχή προς σκόπευση χωρίς ωστόσο να υπάρξουν ιδιαίτερα μεγάλες και επομένως ευνοϊκές διαστάσεις (σχήμα 2.4).

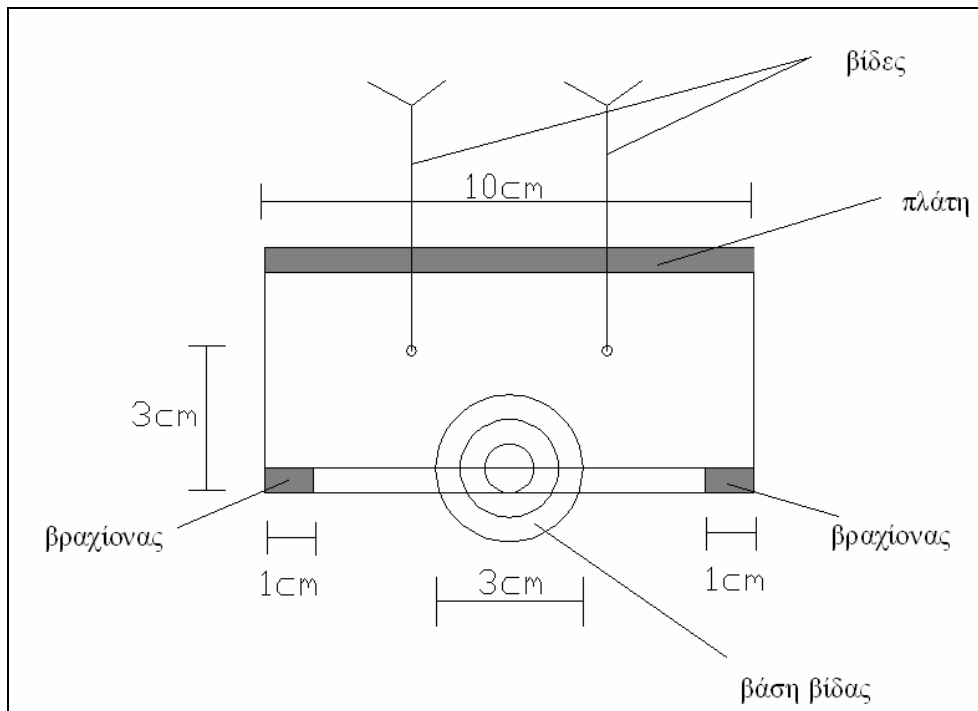
Επίσης η επιφάνεια μέτρησης των δοκιμίων πρέπει να βρίσκεται στο συγκεκριμένο κατακόρυφο επίπεδο το οποίο θα περιλαμβάνει τον κατακόρυφο άξονα που περνά από το σημείο κέντρωσης της βάσης όταν αυτή είναι οριζοντιωμένη και επομένως ταυτίζεται με το σημείο μέτρησης του πρίσματος όταν τοποθετείται πάνω στο τρικόχλιο.

Ωστόσο πέρα από τα γενικά μηχανικά χαρακτηριστικά η βάση στήριξης πληροί και συγκεκριμένες, απαραίτητες για την χρήση της, προϋποθέσεις. Συγκεκριμένα:

- ✓ Το κέντρο της βίδας πάκτωσης της βάσης στο τρικόγλιο να ανήκει στο κατακόρυφο επίπεδο που ορίζει η εσωτερική πλευρά των βραχιόνων της βάσης.
- ✓ Το επίπεδο που ορίζουν οι βραχίονες να είναι κατακόρυφο (σχήμα 2.5)



Σχήμα 2.4: Όψη κατασκευής



Σχήμα 2.5: Κάτοψη κατασκευής

### 2.2.2 Εργαστηριακός έλεγχος της βάσης στήριξης

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η βάση στήριξης στις μετρήσεις πραγματοποιήθηκε ο απαραίτητος έλεγχος ώστε να πιστοποιηθεί αν η βάση πληροί τις προϋποθέσεις σύμφωνα με τις οποίες κατασκευάστηκε.

Ο έλεγχος αφορά στο:

- Αν οι βραχίονες ανήκουν στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο και
- Αν το επίπεδο αυτό περνά από το κέντρο της βίδας πάκτωσης της βάσης.

Για τον έλεγχο αυτό πρέπει να μετρηθούν σημεία πάνω στους βραχίονες αλλά και στο επίπεδο της βίδας, να υπολογιστούν οι συντεταγμένες τους XYZ στον χώρο.

Η διαδικασία ελέγχου έγινε με την μέθοδο της εμπροσθοτομίας στο χώρο, στην αίθουσα Y23 του κτηρίου Λαμπαδαρίου.

Η εμπροσθοτομία στο χώρο είναι μια μέθοδος προσδιορισμού συντεταγμένων που χρησιμοποιείται όταν τα σημεία είναι απρόσιτα. Για την εφαρμογή της μεθόδου ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι: δύο ψηφιακά θεοδόλιχα και δύο τρίποδες. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται κυρίως από το αν τα δύο όργανα σκοπεύουν το ίδιο σημείο. Για το λόγο αυτό έχουν μεγάλη εφαρμογή λύσεις με συσκευές laser που επισημαίνουν τα σημεία έτσι ώστε τα όργανα να σκοπεύουν το ίχνος της δέσμης laser επάνω στο κτήριο. Σε κάθε περίπτωση το ύψος σκόπευσης είναι 0.

Η εμπροσθοτομία οδηγεί στον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου Γ με τη μέτρηση μόνο των οριζόντιων γωνιών  $a$  και  $b$  και των ζενίθιων γωνιών  $Z_A$  και  $Z_B$  από δύο γνωστά σημεία  $A$  και  $B$  με γνωστές συντεταγμένες και επομένως γνωστή τη μεταξύ τους απόσταση (σχήμα 2.1).

Τα γνωστά μεγέθη είναι οι συντεταγμένες  $x_A, y_A, z_A, x_B, y_B, z_B$  των δύο στάσεων του οργάνου. Οι ορθογώνιες συντεταγμένες  $x_\Gamma, y_\Gamma$  καθώς και το υψόμετρο  $z_\Gamma$  του σκοπευόμενου σημείου υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις [Πανταζής, 2005, Μακρής, 2005]:

$$x_\Gamma = \frac{y_B - y_A + x_A \cdot \cot b + x_B \cdot \cot a}{\cot a + \cot b} \quad (2.4)$$

$$y_\Gamma = \frac{x_A - x_B + y_A \cdot \cot b + y_B \cdot \cot a}{\cot a + \cot b} \quad (2.5)$$

$$Z_{\Gamma A} = H_A + Y_{OA} + S_A \cdot \cot(Z_A) \quad (2.6)$$

$$Z_{\Gamma B} = H_B + Y_{OB} + S_B \cdot \cot(Z_B) \quad (2.7)$$

και τελικά

$$z_\Gamma = \frac{Z_{\Gamma A} + Z_{\Gamma B}}{2} \quad (2.8)$$

όπου

$$S_A = \sqrt{(X_\Gamma - X_A)^2 + (Y_\Gamma - Y_A)^2} \quad (2.9)$$

$$S_B = \sqrt{(X_\Gamma - X_B)^2 + (Y_\Gamma - Y_B)^2} \quad (2.10)$$

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί αναφοράς TDM5000 και TDM5005 της εταιρίας Leica οι οποίοι παρέχουν στις γωνίες απόδοση  $0.1^{cc}$  και ακρίβεια  $\pm 1.5^{cc}$  (Φωτ. 2.3).

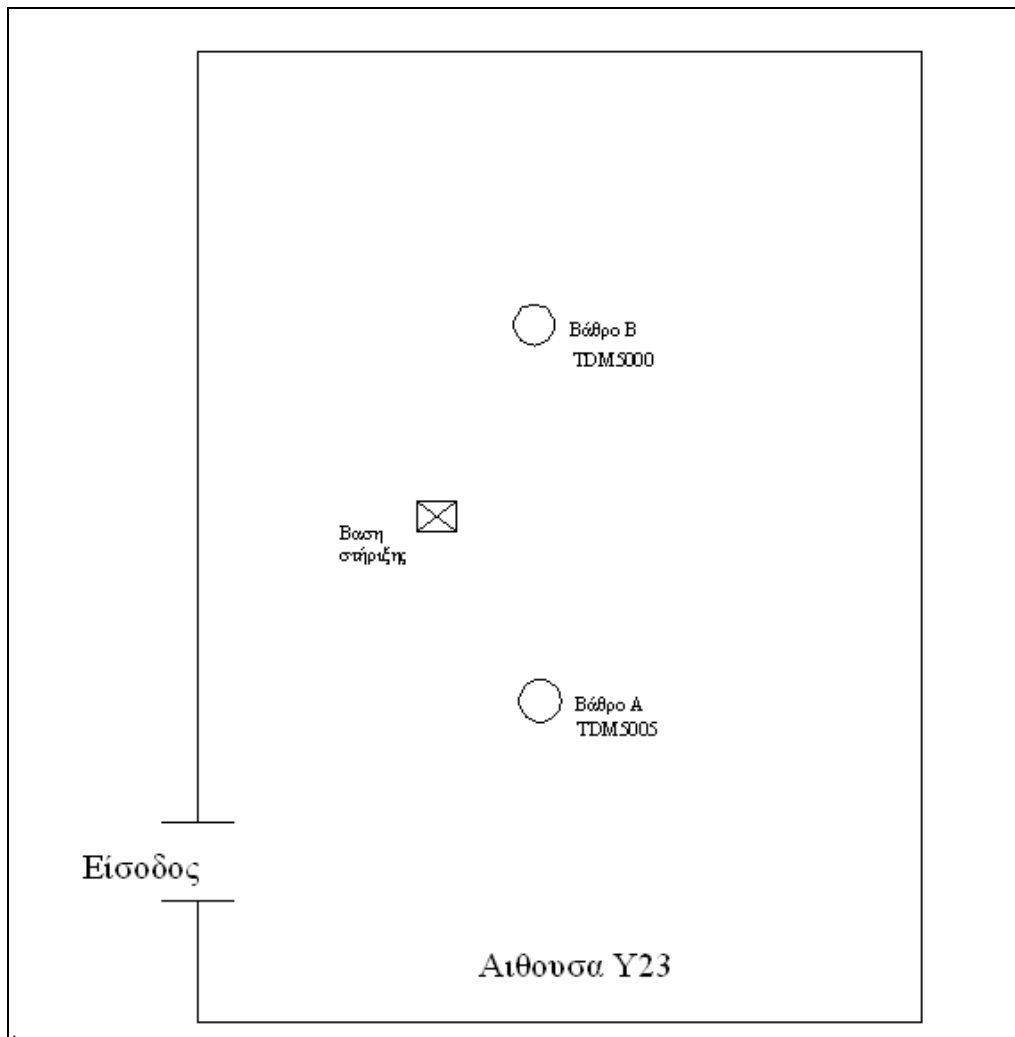




Φωτ. 2.3 : Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TDM 5000 και TDM 5005

Τα όργανα τοποθετήθηκαν σε δύο βάθρα της αίθουσας Υ23 γνωστών συντεταγμένων ενώ η κατασκευή τοποθετήθηκε περίπου στο μέσο της απόστασης των βάθρων αλλά όχι επάνω στην ευθεία που ορίζουν τα δυο βάθρα. Η βάση τοποθετήθηκε χωρίς τη χρήση τρίποδα αφού η μέγιστη ορατότητα μεταξύ των σταθμών αναφοράς επιτυγχανόταν με την τοποθέτηση της βάσης όσο χαμηλότερα στο έδαφος (σχήμα 2.6).

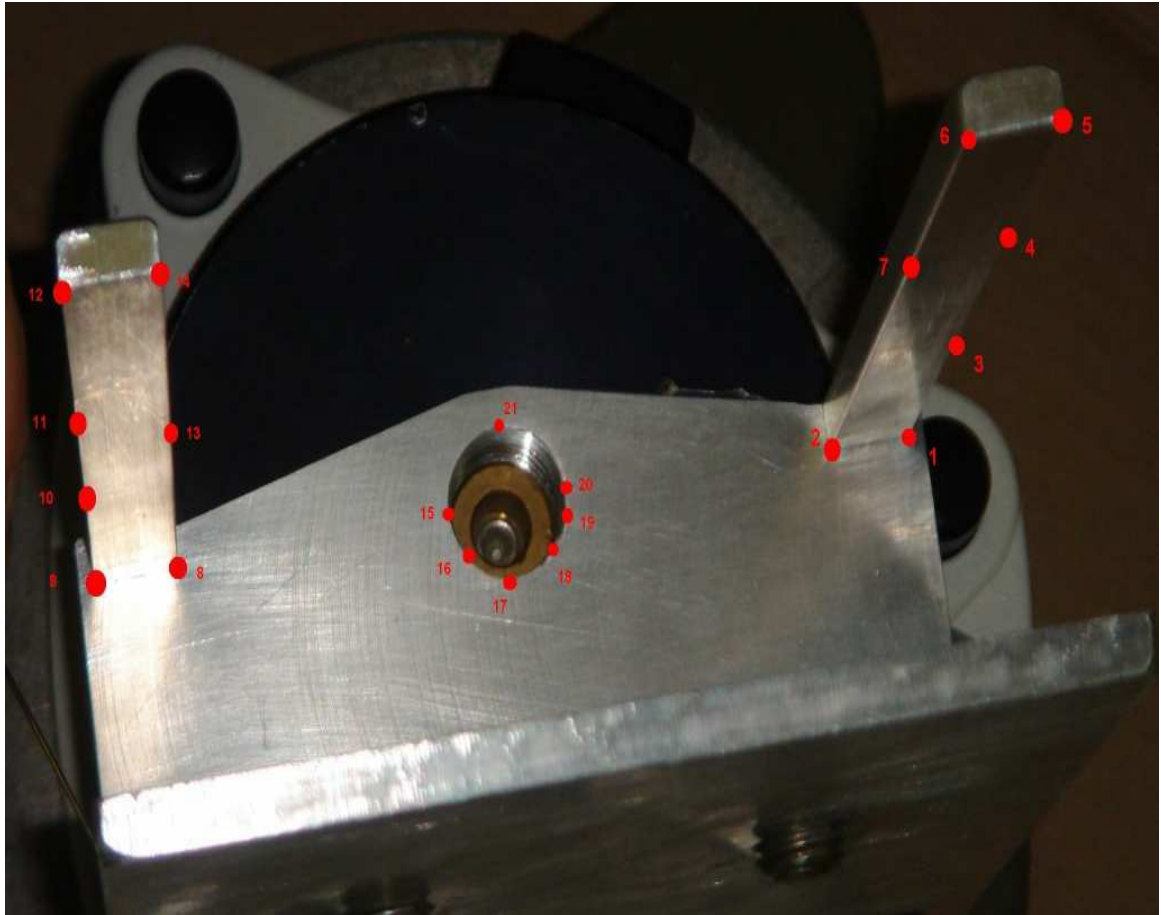
Έτσι, επιλέχθηκε μια θέση με μικρή απόκλιση από την μεσοκάθετο έτσι ώστε να δημιουργείται ένα είδους ισοσκελούς τριγώνου γεγονός που διευκόλυνε την αμοιβαία ορατότητα όλων εκείνων των προς αποτύπωση κρίσιμων σημείων και από τα δύο όργανα.



Σχήμα 2.6: Έλεγχος βάσης στήριξης στην αίθουσα Y23

Αφού έγινε μηδενισμός μετρήθηκαν συνολικά 21 σημεία από τα οποία:

- 7 είναι πάνω στην περιφέρεια του κύκλου που σχηματίζει η βίδα που εφαρμόζει στο τρικόχλιο
- 14 βρίσκονται πάνω στην εσωτερική πλευρά των βραχιόνων του προσώπου της κατασκευής αφού η επιφάνεια αυτή είναι το κατακόρυφο επίπεδο που αποτελεί την επιφάνεια μέτρησης του μήκους για όλα τα δοκίμια. Ειδικότερα μετρήθηκαν 4 σημεία στις γωνίες-κορυφές για κάθε βραχίονα και 3 σημεία κατά μήκος των κατακόρυφων ακμών (Φωτ. 2.4).



Φωτ. 2.4: Σημεία που μετρήθηκαν

Σε ειδικό έντυπο το οποίο παρατίθεται στο παράρτημα καταγράφηκαν οι οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες για κάθε ένα από τα 21 σημεία.

Επειδή οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από μικρή απόσταση της τάξης των 3m προκειμένου το σημείο να είναι μοναδικό στην σκόπευση και από τα δυο όργανα η υλοποίηση των σημείων έγινε με χρήση καρφίτσας που υποδείκνυε το αντίστοιχο σημείο (Φωτ. 2.5).

Επίσης χρησιμοποιήθηκε φακός για να παρέχει σωστό φωτισμό στο σημείο μέτρησης δεδομένου ότι οι μετρήσεις γίνονταν σε εσωτερικό χώρο με ελλιπή φωτισμό.

Η σήμανση των σημείων με laser αποδείχτηκε άστοχη επειδή λόγω της μικρής απόστασης σκόπευσης ήταν αδύνατη η μοναδική σκόπευση του αποτυπώματος του laser από το όργανο.



Φωτ. 2.5: Υπόδειξη σημείων με χρήση καρφίτσας

Τέλος η μέτρηση της διαφοράς των υψών οργάνου έγινε με ανάγνωση και από τα δυο όργανα πάνω σε μια σταδία υποδιαίρεσης χιλιοστού, τοποθετώντας την ανάγνωση 100.000<sup>s</sup> στον κατακόρυφο κύκλο του οργάνου. Με τον τρόπο υπολογίστηκε μέσω της διαφοράς των αναγνώσεων η σχετική υψομετρική διαφορά των κέντρων των 2 οργάνων. Η ανάγνωση από το βάθρο A ήταν 1.0640m ενώ η αντίστοιχη από το βάθρο B 1.0595m.

Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις (2.4-2.10) υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες xyz και των 21 σημείων σε τοπικό σύστημα αναφοράς με αρχή τις συντεταγμένες των βάθρων.

	x(m)	y(m)	z(m)
<b>ΒΑΘΡΟ A</b>	0.000	0.000	0.000
<b>ΒΑΘΡΟ B</b>	-5.947	0.000	-0.007

Πίνακας 2.1: Συντεταγμένες βάθρων αίθουσας Y23

Οι σχέσεις της εμπροσθοτομίας αυτές προγραμματίστηκαν σε περιβάλλον QBasic και τα τελικά αποτελέσματα των συντεταγμένων των σημείων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.2. Ως σημείο αναφοράς θεωρήθηκε το κέντρο του οργάνου που βρίσκεται στο βάθρο A με συντεταγμένες (0,0).

ΣΗΜΕΙΟ	x	y	z
1	3.0393	0.9860	0.1308
2	3.0495	0.9858	0.1306
3	3.0396	0.9861	0.1560
4	3.0394	0.9864	0.1871
5	3.0397	0.9866	0.2307
6	3.0496	0.9865	0.2305
7	3.0492	0.9860	0.1590
8	3.1292	0.9845	0.1306
9	3.1394	0.9843	0.1305
10	3.1392	0.9843	0.1547
11	3.1393	0.9843	0.2043
12	3.1392	0.9842	0.2292
13	3.1295	0.9844	0.1656
14	3.1300	0.9845	0.2302
15	3.0825	0.9861	0.1306
16	3.0840	0.9812	0.1307
17	3.0880	0.9787	0.1307
18	3.0935	0.9797	0.1306
19	3.0952	0.9813	0.1307
20	3.0967	0.9850	0.1306
21	3.0907	0.9918	0.1299

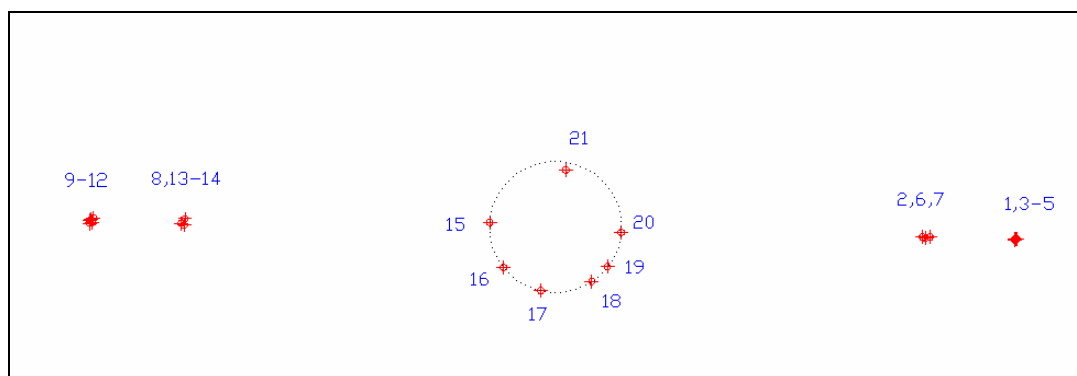
Πίνακας 2.2: Τελικές συντεταγμένες σημείων

Οι παραπάνω συντεταγμένες υπολογίστηκαν με αβεβαιότητες:

- για τον άξονα x,  $\sigma_x = \pm 0.07\text{mm}$
- για τον άξονα y,  $\sigma_y = \pm 0.17\text{mm}$
- για τον άξονα z,  $\sigma_z = \pm 0.07\text{mm}$

### 2.4.3 Υπολογισμοί

Πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των παραπάνω σημείων σε περιβάλλον AutoCAD όπου και έγινε μια πρώτη εκτίμηση αν το κέντρο του κύκλου της βίδας της βάσης στήριξης το οποίο αποτελεί την προβολή του κέντρου του καταφώτου, περιλαμβάνεται στο κατακόρυφο επίπεδο που σχηματίζουν οι βραχίονες στο πρόσωπο της βάσης (σχήμα 2.7).



Σχήμα 2.7: Απεικόνιση σημείων στο περιβάλλον AutoCAD

Για τον υπολογισμό της εξίσωσης του κύκλου που σχηματίζει η βίδα της βάσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.7, το σημείο με αριθμό 21 δεν ανήκει στην περιφέρεια του κύκλου γεγονός που επιβεβαιώνεται και με τα αθροίσματα των τετραγώνων των υπολοίπων της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων και επομένως εξαιρέθηκε της διαδικασίας υπολογισμού της εξίσωσης του κύκλου η οποία και πραγματοποιήθηκε με τα υπόλοιπα 6 σημεία

Έτσι η γενική εξίσωση του κύκλου είναι της μορφής:

$$x^2 + y^2 + Ax + By + \Gamma = 0$$

$$\Rightarrow xA + yB + 1 \cdot \Gamma = -x^2 - y^2$$

Επομένως ο πίνακας A είναι της μορφής :  $A = \begin{bmatrix} 3.0840 & 0.9812 & 1 \\ 3.0880 & 0.9787 & 1 \\ 3.0935 & 0.9797 & 1 \\ 3.0952 & 0.9813 & 1 \\ 3.0967 & 0.9850 & 1 \\ 3.1825 & 0.9861 & 1 \end{bmatrix}$

Και ο πίνακας l αντίστοιχα:  $l = \begin{bmatrix} -10.47380944 \\ -10.49359769 \\ -10.52955434 \\ -10.54321273 \\ -10.55977589 \\ -10.47419946 \end{bmatrix}$

$$(A^T A) \cdot \hat{x} = A^T l \quad (2.11)$$

$$\hat{x} = (A^T A)^{-1} \cdot (A^T l) \quad (2.12)$$

$$\hat{x} = \begin{bmatrix} -6.17917677923106 \\ -1.97128543560393 \\ 10.51699730008841 \end{bmatrix}$$

Άρα κέντρο  $K \left( -\frac{A}{2}, -\frac{B}{2} \right) = (3.0896, 0.9856)$

Και ακτίνα  $R = \frac{\sqrt{A^2 + B^2 - 4\Gamma}}{2} = 0.00712$

Επομένως με την λύση του παραπάνω συστήματος έχει οριστεί πλήρως ο κύκλος που περιγράφει το σχήμα της βίδας στη βάση.

Ο πίνακας μεταβλητότητας  $V_x$  είναι:

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{[uu]}{n-m}} \quad (2.13)$$

$$V_x = \sigma_0^2 (A^T A)^{-1} \quad (2.14)$$

$$V_x = 10^{-7} \begin{bmatrix} 0.0096 & 0.0024 & -0.0322 \\ 0.0024 & 0.0404 & -0.0472 \\ -0.0322 & -0.0472 & 0.1459 \end{bmatrix}$$

Εφαρμόζοντας ακριβώς την ίδια διαδικασία αλλά για τα 14 σημεία, τα οποία βρίσκονται στους βραχίονες της κατασκευής, υπολογίζεται η εξίσωση του βέλτιστου επιπέδου το οποίο περιγράφει την επιφάνεια αυτή των βραχιόνων.

Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον Visual Basic με την χρήση ειδικού προγράμματος.

Υπολογίστηκε η γενική εξίσωση του επιπέδου η οποία είναι της μορφής:

$$Ax + By + \Gamma = Z \quad (2.15)$$

Οι συντελεστές A, B, Γ υπολογίστηκαν:

$$A = 2.77409806104081$$

$$B = 135.975883649365$$

$$\Gamma = -142.368107729622 \text{ και}$$

$$\sigma_0 = 0.034$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται η εξίσωση της ευθείας που ορίζει την τομή του επιπέδου του κύκλου και του κατακόρυφου επιπέδου των βραχιόνων αντίστοιχα. Η ευθεία αυτή διέρχεται θεωρητικά από το κέντρο του κύκλου.

Αν η εξίσωση του επιπέδου είναι:

$$\alpha_1 x + \beta_1 y + \gamma_1 = Z \quad (2.16)$$

και η εξίσωση του κύκλου είναι:

$$x^2 + y^2 + \alpha_2 x + \beta_2 y + \gamma_2 = 0 \quad (2.17)$$

Επειδή οι μετρήσεις πάνω στα υλικά γίνονται σχεδόν στο κέντρο της βάσης, θέτοντας Z στην εξίσωση του επιπέδου το μέσο Z=0.1306 όπως αυτό προκύπτει από τις συντεταγμένες των σημείων που μετρήθηκαν πάνω στους βραχίονες επιλύεται το παραπάνω σύστημα. Έτσι

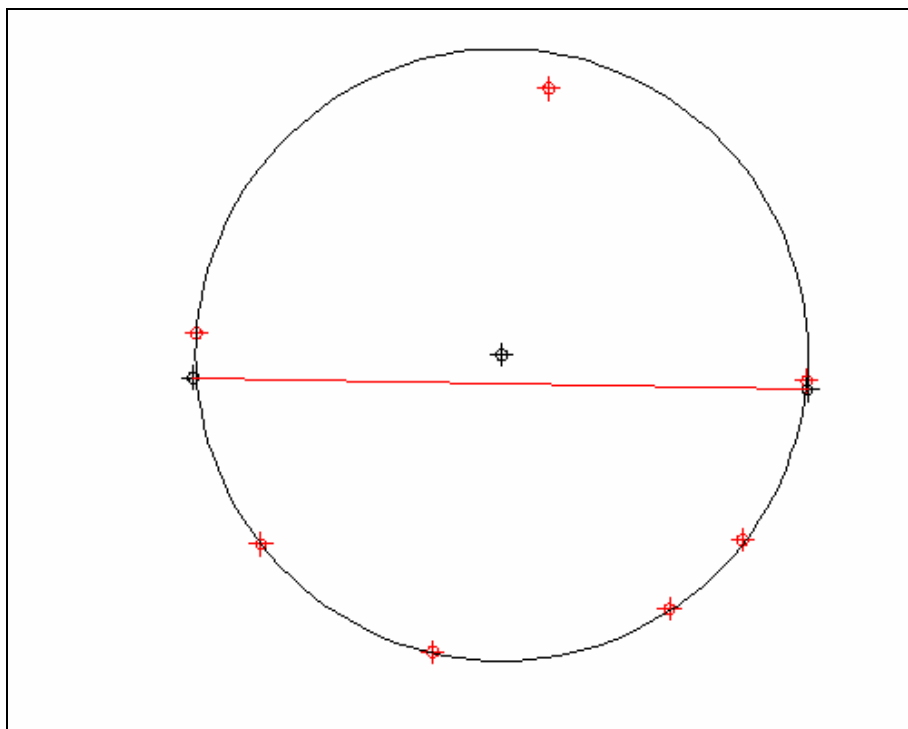
προκύπτουν τα δύο ζεύγη συντεταγμένων των σημείων τομής του κατακόρυφου επιπέδου με τον κύκλο τα οποία είναι:

(3.082,0.985) και

(3.097,0.985) αντίστοιχα.

Η απόσταση της ευθείας που διέρχεται από τα δύο αυτά σημεία από το κέντρο του κύκλου υπολογίστηκε αναλυτικά μέσω των εξισώσεων και βρέθηκε  $D=0.0007\text{m}$  (σχήμα 2.10).

Στο σχήμα 2.10 εμφανίζεται με μαύρο χρώμα ο κύκλος που περιγράφει το σχήμα της βίδας στην βάση στήριξης, ενώ με κόκκινο η ευθεία που αντιστοιχεί στην τομή του κύκλου με το επίπεδο των βραχιόνων. Εμφανίζεται επίσης το κέντρο του κύκλου που απέχει απόσταση  $D=0.0007\text{m}$  από την ευθεία.



Σχήμα 2.10: Απόκλιση κέντρου κύκλου από επίπεδο βραχιόνων

Η διόρθωση αυτή είναι συστηματική και αφαιρετική σε κάθε μήκος που μετράται. Δηλαδή, κάθε υλικό τοποθετείται στο κατακόρυφο επίπεδο που ορίζουν οι βραχίονες της βάσης κατά  $0.7\text{mm}$  πίσω από το σημείο κέντρωσής της.

Επομένως η κατασκευή παρέχει ακρίβεια  $0.7\text{mm}$  στην τοποθέτηση του δοκιμίου.

Δεδομένου ότι η μέγιστη ακρίβεια των οργάνων μέτρησης του μήκους χωρίς ανακλαστήρα είναι  $\pm 3\text{mm}$  το σφάλμα αυτό δεν θα επηρεάσει τα αποτελέσματα των μετρήσεων πάνω στα υλικά.



## 2.5 Όργανα

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις ήταν 3 και συγκεκριμένα:

- ✓ Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TCR303 της εταιρίας Leica,
- ✓ Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός 5605DR<sup>+</sup> της εταιρίας Trimble
- ✓ Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός GPT3003LN της εταιρίας Topcon

### 2.5.1 Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR303

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (total station) Leica TCR 303 (φωτ. 2.5) έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς ανακλαστήρα.
- Δυνατότητα ορατής ή όχι εκπομπής της δέσμης laser.
- Διάρκεια μέτρησης μήκους μικρότερη του 1 sec.
- Μικρό βάρος (4.2 kgr).
- Βεληνεκές των 80m για την μέτρηση μηκών χωρίς ανακλαστήρα και 3000m με ανακλαστήρα.
- Για τις γωνίες απόδοση 5<sup>cc</sup> και ακρίβεια  $\pm 10^{\text{cc}}$
- Για τα μήκη απόδοση 0.5 mm και ακρίβεια  $\pm 2 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$  με πρίσμα και ακρίβεια  $\pm 3 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$  χωρίς πρίσμα.

[TPS300 series Leica specifications manual]



Φωτ.. 2.6: Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TCR303

## 2.5.2 Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Trimble 5605DR<sup>+</sup>

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (total station) Trimble 5605DR<sup>+</sup> (φωτ. 2.6) έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς ανακλαστήρα,
- διάρκεια της μέτρησης μήκους της τάξης των 3 sec,
- βάρος 6.6 kg
- βεληνεκές 2500m για μέτρηση με ένα πρίσμα και 5500m για μετρήσεις μεγάλων αποστάσεων (επιλογή long range)
- βεληνεκές 600m για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα
- Για τις γωνίες απόδοση 1<sup>cc</sup> και ακρίβεια  $\pm 15^{\text{cc}}$
- Για τα μήκη με χρήση πρίσματος απόδοση 1 mm και ακρίβεια  $\pm 3 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$
- Για τα μήκη χωρίς πρίσμα απόδοση 1 mm και ακρίβεια  $\pm 3 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$  για τα μήκη μέχρι 200m
- Για τα μήκη χωρίς πρίσμα απόδοση 1 mm και ακρίβεια  $\pm 5 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$  για μήκη μεγαλύτερα των 200m
- Αποτύπωμα δέσμης laser (beam divergence) 4cm ανά 100m οριζόντια και 8cm ανά 100m κατακόρυφα αντίστοιχα. Έτσι το αποτύπωμα δέσμης είναι μια έλλειψη με τον μεγάλο άξονα στην κατακόρυφη διάσταση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το βεληνεκές των 600m που δίνεται από την εταιρία αναφέρεται σε μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα στο ειδικό χαρτί Kodak White card με αντανάκλαση ακριβώς του 90% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Επίσης οι τιμές βεληνεκούς του σταθμού σε διαφορετικά είδη υλικών είναι:

- Kodak Gray 90% =600m
- Kodak Gray 18% >200m
- Τσιμέντο 200-300m
- Ξύλο 150-300m
- Μέταλλο 150-200m
- Ανοιχτόχρωμος βράχος 150-250m
- Σκουρόχρωμος βράχος 100-150m

Όλες οι παραπάνω τιμές του βεληνεκούς για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα αναφέρονται σε τυπικές συνθήκες μετρήσεων χωρίς καταχνιά, με μέτριο φωτισμό και χωρίς έντονη ακτινοβολία του ήλιου.

*[Trimble specifications manual, 5600DR<sup>+</sup> series]*



Φωτ. 2.7: Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός 5605DR<sup>+</sup>

### 2.5.3 Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN (φωτ. 2.7) έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς ανακλαστήρα,
- διάρκεια της μέτρησης μήκους 1.2 sec,
- βάρος 5.3 kg
- βεληνεκές 3000m για μέτρηση με ένα πρίσμα
- βεληνεκές μέχρι και 1200m για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα
- Για τις γωνίες απόδοση 1<sup>cc</sup> και ακρίβεια  $\pm 10^{cc}$
- Για τα μήκη με χρήση πρίσματος απόδοση 0.2mm και ακρίβεια  $\pm 2mm \pm 2ppm$
- Για μήκη χωρίς πρίσμα απόδοση 1 mm και ακρίβεια  $\pm 10 mm$  για τα μήκη μέχρι 25m
- Για μήκη χωρίς πρίσμα απόδοση 1 mm και ακρίβεια  $\pm 5mm$  για μήκη μεγαλύτερα των 25m
- Αποτύπωμα δέσμης laser (beam divergence) 1.5cm στα 50m οριζόντια και 3cm στα 50m κατακόρυφα αντίστοιχα.

Οι παραπάνω τιμές του βεληνεκού για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα αναφέρονται σε τυπικές συνθήκες μετρήσεων με ελαφριά καταχνιά και ορατότητα περίπου 20km μέτριο φωτισμό και χωρίς έντονη ακτινοβολία του ήλιου. [Topcon 3000 series specifications manual]



Φωτ. 2.8: Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN

## 2.6 Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Έγινε προσπάθεια να καλυφθεί μεγάλο εύρος υλικών και χρωμάτων. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε σε υλικά που θεωρούνται ευρύτατα διαδεδομένα σε χρήση και που είναι αυτά που συναντά καθημερινά ένας μηχανικός στο ύπαιθρο. Κάποια από αυτά τα υλικά συλλέχθηκαν σε διαφορετικά χρώματα για να μελετηθούν και αποτελέσματα της ανακλαστικότητας διαφορετικών χρωμάτων του ίδιου υλικού (πχ. τσιμέντο, πλακάκι, κτλ).

Τελικά επιλέχθηκαν και μετρήθηκαν τα παρακάτω 26 υλικά:

- |                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| -Kodak Gray Card (18%)            | -Αφρολέξ καφέ  |
| -Kodak White Card (90%)           | -Αφρολέξ λευκό |
| -Αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος | -Μάρμαρο       |
| -Αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου   | -Σίδερο        |
| -Γεωδαιτικός στόχος Sokkia        | -Κεραμίδι      |
| -Τσιμέντο λευκό                   | -Άσφαλτος      |
| -Τσιμέντο γκρι                    | -Ξύλο          |
| -Χαρτόνι γκρι                     | -Βράχος        |
| -Χαρτόνι μαύρο                    | -Νοβοπάν       |
| -Πλαστικό λευκό                   | -Μελαμίνη      |
| -Πλαστικό κόκκινο                 | -Νίκελος       |
| -Πλακάκι γκρι                     | -Χρυσός        |
| -Πλακάκι μπεζ                     | -Πάγος         |

Όλα τα παραπάνω υλικά τοποθετήθηκαν το ένα μετά το άλλο στην ειδική βάση στήριξης και στερεώθηκαν στην σωστή θέση έτσι ώστε η έμπροσθεν επιφάνειά τους να είναι εφραπτόμενη στους βραχίονες της

βάσης και να υλοποιείται σωστά το κατακόρυφο επίπεδο μέτρησης.  
(φωτ. 2.9-2.30).



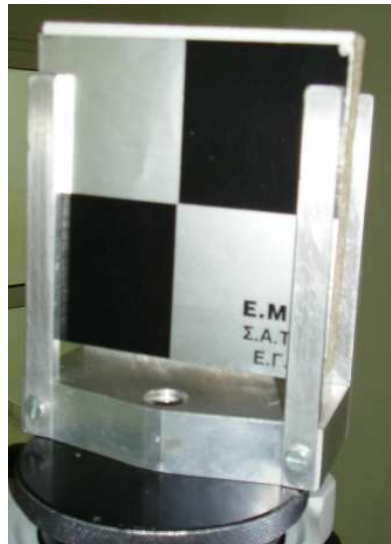
Φωτ. 2.9: Kodak Gray Card



Φωτ. 2.10: Kodak White Card



Φωτ. 2.11: Αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος



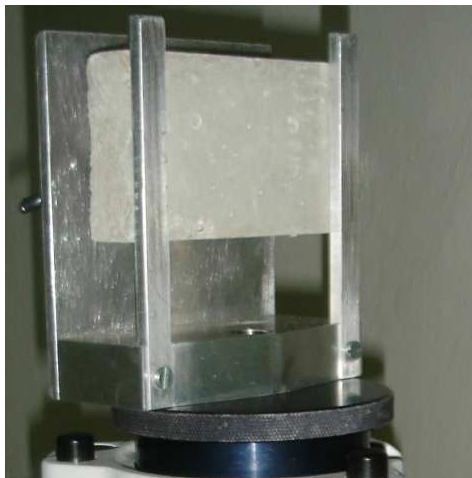
Φωτ. 2.12 Αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου



Φωτ. 2.13: Γεωδαιτικός στόχος Sokkia



Φωτ. 2.14: τσιμέντο λευκό



Φωτ. 2.15: τσιμέντο γκρι



Φωτ. 2.16: χαρτόνι γκρι



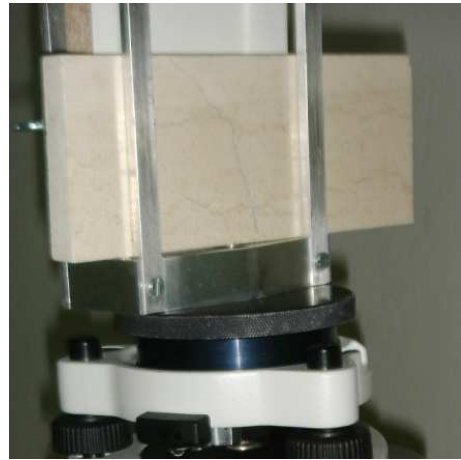
Φωτ. 2.17: χαρτόνι μαύρο



Φωτ. 2.18: πλαστικό λευκό



Φωτ. 2.19: πλαστικό κόκκινο



Φωτ. 2.20: πλακάκι γκρι



Φωτ. 2.21: πλακάκι μπεζ



Φωτ. 2.22: Αφρολέξ καφέ



Φωτ. 2.23: Αφρολέξ λευκό



Φωτ. 2.24: μάρμαρο





Φωτ. 2.25: Κεραμίδι



Φωτ. 2.26: Άσφαλτος



Φωτ. 2.27: Ξύλο



Φωτ. 2.28: βράχος



Φωτ. 2.29: Νοβοπάν



Φωτ. 2.30: Μελαμίνη





Φωτ. 2.31: Νίκελος



Φωτ. 2.32: Χρυσός

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

#### 3.1 Εσωτερικές μετρήσεις

Στα διαγράμματα 3.1-3.98 παρουσιάζονται οι μετρήσεις των μηκών που έγιναν στο τούνελ του κτηρίου Λαμπαδαρίου σε μήκος 50m ταξινομημένες ανά όργανο.

Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζονται οι μετρήσεις :

- με γωνία πρόσπτωσης της δέσμης 90°, με μπλε γραμμή
- με γωνία πρόσπτωσης της δέσμης 30° με κόκκινη γραμμή
- με γωνία πρόσπτωσης της δέσμης 45°, με πράσινη γραμμή.

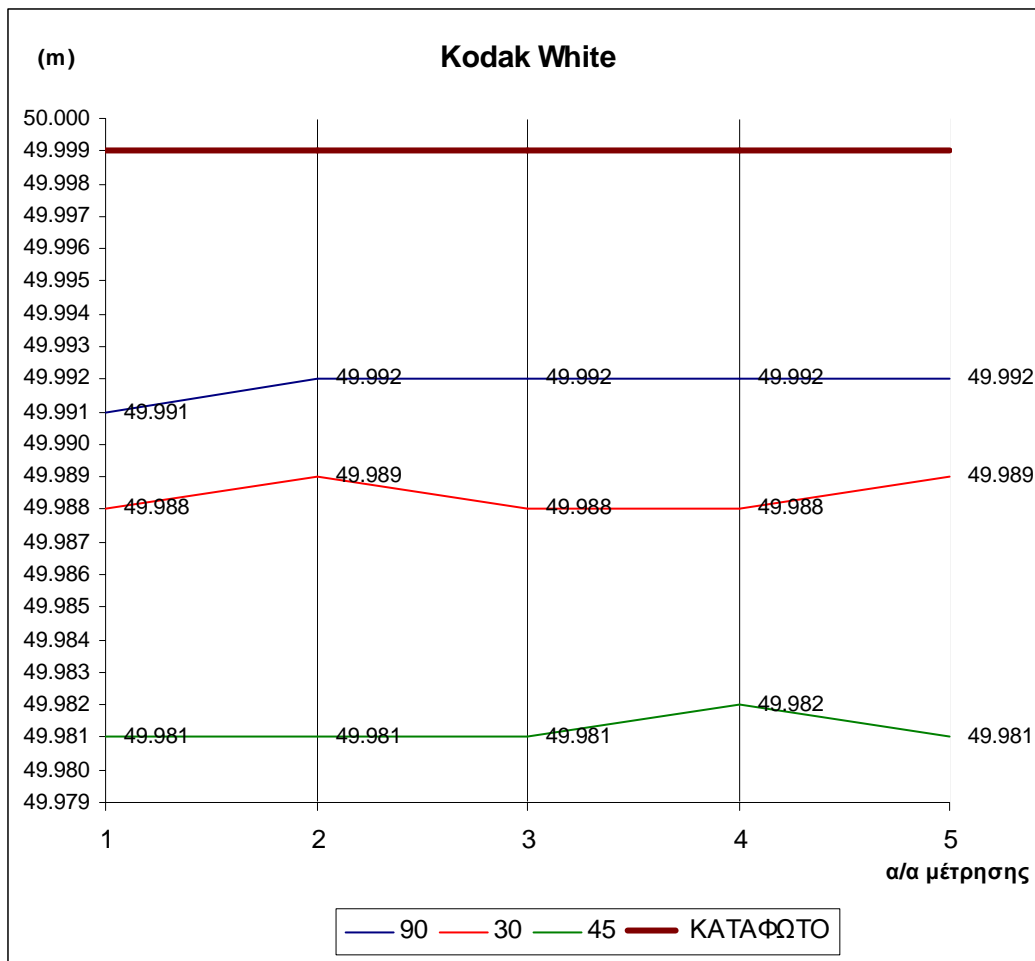
Επίσης σε κάθε διάγραμμα παρουσιάζεται με μια έντονη γραμμή η μέτρηση με κατάφωτο για κάθε όργανο έτσι ώστε να υπάρχει άμεση σύγκριση με τις μετρήσεις χωρίς κατάφωτο.

Η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε με κατάφωτο για κάθε όργανο είναι:

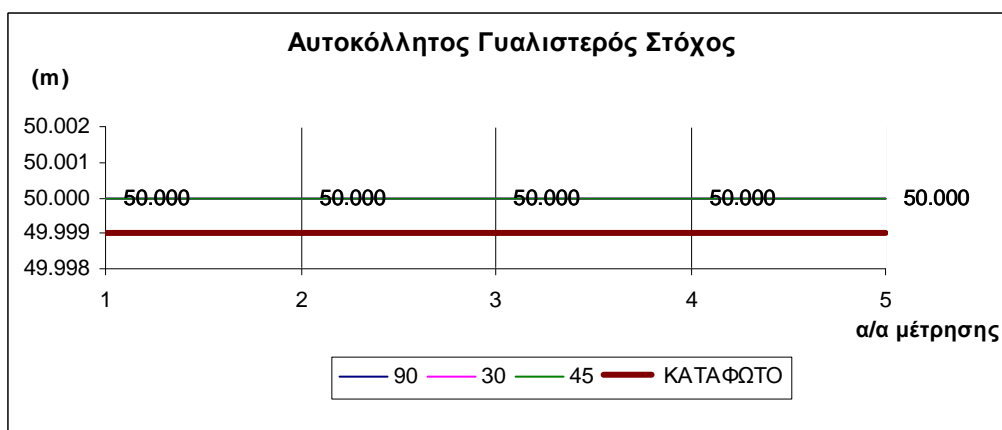
- 49.999 ±2mm για το Leica TCR303
- 50.002 ±3mm Trimble για το 5605DR<sup>+</sup>
- 50.001 ±3mm για το Topcon GPT3003LN

Τα διαγράμματα παρουσιάζονται σε κοινή κλίμακα και ειδικότερα στον άξονα Υ όπου οι μετρήσεις εμφανίζονται ανά χιλιοστό. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού με τον τρόπο αυτό είναι εφικτή η άμεση σύγκριση των μετρήσεων για κάθε υλικό.

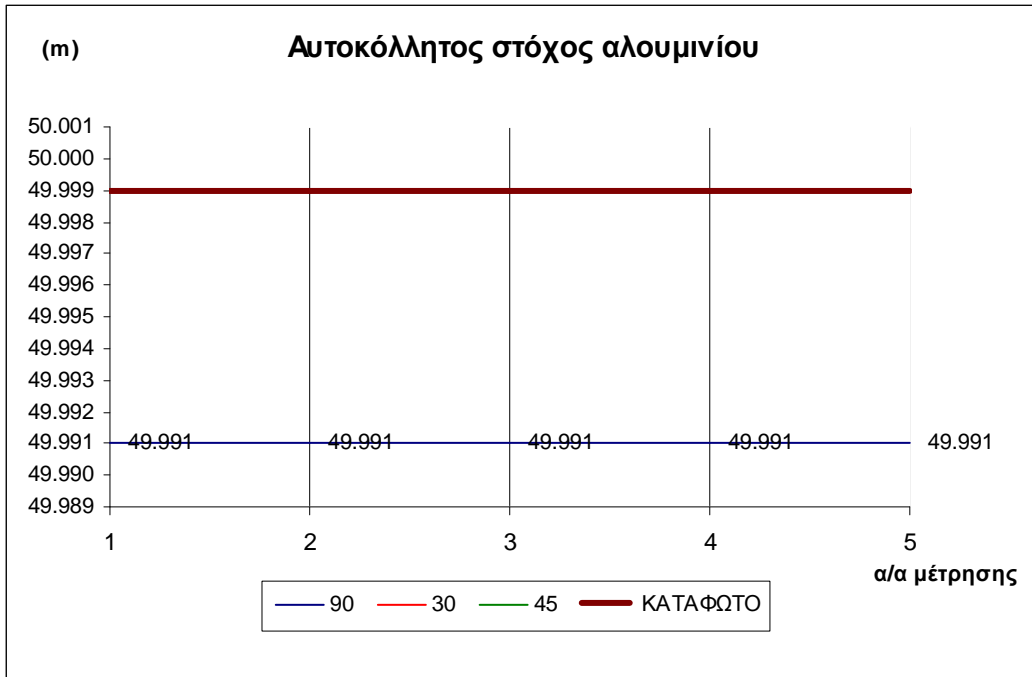
### 3.1.1 Εσωτερικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR303 για κάθε υλικό



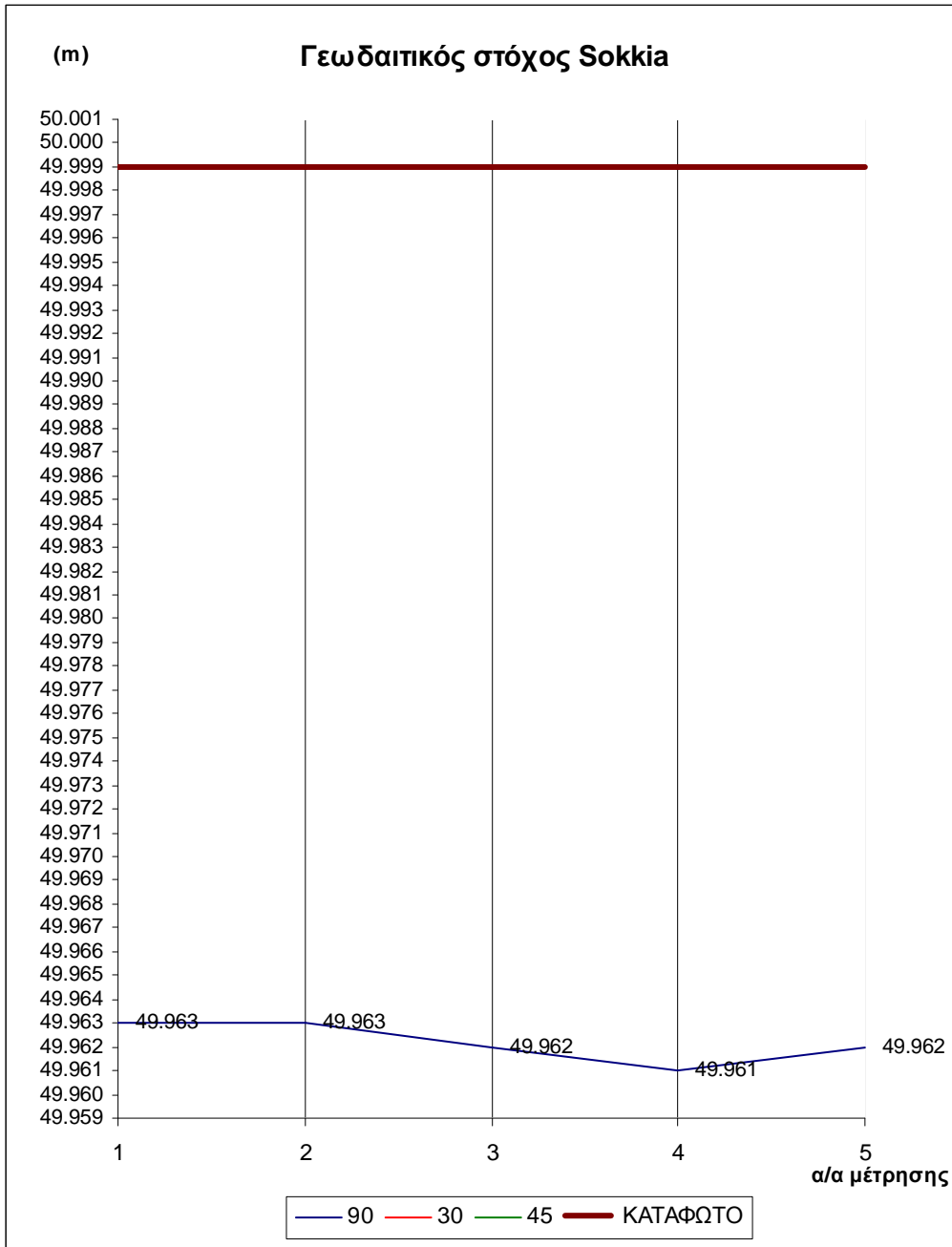
Διάγραμμα 3.1: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White στα 50m με το TCR303



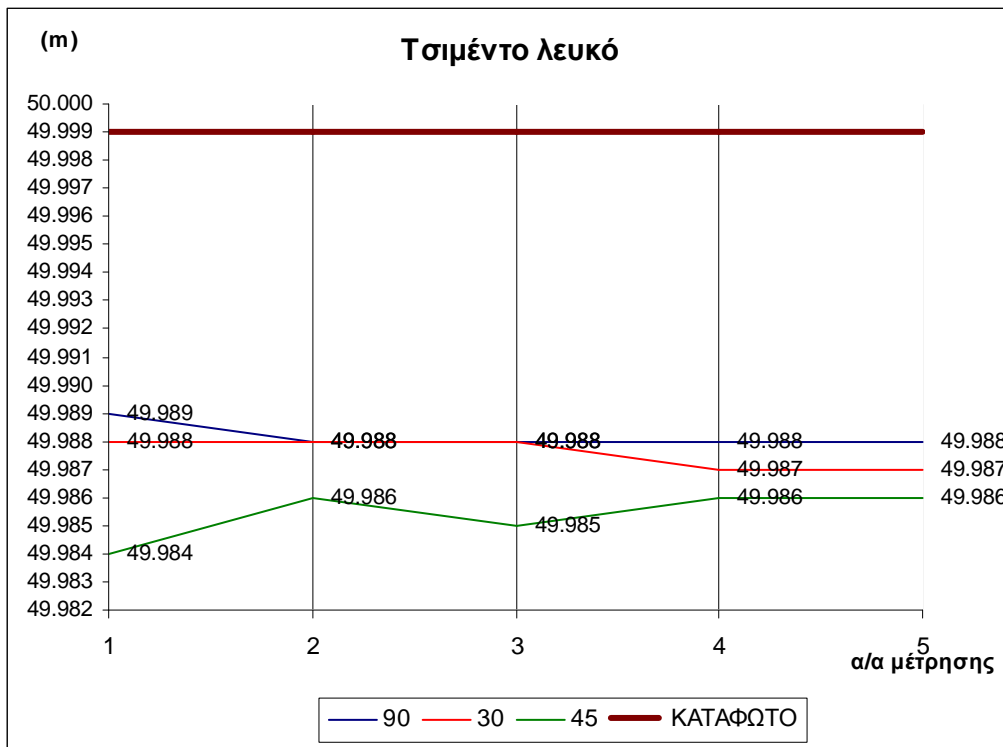
Διάγραμμα 3.2: Εσωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m με το TCR303



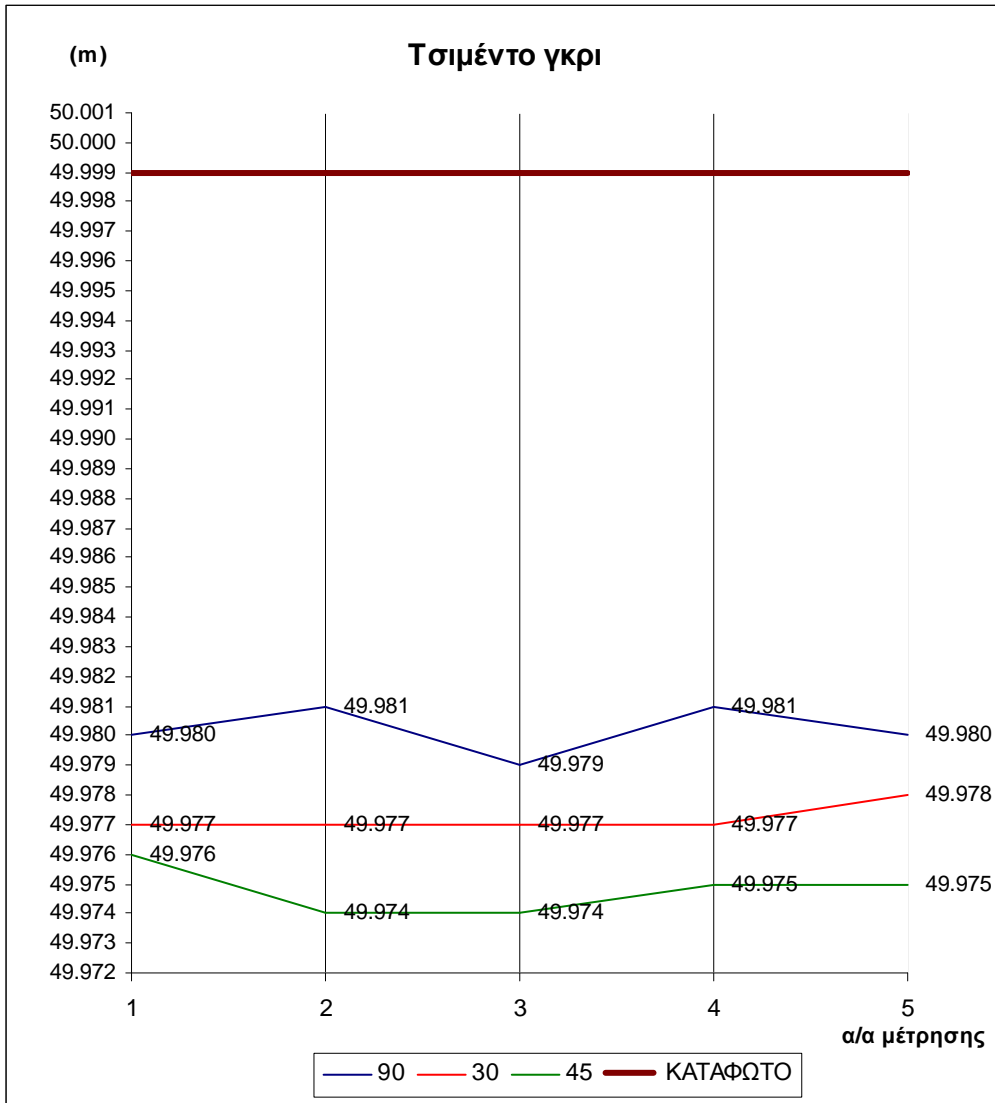
Διάγραμμα 3.3: Εσωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου στα 50m με το TCR303



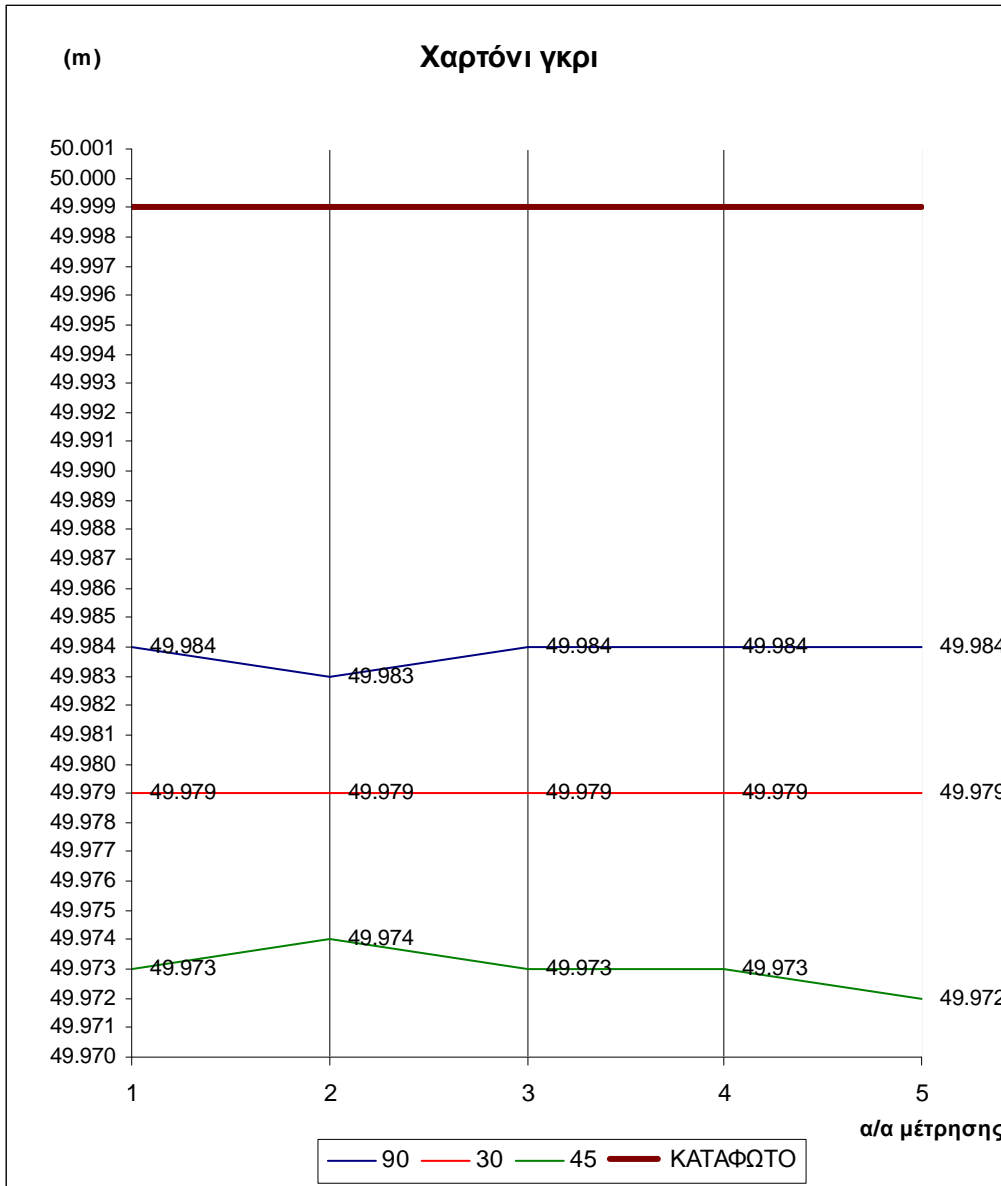
Διάγραμμα 3.4: Εσωτερική μέτρηση σε γεωδαιτικό στόχο Sokkia στα 50m με το TCR303



Διάγραμμα 3.5: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο  
τσιμέντο λευκό στα 50m με το TCR303

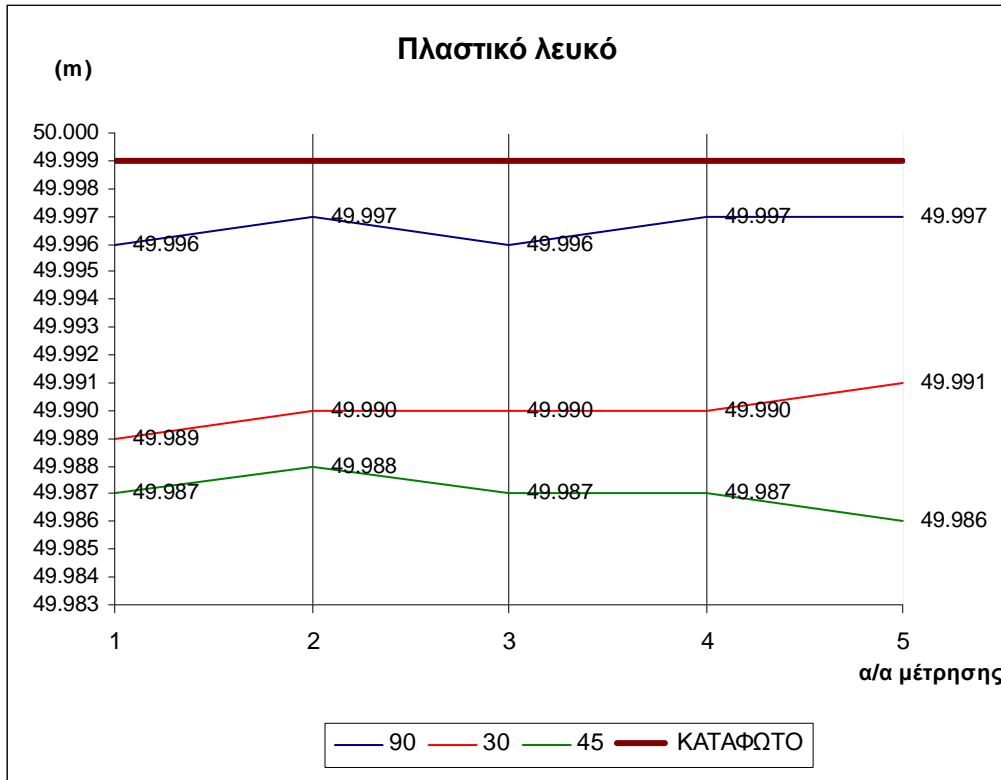


Διάγραμμα 3.6: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο τσιμέντο γκρι στα 50m με το TCR303

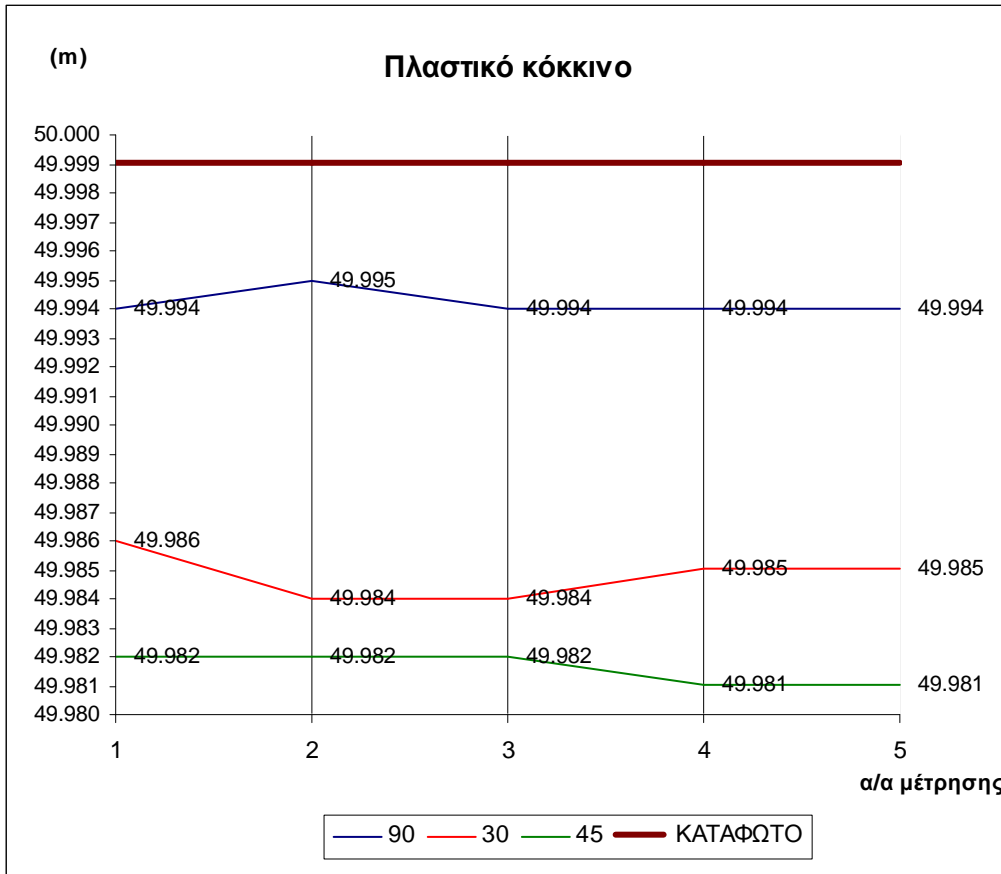


Διάγραμμα 3.7: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο χαρτόνι γκρι στα 50m με το TCR303

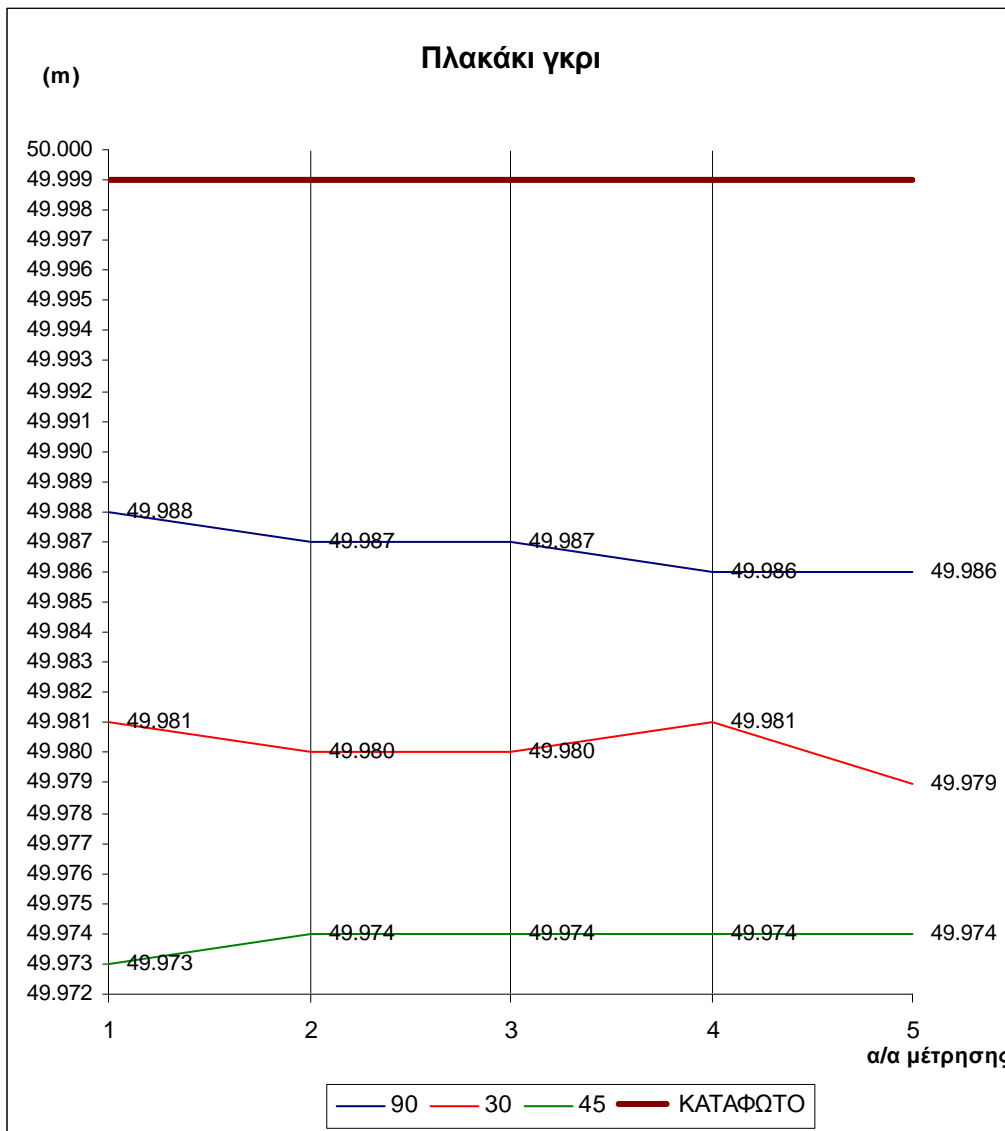




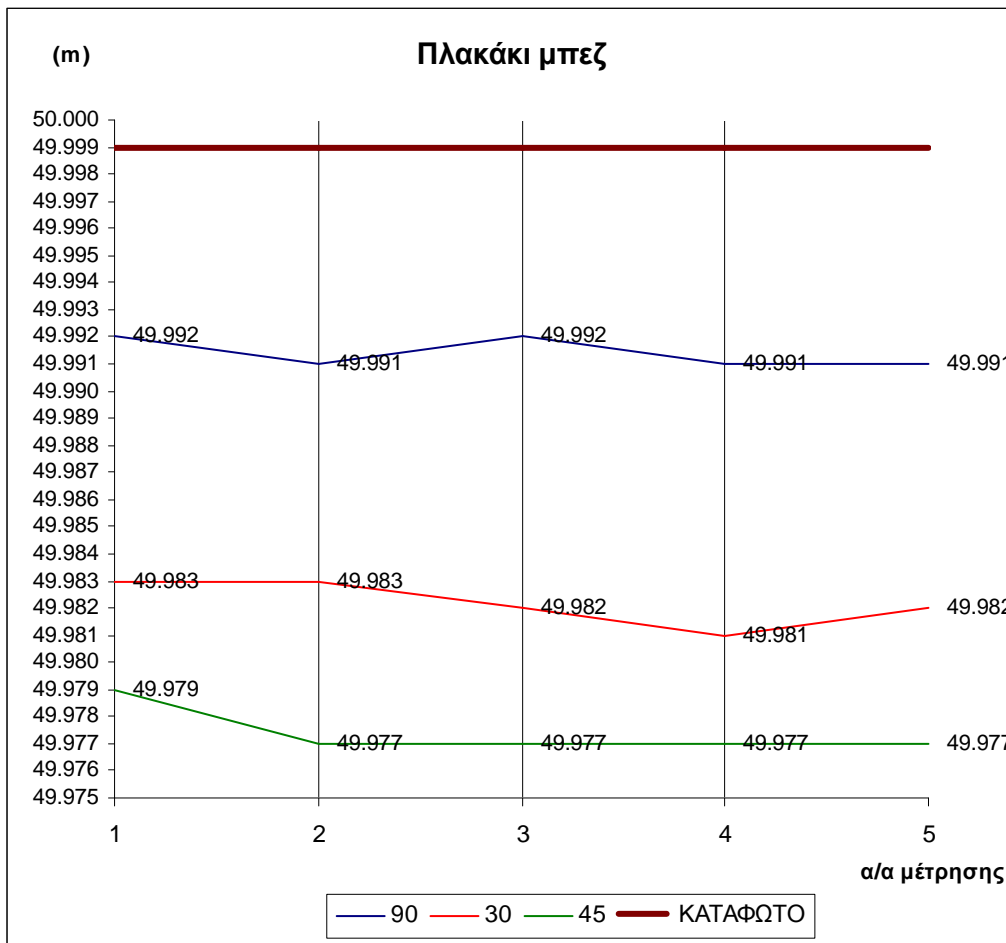
Διάγραμμα 3.8: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό λευκό στα 50m με το TCR303



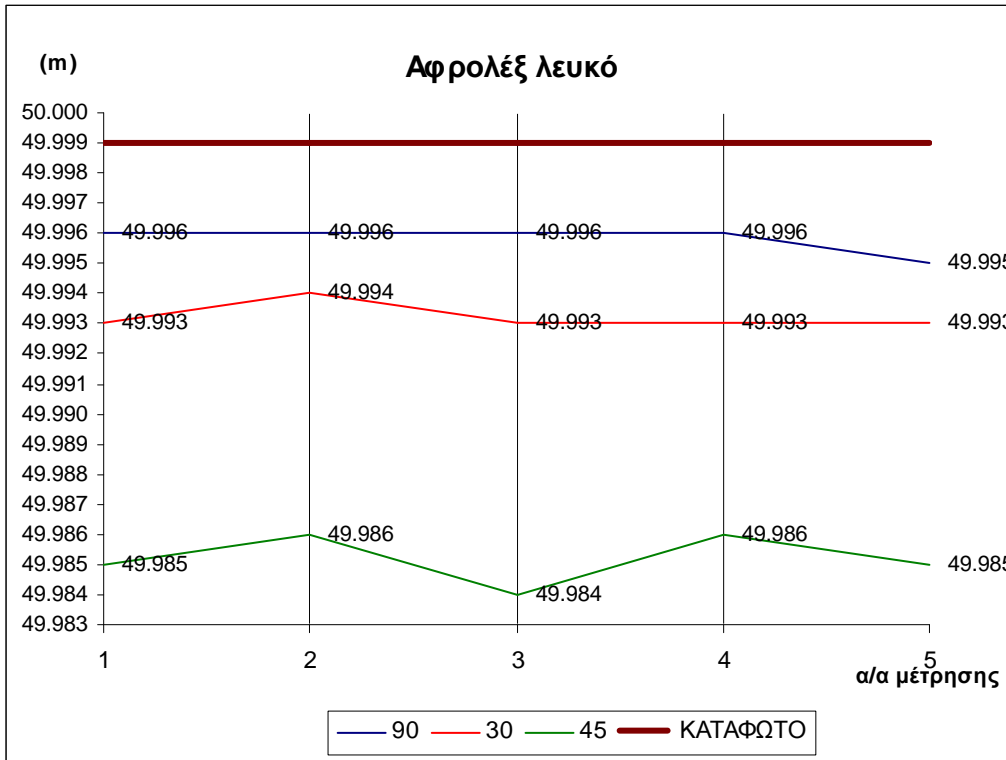
Διάγραμμα 3.9: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλαστικό κόκκινο στα 50m με το TCR303



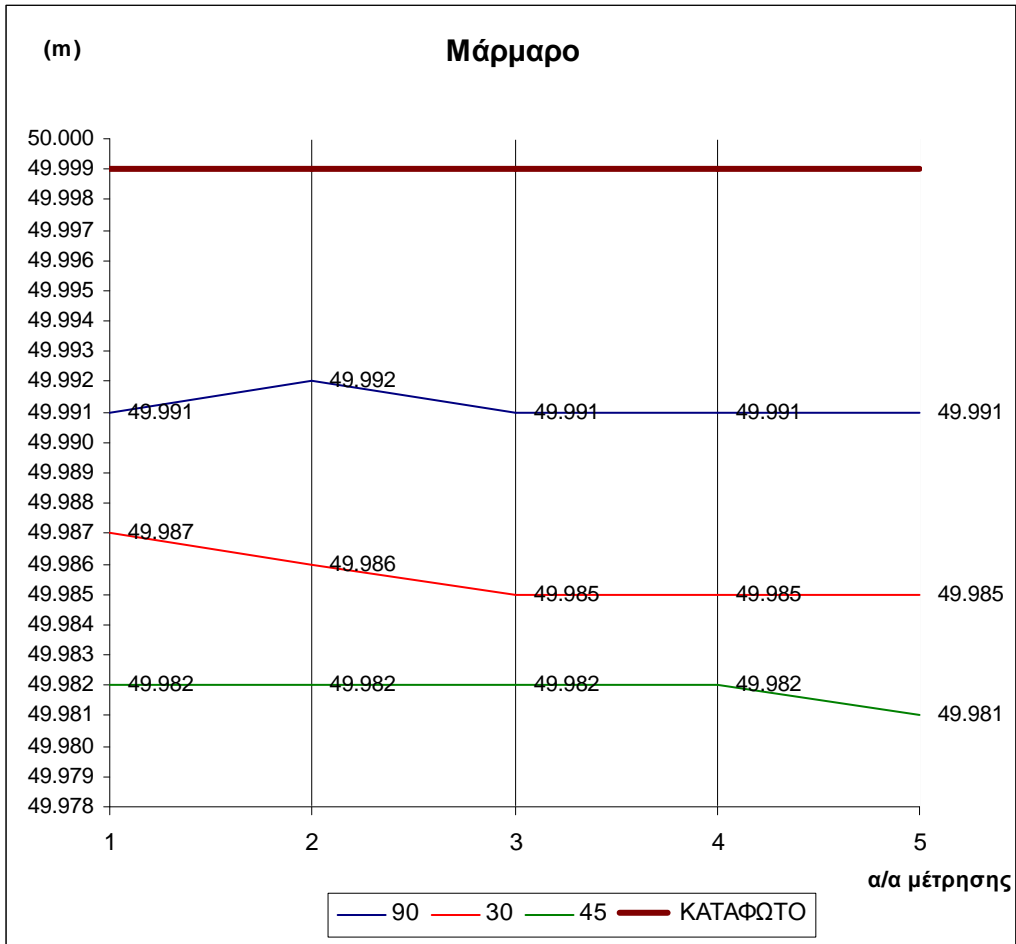
Διάγραμμα 3.10 : Εσωτερική μέτρηση σε στόχο  
πλακάκι γκρι στα 50m με το TCR303



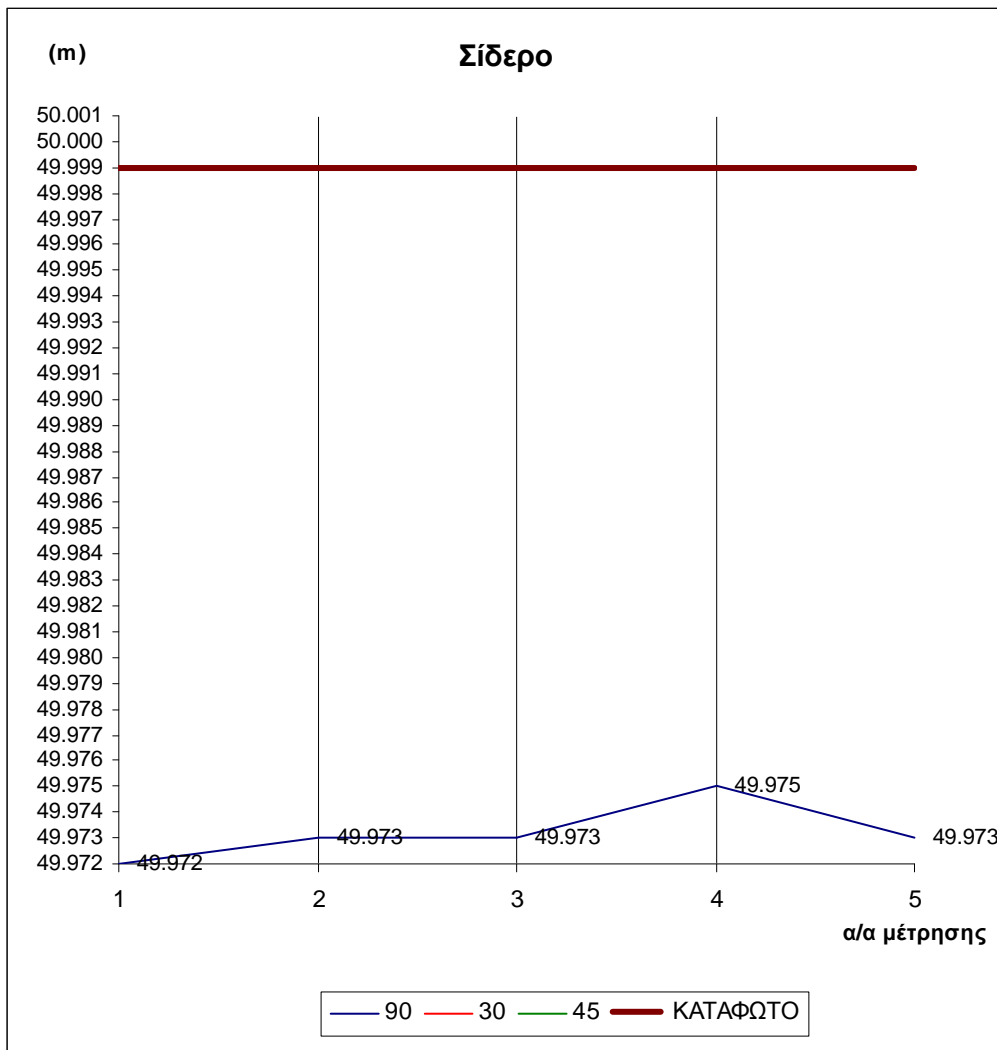
Διάγραμμα 3.11: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο πλακάκι μπεζ στα 50m με το TCR303



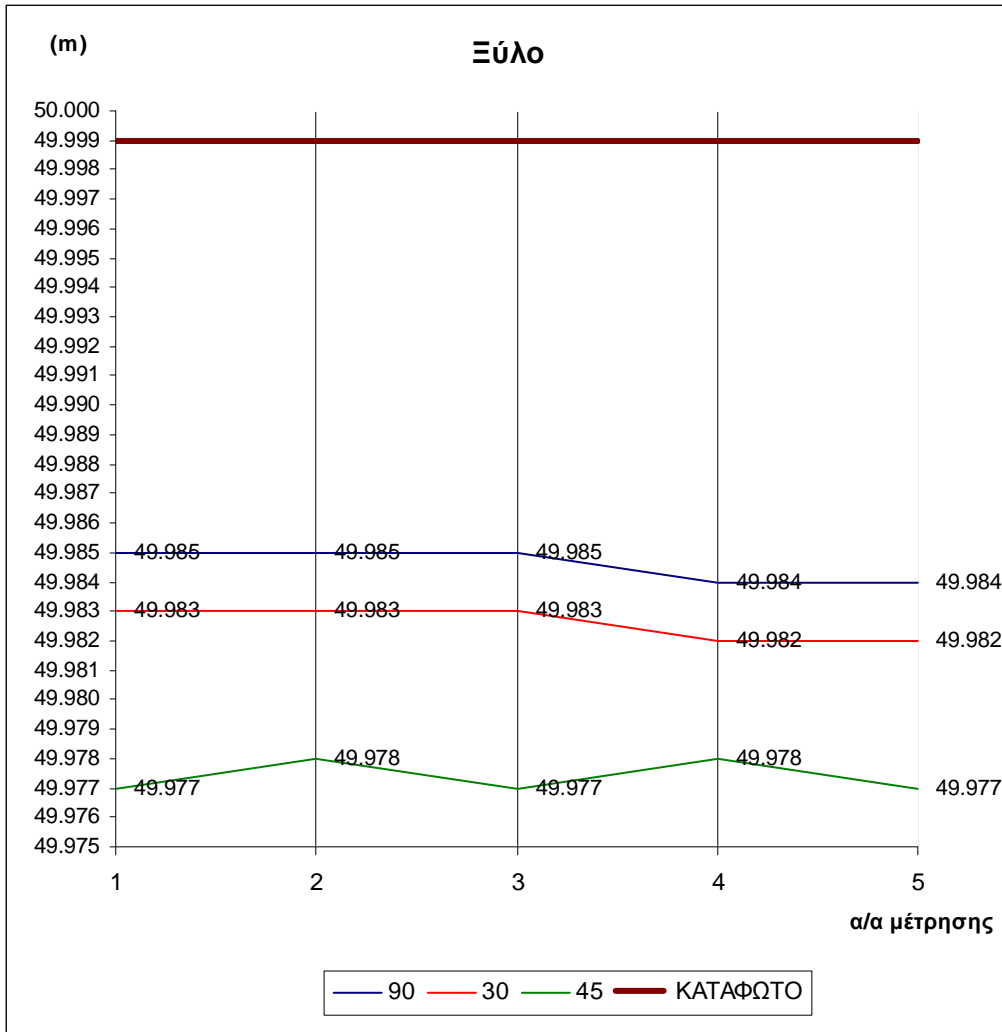
Διάγραμμα 3.12: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο αφρολέξ λευκό στα 50m με το TCR303



Διάγραμμα 3.13: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο μάρμαρο στα 50m με το TCR303

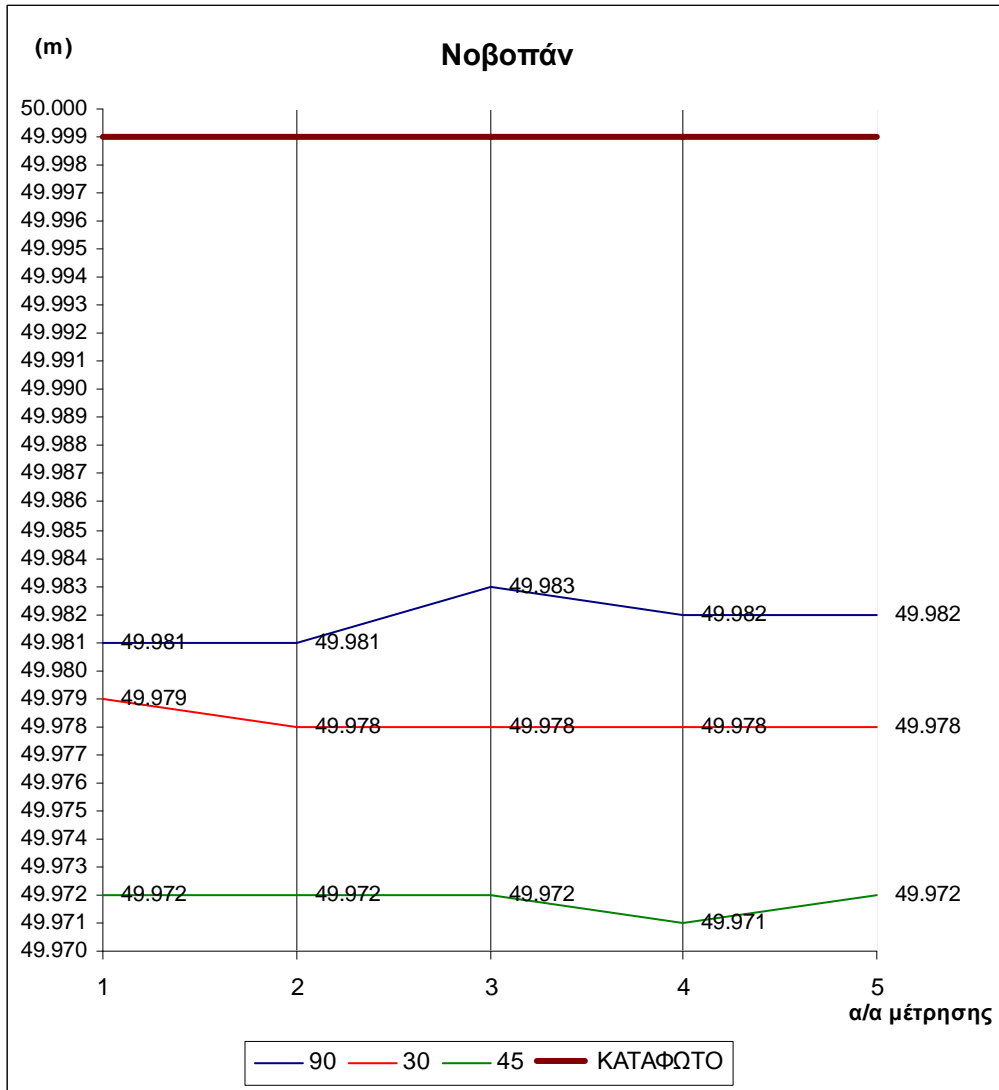


Διάγραμμα 3.14: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο σίδερο στα 50m με το TCR303

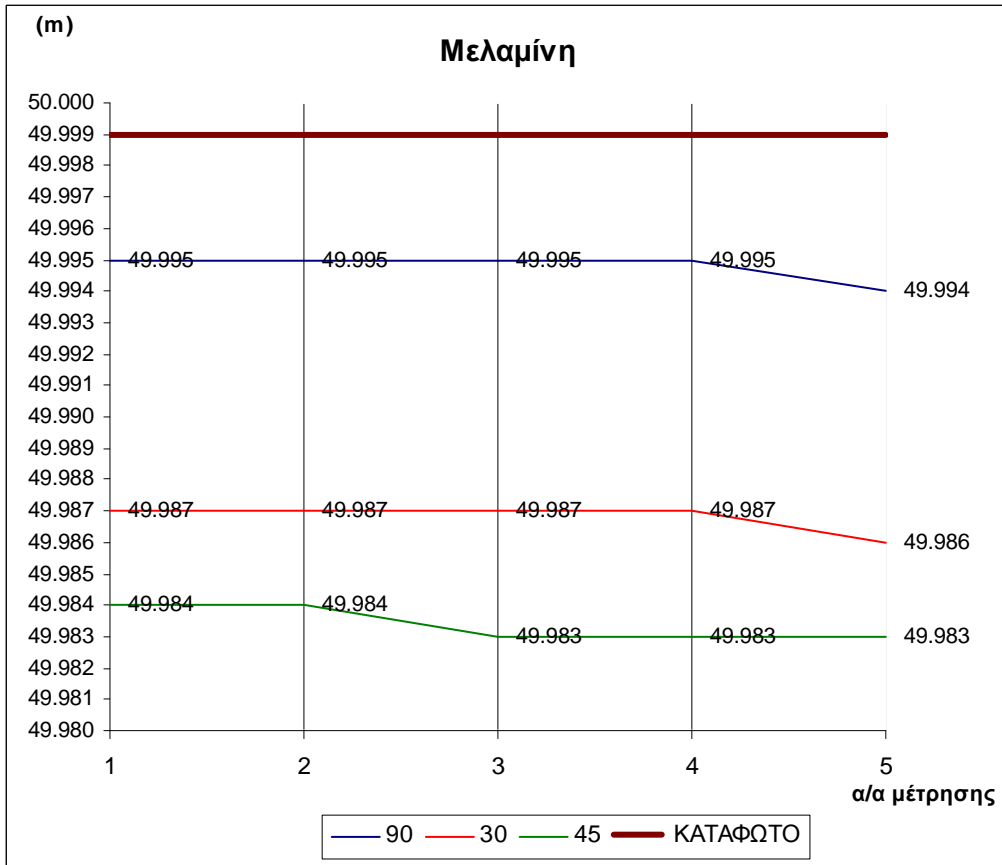


Διάγραμμα 3.15: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο  
Ξύλο στα 50m με το TCR303

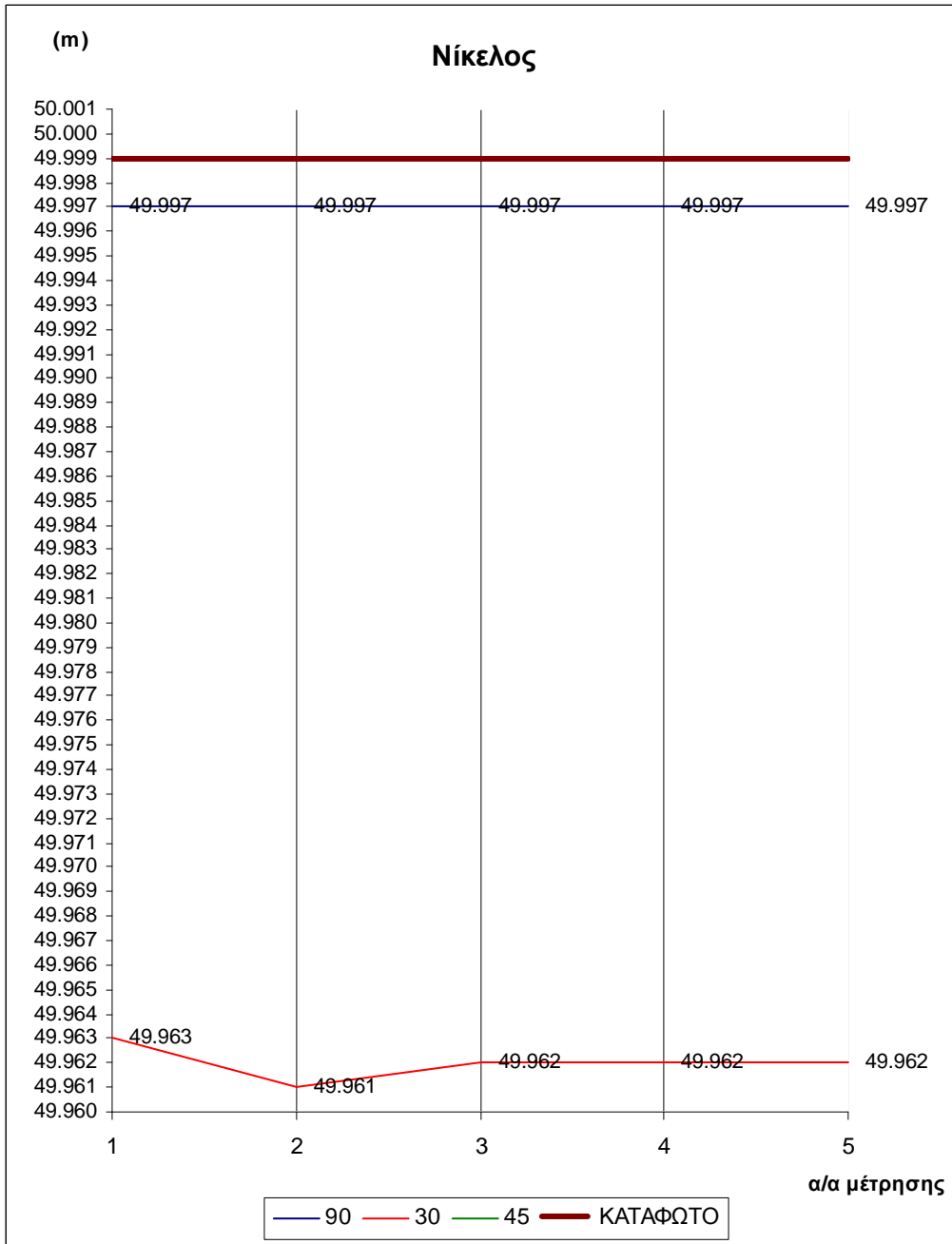




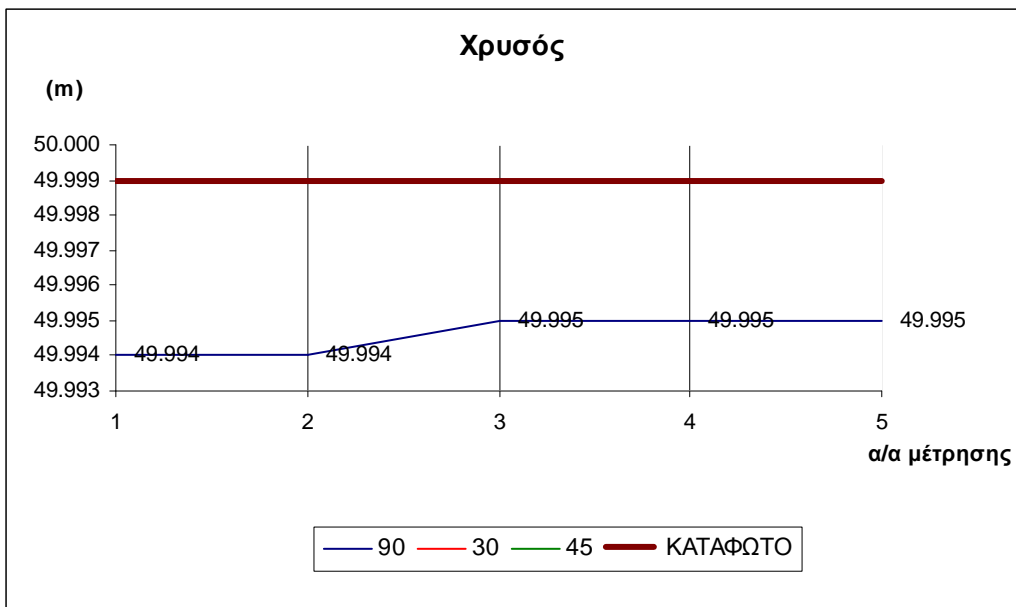
Διάγραμμα 3.16: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με το TCR303



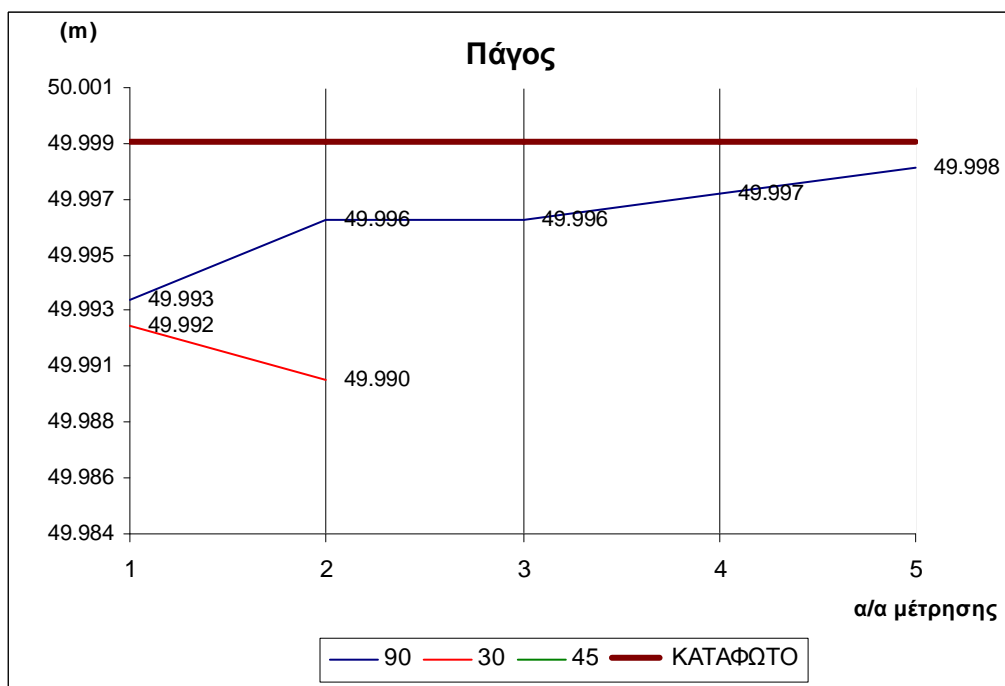
Διάγραμμα 3.17: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο  
Μελαμίνη στα 50m με το TCR303



Διάγραμμα 3.18: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκελος στα 50m με το TCR303



Διάγραμμα 3.19: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χρυσού στα 50m με το TCR303



Διάγραμμα 3.20: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πάγου στα 50m με το TCR303

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα 3.1-3.20 οι μετρήσεις μηκών που πραγματοποιήθηκαν με το όργανο TCR303 της Leica παρουσιάζουν μια ομοιομορφία ως προς τα αποτελέσματα. Ειδικότερα όλες οι μετρήσεις έχουν μια σταθερότητα ως προς το σχήμα της γραμμής, το οποίο τείνει να μοιάσει σε ευθεία γραμμή και στις τρεις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης. Άλλωστε αυτό επιβεβαιώνεται και από τις μικρές διαφορές που εμφανίζονται στον πίνακα 3.1 που παρουσιάζει το εύρος της απόκλισης των τιμών κάθε μέτρησης για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης και για κάθε υλικό ξεχωριστά.

Υλικά	Αποκλίσεις (mm)		
	90°	30°	45°
KODAK GREY	-	-	-
KODAK WHITE	1	1	1
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	0	0	0
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	0	-	-
ΣΤΟΧΟΣ SOKKIA	2	-	-
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	1	1	2
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	2	1	2
ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	1	0	2
ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-	-	-
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	1	2	2
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	1	2	1
ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	2	2	1
ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	1	1	2
ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-
ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	1	1	2
ΜΑΡΜΑΡΟ	1	2	1
ΣΙΔΕΡΟ	3	-	-
ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
ΞΥΛΟ	1	1	1
ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
ΝΟΒΟΠΑΝ	2	1	1
ΜΕΛΑΜΙΝΗ	1	1	1
ΝΙΚΕΛΟΣ	0	3	0
ΧΡΥΣΟΣ	1	-	-
ΠΑΓΟΣ	5	-	-

Πίνακας 3.1: Εύρος αποκλίσεων τιμών κάθε μέτρησης για εσωτερικές μετρήσεις στα 50m με το Leica TCR303

Αυτό σημαίνει πως ανεξάρτητα της ακρίβειας της μέτρησης, δηλαδή της διαφοράς με την αντίστοιχη τιμή του μήκους που μετρήθηκε με κατάφωτο, το όργανο ανταποκρίνεται με συγκεκριμένο και μοναδικό τρόπο σε κάθε μέτρηση ανεξάρτητα από τον αριθμό των μετρήσεων.

Επιπλέον, σε όλα τα υλικά παρατηρήθηκε ότι οι μετρήσεις που έγιναν χωρίς στροφή του στόχου αλλά αντίθετα με γωνία 90° ως προς την διεύθυνση οργάνου-στόχου ήταν κατά κανόνα καλύτερες από εκείνες με

γωνία 30°, οι οποίες με την σειρά τους ήταν καλύτερες από εκείνες με γωνία 45°.

Αυτό πρακτικά συνεπάγεται ότι όσο ο στόχος αποκλίνει από την κάθετη θέση σε σχέση με το όργανο, η οπτική δέσμη δεν μετράει το ίδιο σημείο, παρά την μη αλλαγή της θέσης του σταυρονήματος.

Κρίνοντας από το γεγονός ότι οι μετρήσεις αυτές είναι κατά κανόνα μικρότερες από τις αντίστοιχες του καταφώτου, αλλά και των 90°, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η οπτική δέσμη επηρεάζεται από την επιφάνεια εκείνη του στόχου η οποία με την στροφή του βρίσκεται πιο κοντά στο όργανο.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρημένου με κατάφωτο ήταν:

- για γωνία πρόσπτωσης 90°: 38mm (γεωδαιτικός στόχος Sokkia)
- για στροφή 30°: 38mm (νίκελος)
- για στροφή 45°: 28mm (νοβοπάν)

Ειδικότερα το TCR303 της Leica σε μετρήσεις στο κέντρο δεν μέτρησε τα εξής υλικά (6 σε σύνολο 26 υλικών):

<i>Kodak Gray</i>	<i>Κεραμίδι</i>
<i>Αφρολέξ καφέ</i>	<i>Άσφαλτος</i>
<i>Χαρτόνι μαύρο</i>	<i>Βράχος</i>

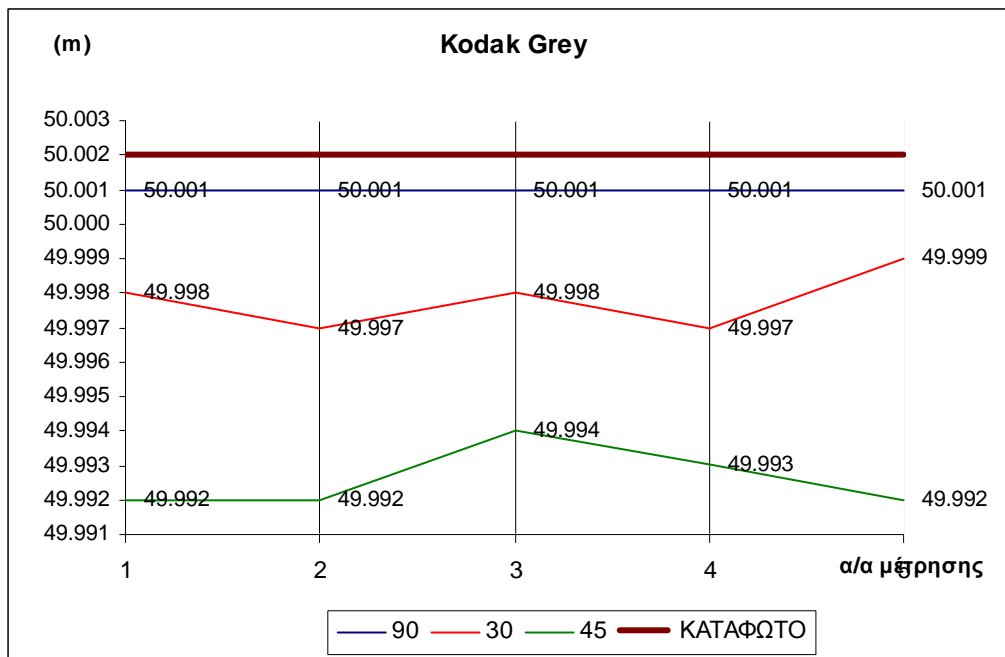
Σε μετρήσεις στις 30° δεν μέτρησε τα εξής υλικά (10 σε σύνολο 26 υλικών):

<i>Kodak Gray</i>	<i>Κεραμίδι</i>
<i>Αφρολέξ καφέ</i>	<i>Άσφαλτος</i>
<i>Σίδηρο</i>	<i>Βράχος</i>
<i>Γεωδαιτικό στόχο Sokkia</i>	<i>Χρυσός</i>
<i>Χαρτόνι μαύρο</i>	<i>Αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου</i>

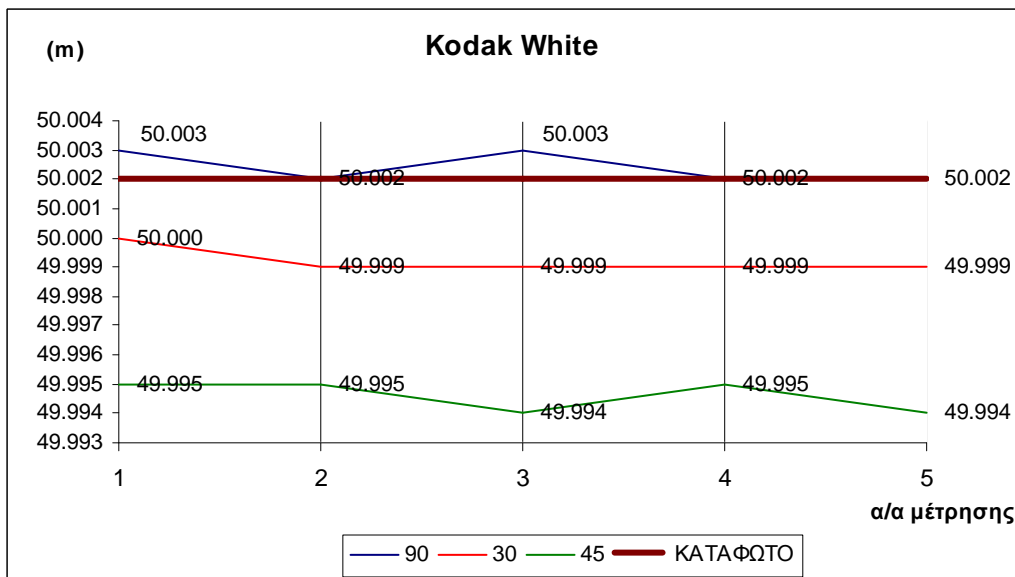
Σε μετρήσεις στις 45° δεν μέτρησε τα εξής υλικά (11 σε σύνολο 26 υλικών):

<i>Kodak Gray</i>	<i>Κεραμίδι</i>
<i>Αφρολέξ καφέ</i>	<i>Άσφαλτος</i>
<i>Σίδηρο</i>	<i>Βράχος</i>
<i>Γεωδαιτικό στόχο Sokkia</i>	<i>Χρυσός</i>
<i>Πάγος</i>	<i>Αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου</i>
<i>Χαρτόνι μαύρο</i>	

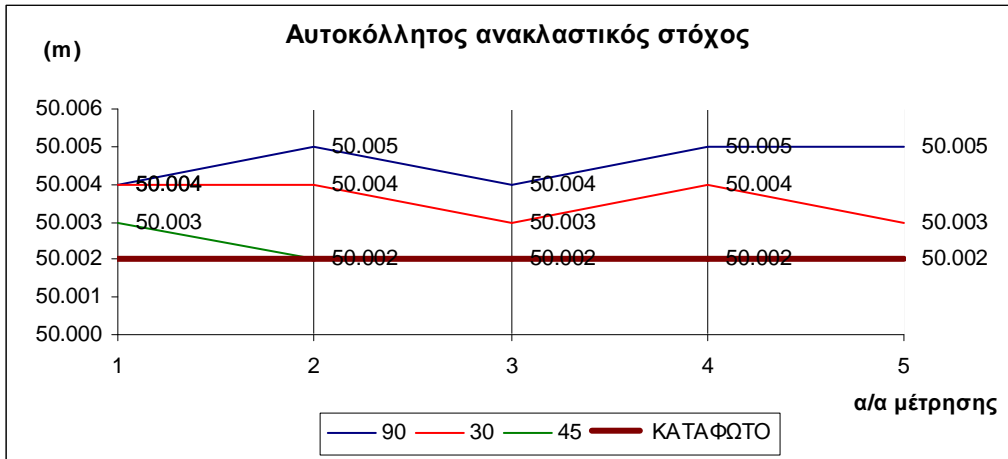
### 3.1.3 Εσωτερικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Trimble 5605DR<sup>+</sup> για κάθε υλικό



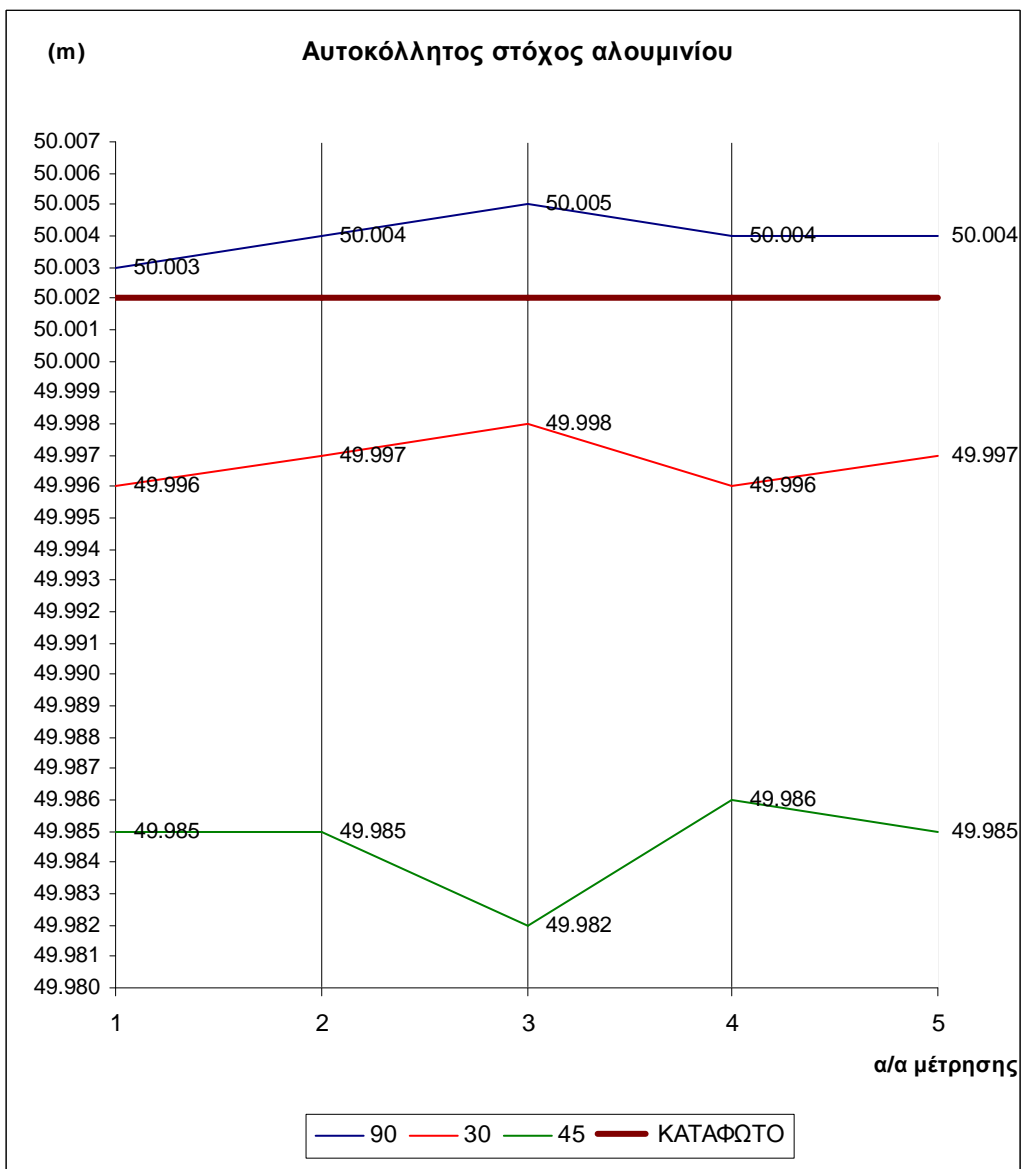
Διάγραμμα 3.21: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak Gray στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



Διάγραμμα 3.22: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

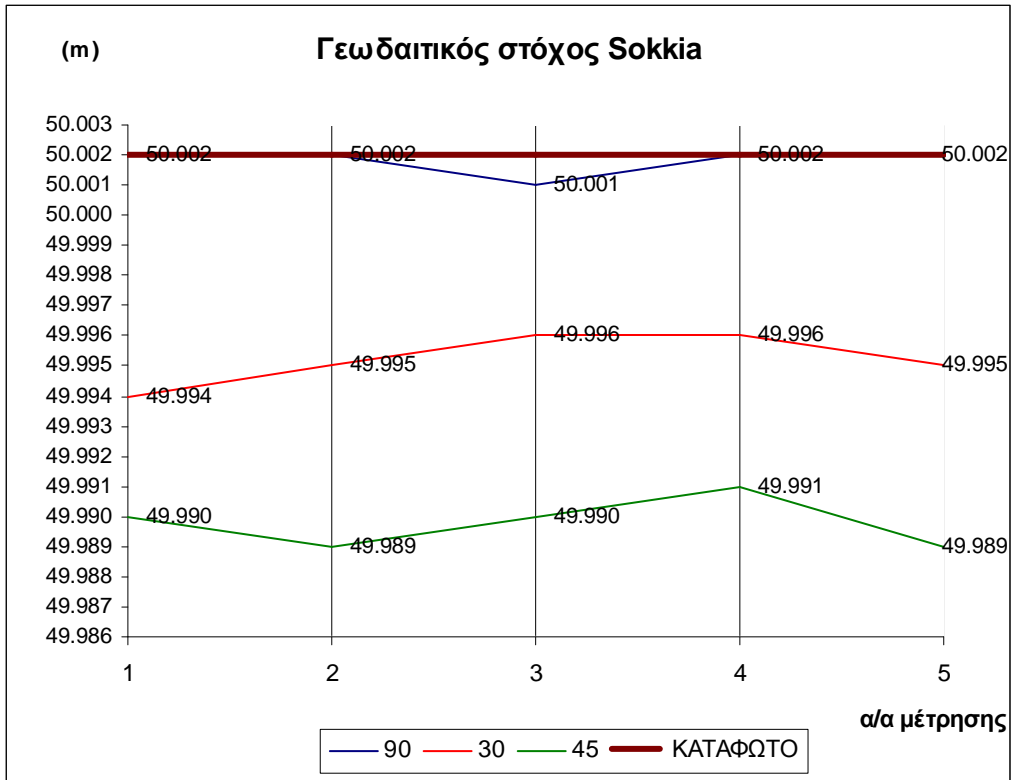


Διάγραμμα 3.23: Εσωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

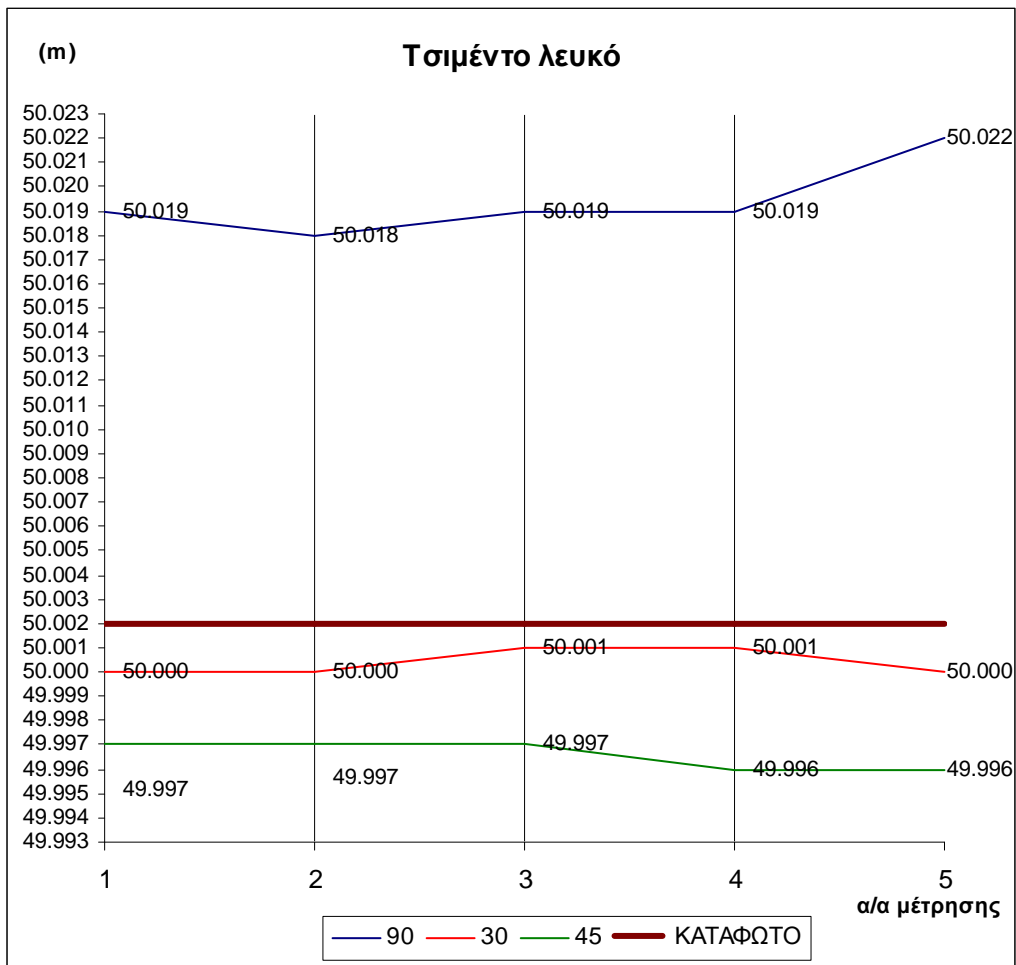


Διάγραμμα 3.24: Εσωτερική μέτρηση σε αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

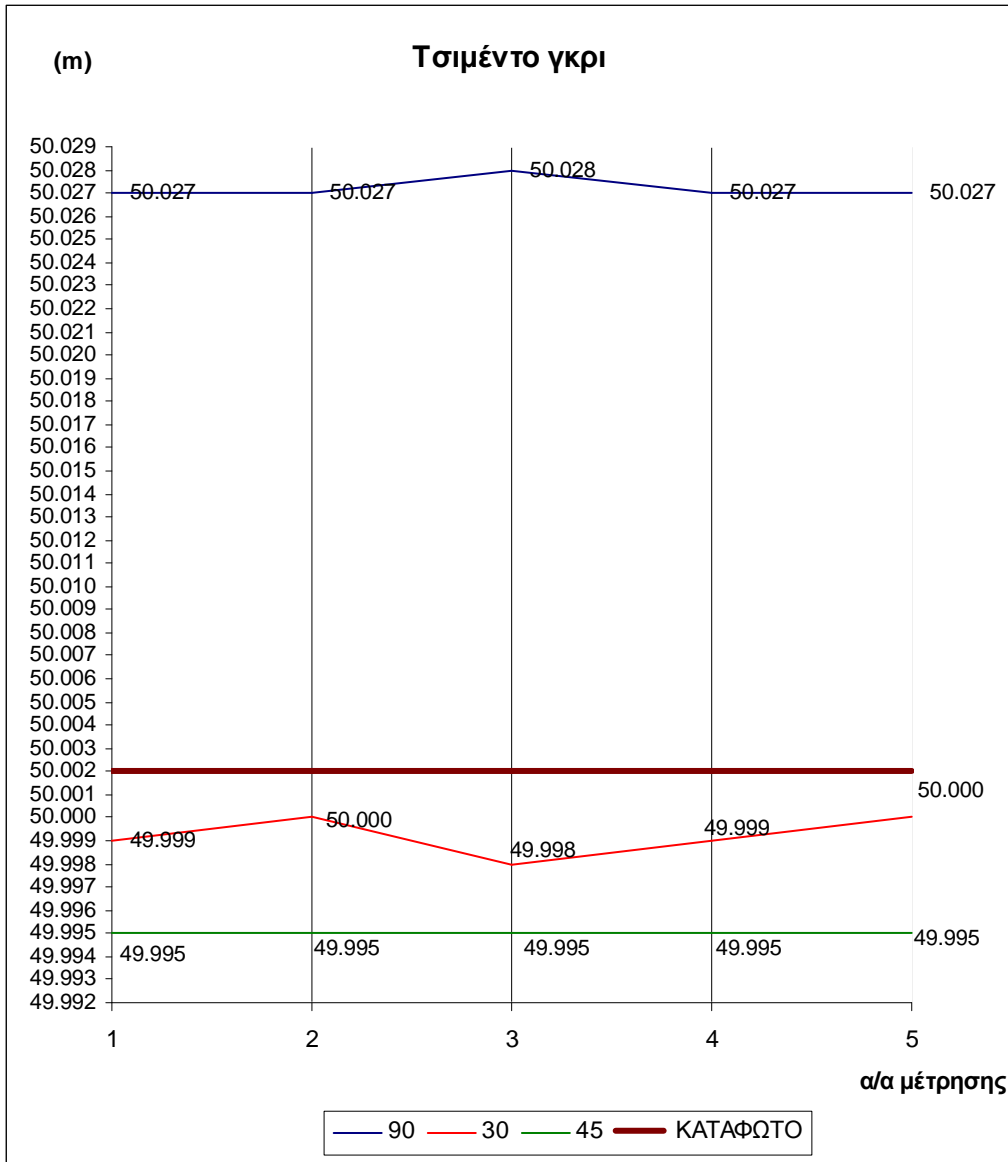




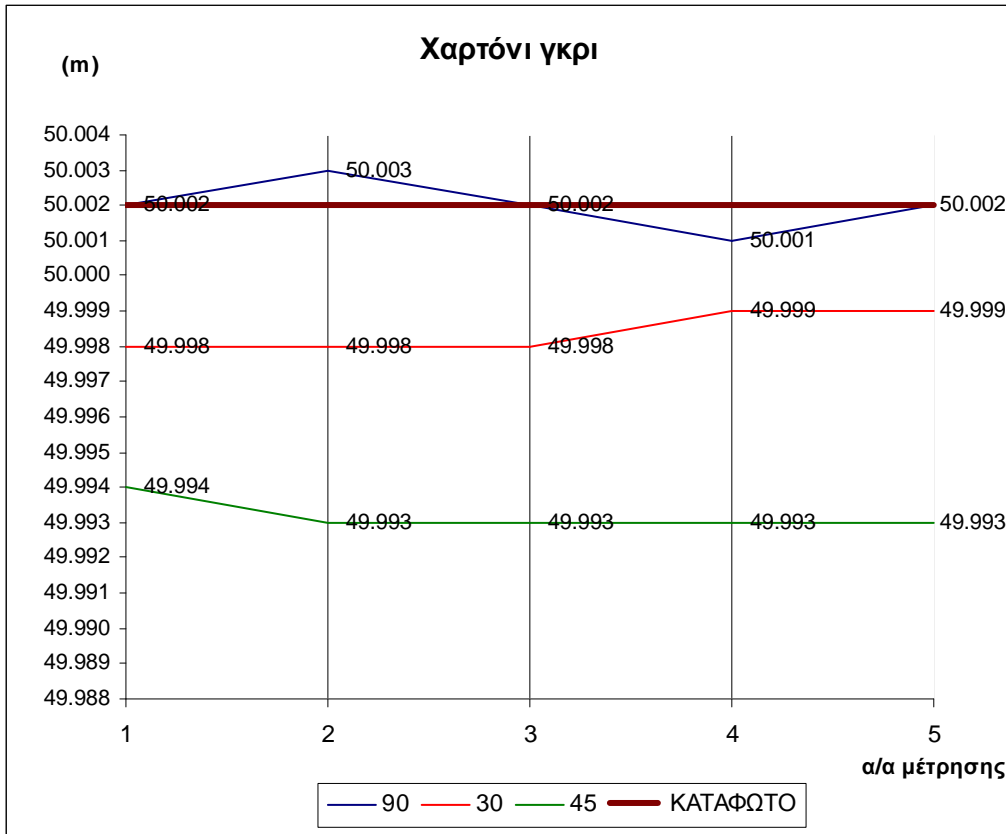
Διάγραμμα 3.25: Εσωτερική μέτρηση σε Γεωδαιτικός στόχος Sokkia στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



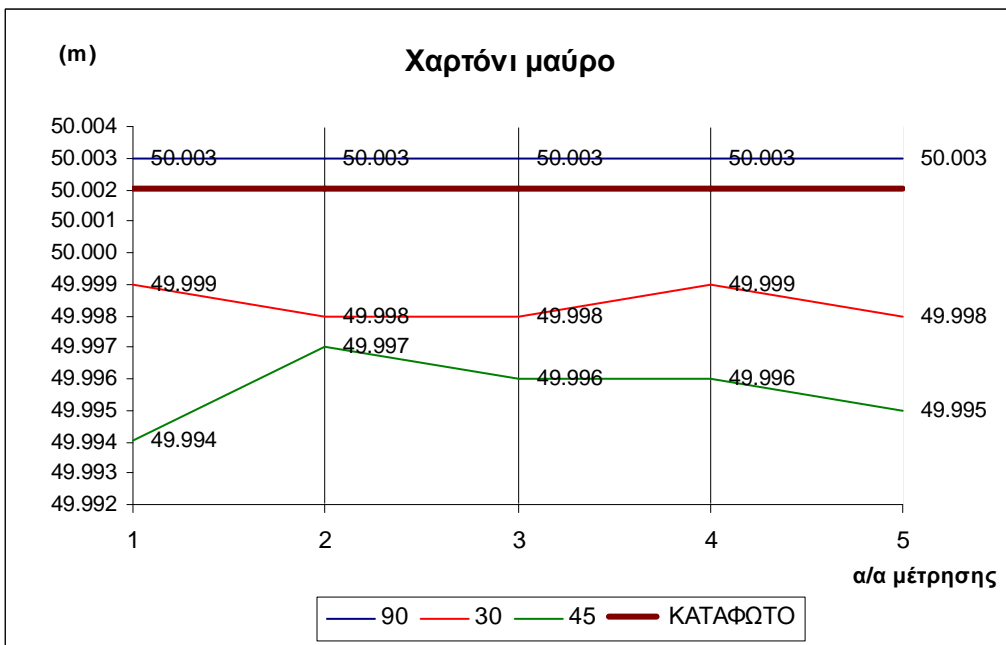
Διάγραμμα 3.26: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο  
Τσιμέντο λευκό στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



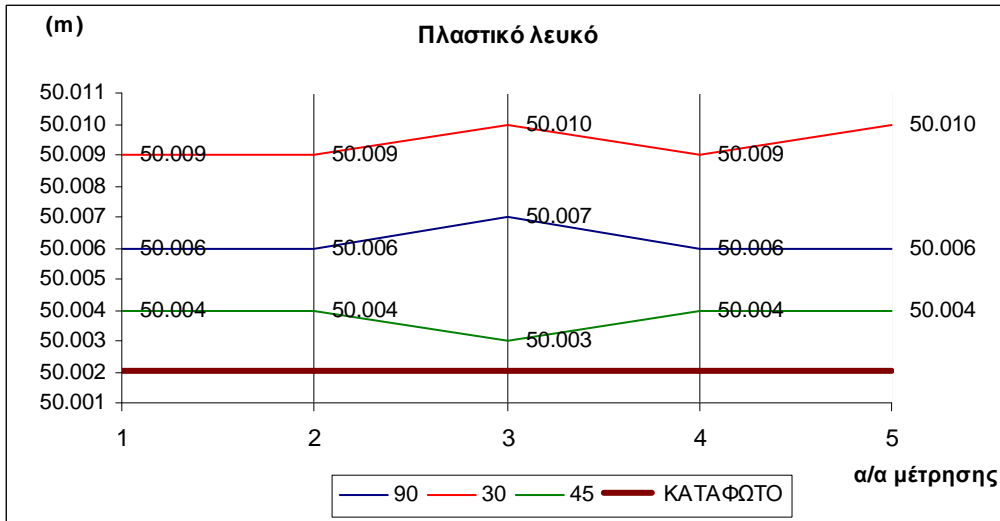
Διάγραμμα 3.27: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Τσιμέντο γκρι στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



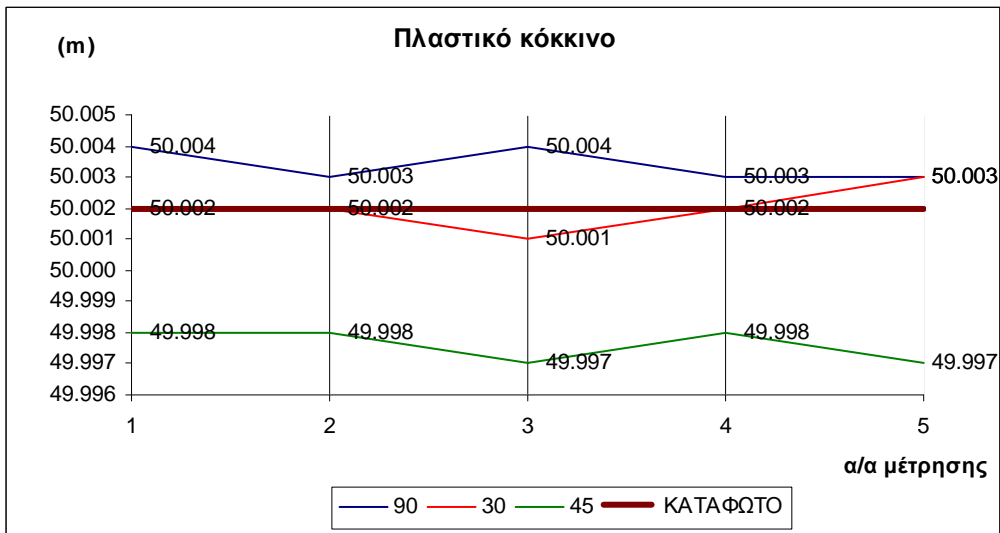
Διάγραμμα 3.28: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χαρτόνι γκρι στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



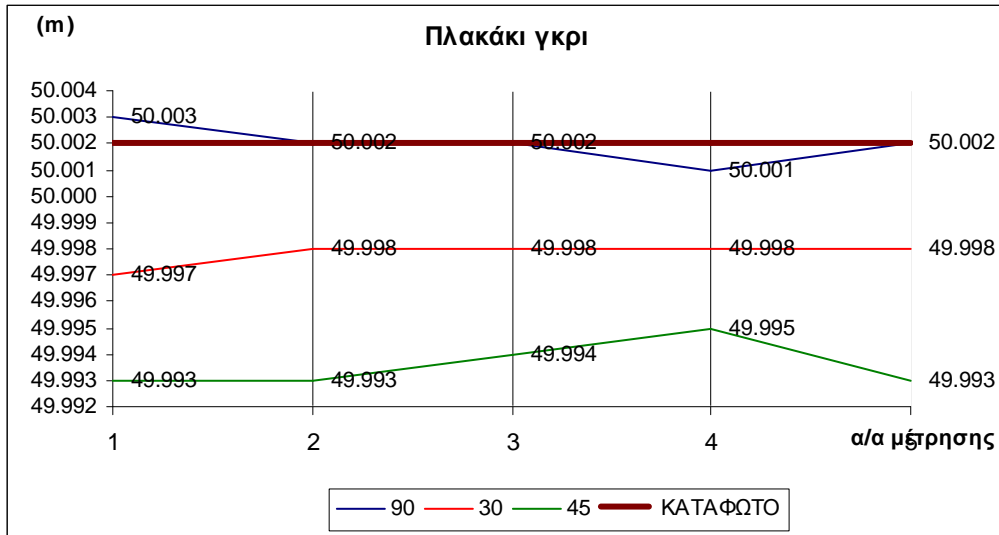
Διάγραμμα 3.29: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χαρτόνι μαύρο στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



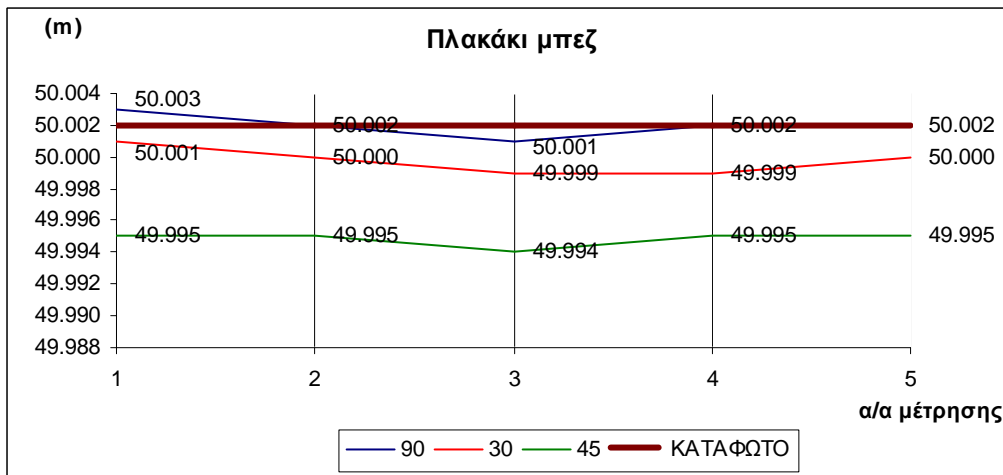
Διάγραμμα 3.30: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλαστικό λευκό στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



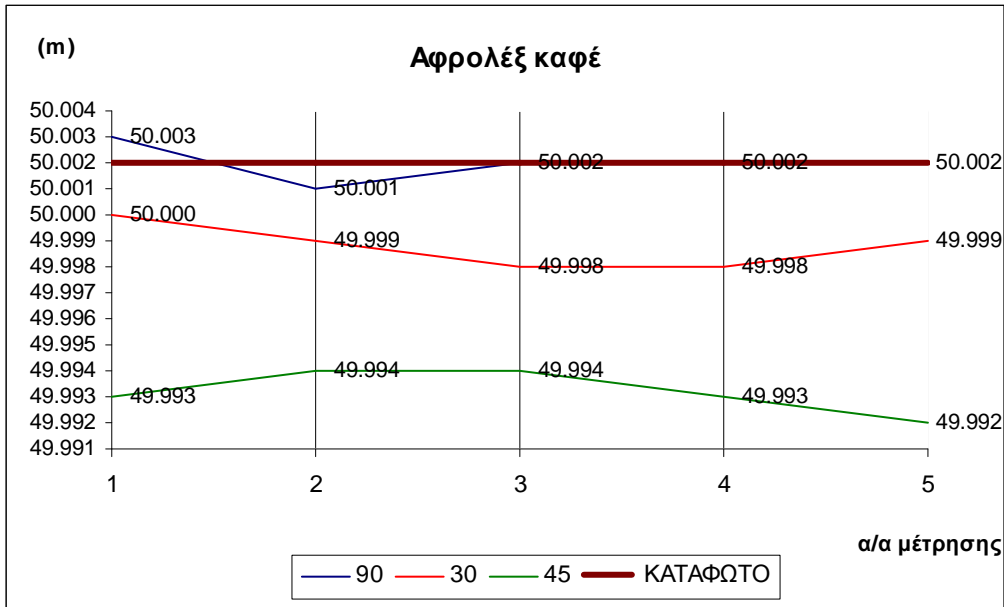
Διάγραμμα 3.31: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλαστικό κόκκινο στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



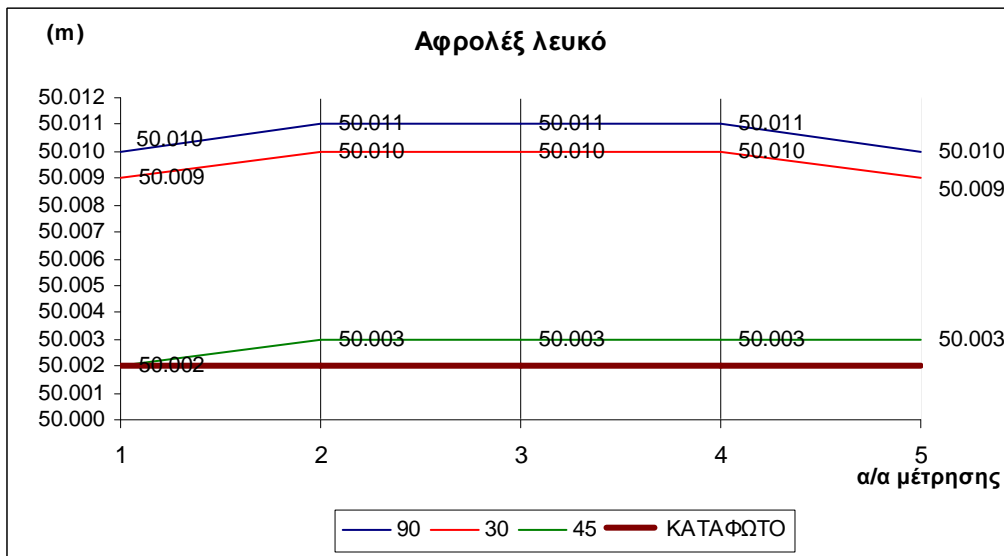
Διάγραμμα 3.32: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλακάκι γκρι στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



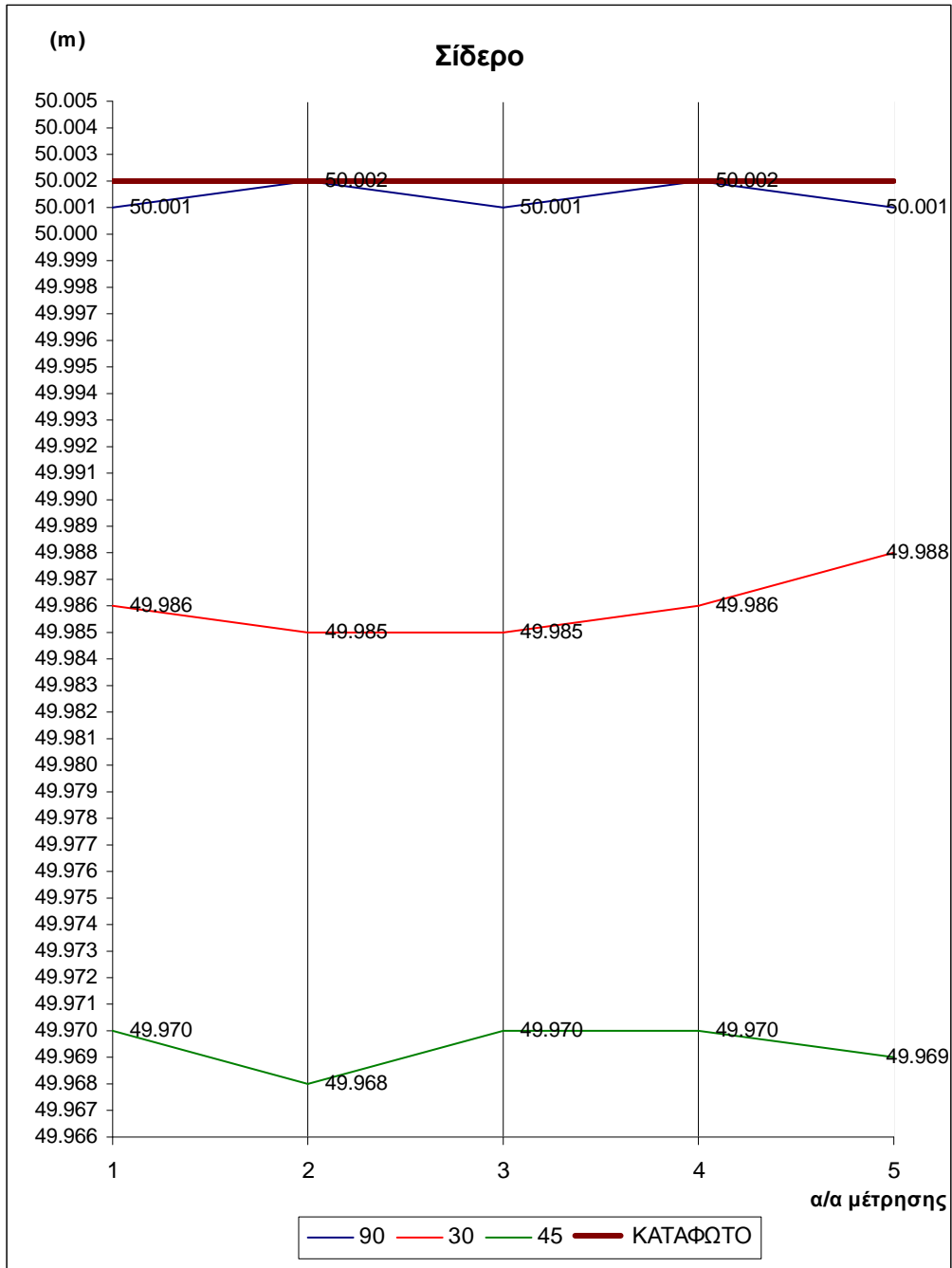
Διάγραμμα 3.33: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλακάκι μπεζ στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



Διάγραμμα 3.34: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Αφρολέξ καφέ στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

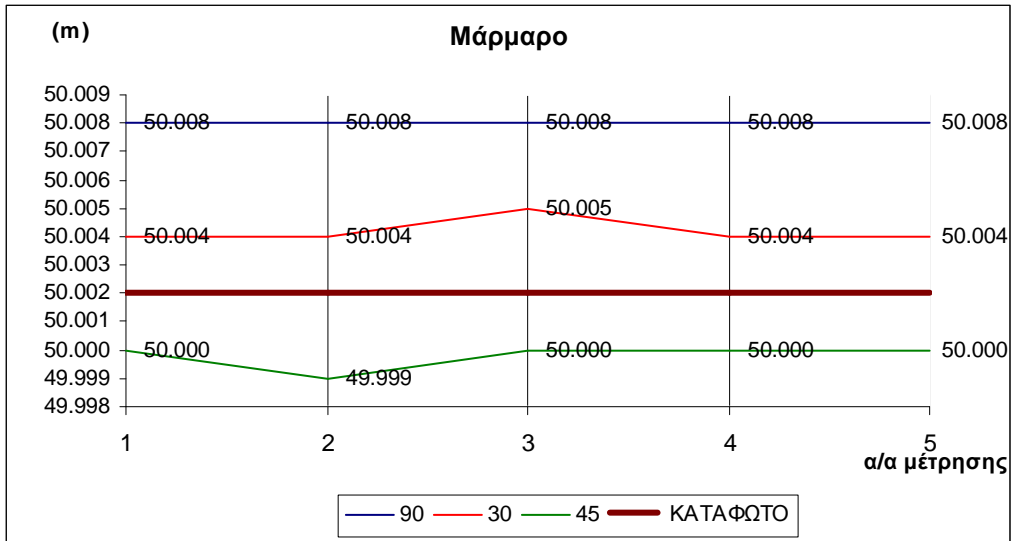


Διάγραμμα 3.35: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Αφρολέξ λευκό στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

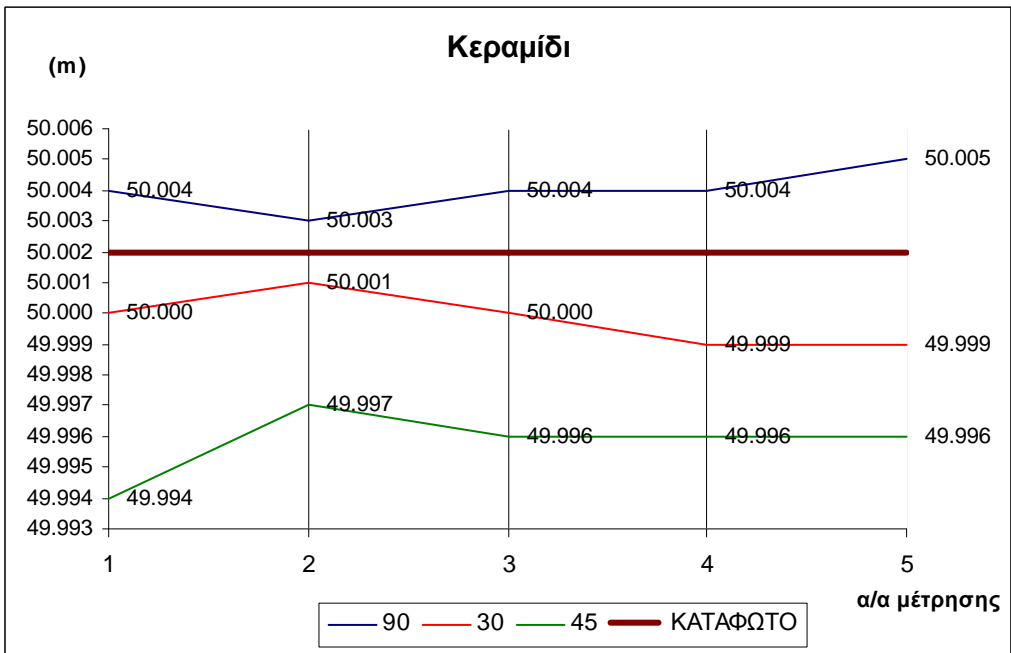


Διάγραμμα 3.36: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Σίδερο στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

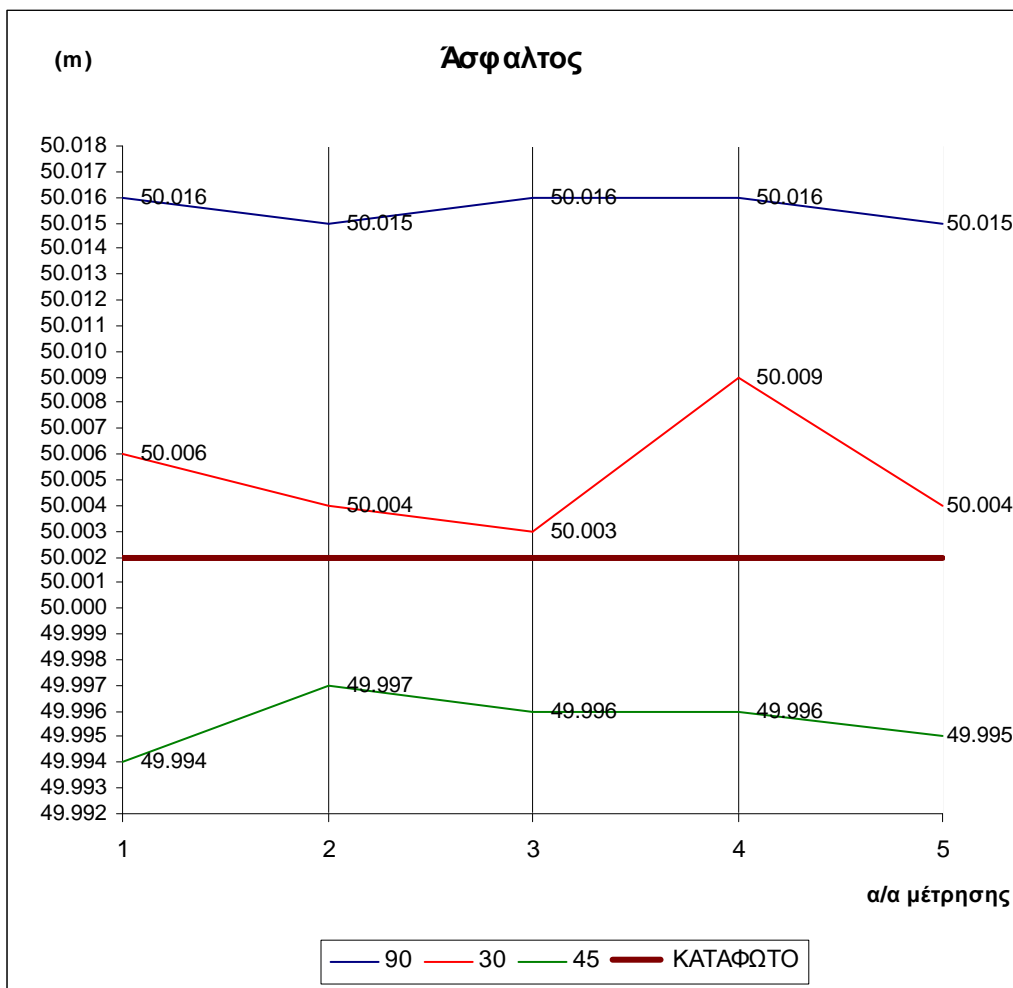




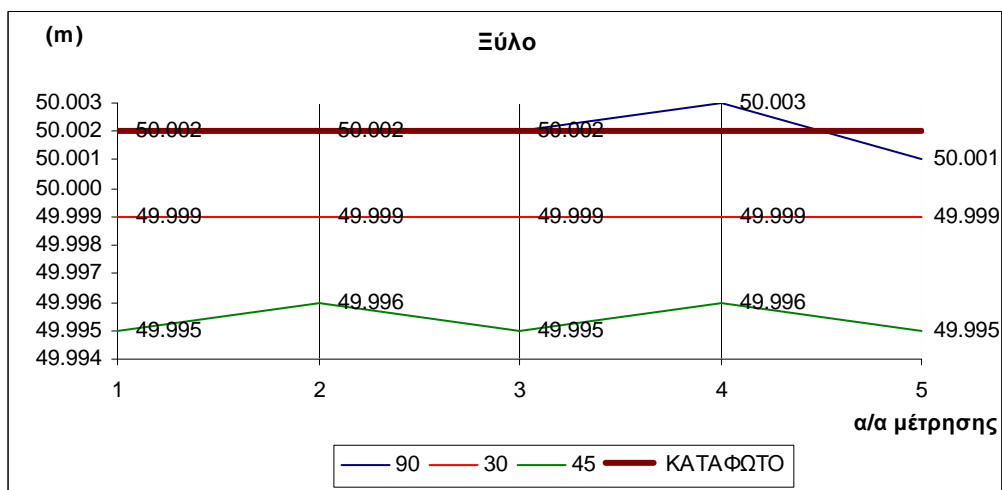
Διάγραμμα 3.37: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Μάρμαρο στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



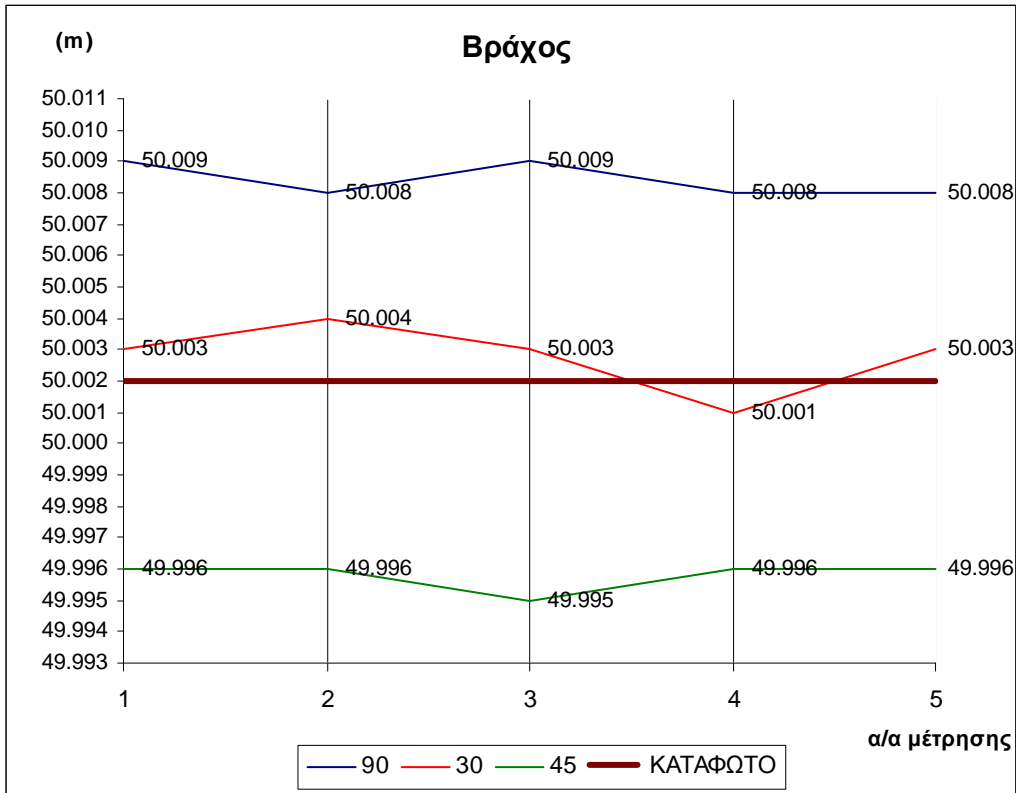
Διάγραμμα 3.38: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Κεραμίδι στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



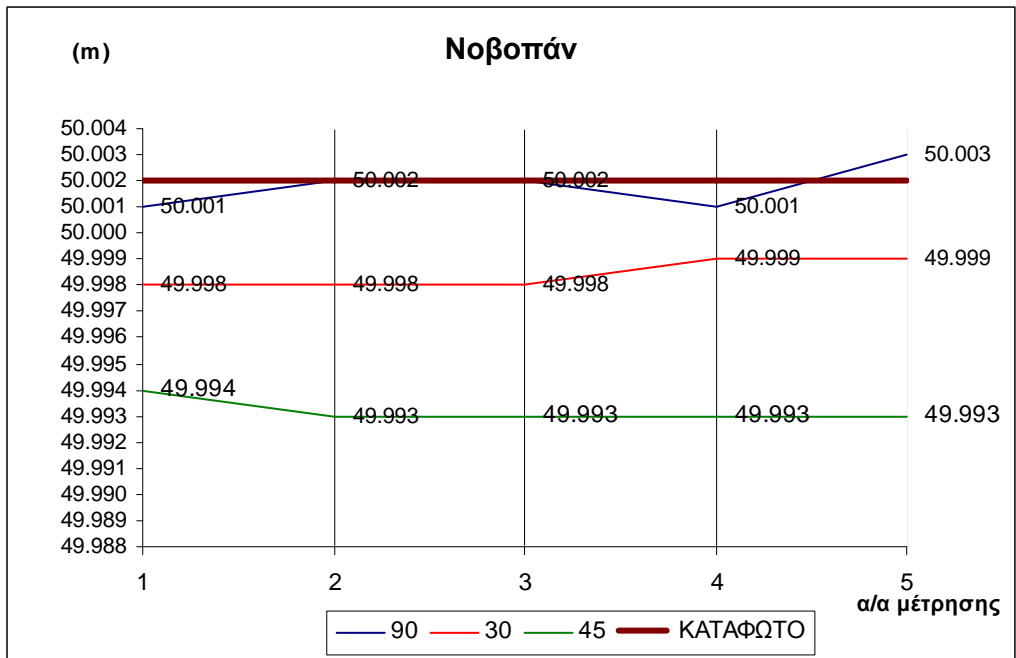
Διάγραμμα 3.39: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο  
Άσφαλτος στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



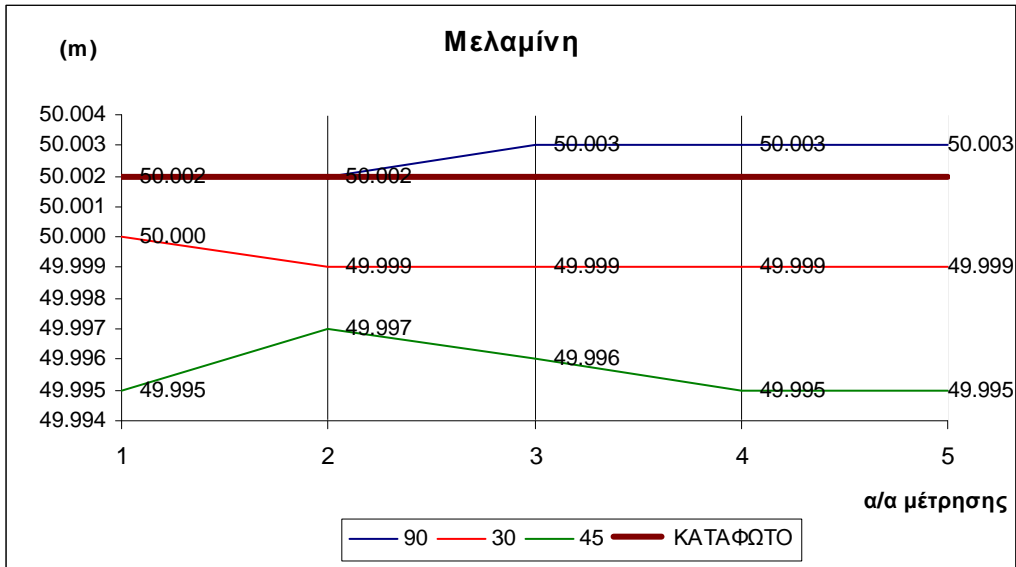
Διάγραμμα 3.40: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο  
Ξύλο στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



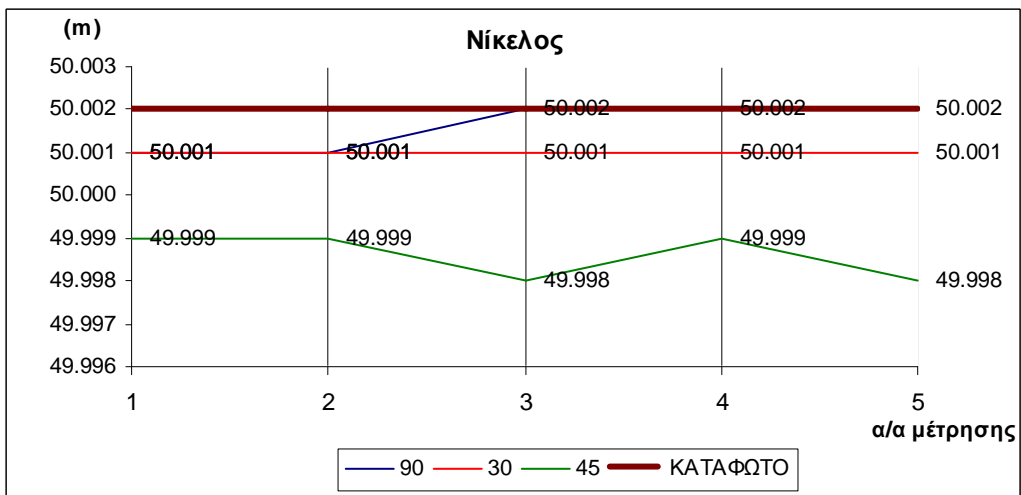
Διάγραμμα 3.41: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Βράχος στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



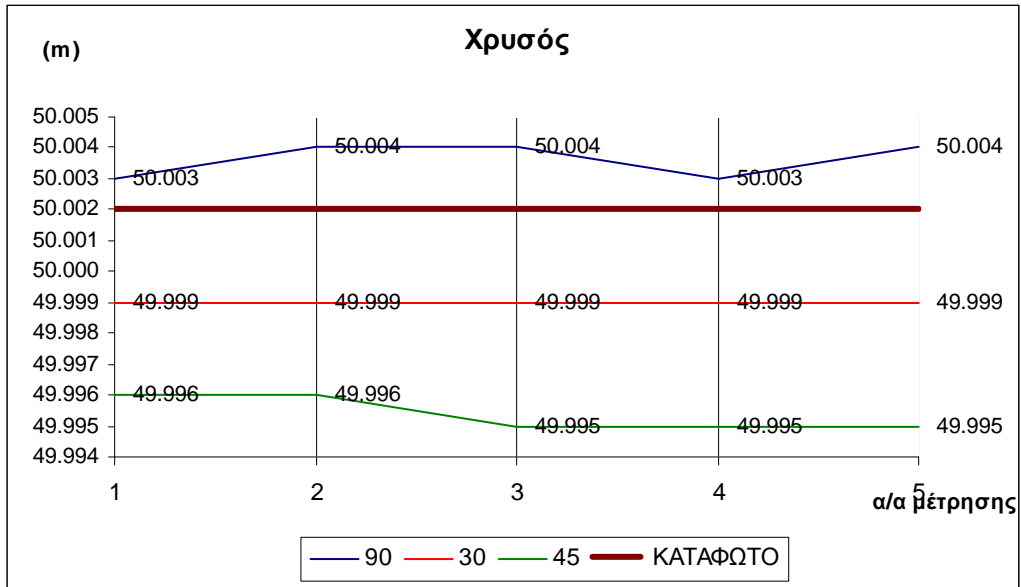
Διάγραμμα 3.42: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



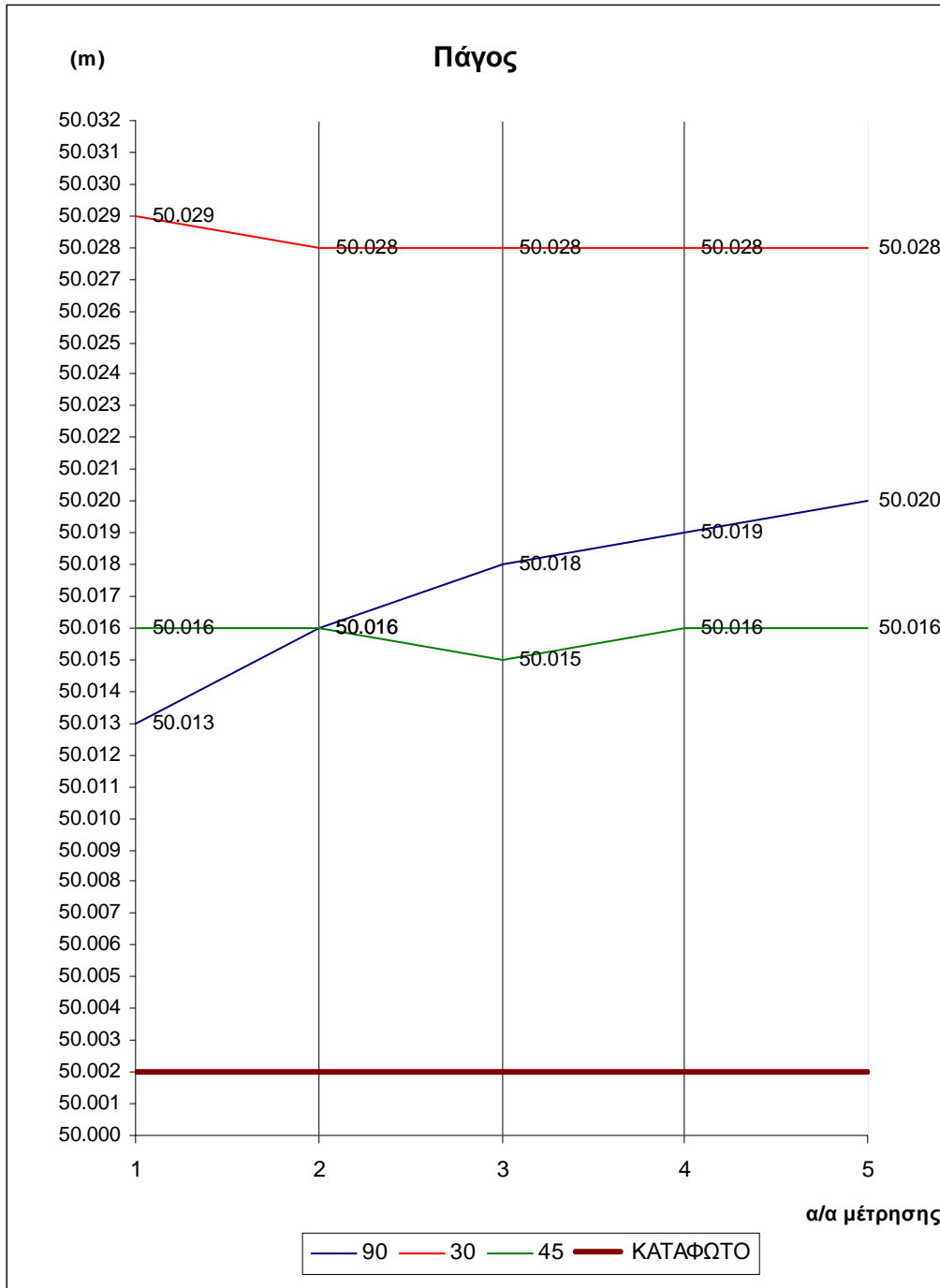
Διάγραμμα 3.43: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



Διάγραμμα 3.44: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκηλος στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



Διάγραμμα 3.45: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χρυσού στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



Διάγραμμα 3.46: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πάγου στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα 3.21-3.46 οι μετρήσεις των μηκών εμφανίζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τις αντίστοιχες μετρήσεις με το TCR303 της Leica. Ειδικότερα, οι γραμμές των διαγραμμάτων λόγω του ότι δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις αλλά αντίθετα μοιάζουν να είναι σταθερές για κάθε γωνία σκόπευσης τείνουν να μοιάσουν σε ευθείες γραμμές. Αυτό φαίνεται και στον παρακάτω

πίνακα που παρουσιάζει το εύρος των αποκλίσεων των μετρήσεων για κάθε υλικό. (πίνακας 3.2)

Υλικά	Αποκλίσεις (mm)		
	90°	30°	45°
KODAK GREY	0	2	2
KODAK WHITE	1	1	1
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	1	1	1
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	2	2	4
ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	1	2	2
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	4	1	1
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	1	2	0
ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	2	1	1
ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	0	1	3
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	1	1	1
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	1	2	1
ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	2	1	2
ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	2	2	1
ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	2	2	2
ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	1	1	1
ΜΑΡΜΑΡΟ	0	1	1
ΣΙΔΕΡΟ	1	3	2
ΚΕΡΑΜΙΔΙ	2	2	3
ΑΣΦΑΛΤΟΣ	1	6	3
ΞΥΛΟ	2	0	1
ΒΡΑΧΟΣ	1	3	1
ΝΟΒΟΠΑΝ	2	1	1
ΜΕΛΑΜΙΝΗ	1	1	2
ΝΙΚΕΛΟΣ	1	0	1
ΧΡΥΣΟΣ	1	0	1
ΠΑΓΟΣ	7	1	1

Πίνακας 3.2: Εύρος αποκλίσεων τιμών κάθε μέτρησης για εσωτερικές μετρήσεις στα 50m με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

Επίσης, και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει κατά κανόνα μια μείωση της τιμής του μετρημένου μήκους όσο ο στόχος στρίβει με την τιμή της κεντρικής σκόπευσης των 90° να είναι σχεδόν πάντα πιο κοντά στην τιμή που μετρήθηκε με κατάφωτο.

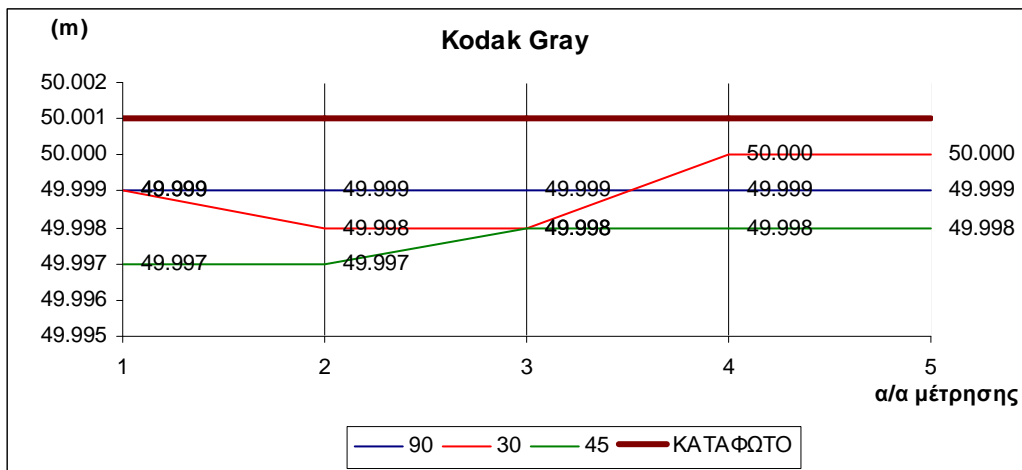
Αυτό όμως δεν συμβαίνει σε κάποια υλικά όπως πχ. το πλαστικό λευκό και το αφρολέξ λευκό όπου ενώ οι τιμές των μετρημένων μηκών μειώνονται όσο στρίβει ο στόχος, όλες οι μετρήσεις είναι μεγαλύτερες από την αντίστοιχη με κατάφωτο, επομένως πιο κοντά στην πραγματική τιμή φαίνεται να πλησιάζουν τα μήκη που μετρήθηκαν με γωνία 45°.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρημένου με κατάφωτο ήταν:

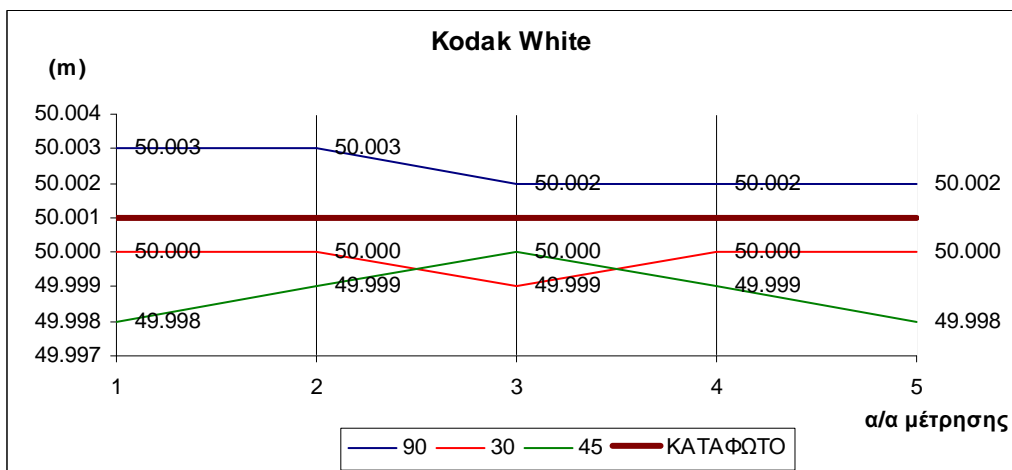
- για γωνία πρόσπτωσης 90°: 26mm (τσιμέντο γκρι)
- για στροφή 30°: 27mm (πάγος)
- για στροφή 45°: 34mm (σίδηρο)

Πρέπει να σημειωθεί ότι με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Trimble 5605DR<sup>+</sup> πραγματοποιήθηκαν όλες οι μετρήσεις στα υλικά και για τις τρεις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.

### 3.1.4 Εσωτερικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003 για κάθε υλικό

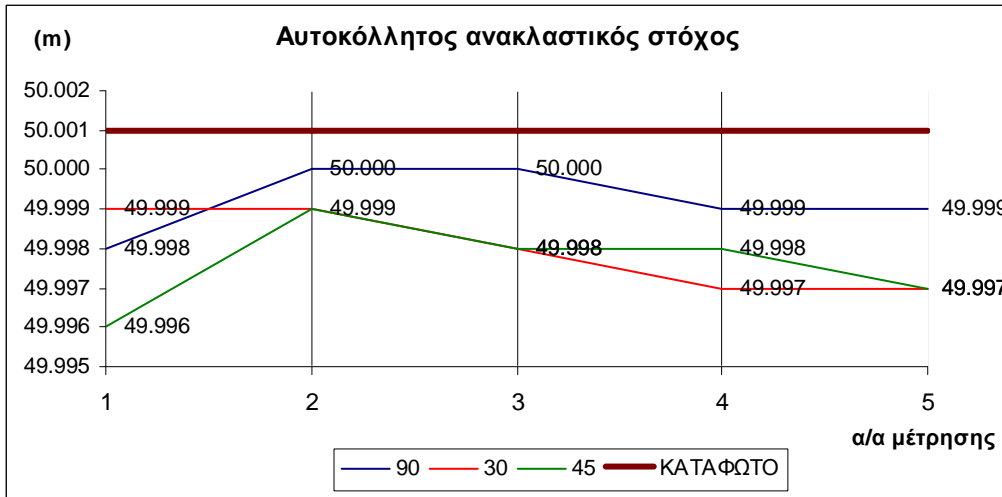


Διάγραμμα 3.47: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak Gray στα 50m με το Topcon GPT3003LN

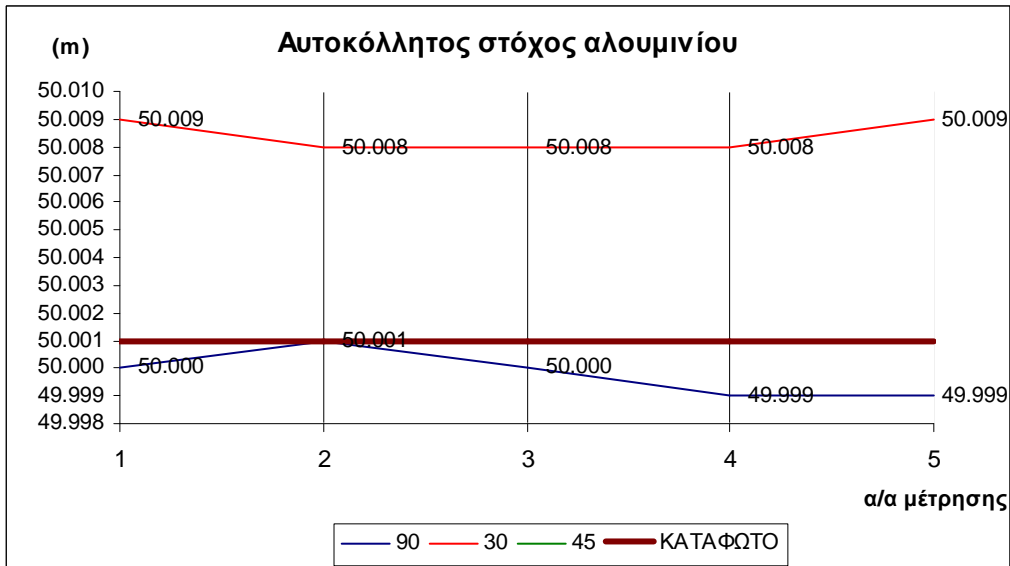


Διάγραμμα 3.48: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Kodak White στα 50m με το Topcon GPT3003LN

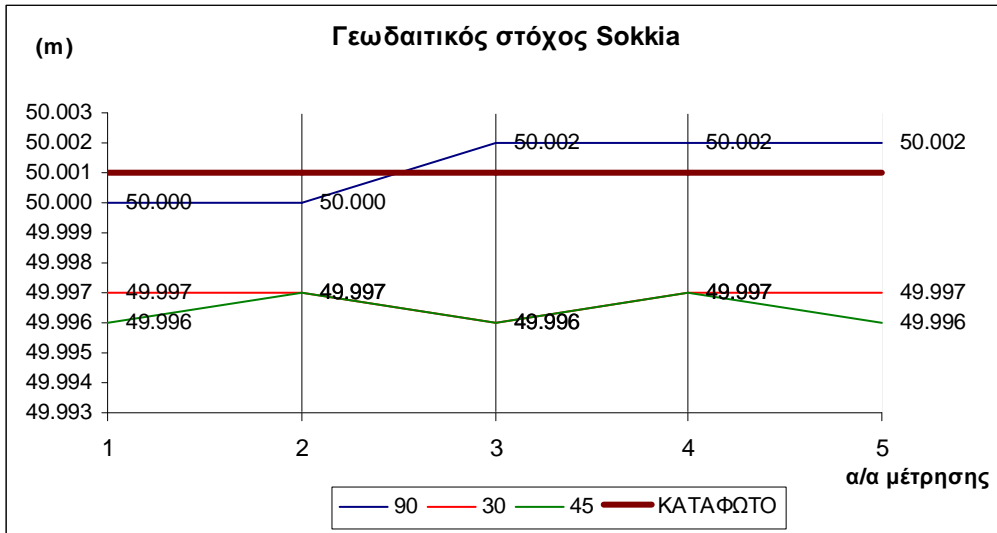




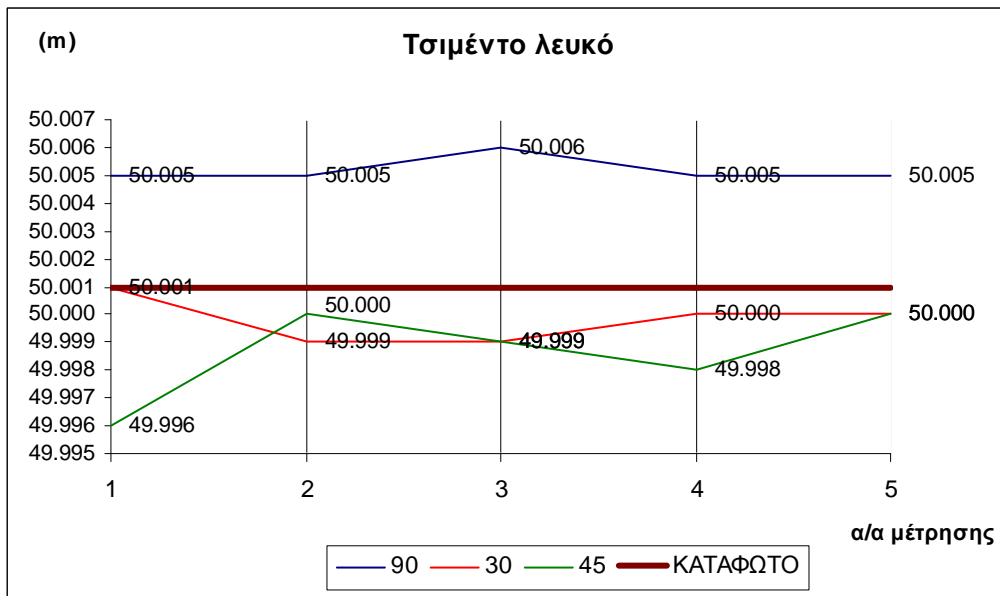
Διάγραμμα 3.49: Εσωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο στα 50m με το Torcon GPT3003LN



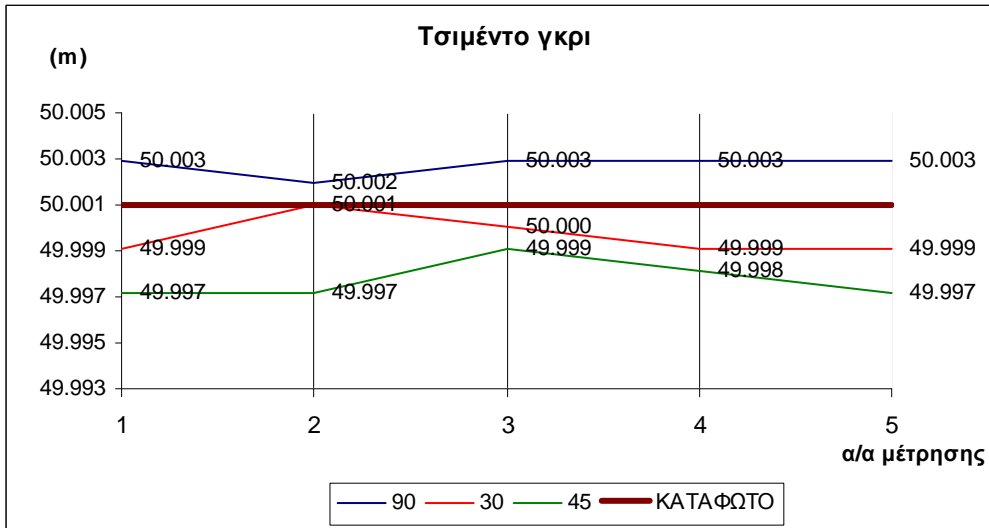
Διάγραμμα 3.50: Εσωτερική μέτρηση σε Αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου στα 50m με το Torcon GPT3003LN



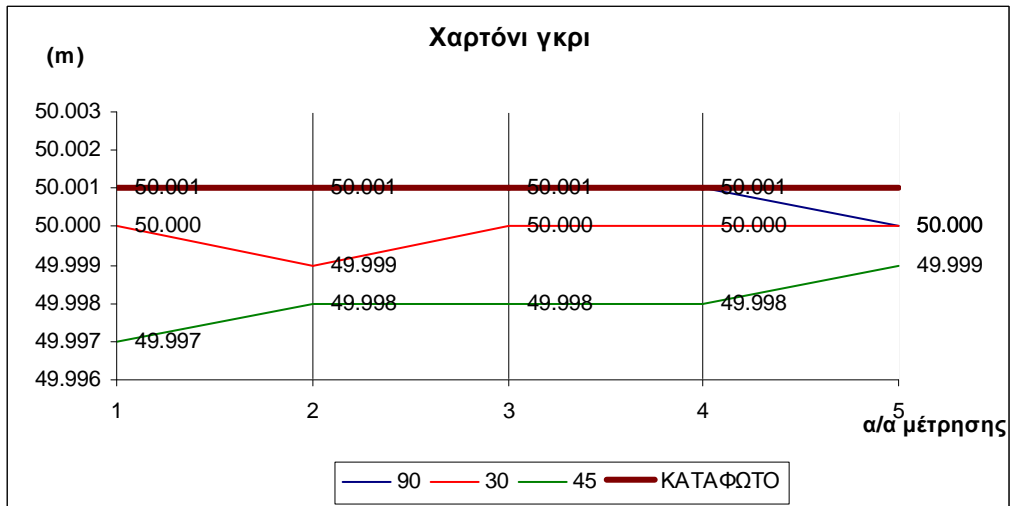
Διάγραμμα 3.51: Εσωτερική μέτρηση σε Γεωδαιτικό στόχο Sokkia στα 50m με το Topcon GPT3003LN



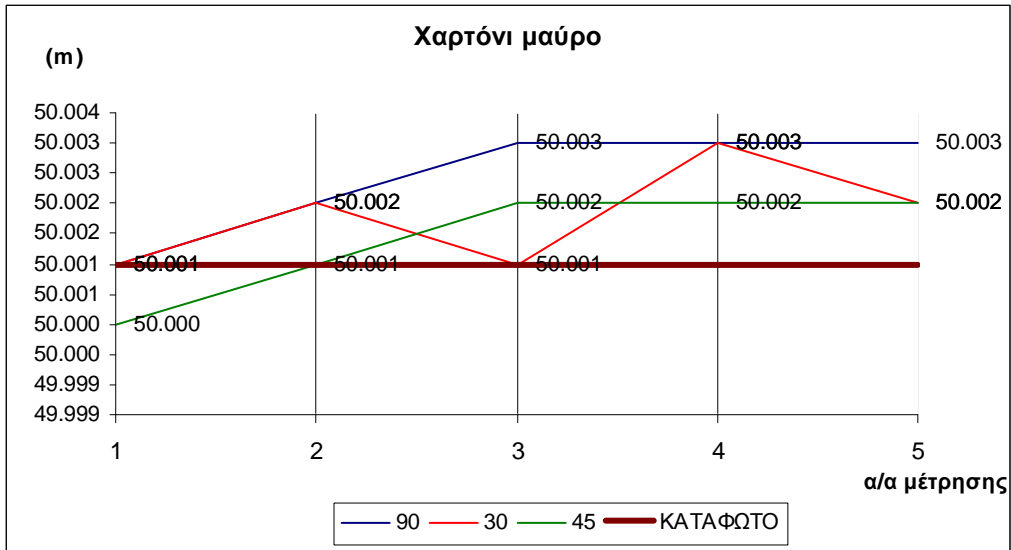
Διάγραμμα 3.52: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Τσιμέντο λευκό στα 50m με το Topcon GPT3003LN



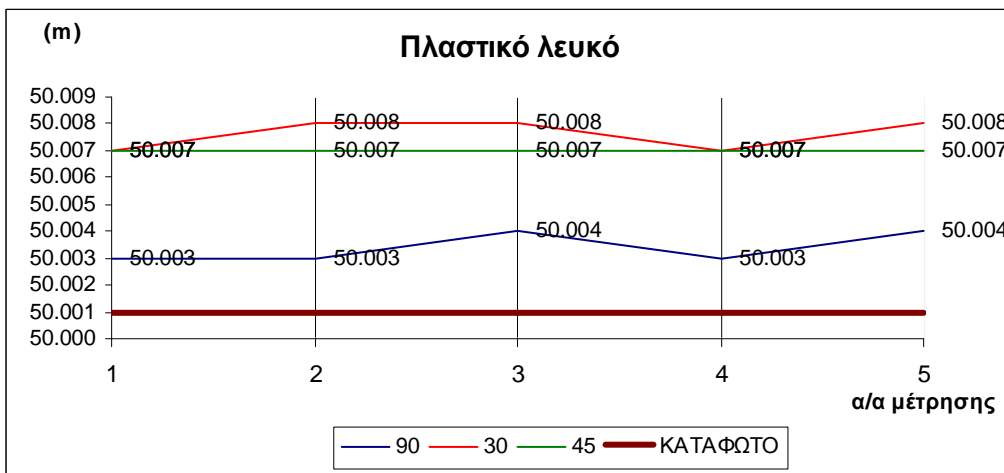
Διάγραμμα 3.53: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Τσιμέντο γκρι στα 50m με το Topcon GPT3003LN



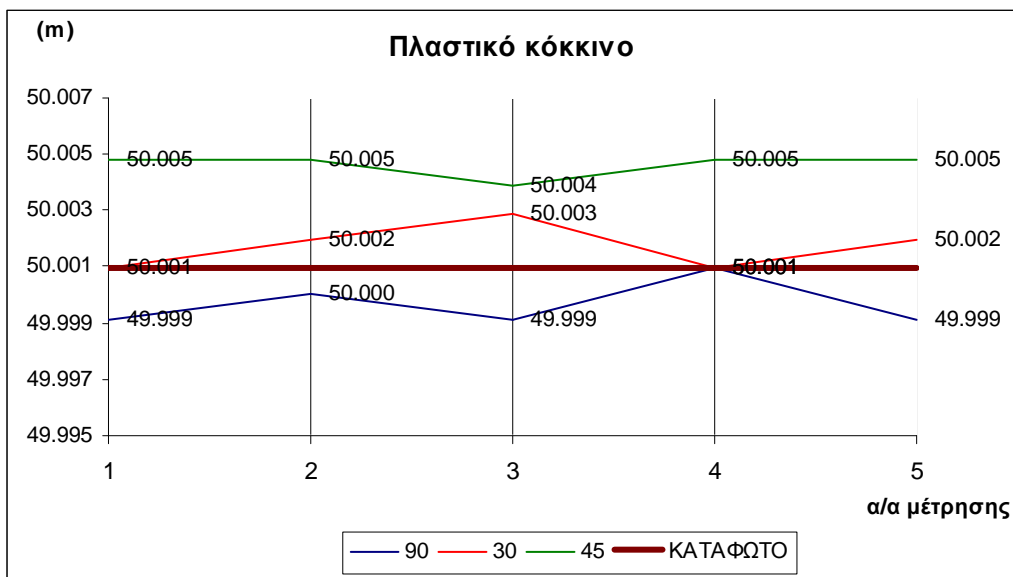
Διάγραμμα 3.54: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χαρτόνι γκρι στα 50m με το Topcon GPT3003LN



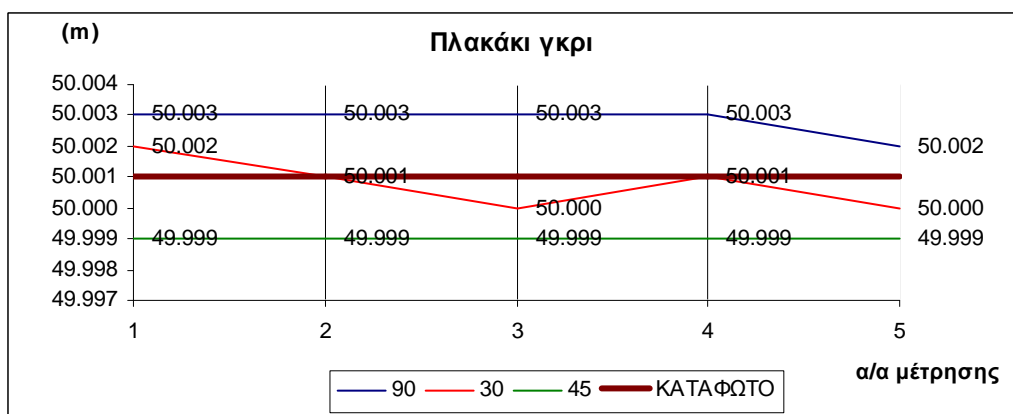
Διάγραμμα 3.55: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χαρτόνι μαύρο στα 50m με το Topcon GPT3003LN



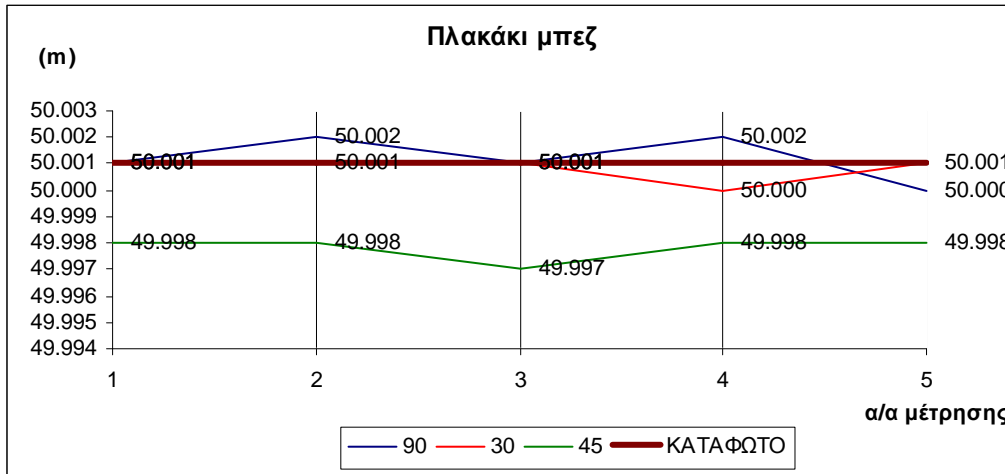
Διάγραμμα 3.56: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλαστικό λευκό στα 50m με το Topcon GPT3003LN



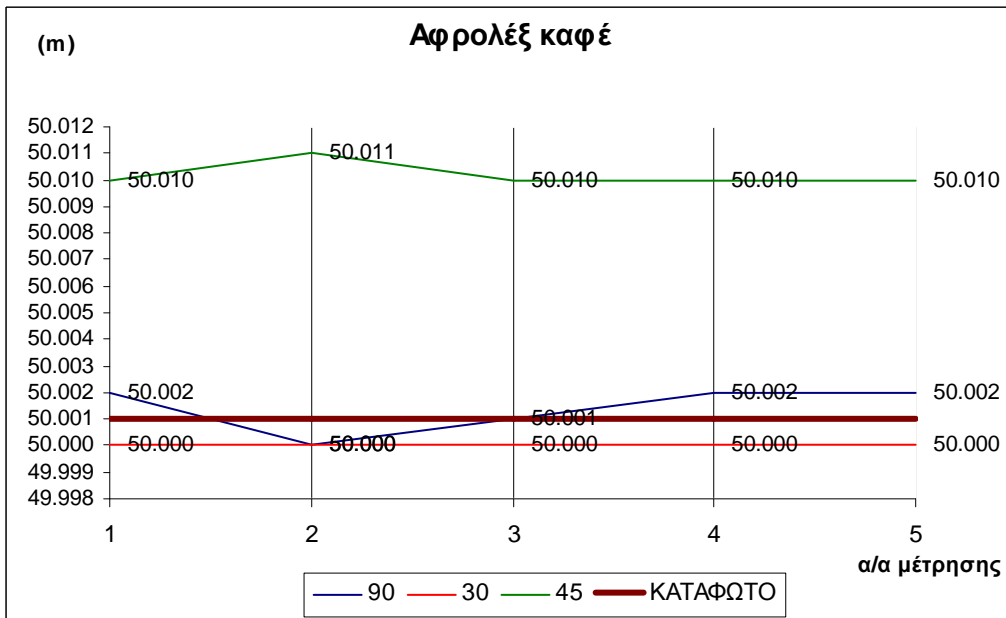
Διάγραμμα 3.57: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλαστικό κόκκινο στα 50m με το Topcon GPT3003LN



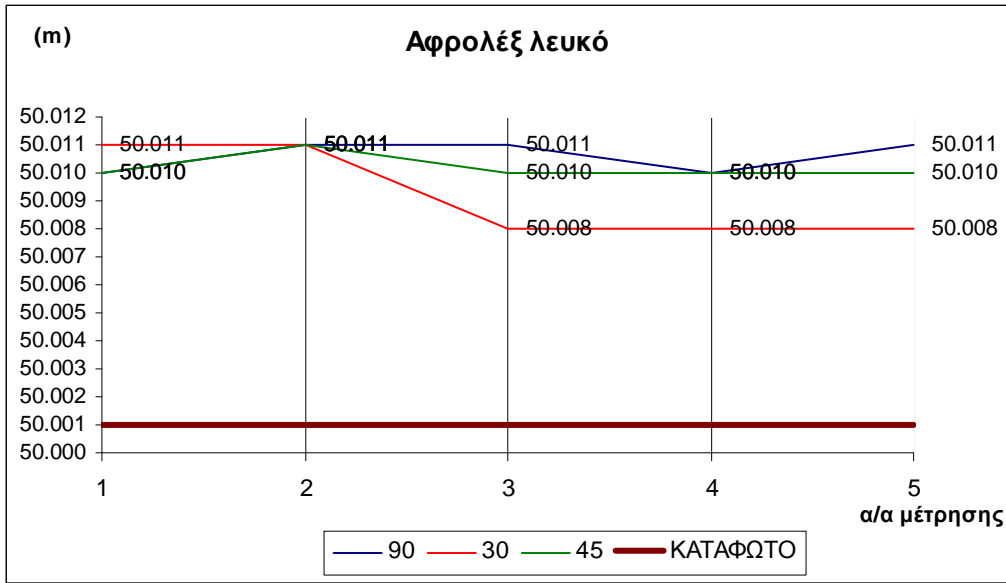
Διάγραμμα 3.58: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλακάκι γκρι στα 50m με το Topcon GPT3003LN



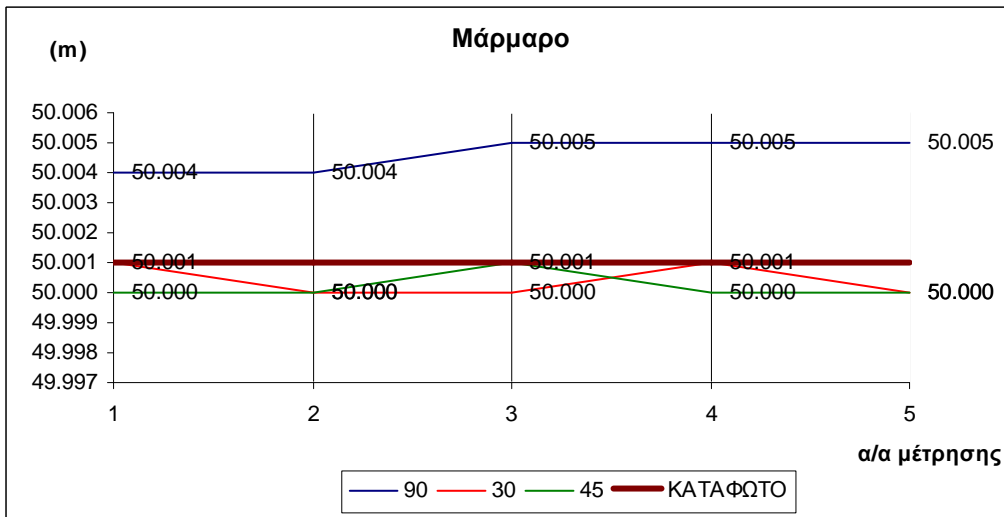
Διάγραμμα 3.59: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πλακάκι μπεζ στα 50m με το Topcon GPT3003LN



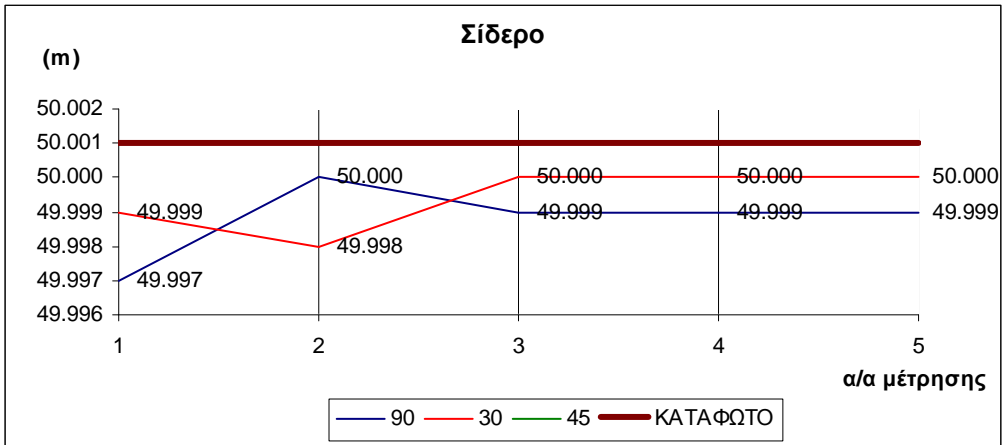
Διάγραμμα 3.60: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Αφρολέξ καφέ στα 50m με το Topcon GPT3003LN



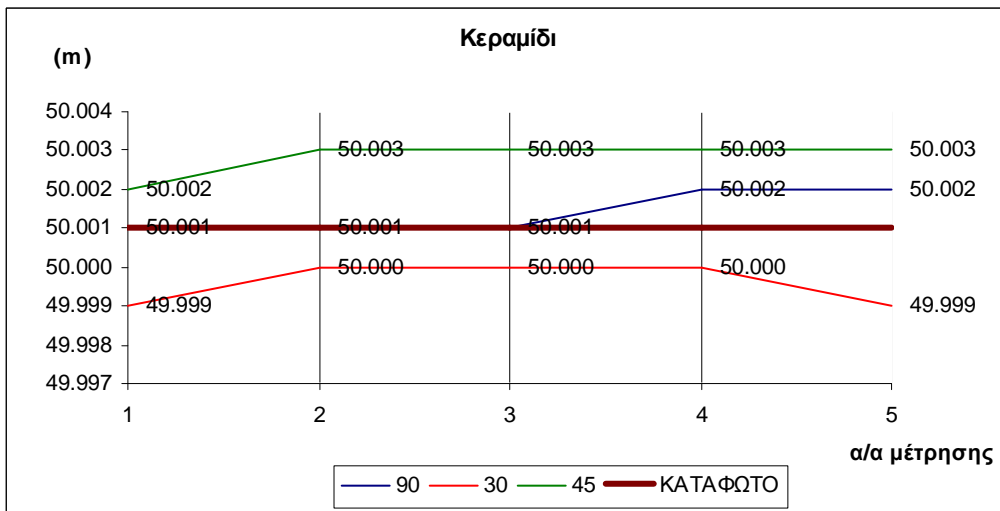
Διάγραμμα 3.61: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Αφρολέξ λευκό στα 50m με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.62: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Μάρμαρο στα 50m με το Topcon GPT3003LN

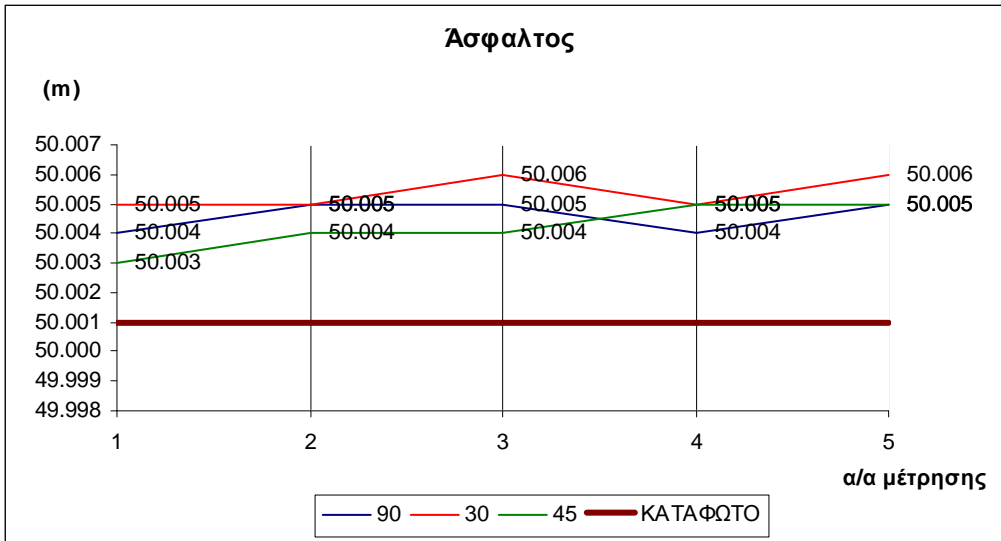


Διάγραμμα 3.63: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Σίδηρο στα 50m με το Topcon GPT3003LN

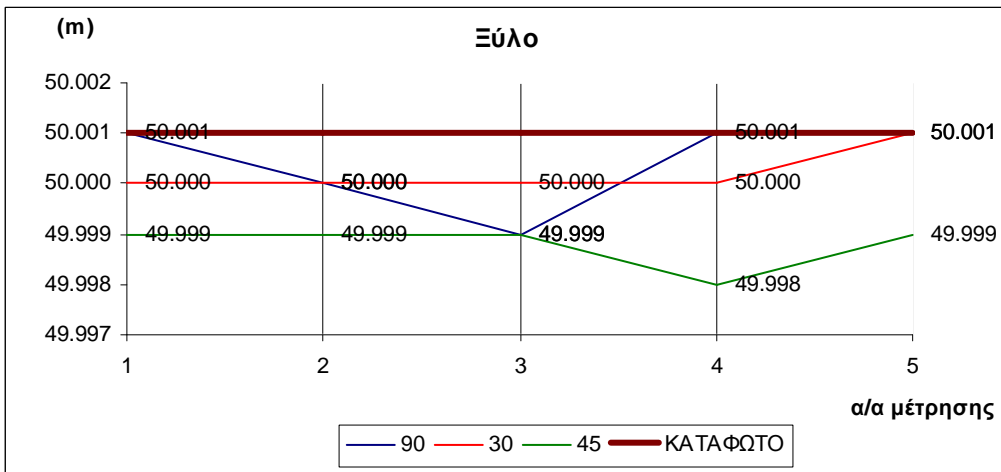


Διάγραμμα 3.64: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Κεραμίδι στα 50m με το Topcon GPT3003LN

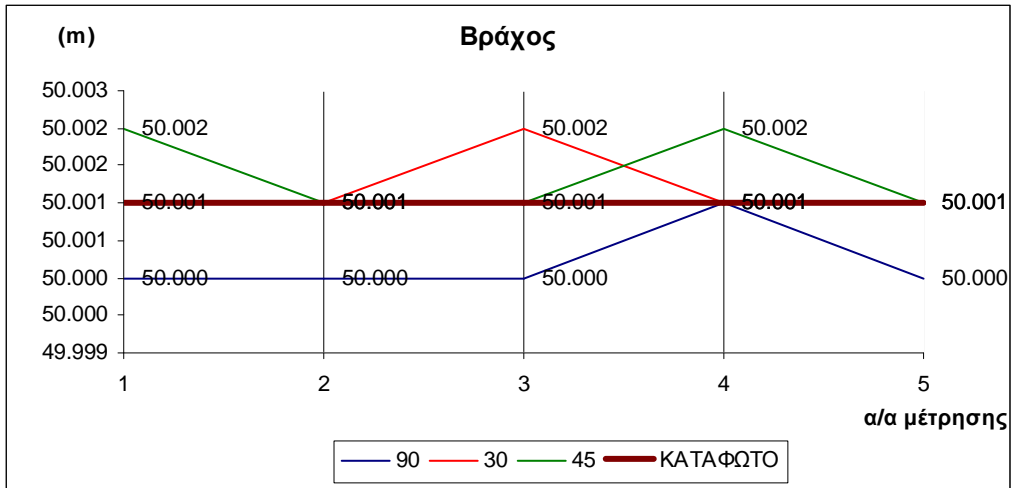




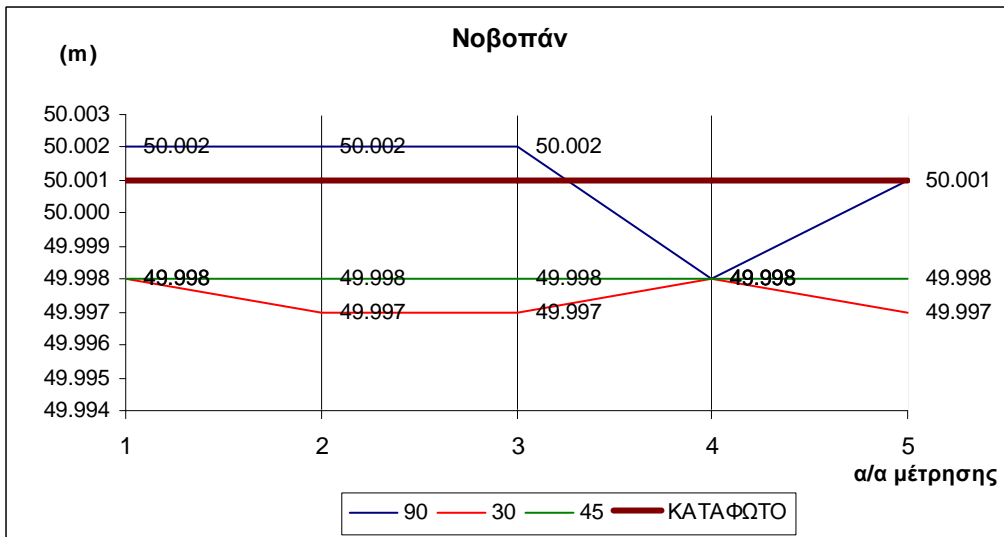
Διάγραμμα 3.65: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Ασφαλτος στα 50m με το Topcon GPT3003LN



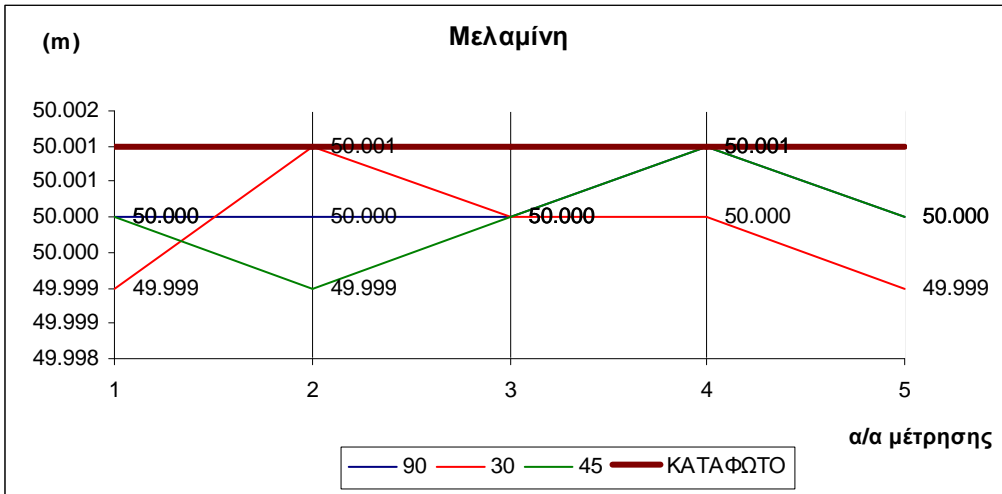
Διάγραμμα 3.66: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Ξύλο στα 50m με το Topcon GPT3003LN



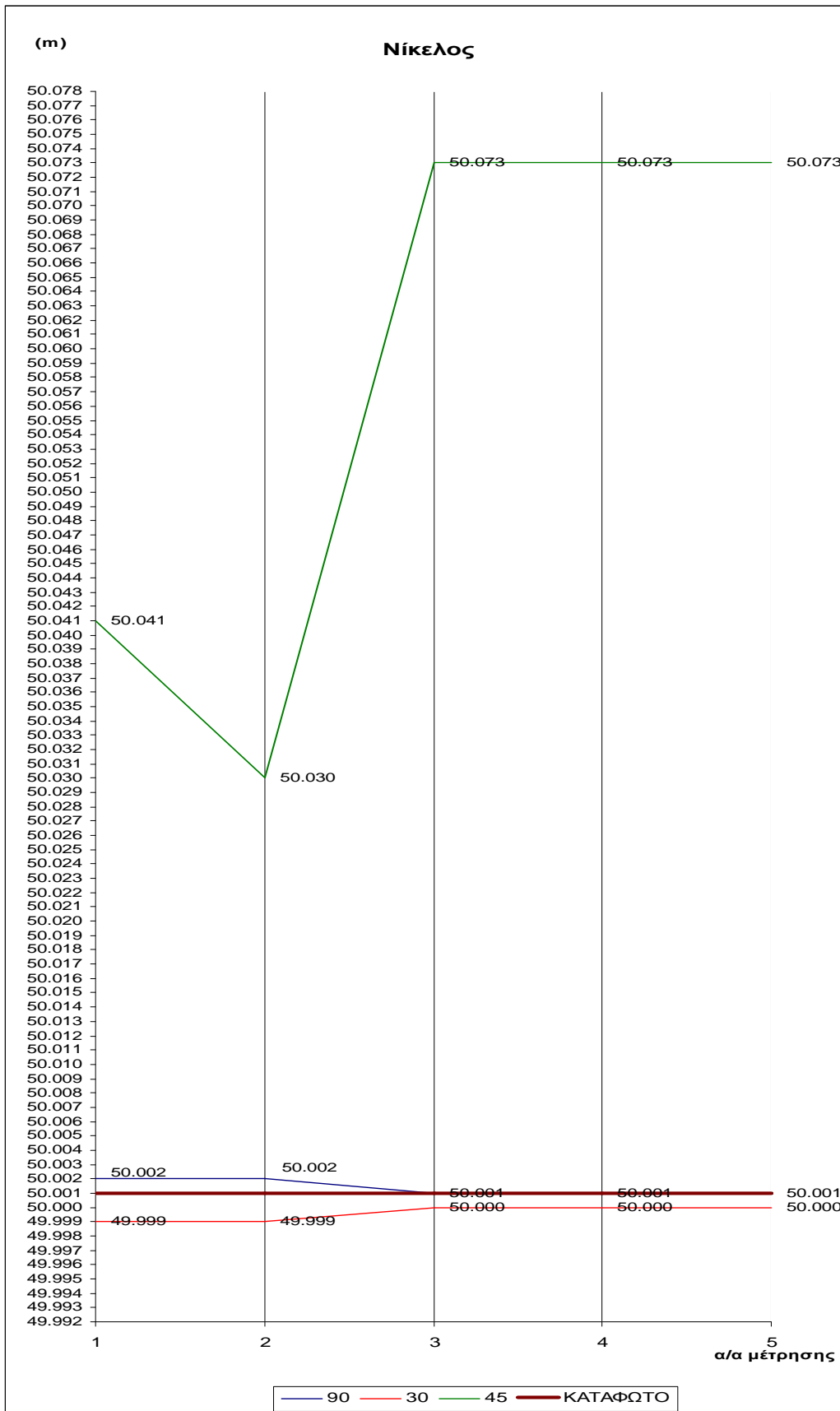
Διάγραμμα 3.67: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Βράχος στα 50m με το Topcon GPT3003LN



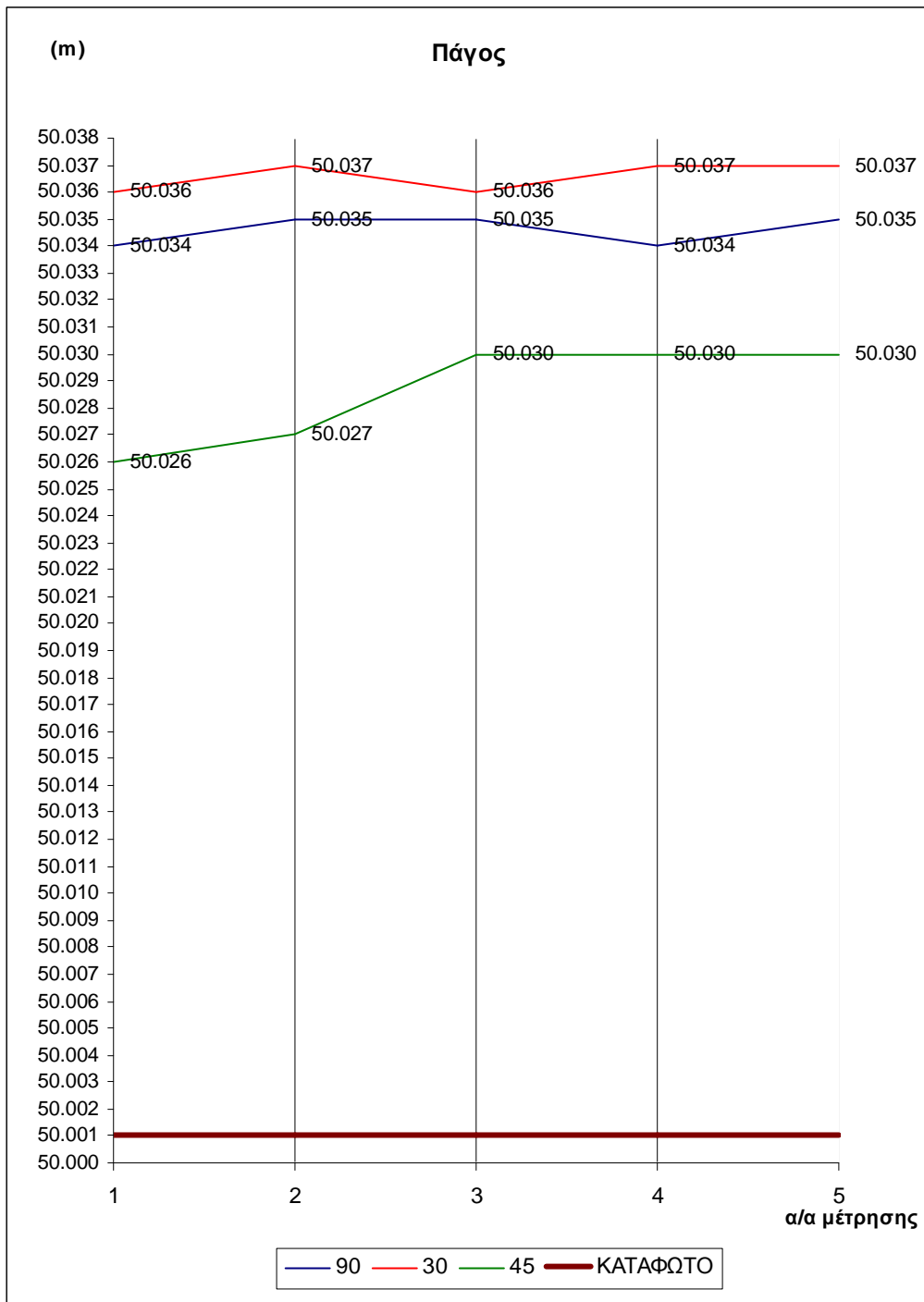
Διάγραμμα 3.68: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με το Topcon GPT3003LN



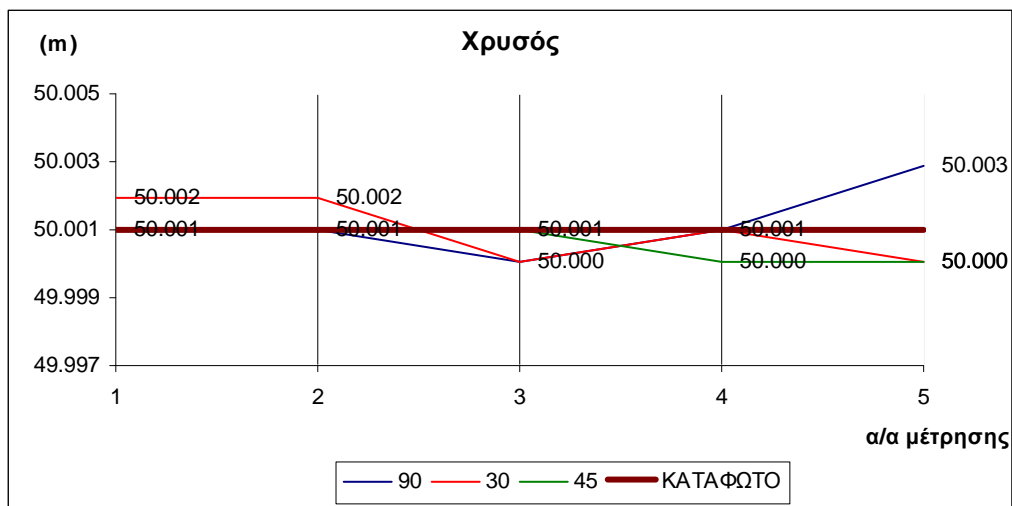
Διάγραμμα 3.69: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Μελαμίνη στα 50m με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.70: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Νίκελος στα 50m με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.71: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Πάγος στα 50m με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.72: Εσωτερική μέτρηση σε στόχο Χρυσός στα 50m με το Topcon GPT3003LN

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα 3.47-3.72 οι μετρήσεις είναι αρκετά αξιόπιστες σχετικά με την διακύμανση των τιμών και μάλιστα οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται πολύ κοντά στην αντίστοιχη τιμή του μετρημένου με κατάφωτο μήκους. Ωστόσο οι γραμμές των διαγραμμάτων που παρουσιάζουν την διακύμανση των τιμών των μετρήσεων κάθε διαφορετικής γωνίας σκόπευσης δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη σταθερότητα γεγονός που σημαίνει ότι σε πολλά υλικά υπάρχουν διαφορετικές μετρήσεις, χωρίς ωστόσο να εμφανίζονται μεγάλες αποκλίσεις (Πίνακας 3.3)

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρημένου με κατάφωτο, με εξαίρεση τον πάγο, ήταν:

- για γωνία πρόσπτωσης 90°: 10mm (αφρολέξ λευκό)
- για στροφή 30°: 10mm (αφρολέξ λευκό)
- για στροφή 45°: 72mm (νίκελος)

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω τιμές αναφέρονται στις μέγιστες αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν και μπορεί να προέρχονται από μία και μόνο μέτρηση, σε αντίθεση με τις τιμές του πίνακα 3.6 που αφορούν την διαφορά της μέτρησης του μήκους με κατάφωτο και της καλύτερης τιμής των 5 μετρήσεων του μήκους χωρίς κατάφωτο για κάθε γωνία πρόσπτωσης.

Υλικά	Αποκλίσεις (mm)		
	90°	30°	45°
KODAK GREY	0	2	1
KODAK WHITE	1	1	2
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	2	2	2
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	1	1	-
ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	2	1	1
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	1	2	4
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	1	2	2
ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	1	1	2
ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	2	2	2
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	1	1	0
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	2	2	1
ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	1	2	0
ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	1	2	1
ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	2	0	1
ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	1	1	3
ΜΑΡΜΑΡΟ	1	1	1
ΣΙΔΕΡΟ	3	2	-
ΚΕΡΑΜΙΔΙ	1	1	1
ΑΣΦΑΛΤΟΣ	1	1	1
ΞΥΛΟ	1	2	1
ΒΡΑΧΟΣ	1	1	
ΝΟΒΟΠΑΝ	4	0	1
ΜΕΛΑΜΙΝΗ	1	2	2
ΝΙΚΕΛΟΣ	1	1	33
ΧΡΥΣΟΣ	3	1	2
ΠΑΓΟΣ	1	1	4

Πίνακας 3.3: Εύρος αποκλίσεων τιμών κάθε μέτρησης για εσωτερικές μετρήσεις στα 50m με το Topcon 3003LN

Τα υλικά που δεν μετρήθηκαν ήταν μόνο το σίδηρο και ο αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου και μάλιστα σε γωνία 45° μόνο.

### 3.2.4 Παρουσίαση μετρήσεων ανά υλικό

Παρακάτω παρατίθενται τα συγκριτικά διαγράμματα ανά υλικό για γωνία πρόσπτωσης 90° μέσω των οποίων προκύπτουν άμεσα συμπεράσματα για τις μετρήσεις κάθε οργάνου αλλά και την συμπεριφορά κάθε υλικού στα τρία όργανα.

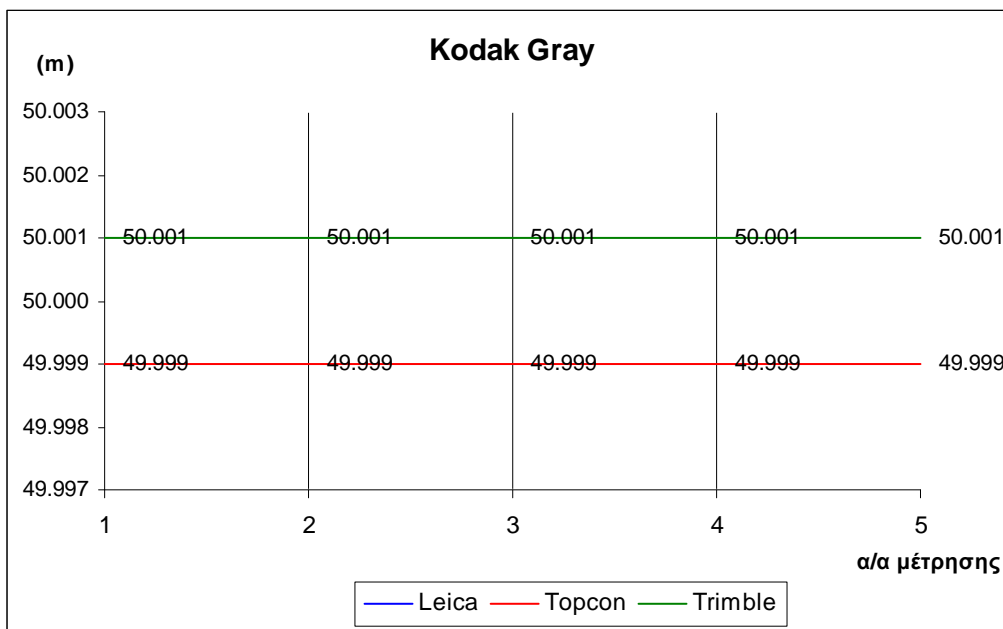
Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί πως τα μήκη που μετρήθηκαν με κατάφωτο παρουσιάζουν κάποιες μικρές μεν, αλλά όχι αμελητέες δε, διαφορές από όργανο σε όργανο. Επομένως κάποιες από τις διαφορές μεταξύ των μετρημένων μηκών μπορεί και πρέπει να αποδοθούν και εκεί.

Στα διαγράμματα αυτά:

- με μπλε γραμμή παρουσιάζονται τα μετρημένα μήκη με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR303,
- με κόκκινη γραμμή αυτά με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003
- με πράσινη γραμμή αυτά με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Trimble 5605DR<sup>+</sup>

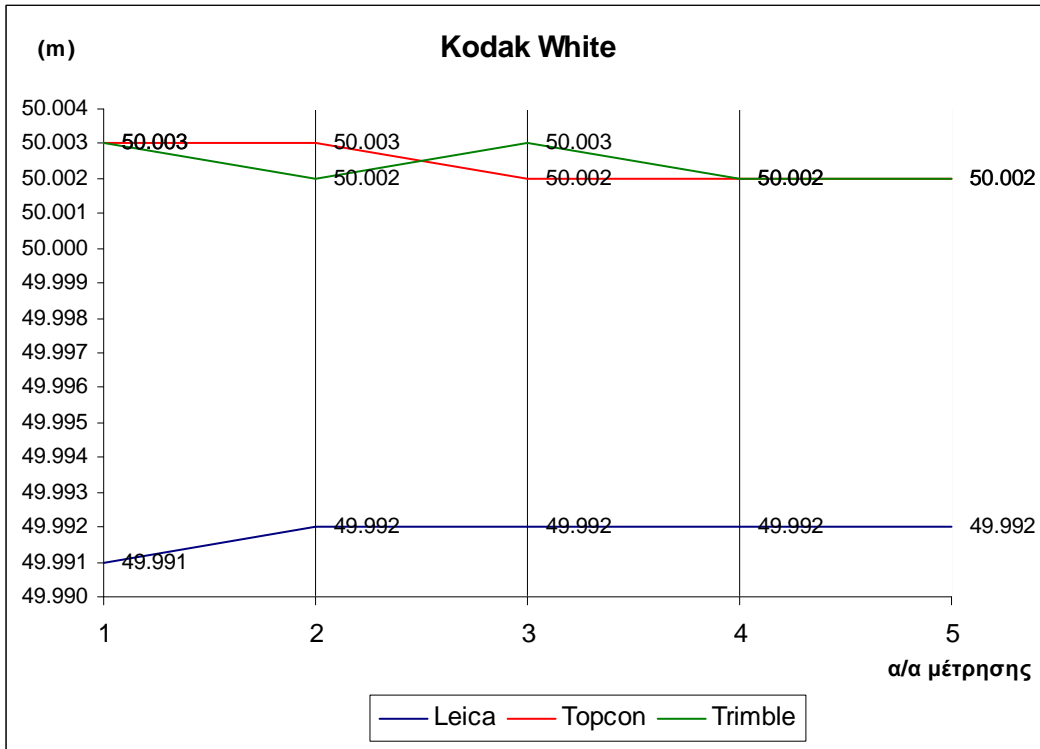
Πρέπει να σημειωθεί ότι για κάθε όργανο πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις με χρήση καταφώτου και το μήκος οργάνου-στόχου μετρήθηκε:

- 49.999 για το Leica TCR303
- 50.002 για το Trimble 5605DR<sup>+</sup>
- 50.001 για το Topcon GPT3003LN

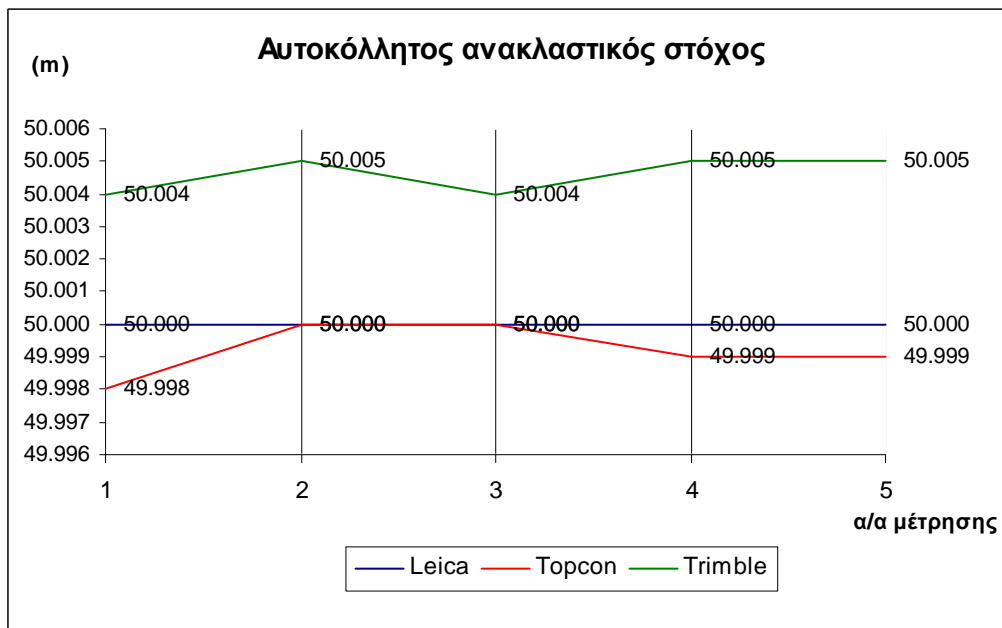


Διάγραμμα 3.73: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak Gray στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς

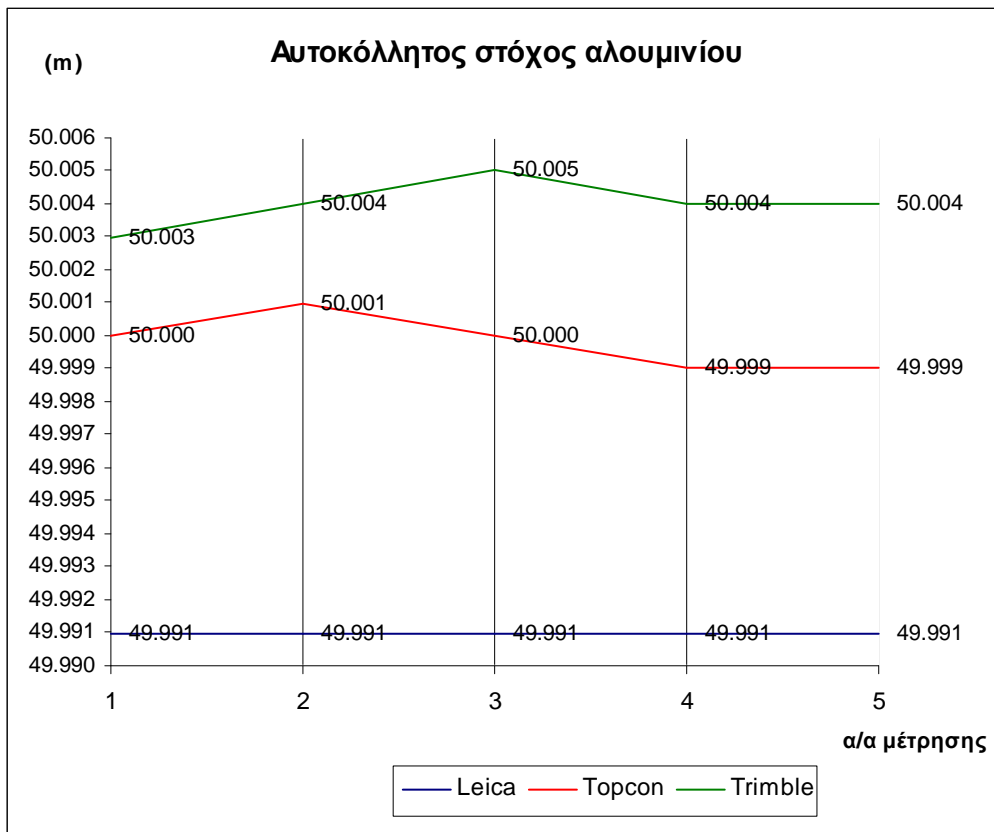




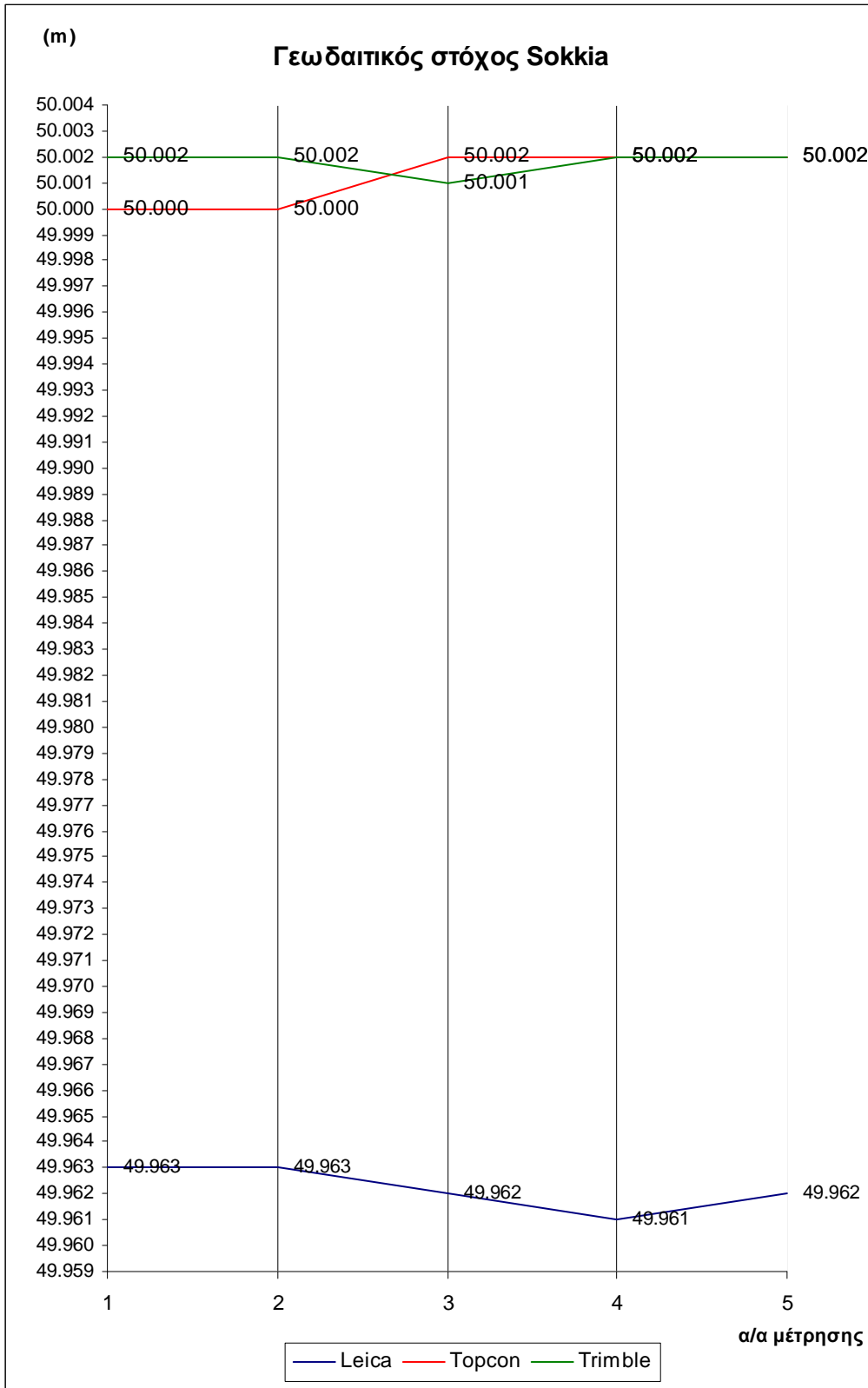
Διάγραμμα 3.74: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



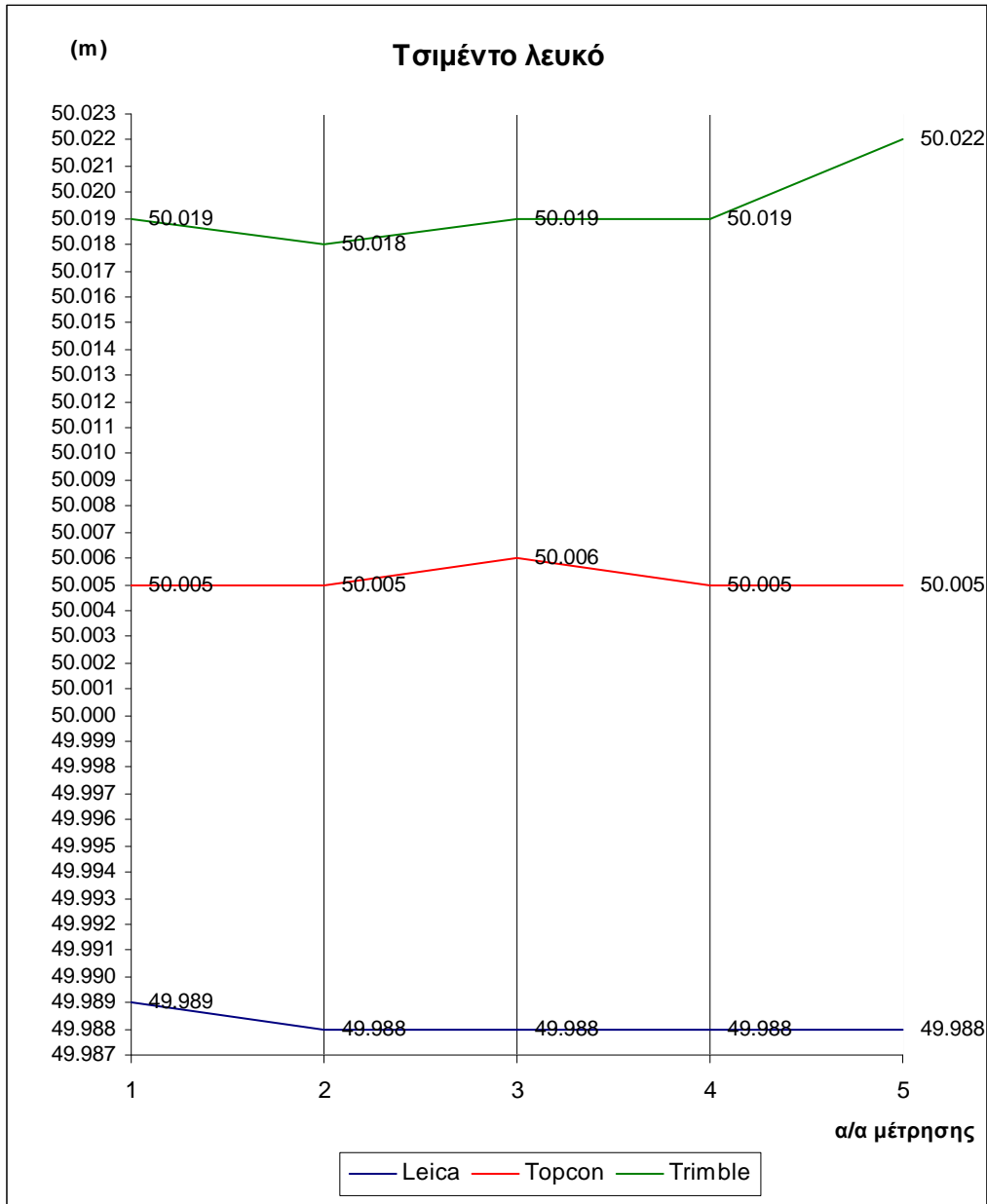
Διάγραμμα 3.75: Εσωτερικές μετρήσεις σε Αυτοκόλλητος ανακλαστικό στόχο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



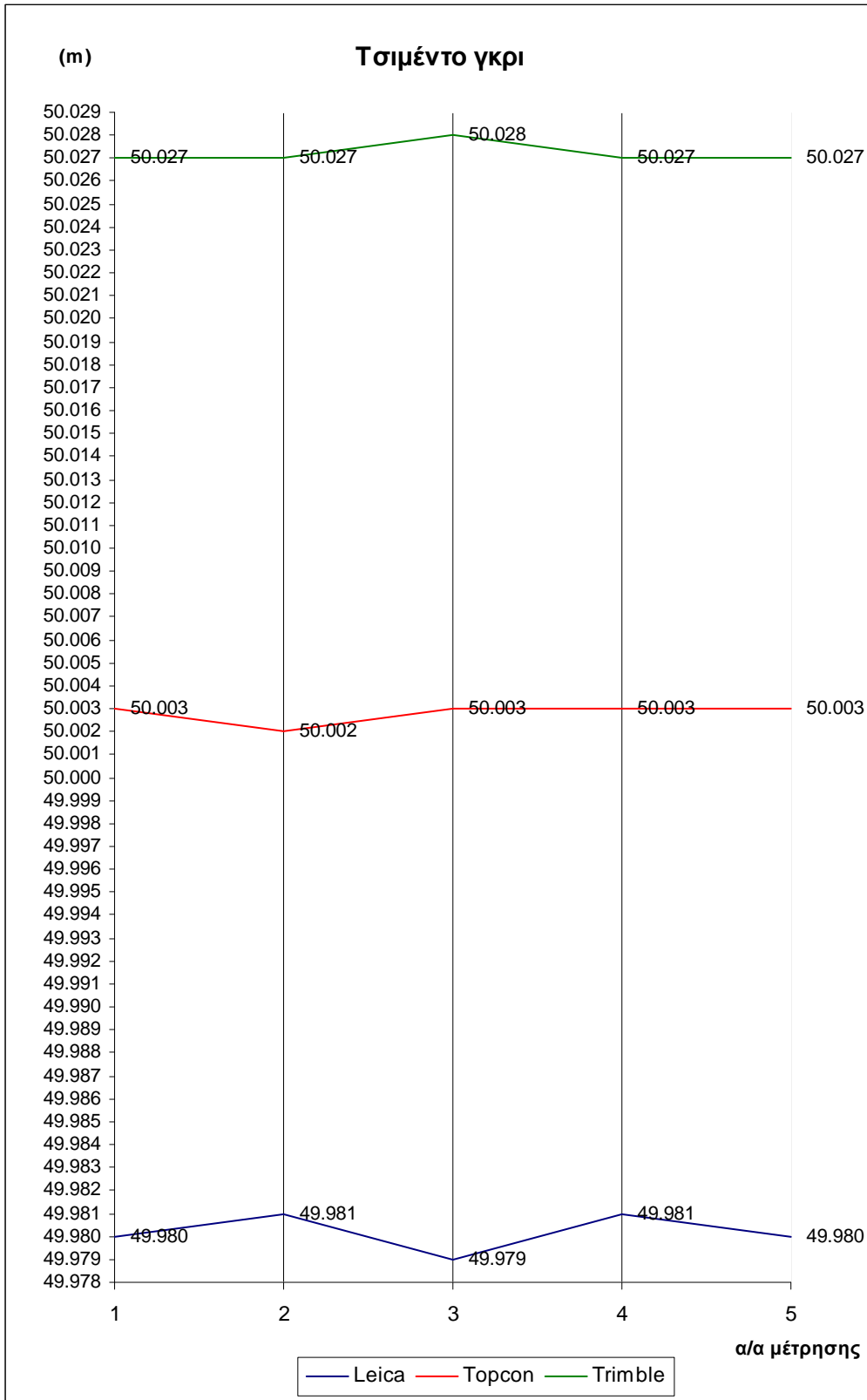
Διάγραμμα 3.76: Εσωτερικές μετρήσεις σε Αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



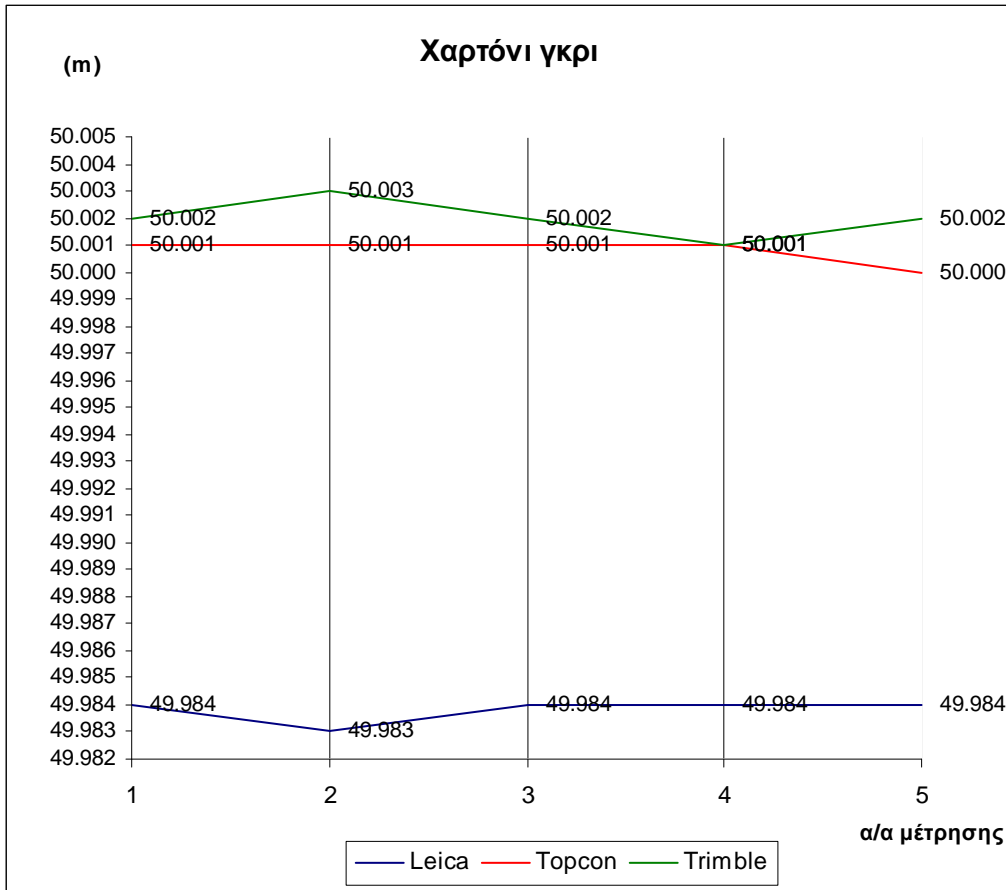
Διάγραμμα 3.77: Εσωτερικές μετρήσεις σε Γεωδαιτικό στόχο Sokkia στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



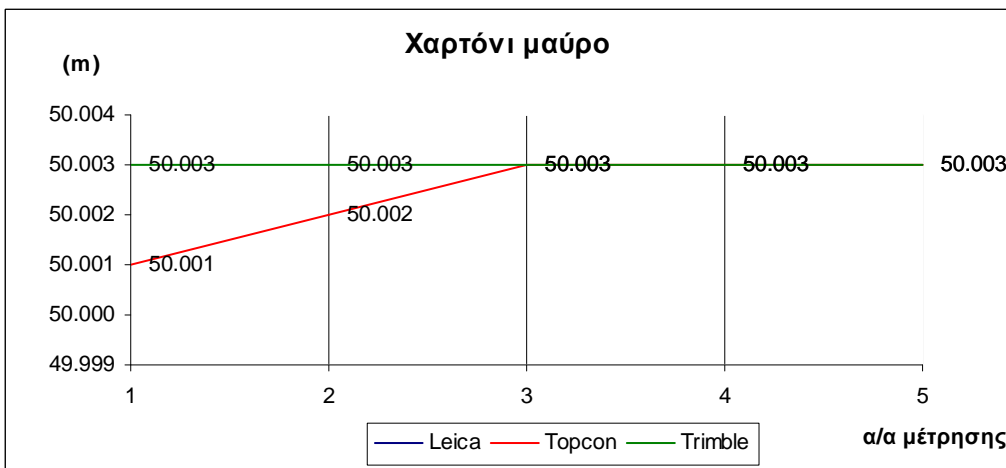
Διάγραμμα 3.78: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Τσιμέντο λευκό στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



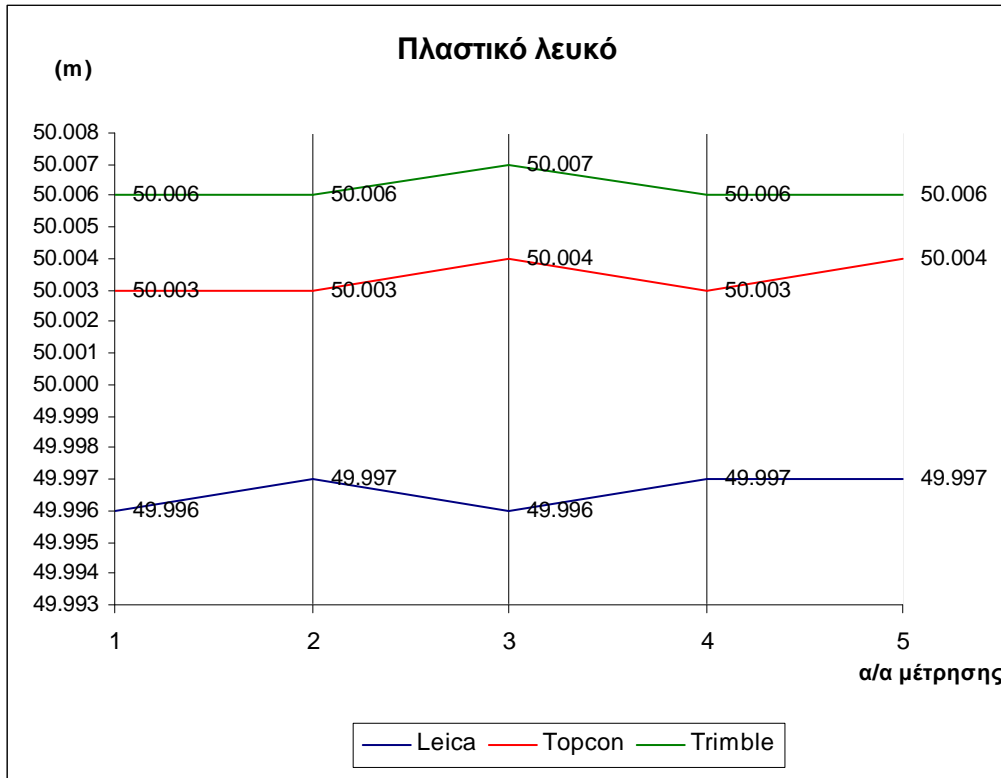
Διάγραμμα 3.79: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Τσιμέντο γκρι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



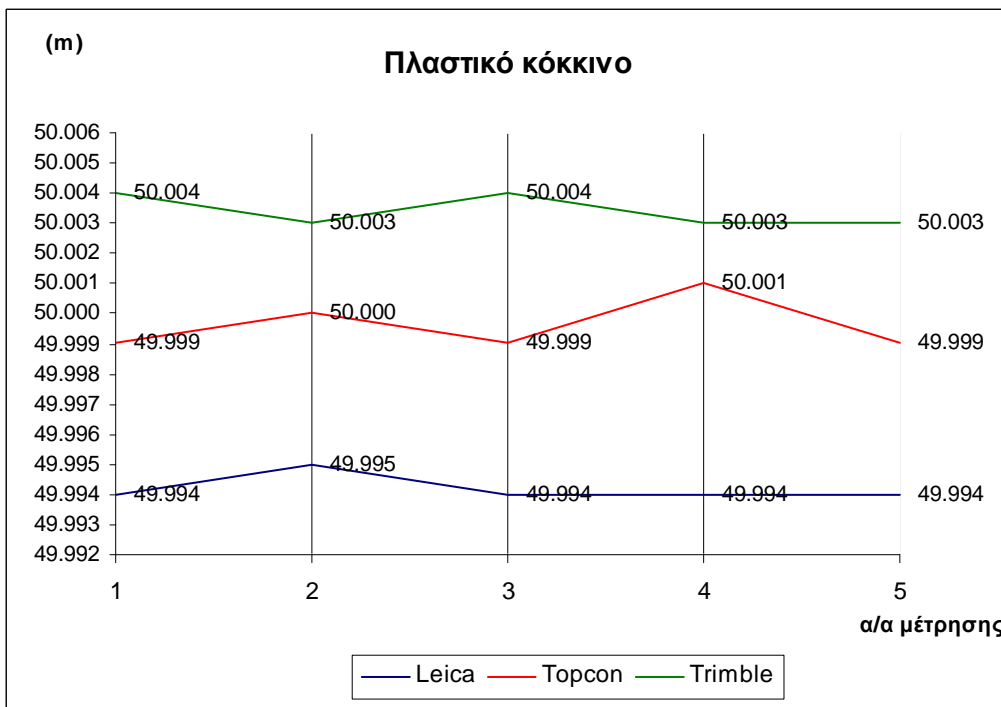
Διάγραμμα 3.80: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Χαρτόνι γκρι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



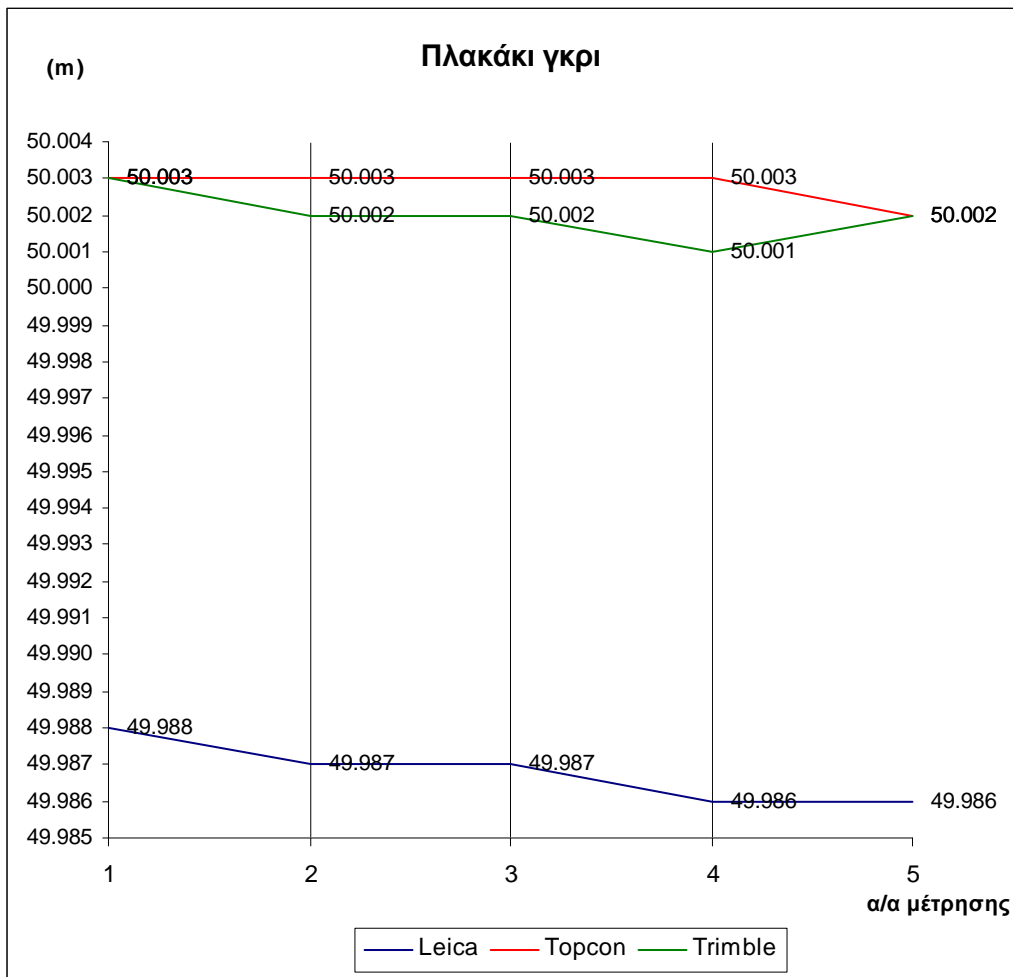
Διάγραμμα 3.81: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Χαρτόνι μαύρο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



Διάγραμμα 3.82: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλαστικό λευκό στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς

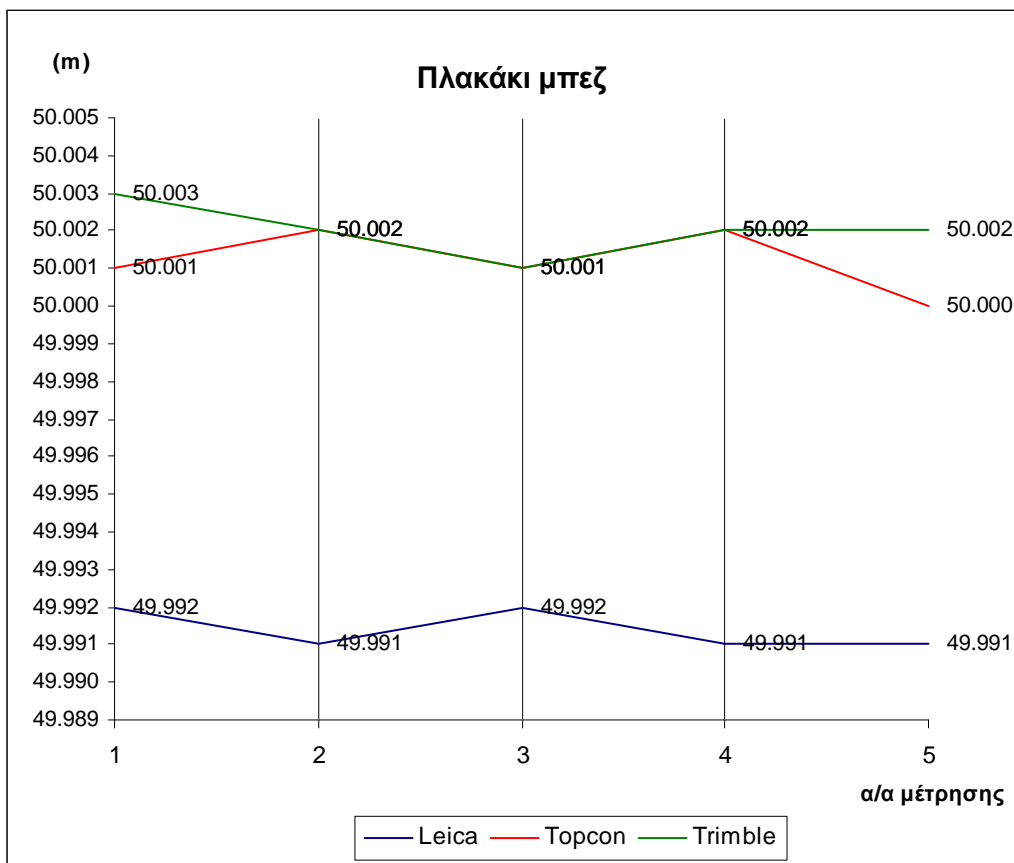


Διάγραμμα 3.83: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλαστικό κόκκινο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς

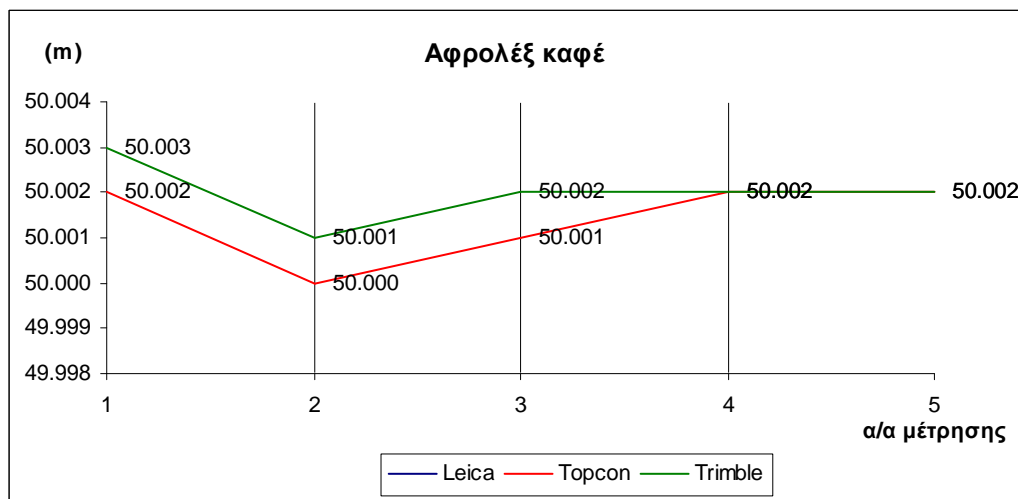


Διάγραμμα 3.84 Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο 79: πλακάκι γκρι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς

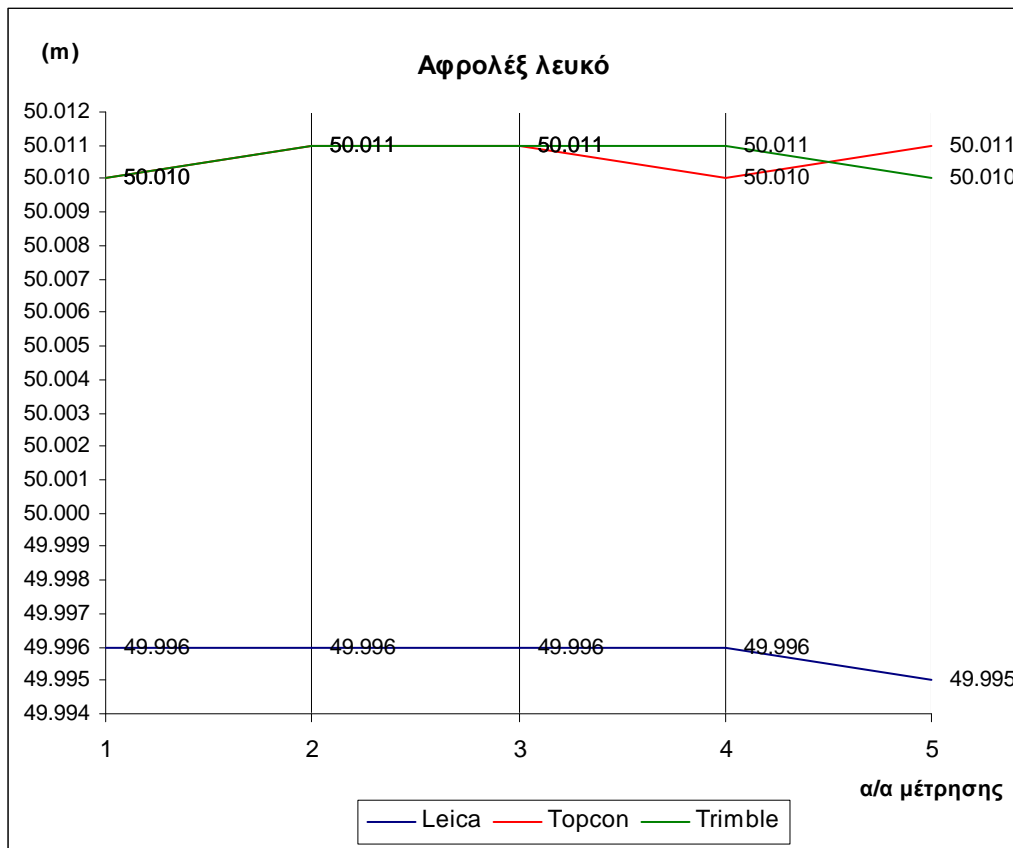




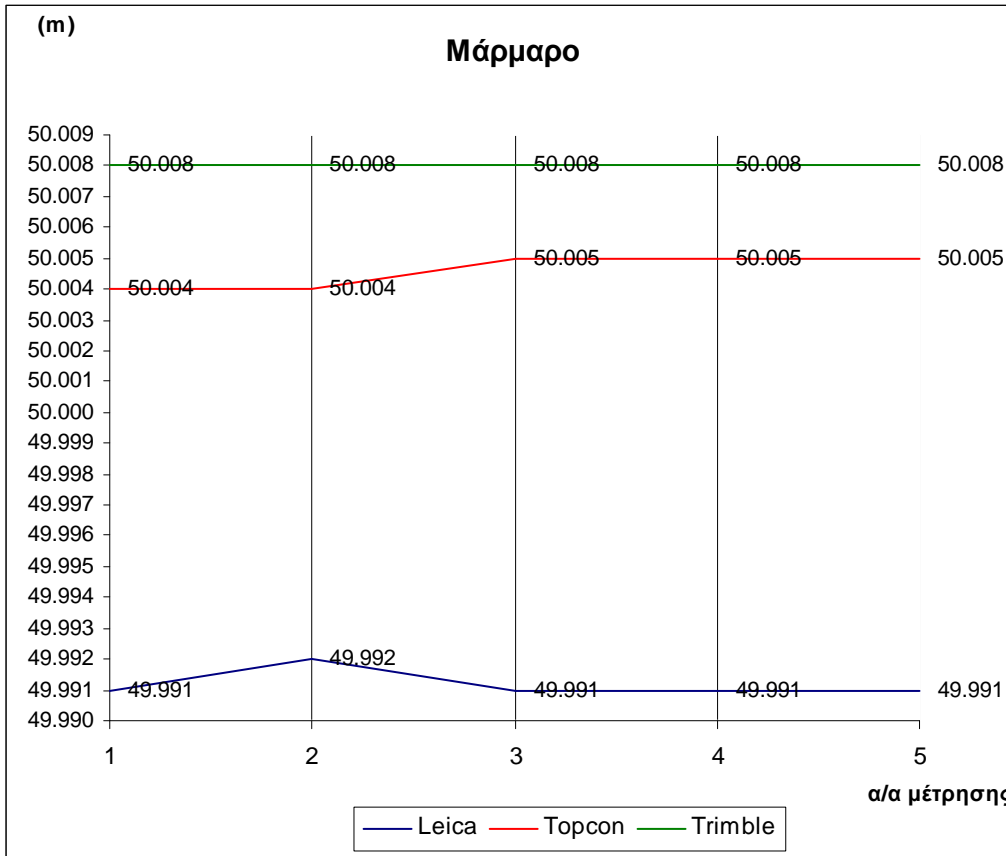
Διάγραμμα 3.85: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλακάκι μπεζ στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



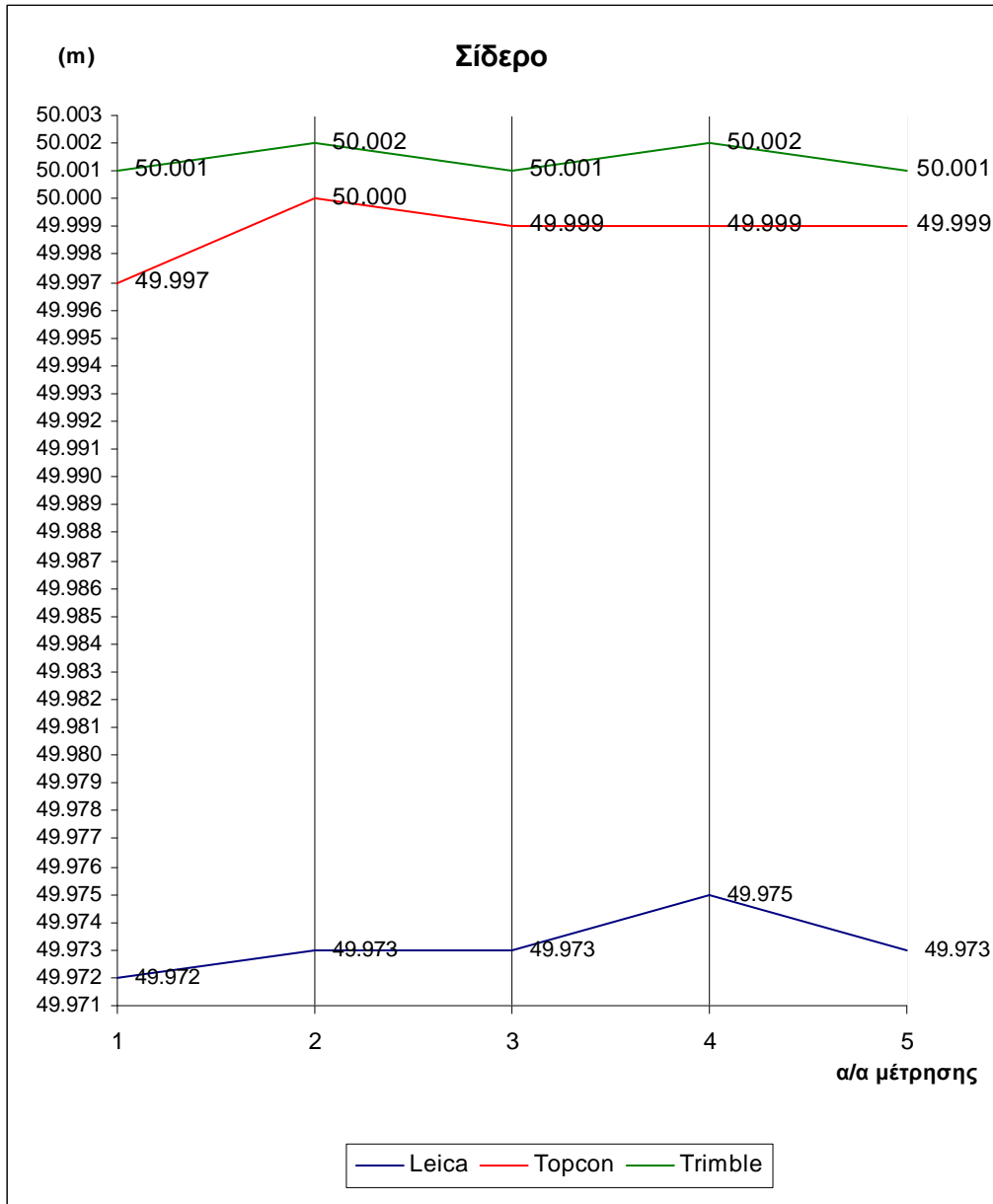
Διάγραμμα 3.86: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Αφρολέξ καφέ στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



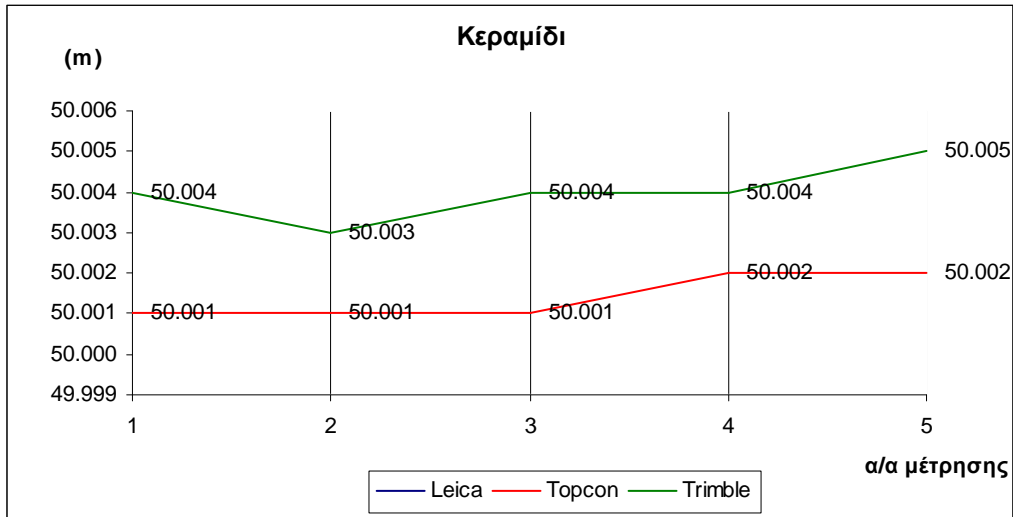
Διάγραμμα 3.87: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Αφρολέξ λευκό στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



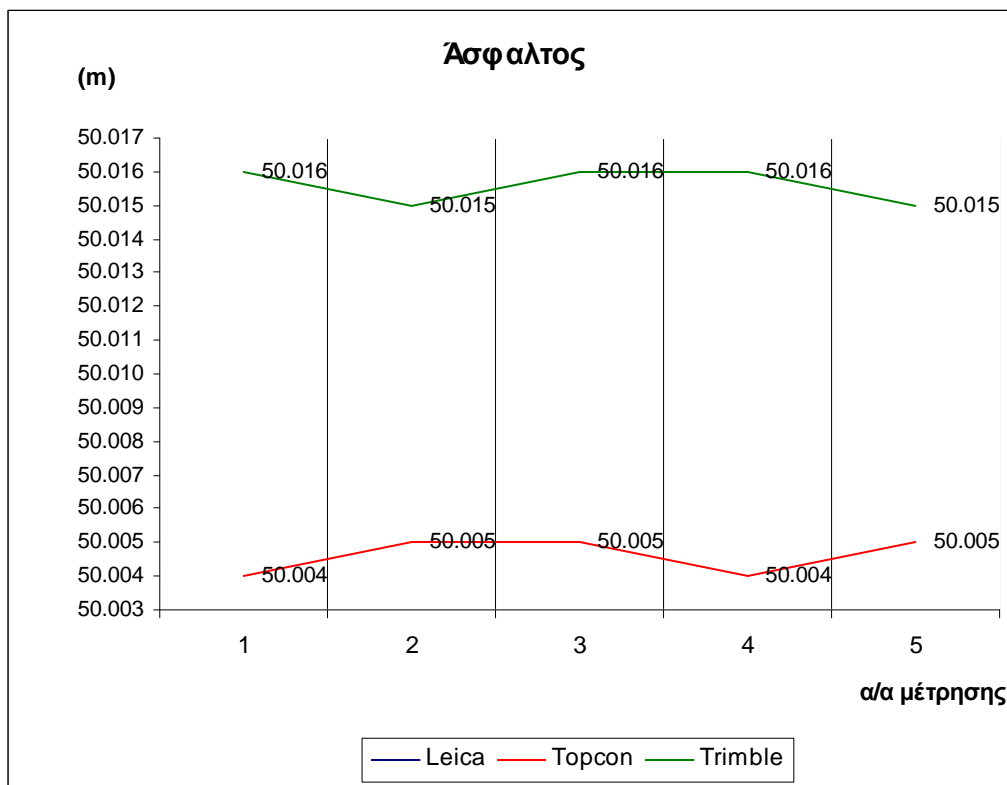
Διάγραμμα 3.88: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Μάρμαρο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



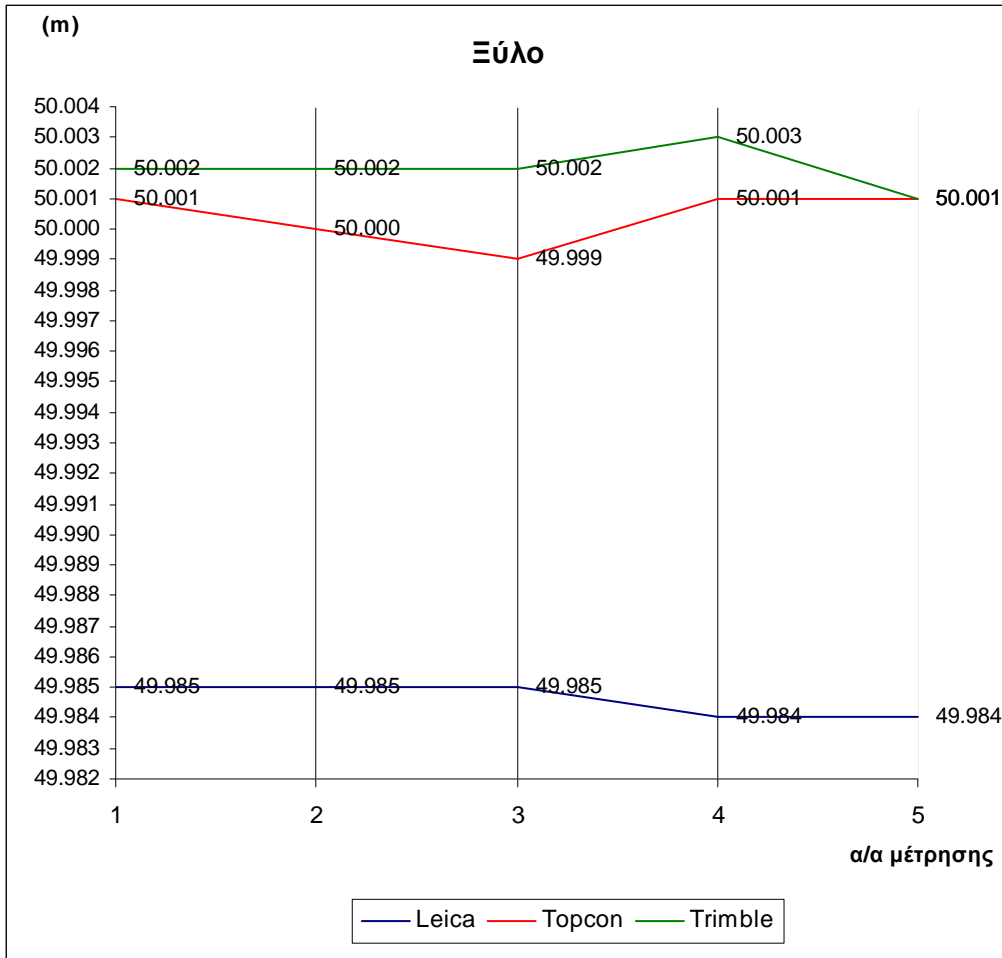
Διάγραμμα 3.89: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Σίδερο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



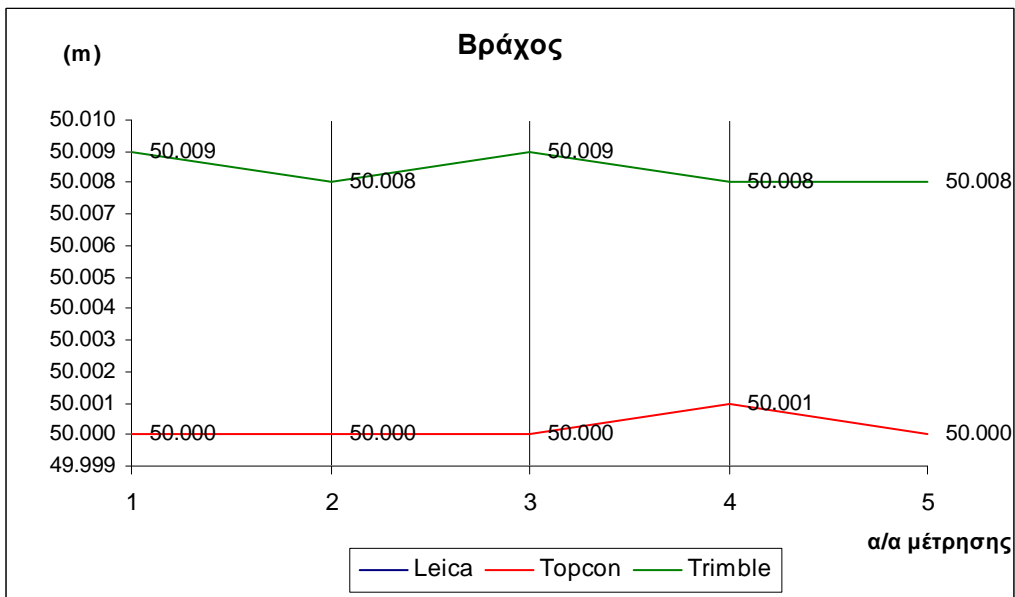
Διάγραμμα 3.90: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Κεραμίδι στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



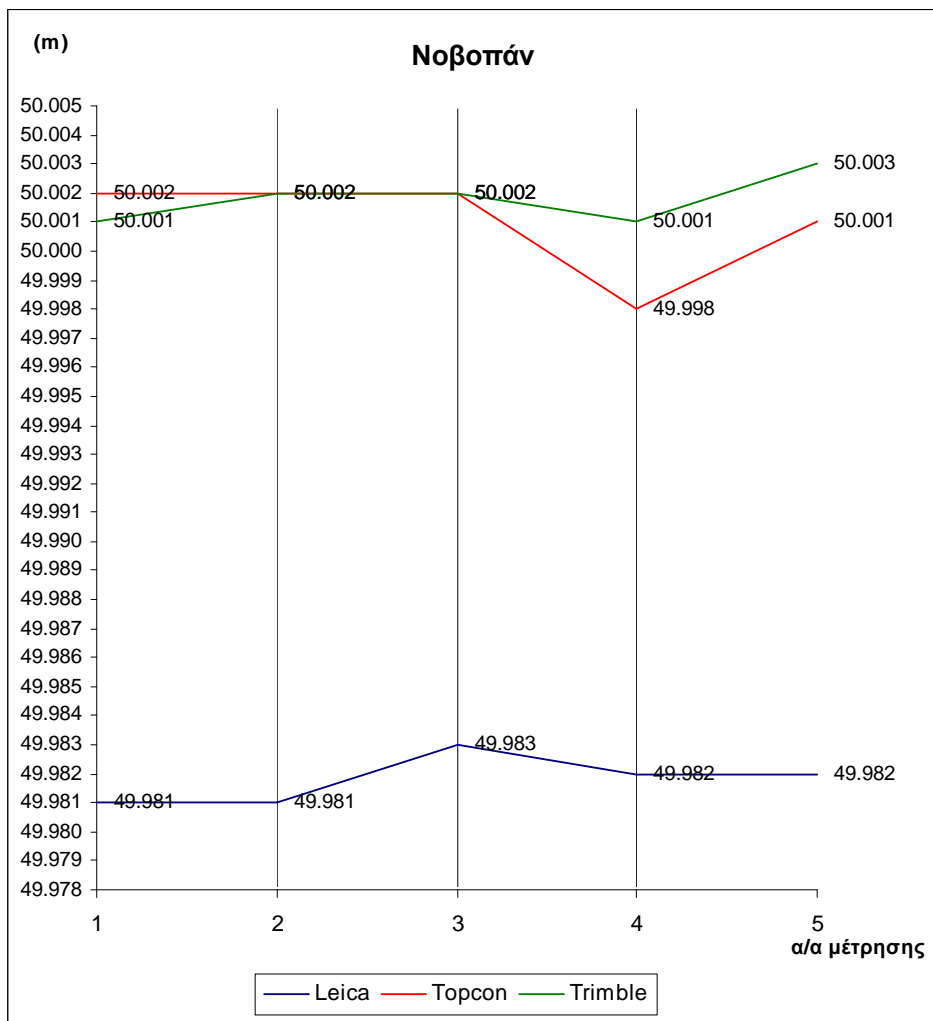
Διάγραμμα 3.91: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Άσφαλτος στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



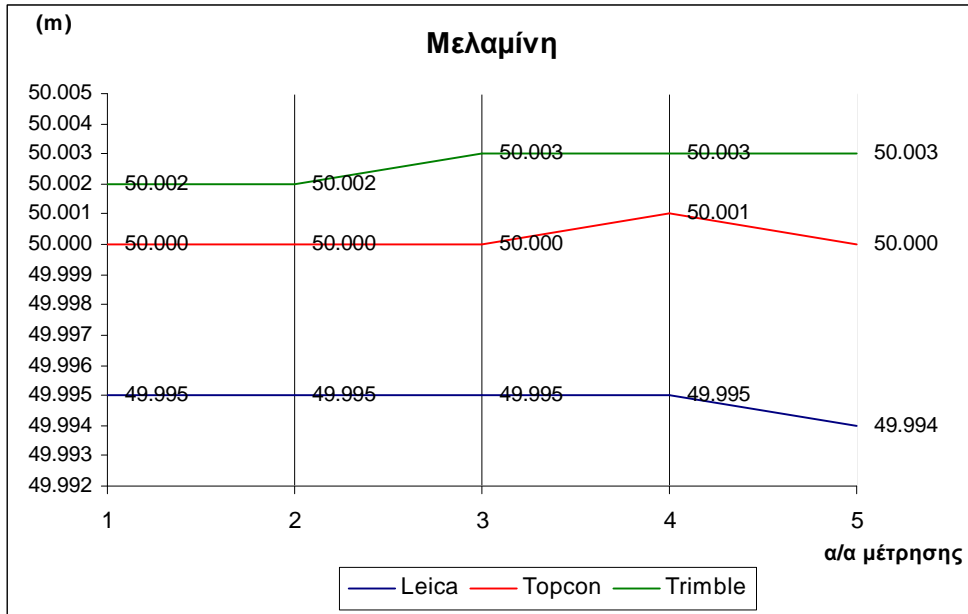
Διάγραμμα 3.92: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Ξύλο στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



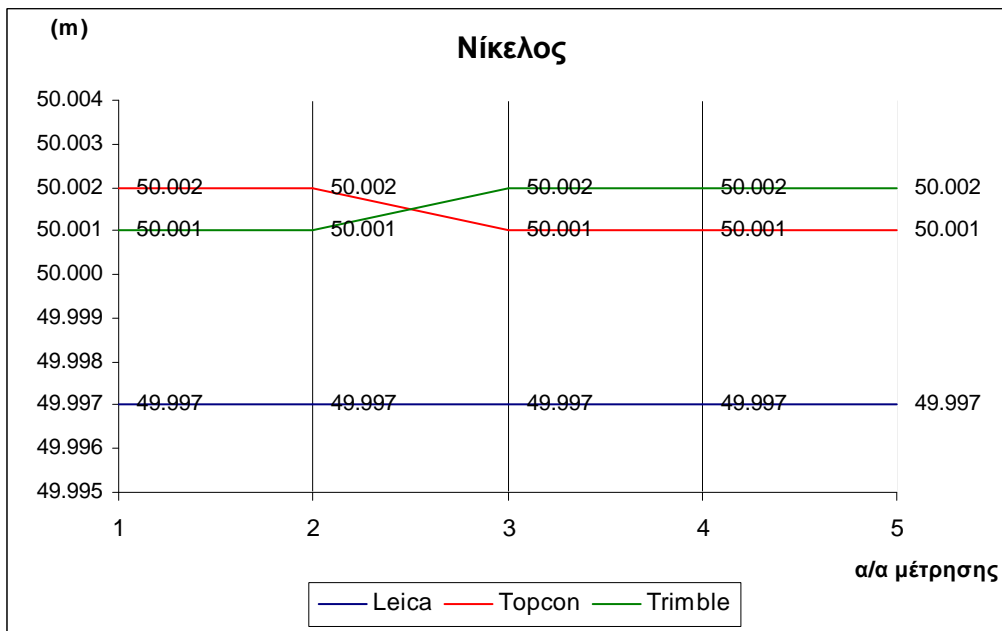
Διάγραμμα 3.93: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Βράχος στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



Διάγραμμα 3.94: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νοβοπάν στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς

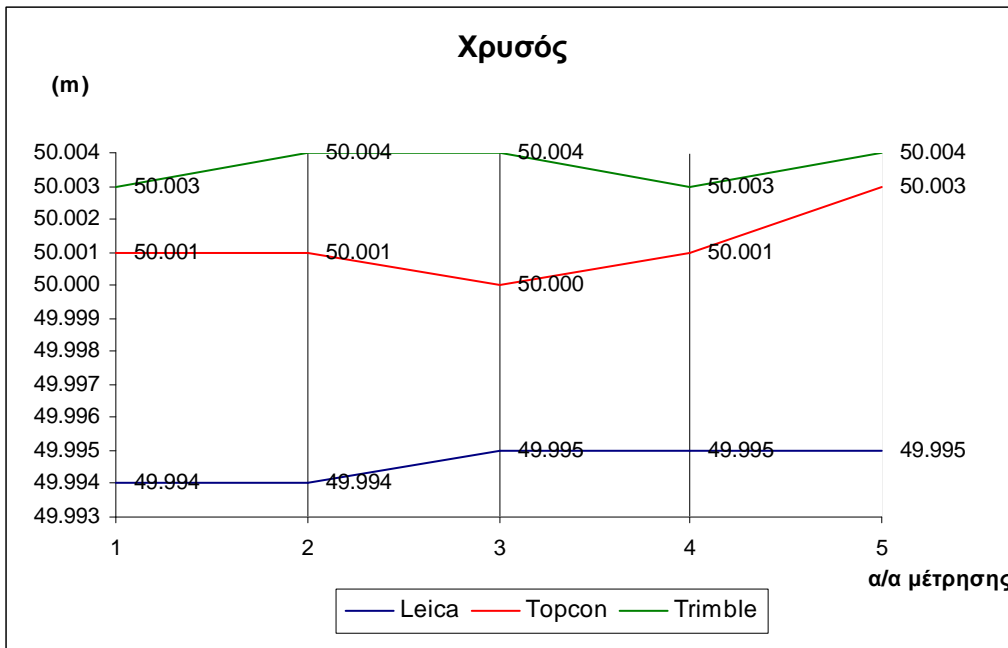


Διάγραμμα 3.95: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Μελαμίνη στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς

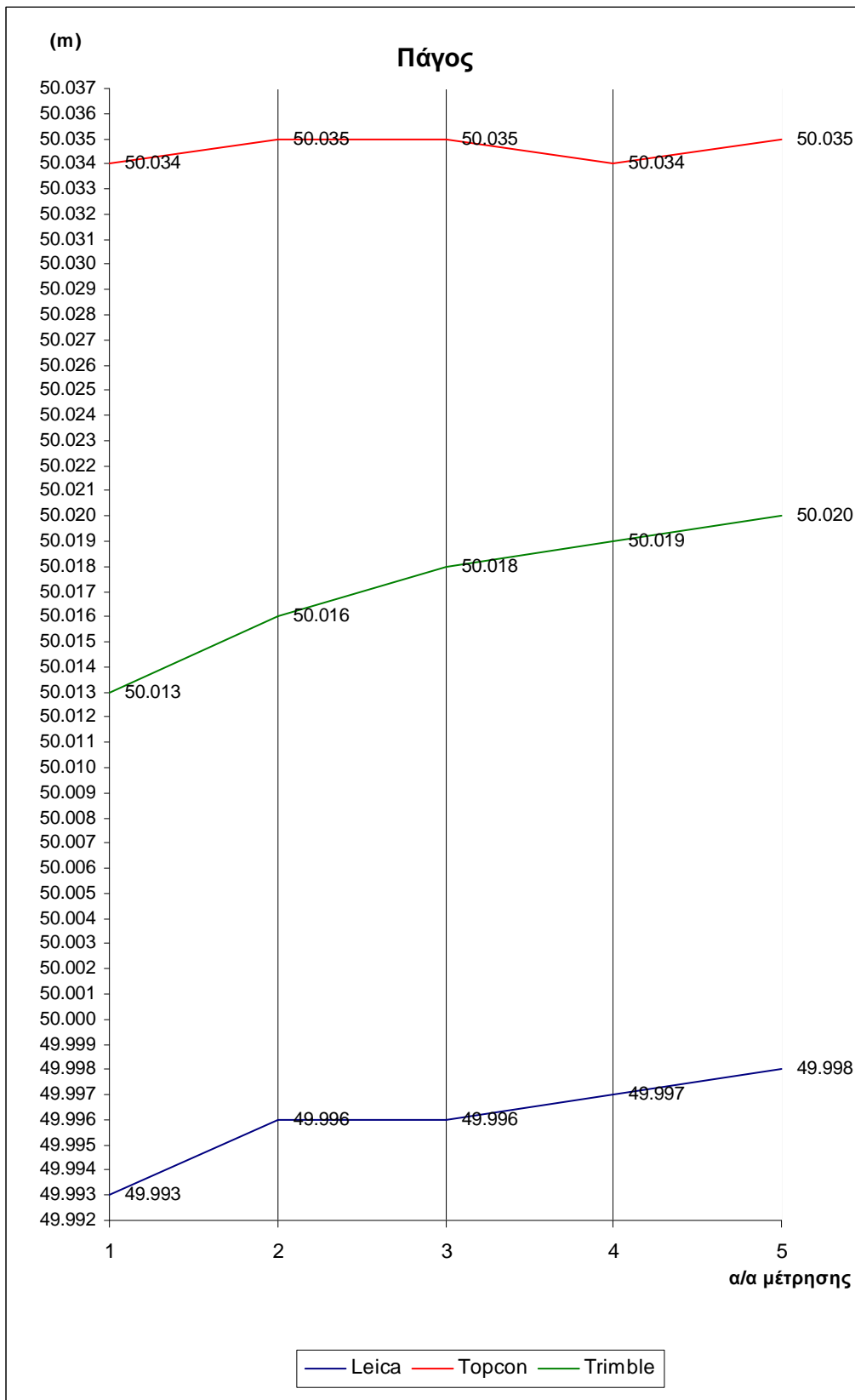


Διάγραμμα 3.96: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νίκελος στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς





Διάγραμμα 3.97: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Χρυσού στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς



Διάγραμμα 3.98: Εσωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πάγου στα 50m με τους τρεις γεωδαιτικούς σταθμούς

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα 3.75-3.98 φαίνεται ότι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις οι μετρήσεις με το όργανο Trimble 5605DR<sup>+</sup> καθώς και το Topcon GPT3003LN είναι μεγαλύτερες από αυτές με το Leica TCR303.

Βέβαια στο γεγονός αυτό συντέλεσε και το ότι και τα αρχικά μετρημένα με κατάφωτο μήκη παρουσίαζαν διαφορές της τάξης του 1-2mm ωστόσο ακόμη και λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις διαφορές οι μετρήσεις με το Leica θα ήταν ελαφρώς μικρότερες.

Παρατηρούνται διαφορετικές αντιδράσεις των οργάνων ανάλογα με το υλικό. Έτσι δημιουργούνται δυο ομάδες με βάση την σύγκλιση ή όχι των μετρήσεων.

Στην πρώτη ομάδα με παρόμοιες μετρήσεις και από τα 3 όργανα ανήκουν τα εξής υλικά: νοβοπάν, μελαμίνη, νίκελος, πλαστικό λευκό, πλαστικό κόκκινο, μάρμαρο, πλακάκι γκρι, πλακάκι μπλε, ξύλο, Kodak Gray και white, αφρολέξ καφέ, αφρολέξ λευκό, χαρτόνι μαύρο, κεραμίδι, χρυσός, γυαλιστερός Leica και αυτοκόλλητος ΕΜΠ.

Αντίθετα στην δεύτερη ομάδα με μεγάλες διαφορές ανάμεσα στα τρία όργανα, και επομένως μεγαλύτερα διαγράμματα σε μέγεθος λόγω της κοινή κλίμακας χιλιοστού στον άξονα Y, ανήκουν τα εξής υλικά: τσιμέντο λευκό, τσιμέντο γκρι, σίδηρο, στόχος Sokkia, πάγος, χαρτόνι γκρι, άσφαλτος και βράχος.

### 3.1.5 Αξιολόγηση μετρήσεων

Για την αξιολόγηση των μετρήσεων δημιουργήθηκαν οι παρακάτω συγκεντρωτικοί πίνακες που εκφράζουν την αξιοπιστία ή μη των μετρήσεων για κάθε υλικό σε κάθε μία από τις 3 διαφορετικές γωνίες στόχευσης και για τα 3 όργανα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι όπου δεν εμφανίζονται μετρήσεις στους πίνακες είναι επειδή τα όργανα δεν κατάφεραν να μετρήσουν μήκη στα συγκεκριμένα υλικά.

Για κάθε όργανο και σύμφωνα με τον κατασκευαστή για απόσταση 50m ισχύουν οι παρακάτω ακρίβειες για μετρήσεις με ή χωρίς την χρήση ανακλαστήρα αντίστοιχα:

- Για το Leica TCR303  $\pm 3\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 2\text{mm}$  με ανακλαστήρα
- Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>  $\pm 3\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 3\text{mm}$  με ανακλαστήρα.
- Για το Topcon GPT3003LN  $\pm 5\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 3\text{mm}$  με ανακλαστήρα

Επομένως σύμφωνα με την σχέση 3.3 υπολογίζονται οι τιμές για το  $\sigma_{\Delta D}$  για τα 3 όργανα:

- Για το Leica TCR303  $\sigma\Delta D = \pm 3.6\text{mm}$
- Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>  $\sigma\Delta D = \pm 4.2\text{mm}$
- Για το Topcon GPT3003LN  $\sigma\Delta D = \pm 5.8\text{mm}$

και τελικά για να γίνει αποδεκτή μια μέτρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% όπου  $z=1.96$  ισχύει:

- Για το Leica TCR303  $z\cdot\sigma\Delta D = \pm 7\text{mm}$
- Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>  $z\cdot\sigma\Delta D = \pm 8.2\text{mm}$
- Για το Topcon GPT3003LN  $z\cdot\sigma\Delta D = \pm 11.3\text{mm}$

Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανά όργανο καθώς και το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των μετρήσεων. Η διαφορά  $\Delta D = D_{\text{κατ.}} - D_{\text{RL}}$  αναφέρεται στην διαφορά μεταξύ του μετρημένου μήκους από κάθε όργανο με κατάφωτο με την αντίστοιχη μέτρηση του ίδιου μήκους σε κάθε υλικό και από διαφορετικές γωνίες. Ελέγχεται αν η διαφορά αυτή είναι αποδεκτή για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Έτσι με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται στους πίνακες οι μετρήσεις εκείνες οι οποίες δεν έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	-	-	-
11	KODAK WHITE	7.0	11.0	18.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	-1.0	-1.0	-1.0
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	8.0	-	-
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	37.0	-	-
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	11.0	11.0	14.0
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	19.0	22.0	24.0
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	15.0	10.0	26.0
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-	-	-
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	2.4	9.0	12.0
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	4.8	14.0	17.0
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	12.2	19.0	25.0
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	8.0	17.0	22.0
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	3	6.0	14.0
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	7.8	13.0	17.0
16	ΣΙΔΕΡΟ	26	-	-
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	14.0	16.0	22.0
23	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	17.2	21.0	27.0
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	4.2	12.0	16.0
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	2.0	37.0	-
18	ΠΑΓΟΣ	3.0	8.0	-
24	ΧΡΥΣΟΣ	4.0	-	-

Πίνακας 3.4 Αξιολόγηση μετρήσεων με το TCR303 της Leica

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	1.0	4.0	9.0
11	KODAK WHITE	0.0	3.0	7.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	-3.0	-2.0	0.0
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	-2.0	5.0	17.0
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	0.0	7.0	9.0
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-17.0	2.0	5.0
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-25.0	3.0	7.0
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	0.0	4.0	9.0
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-1.0	4.0	6.0
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	-4.0	-7.0	-2.0
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	-1.0	0.0	4.0
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	0.0	4.0	8.0
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	0.0	2.0	7.0
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	0.0	3.0	9.0
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	-9.0	-8.0	-1.0
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	-6.0	-2.0	2.0
16	ΣΙΔΕΡΟ	1.0	16.0	33.0
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-2.0	2.0	6.0
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-14.0	-3.0	6.0
9	ΞΥΛΟ	0.0	3.0	7.0
23	ΒΡΑΧΟΣ	-6.0	-1.0	6.0
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	0.0	4.0	9.0
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	-1.0	3.0	6.0
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	0.0	1.0	3.0
18	ΠΑΓΟΣ	-15.0	-26.0	-14.0
24	ΧΡΥΣΟΣ	-2.0	3.0	7.0

Πίνακας 3.5 Αξιολόγηση μετρήσεων με το 5605DR<sup>+</sup> της Trimble

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	2.0	2.0	3.0
11	KODAK WHITE	1.0	1.0	2.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	2.0	3.0	3.0
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	1.0	-7.0	-
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	0.0	4.0	2.0
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-4.0	1.0	2.0
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-2.0	1.0	3.0
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	0.0	1.0	3.0
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-1.0	-1.0	0.0
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	-2.0	-7.0	-6.0
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	1.0	-1.0	-4.0
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	-2.0	0.0	2.0
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	0.0	0.0	3.0
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	0.0	1.0	-9.0
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	-10.0	-8.0	-9.0
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	-4.0	1.0	1.0
16	ΣΙΔΕΡΟ	11.0	2.0	-
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	0.0	-1.0	2.0
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-4.0	-4.0	-3.0
9	ΞΥΛΟ	1.0	1.0	2.0
23	ΒΡΑΧΟΣ	1.0	0.0	0.0
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	0.0	4.0	3.0
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	1.0	1.0	1.0
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	0.0	1.0	-62.0
18	ΠΑΓΟΣ	-34.0	-36.0	-28.0
24	ΧΡΥΣΟΣ	0.0	0.0	0.0

Πίνακας 3.6 Αξιολόγηση μετρήσεων με το GPT3003 της Topcon

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με το Leica TCR303 ήταν κατώτερες του αναμενόμενου αφού σε πολλά από τα υλικά το όργανο δεν κατάφερε να μετρήσει χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα, συνολικά 6 από τα 26.

Αυτό συνέβη τόσο σε κάποια πιο εξειδικευμένα υλικά όπως η ασφαλτος, ο βράχος, κτλ χωρίς ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες, όσον αφορά την επιφάνεια των υλικών, όσο και σε κάποια άλλα υλικά, όπως το αφρολέξ και το χαρτόνι που μετρήσε μόνο στα ευνοϊκά χρώματα σε αντίθεση με τα πιο σκούρα.

Επιπλέον, οι μετρήσεις στα περισσότερα υλικά δεν έγιναν αποδεκτές για διάστημα εμπιστοσύνης 95% σχετικά με το αρχικά μετρημένο μήκος με χρήση καταφώτου. Συνολικά 8 υλικά πέρασαν επιτυχώς το τεστ 95%, σε σύνολο 20 μετρημένων, τα οποία ήταν η μελαμίνη, ο νικελος, ο

γυαλιστερός στόχος Leica, τα 2 πλαστικά, το φύλλο Kodak White, το φύλλο χρυσού αλλά και ο πάγος.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των μετρήσεων με το όργανο Leica TCR303 είναι το γεγονός ότι οι μετρήσεις χειροτερεύουν όσο η γωνία σκόπευσης μεγαλώνει. Έτσι σε γωνία σκόπευσης 30° υπήρξαν 10 συνολικά υλικά χωρίς δυνατότητα μέτρησης ενώ σε 45° 12 υλικά αντίστοιχα.

Επίσης, τα υλικά, οι μετρήσεις των οποίων έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% μειώθηκαν σε 2 (αφρολέξ λευκό και γυαλιστερός στόχος Leica) στις 30° ενώ μόνο ο γυαλιστερός στόχος Leica μετρήθηκε σωστά στις 45° αφού οι αποστάσεις στην συντριπτική τους πλειοψηφία μεγάλωναν καθώς μεγάλωνε η γωνία σκόπευσης.

Ικανοποιητικές ήταν και οι μετρήσεις με το όργανο Trimble 5605DR<sup>+</sup> αφού σε αυτή την περίπτωση μετρήθηκαν μήκη προς όλα τα υλικά ανεξαρτήτου γωνίας σκόπευσης. Ωστόσο οι μετρήσεις που δεν έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% ήταν περισσότερες και ειδικότερα 5 σε μετρήσεις υπό γωνία 90°, 2 σε μετρήσεις υπό γωνία 30° και 8 σε μετρήσεις υπό γωνία 45°.

Επομένως, το όργανο αυτό μπορεί να θεωρηθεί πως μετράει σε όλα τα υλικά υπό διαφορετικές γωνίες αλλά μόνο σε μετρήσεις στο κέντρο ή το πολύ σε γωνία 30° μπορεί να θεωρηθούν αυτές αξιόπιστες.

Αρκετά διαφορετικά ήταν τα αποτελέσματα για το όργανο Topcon GPT3003LN αφού μετρήθηκαν όλα τα υλικά σε σκόπευση υπό γωνία 90° και στις 30° ενώ μόλις 2 υλικά, το σίδηρο και ο αυτοκόλλητος στόχος ΕΜΠ, δεν κατάφεραν να μετρηθούν στις 45°. Επιπλέον σχεδόν όλες οι μετρήσεις που έγιναν αποδεκτές για διάστημα εμπιστοσύνης 95% αφού μόνο ο πάγος (και στις 3 γωνίες) και ο νίκελος στις 45° δεν πέρασαν επιτυχώς το τεστ.

Επιπρόσθετα, οι μετρήσεις των μηκών παρουσίασαν ελάχιστες αλλαγές με την αλλαγή των γωνιών σκόπευσης γεγονός που ευνόησε τον αριθμό των αποδεκτών μηκών στο παραπάνω διάστημα εμπιστοσύνης.

### **3.2 Εξωτερικές μετρήσεις**

Εκτός από τις εσωτερικές μετρήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο τούνελ του κτηρίου Λαμπαδαρίου, πραγματοποιήθηκαν επίσης και μετρήσεις μήκους στον ευρύτερο χώρο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.



Τα μήκη που μετρήθηκαν σε εξωτερικές συνθήκες επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κοντά στην αναγραφόμενη μέγιστη τιμή από κάθε κατασκευαστή σχετικά με την εμβέλεια κάθε οργάνου.

Οι τιμές αυτές είναι:

- 80m για το TCR303 της εταιρίας Leica,
- 600m για το TDM5605DR<sup>+</sup> της εταιρίας Trimble,
- 1200m για το GPT3003LN της εταιρίας Topcon.

Όπως και στις εσωτερικές μετρήσεις πραγματοποιούνται συνολικά 5 διαδοχικές μετρήσεις του μήκους:

- Με χρήση τριών διαφορετικών οργάνων
- Σε 26 διαφορετικά υλικά
- Σε τρεις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης

Οι διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης αφορούν τα δοκίμια και αναφέρονται στην γωνία που σχηματίζει το δοκίμιο σε σχέση με τη διεύθυνση του άξονα όργανο-στόχου.

Έτσι διακρίνονται 3 περιπτώσεις, η επιφάνεια του δοκιμίου:

- Να σχηματίζει γωνία 90° με τον άξονα οργάνου-στόχου
- να σχηματίζει γωνία 30° με τον άξονα οργάνου-στόχου
- να σχηματίζει γωνία 45° με τον άξονα οργάνου-στόχου.

Ωστόσο παρουσιάστηκαν διάφορα προβλήματα, όπως αναφέρονται παρακάτω, τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις οδήγησαν στην μείωση της απόστασης αυτής.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μετρήσεις που αφορούν μήκη που μετρήθηκαν στην ύπαιθρο για κάθε όργανο ξεχωριστά. Λόγω διαφορετικότητας των μηκών αυτών τα διαγράμματα περιλαμβάνουν μόνο συγκρίσεις των διαφορετικών γωνιών πρόσπτωσης και όχι συγκρίσεις μετρήσεων του κάθε οργάνου πάνω στο ίδιο υλικό. Επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις, λόγω πολύ μεγάλων αποκλίσεων από τις αντίστοιχες τιμές των μηκών που μετρήθηκαν με κατάφωτο, στα διαγράμματα δεν φαίνονται οι τιμές αυτές αφού θα οδηγούσαν στην δημιουργία τεράστιων σε μέγεθος διαγραμμάτων που δεν θα ήταν πρακτικό να παρουσιαστούν.

Επιπλέον, λόγω ύπαρξης και πολύ μεγάλων αποκλίσεων ανάμεσα στις διαφορετικές γωνίες σκόπευσης δεν ήταν δυνατόν να παρουσιαστούν όλα τα διαγράμματα σε κοινή και ενιαία κλίμακα. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις η διακύμανση των τιμών στον άξονα Y γίνεται όχι ανά χιλιοστό αλλά ανά 5, 10 ή και περισσότερα χιλιοστά.

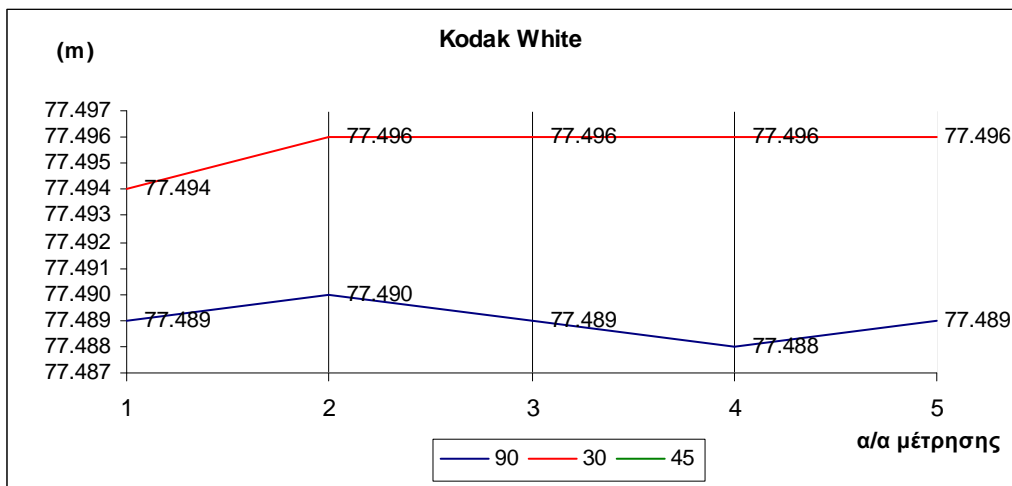
### 3.2.1 Εξωτερικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR303

Για το TCR303 της Leica οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν όπως ήταν αρχικά σχεδιασμένο σε μήκος λίγο μικρότερη της εμβέλειας του οργάνου και συγκεκριμένα στα 77m περίπου.

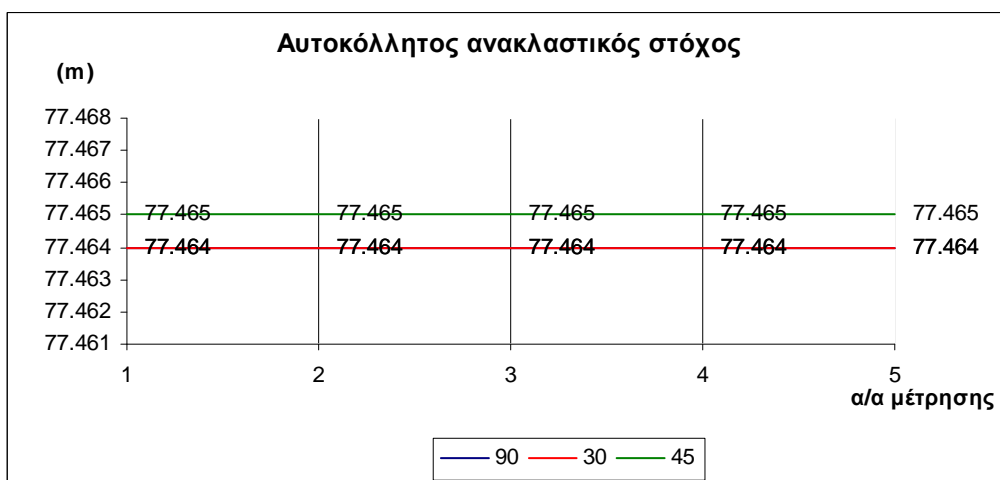
Το όργανο τοποθετήθηκε στην ταράτσα του κτηρίου Λαμπαδαρίου σε ένα από τα υπάρχοντα βάρθρα ενώ οι στόχοι τοποθετήθηκαν, με την ίδια βάση όπως στις εσωτερικές μετρήσεις, στην ταράτσα του κτηρίου Βέη σε αντίστοιχο βάρθρο.

Στα διαγράμματα στα οποία δεν εμφανίζονται όλες οι γραμμές σημαίνει ότι δεν κατέστησαν δυνατές οι μετρήσεις των μηκών σε εκείνες τις γωνίες.

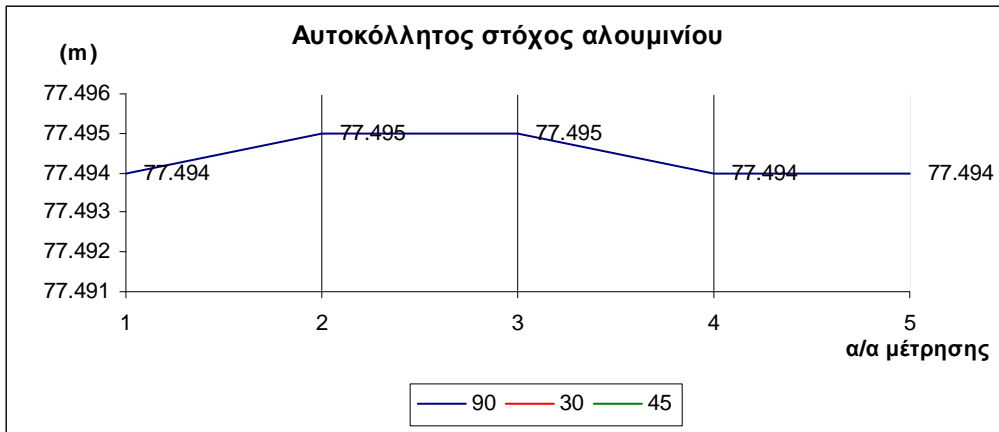
Η τιμή του μήκους που μετρήθηκε με το κατάφωτο ήταν  $D=77.461m$ .



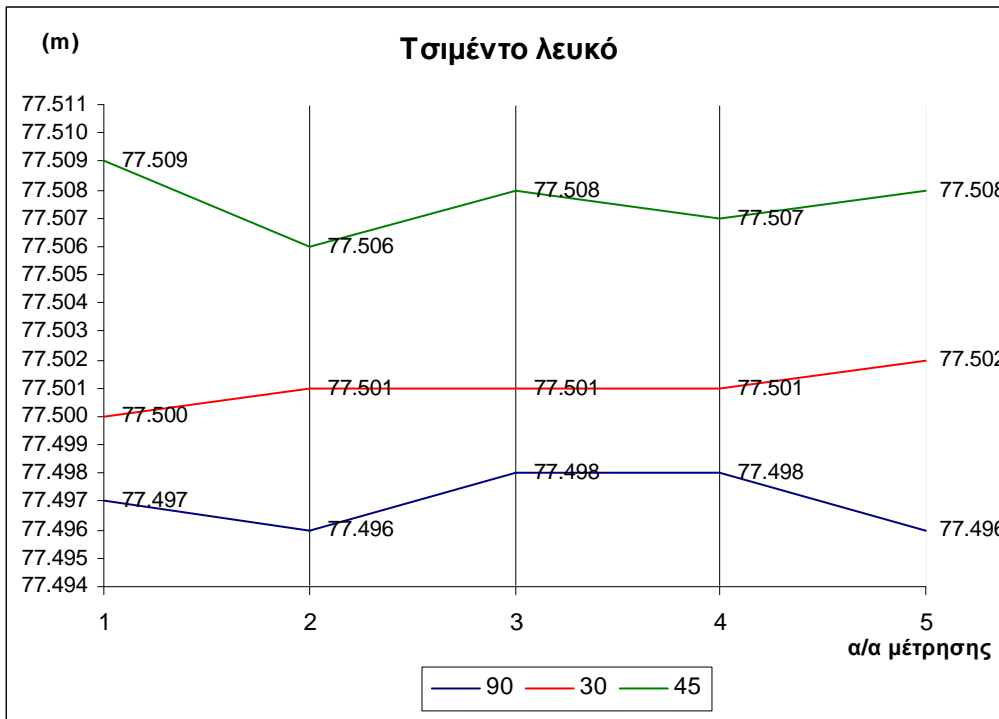
Διάγραμμα 3.99: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



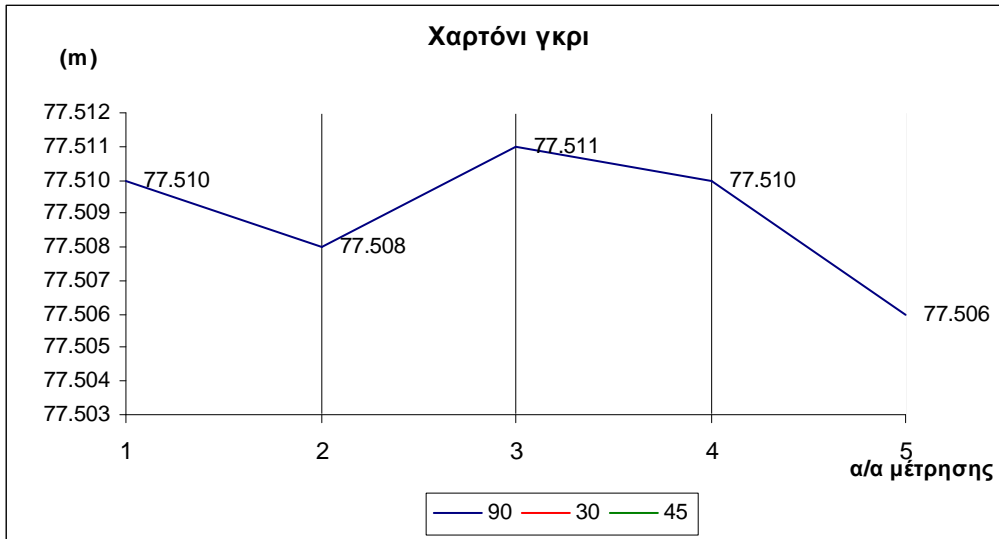
Διάγραμμα 3.100: Εξωτερικές μετρήσεις σε αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



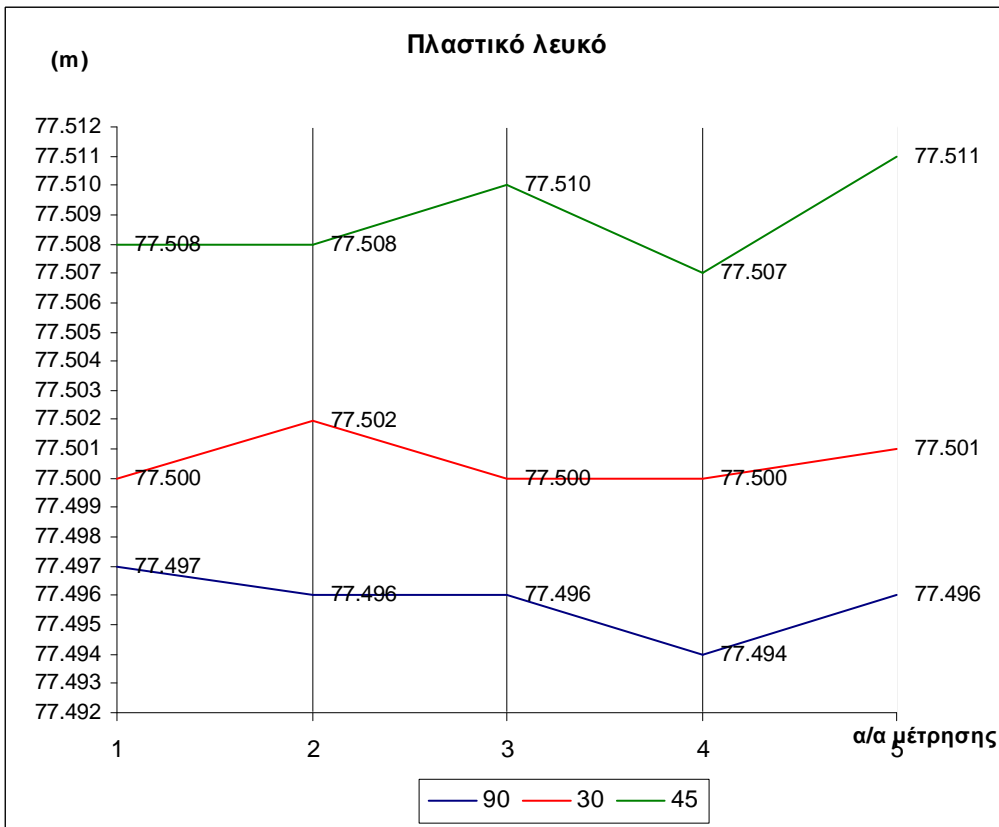
Διάγραμμα 3.101: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Αυτοκόλλητος στόχο αλουμινίου στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



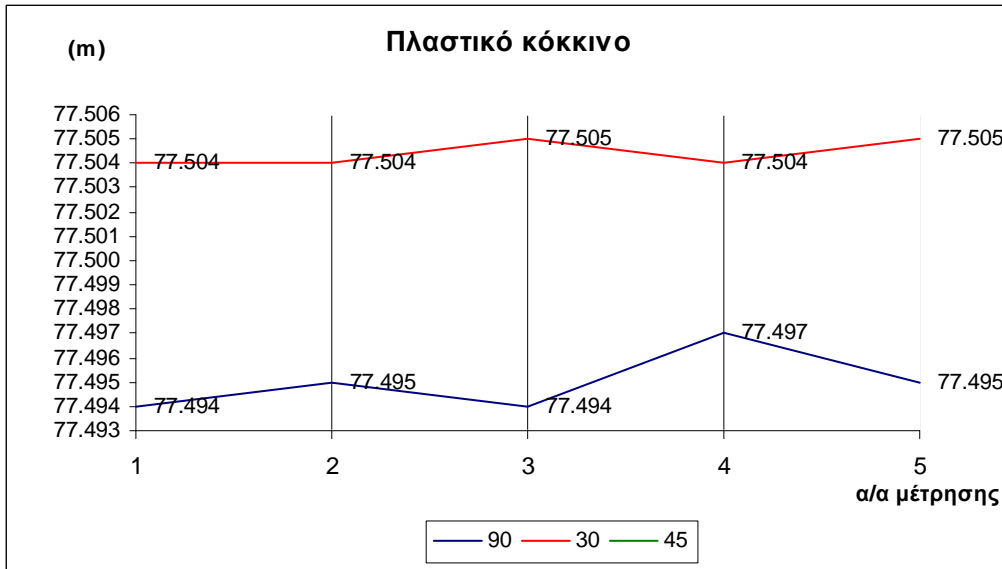
Διάγραμμα 3.102: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Τσιμέντο λευκό στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



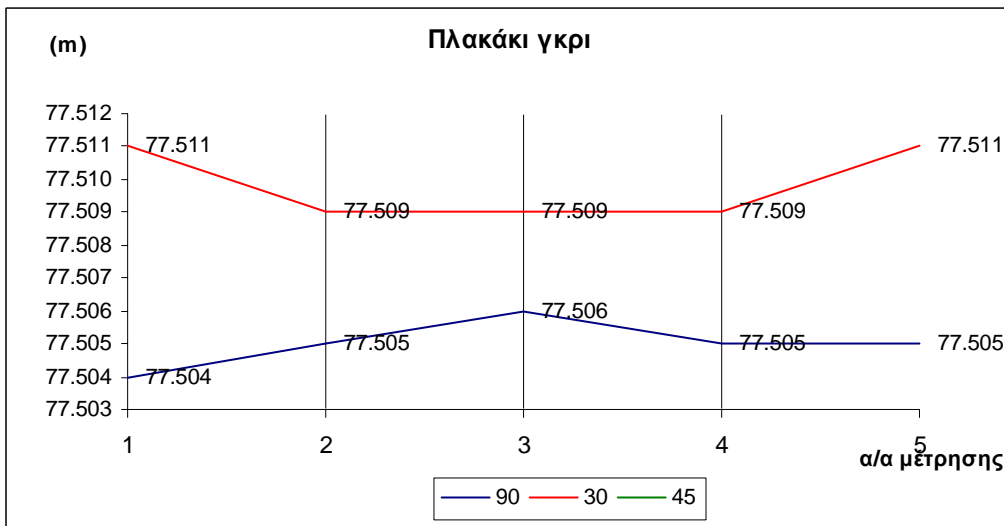
Διάγραμμα 3.103: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Χαρτόνι γκρι στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



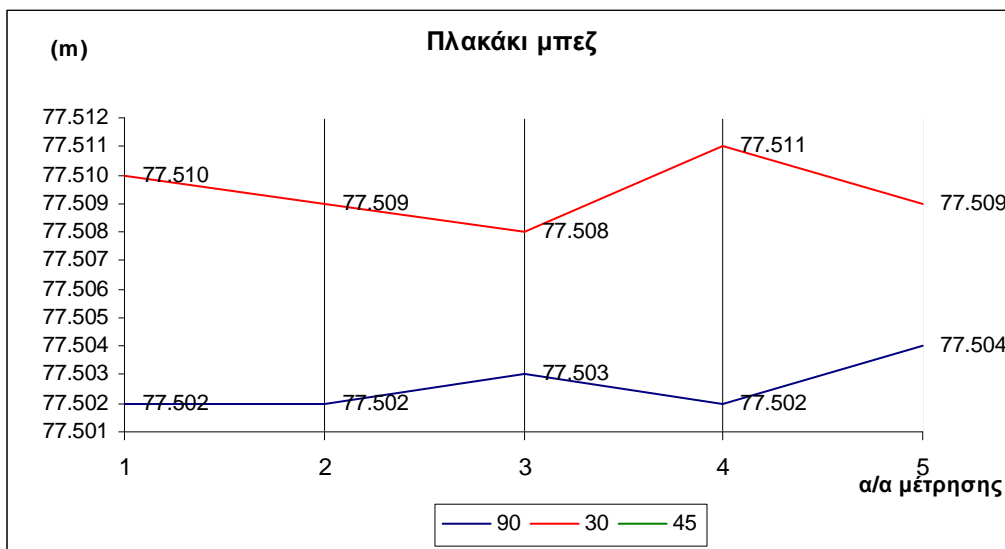
Διάγραμμα 3.1041: Εξωτερικές μετρήσεις σε Πλαστικό λευκό στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



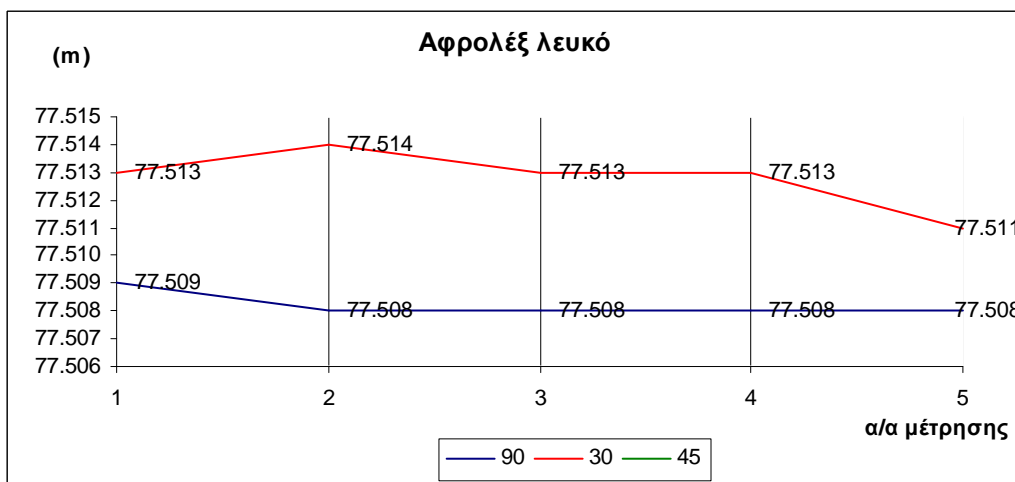
Διάγραμμα 3.105: Εξωτερικές μετρήσεις σε Πλαστικό κόκκινο στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



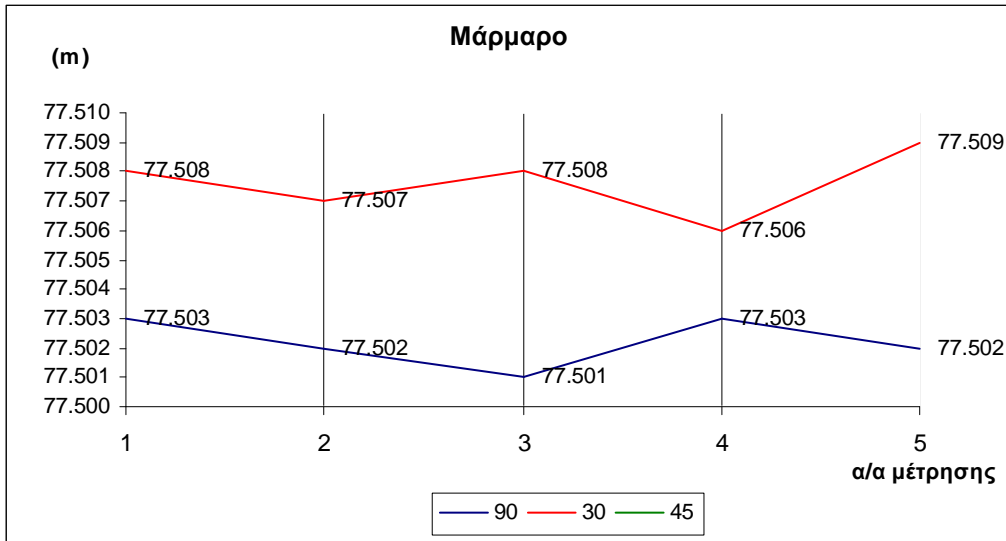
Διάγραμμα 3.106: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλακάκι Γκρι στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



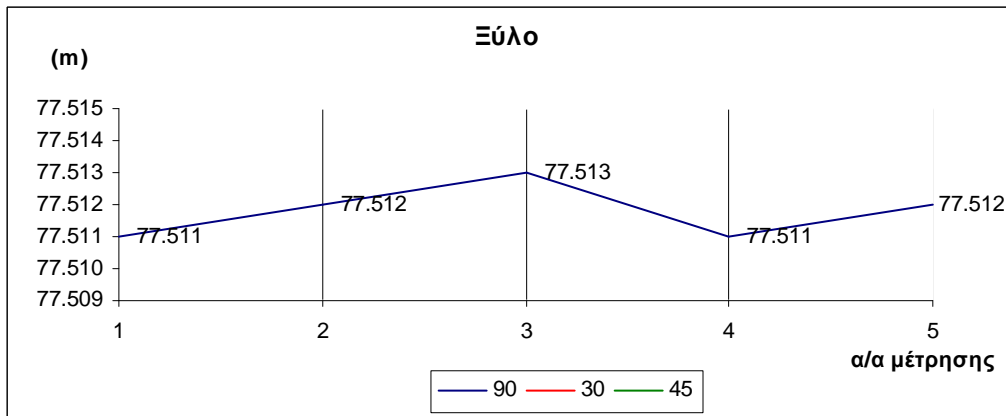
Διάγραμμα 3.107: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Πλακάκι Μπεζ στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



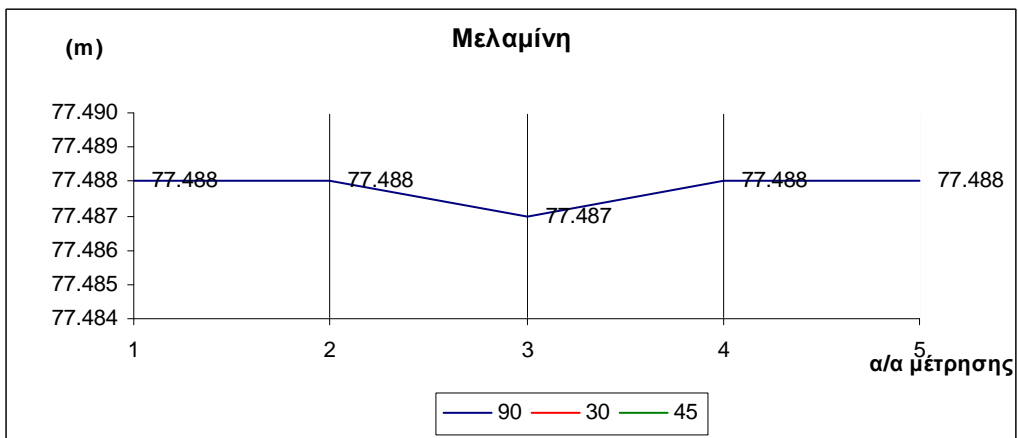
Διάγραμμα 3.108: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Αφρολέξ λευκό στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



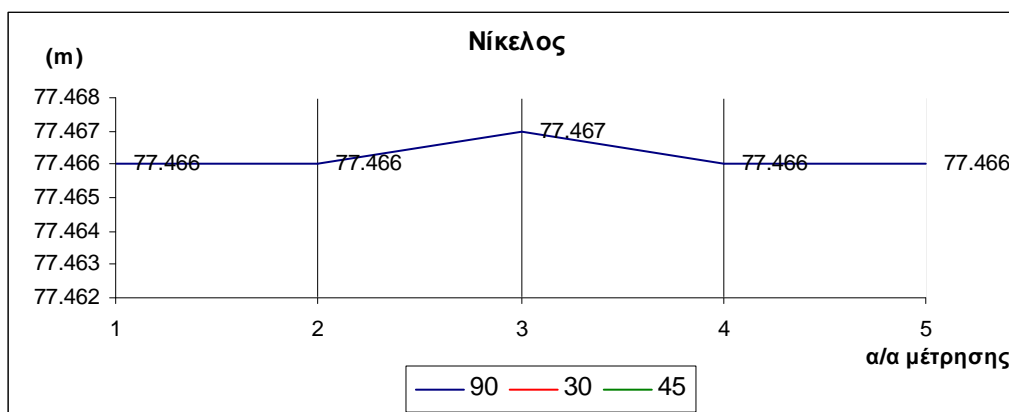
Διάγραμμα 3.109: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Μάρμαρο στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



Διάγραμμα 3.110: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Ξύλο στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



Διάγραμμα 3.111: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη στα 77.461m με το TCR 303 της Leica



Διάγραμμα 3.112: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νίκηλο στα 77.461m με το TCR 303 της Leica

Στα παραπάνω διαγράμματα 3.100-3.112 εκτός από το γεγονός των ελάχιστων μετρημένων μηκών παρατηρείται ακόμη ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Σε όλα τα υλικά που μετρήθηκαν τα μήκη που προέκυψαν με σκόπευση στις 90° είναι μικρότερα από αυτά των 30° τα οποία με την σειρά τους είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα των 45°. Αντίθετα στην περίπτωση των εσωτερικών μετρήσεων είχε παρατηρηθεί το αντίστροφο φαινόμενο, με τις τιμές των μηκών να μειώνονται καθώς μεγάλωνε η γωνία στροφής του στόχου.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί πως όλες οι μετρήσεις παρουσίασαν μικρό εύρος τιμών χωρίς αποκλίσεις μεγαλύτερες από 5mm γεγονός που παρόλο που οδήγησε σε μη αποδεκτές μετρήσεις σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, συντέλεσε στην δημιουργία μικρών σε μέγεθος και επομένως ικανοποιητικών σε ποιότητα διαγραμμάτων.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρημένου με κατάφωτο ήταν:

- για γωνία πρόσπτωσης 90°: 50mm (ξύλο)
- για στροφή 30°: 53mm (αφρολέξ λευκό)
- για στροφή 45°: 50mm (πλαστικό λευκό)

Ειδικότερα το TCR303 της Leica σε μετρήσεις στις 90° **δεν μετρήσε** τα εξής υλικά (12 από τα συνολικά 26):

Νοβοπάν	Πάγος
Kodak Gray	Χαρτόνι μαύρο
Αφρολέξ καφέ	Κεραμίδι
Τσιμέντο γκρι	Άσφαλτος
Σίδηρο	Βράχος
Στόχος Sokkia	Χρυσός



Σε μετρήσεις στις 30° **δεν μέτρησε** τα εξής υλικά (17 από τα συνολικά 26):

Νοβοπάν	Πάγος
Μελαμίνη	Χαρτόνι γκρι
Νίκελο	Χαρτόνι μαύρο
Ξύλο	Κεραμίδι
Kodak Gray	Άσφαλτος
Αφρολέξ καφέ	Βράχος
Τσιμέντο γκρι	Χρυσός
Σίδηρο	Αυτοκόλλητος στόχο αλουμινίου
Γεωδαιτικός στόχος Sokkia	

Σε μετρήσεις στις 45° **μέτρησε** τα εξής μόλις υλικά:

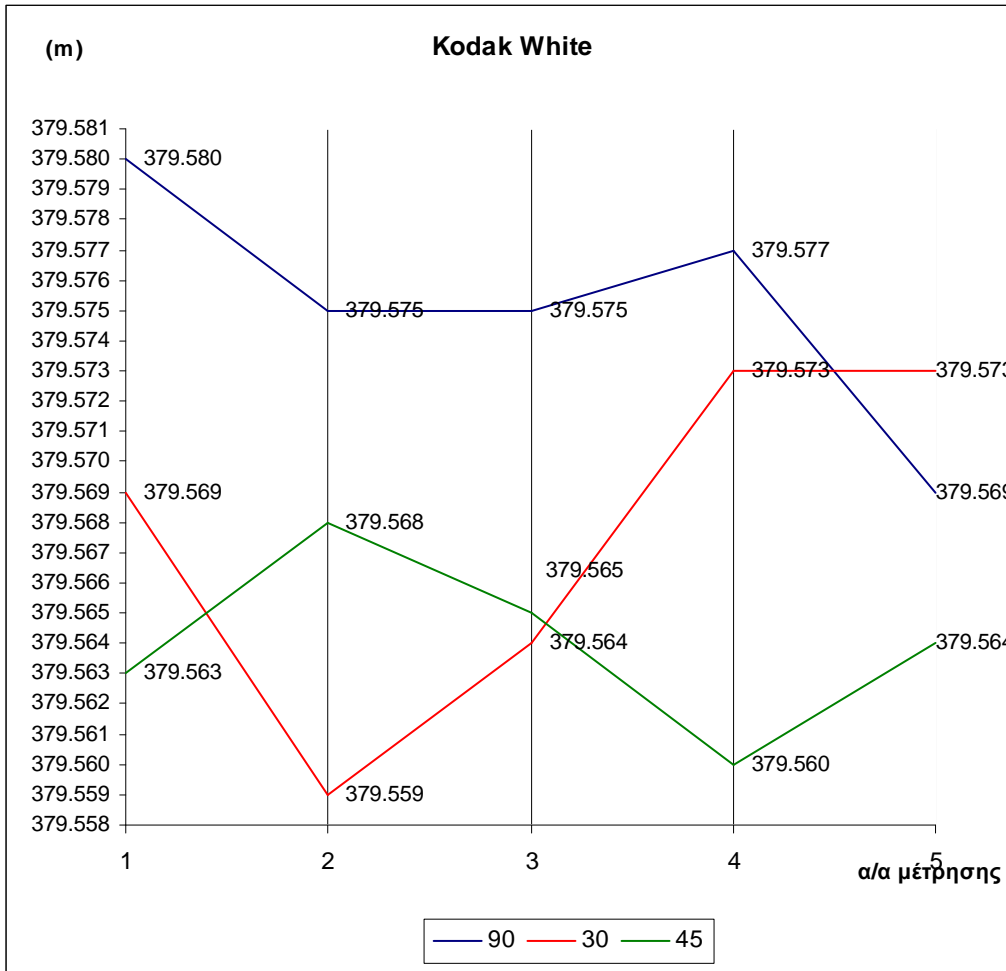
Πλαστικό λευκό
Τσιμέντο λευκό
Αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο

### **3.2.2 Εξωτερικές μετρήσεις τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Trimble 5605DR<sup>+</sup>**

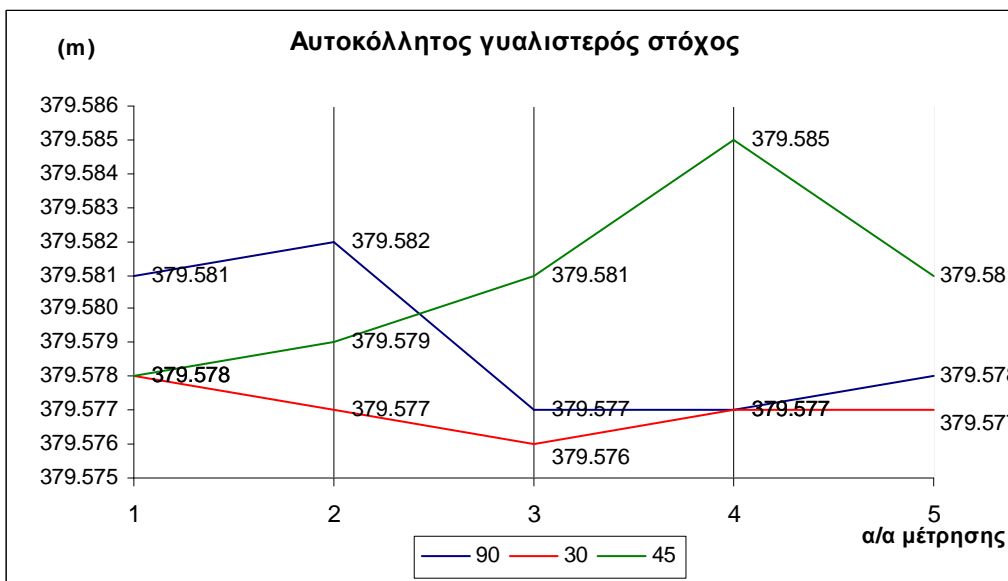
Με το TDM5605DR<sup>+</sup> της εταιρίας Trimble έγινε αρχικά προσπάθεια να μετρηθεί ένα μήκος της τάξης των 540m όπου παρατηρήθηκε πως το όργανο δεν μπορούσε να μετρήσει στα περισσότερα από τα υλικά.

Έτσι μειώθηκε το μήκος στα 380m. Σε αυτή την περίπτωση οι στόχοι τοποθετήθηκαν σε ένα τριγωνομετρικό βάθρο στην ταράτσα του κτηρίου Λαμπαδαρίου ενώ το όργανο τοποθετήθηκε σε ένα τυχαίο σημείο στην πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου με χρήση ενός τρίποδα.

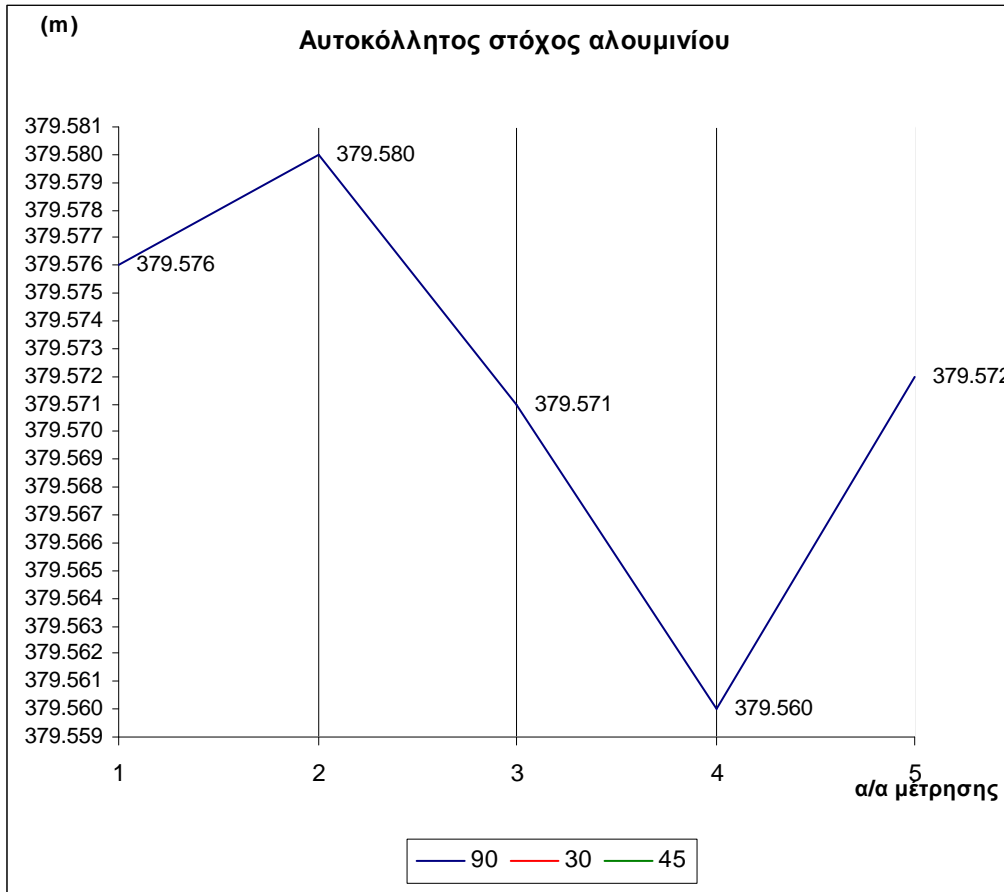
Το μήκος που μετρήθηκε με την χρήση καταφώτου είναι  $D = 379.577m$



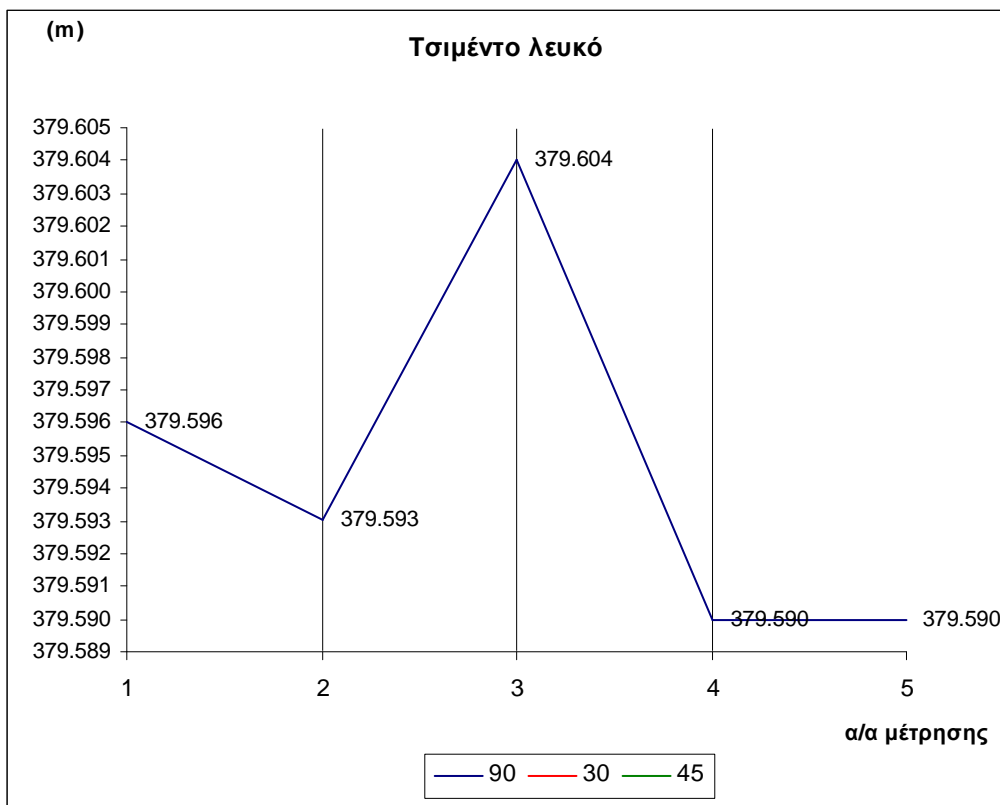
Διάγραμμα 3.113: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο Kodak White με το Trimble 5605DR



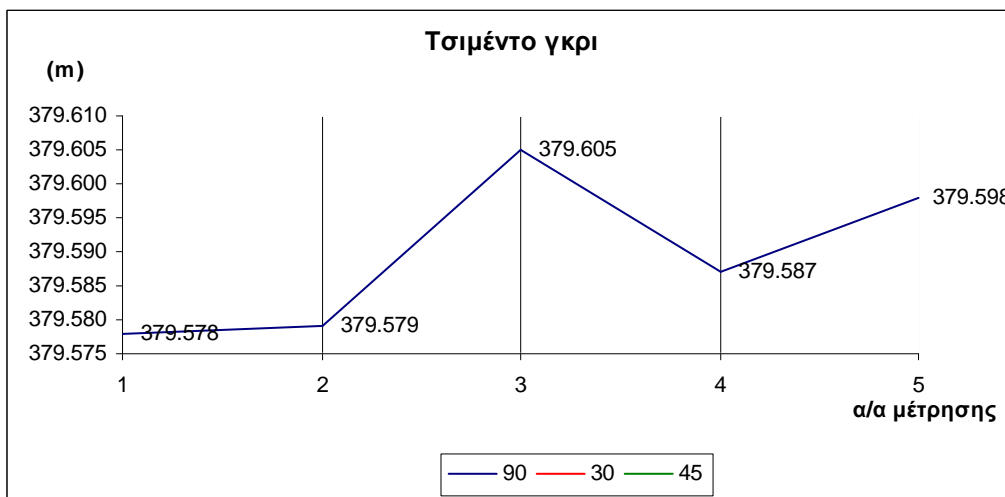
Διάγραμμα 3.114: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο με το Trimble 5605DR



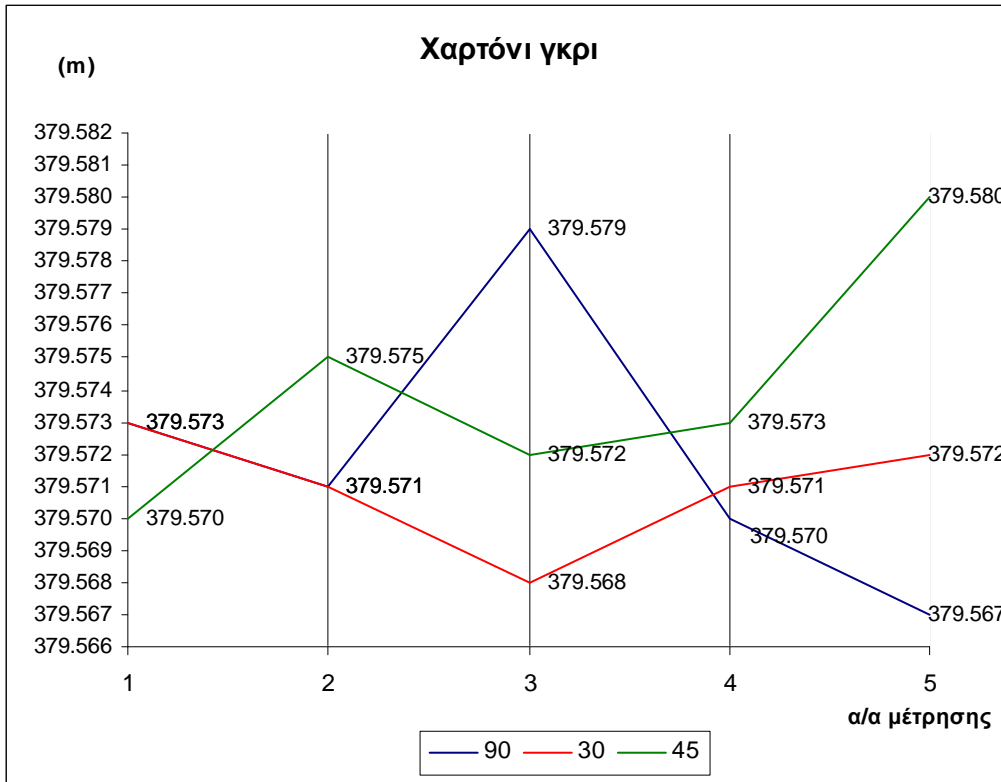
Διάγραμμα 3.115: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου με το Trimble 5605DR



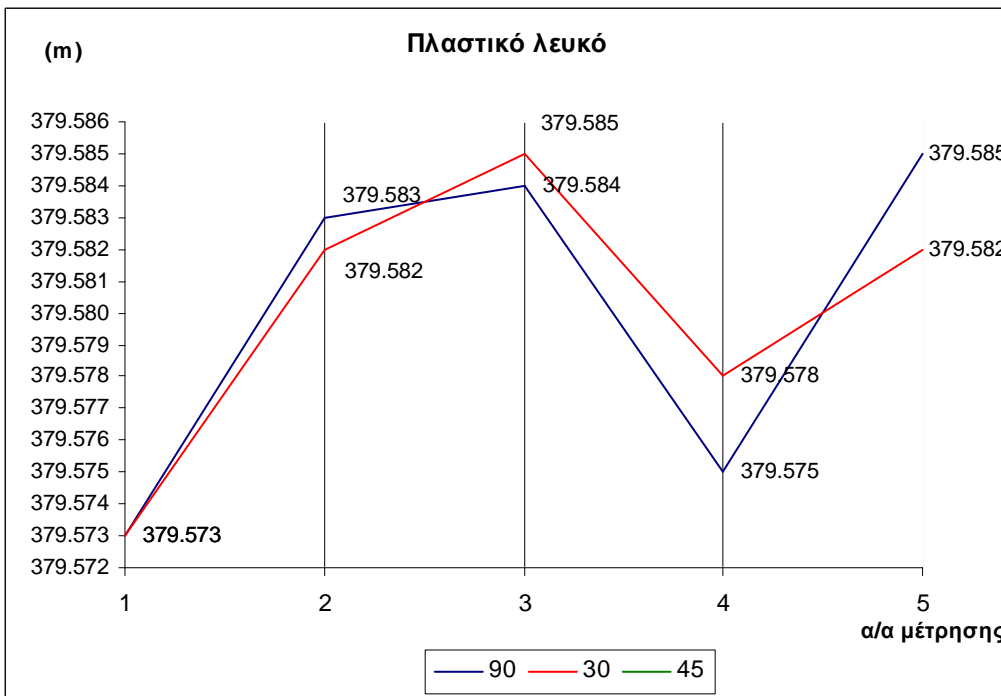
Διάγραμμα 3.116: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Trimble 5605DR



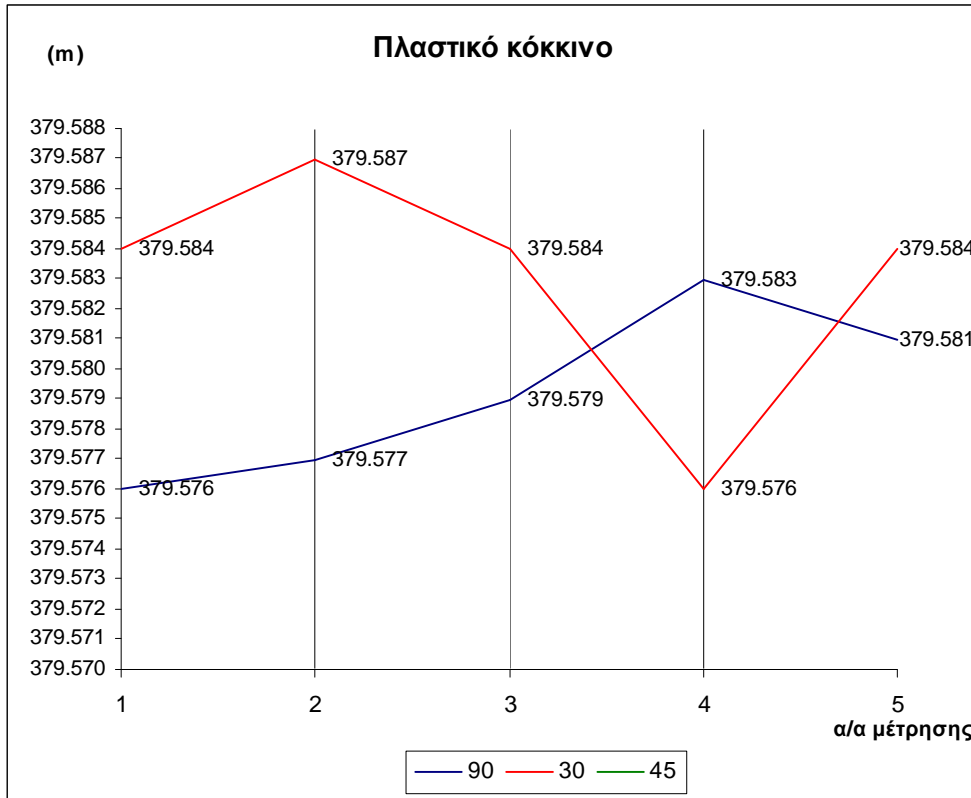
Διάγραμμα 3.117: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Trimble 5605DR



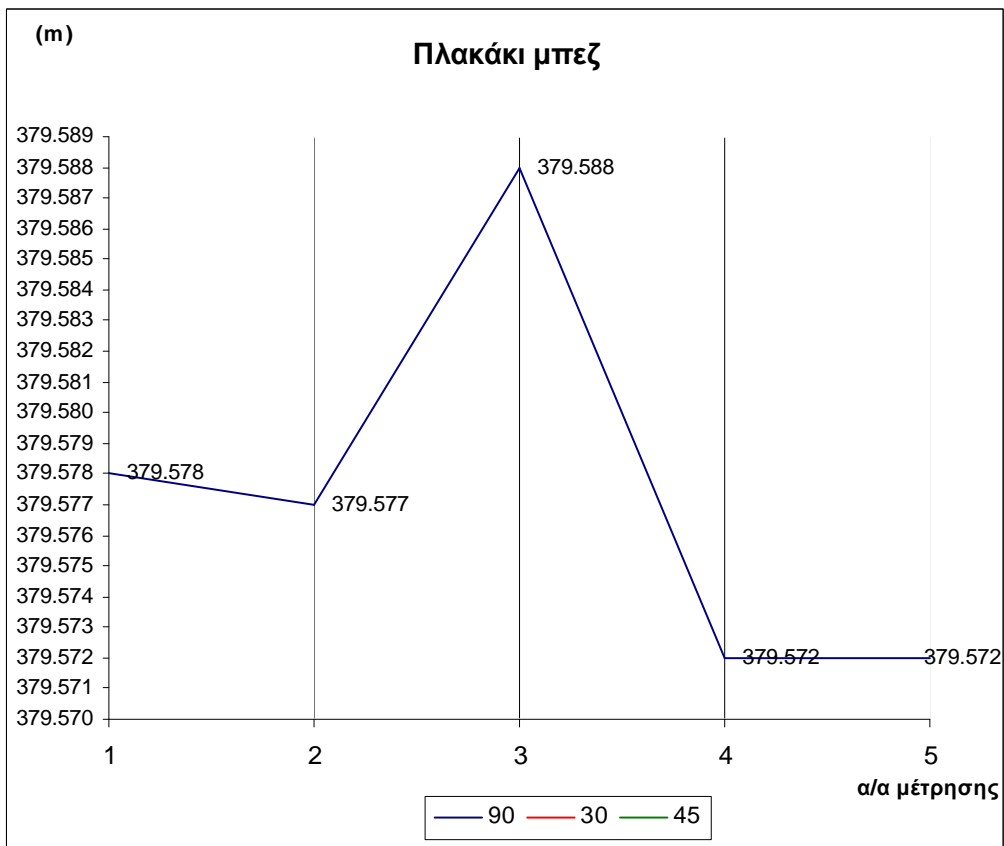
Διάγραμμα 3.118: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Trimble 5605DR



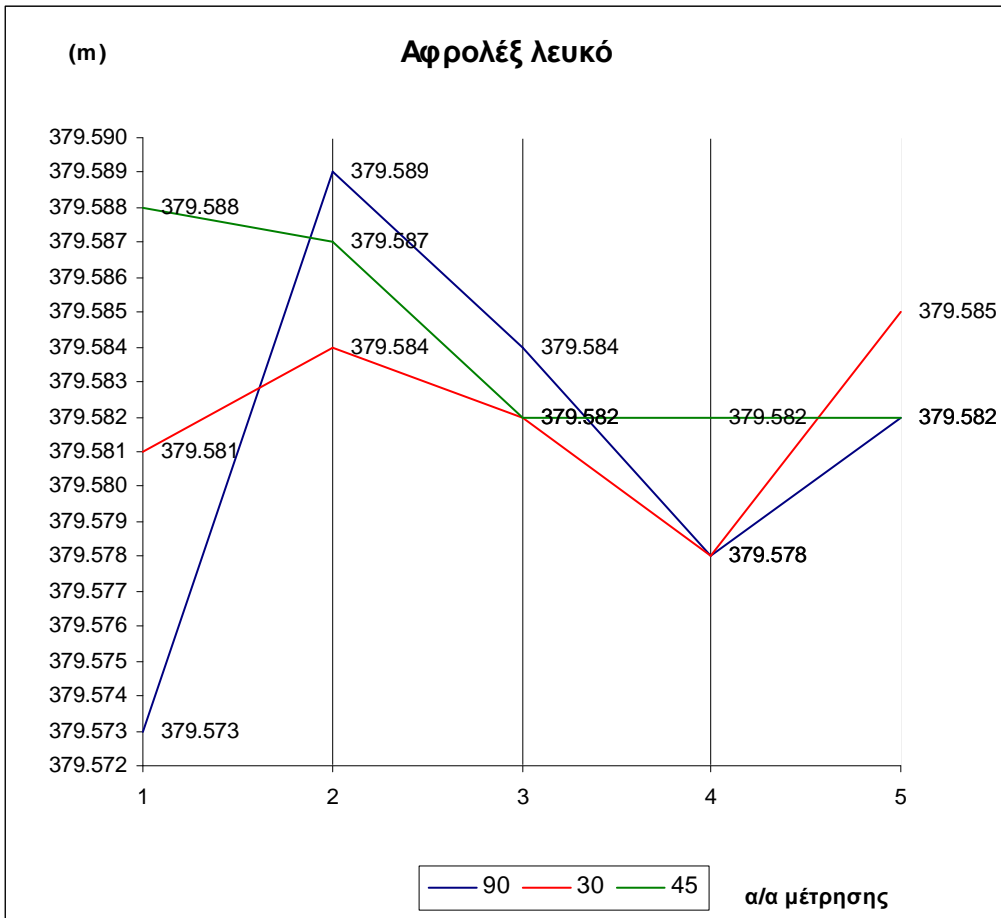
Διάγραμμα 3.119: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο πλαστικό λευκό με το Trimble 5605DR



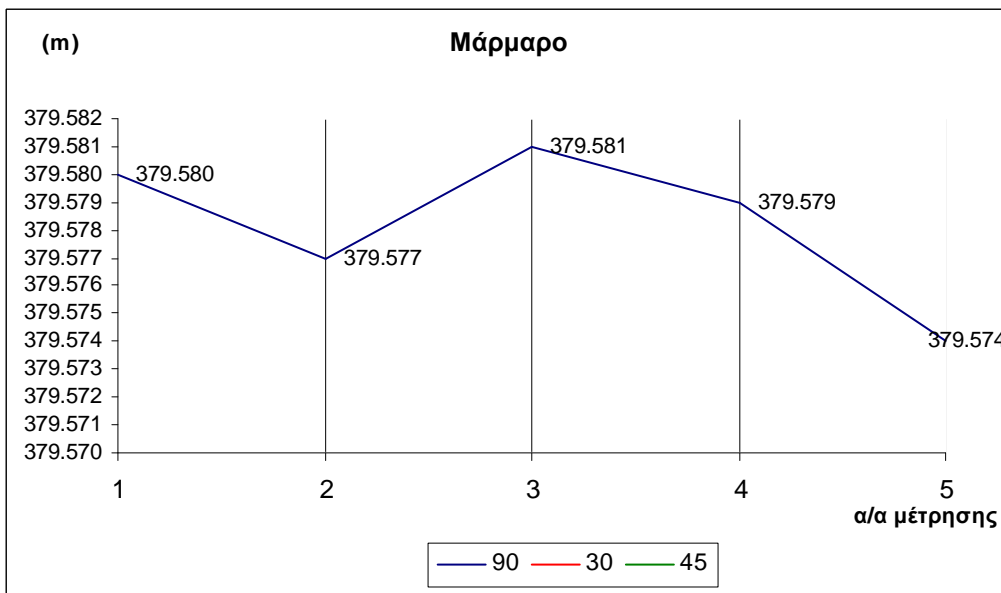
Διάγραμμα 3.120: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Trimble 5605DR



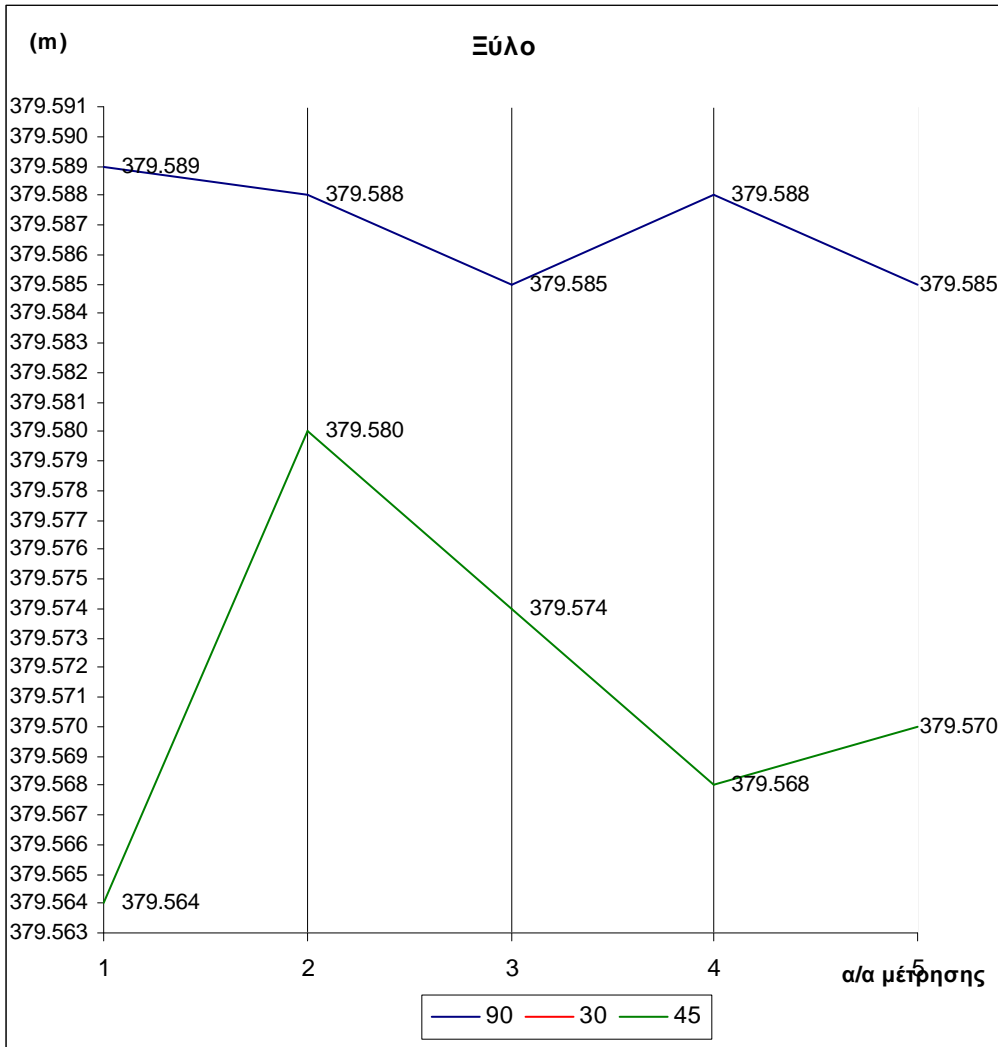
Διάγραμμα 3.121: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Trimble 5605DR



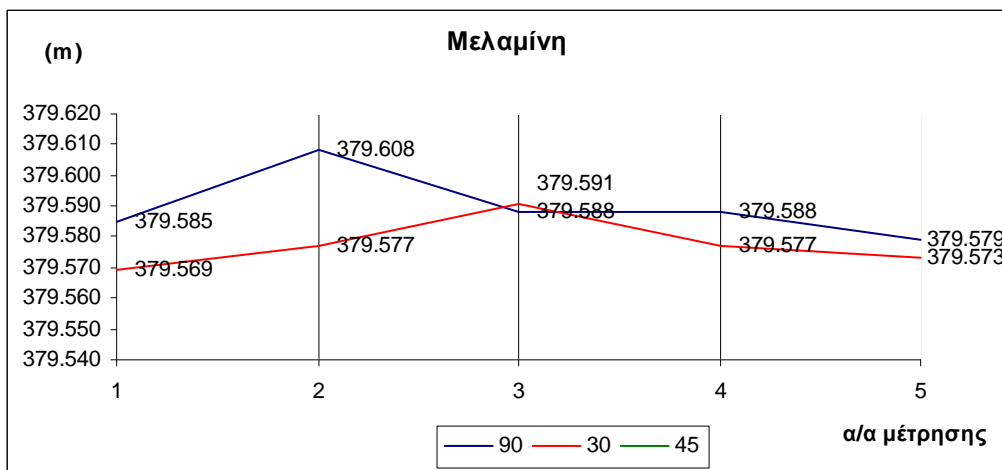
Διάγραμμα 3.122: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Trimble 5605DR



Διάγραμμα 3.123: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο μάρμαρο με το Trimble 5605DR

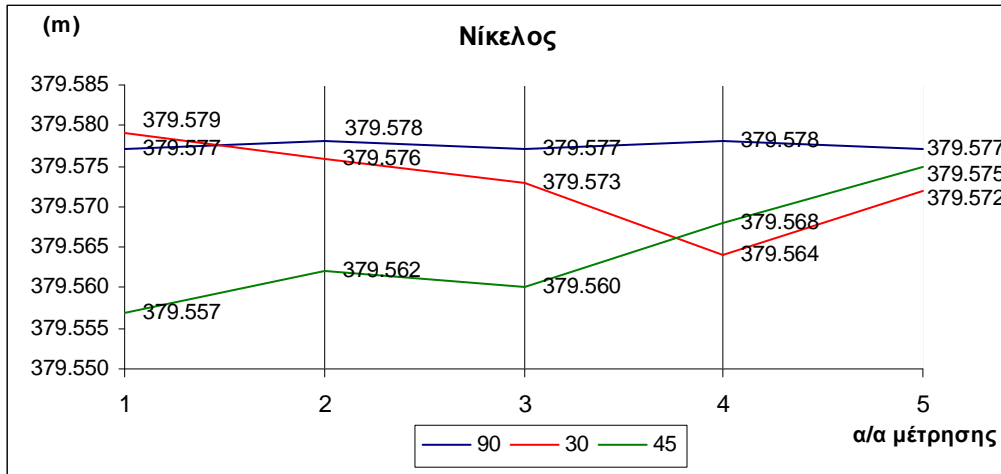


Διάγραμμα 3.124: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο ξύλο με το Trimble 5605DR



Διάγραμμα 3.125: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο Μελαμίνη με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>





Διάγραμμα 3.126: Διάγραμμα εξωτερικών μετρήσεων σε στόχο νίκελο με το Trimble 5605DR

Οι περισσότερες μετρήσεις με το Trimble 5605DR όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις όσον αφορά το εύρος των μετρήσεων για κάθε γωνία πρόσπτωσης για κάθε υλικό. Μάλιστα οι περισσότερες από αυτές κυμαίνονται σε ένα εύρος 20mm.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρημένου με κατάφωτο ήταν:

- για γωνία πρόσπτωσης 90°: 27mm (τσιμέντο λευκό)
- για στροφή 30°: 18mm (kodak white)
- για στροφή 45°: 20mm (νίκελος)

Ωστόσο το βασικό χαρακτηριστικό των μετρήσεων είναι το γεγονός ότι τα περισσότερα υλικά δεν κατάφεραν να επιστρέψουν την ακτίνα του παλμού laser και ως αποτέλεσμα δεν πραγματοποιήθηκαν αρκετές μετρήσεις.

Το 5605DR<sup>+</sup> της Trimble σε μετρήσεις στις 90° **δεν μετρήσε** τα εξής υλικά (12 από τα συνολικά 26):

- |               |               |
|---------------|---------------|
| Νοβοπάν       | Πάγος         |
| Πλακάκι γκρι  | Χαρτόνι μαύρο |
| Kodak Gray    | Κεραμίδι      |
| Αφρολέξ καφέ  | Άσφαλτος      |
| Σίδηρο        | Βράχος        |
| Στόχος Sokkia | Χρυσός        |

Σε μετρήσεις στις 30° **δεν μέτρησε** τα εξής υλικά (18 από τα συνολικά 26):

Νοβοπάν	Σίδηρο
Μάρμαρο	Γεωδαιτικός στόχος Sokkia
Πλακάκι γκρι	Πάγος
Πλακάκι μπεζ	Χαρτόνι μαύρο
Ξύλο	Κεραμίδι
Kodak Gray	Άσφαλτος
Αφρολέξ καφέ	Βράχος
Τσιμέντο λευκό	Χρυσός
Τσιμέντο γκρι	Αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου

Σε μετρήσεις στις 45° **μέτρησε** στα εξής μόλις υλικά:

Νίκελος	Αφρολέξ λευκό
Ξύλο	Αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο
Kodak White	Χαρτόνι γκρι

### **3.2.3 Εξωτερικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003**

Με το GPT3003LN της εταιρίας Topcon και σε αυτή την περίπτωση η αρχική απόσταση που είχε επιλεγθεί ήταν κοντά στα 900m αλλά το όργανο δεν μπορούσε να πραγματοποιήσει μετρήσεις στα περισσότερα υλικά.

Έτσι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα 598m και πάλι με την βοήθεια τρίποδα για το όργανο ενώ τα υλικά τοποθετήθηκαν εκ νέου σε τριγωνομετρικό βάθρο του κτηρίου Λαμπαδαρίου.

Ωστόσο στην περίπτωση αυτή εμφανίστηκαν και διάφορα άλλα προβλήματα που επηρέασαν τις μετρήσεις των μηκών στα διάφορα υλικά.

Ειδικότερα, ενώ το σταυρόνημα στόχευε ξεκάθαρα στο κέντρο του υλικού, τόσο στην πρώτη προσπάθεια των 900m όσο και τελικώς στα 598m, η μέτρηση του μήκους χωρίς ανακλαστήρα έβγαζε ως αποτέλεσμα μήκος μεγαλύτερο του ήδη μετρημένου με κατάφωτο κατά 20m.

Ένα τέτοιο γεγονός αποδίδεται στην ύπαρξη ενός κτίσματος περίπου 20m πίσω από τους στόχους και μπορεί να εξηγηθεί μόνο από κάποια πιθανή απόκλιση του σκοπευτικού άξονα σε σχέση με την οπτική ακτίνα laser όπως αυτή φεύγει από το όργανο.

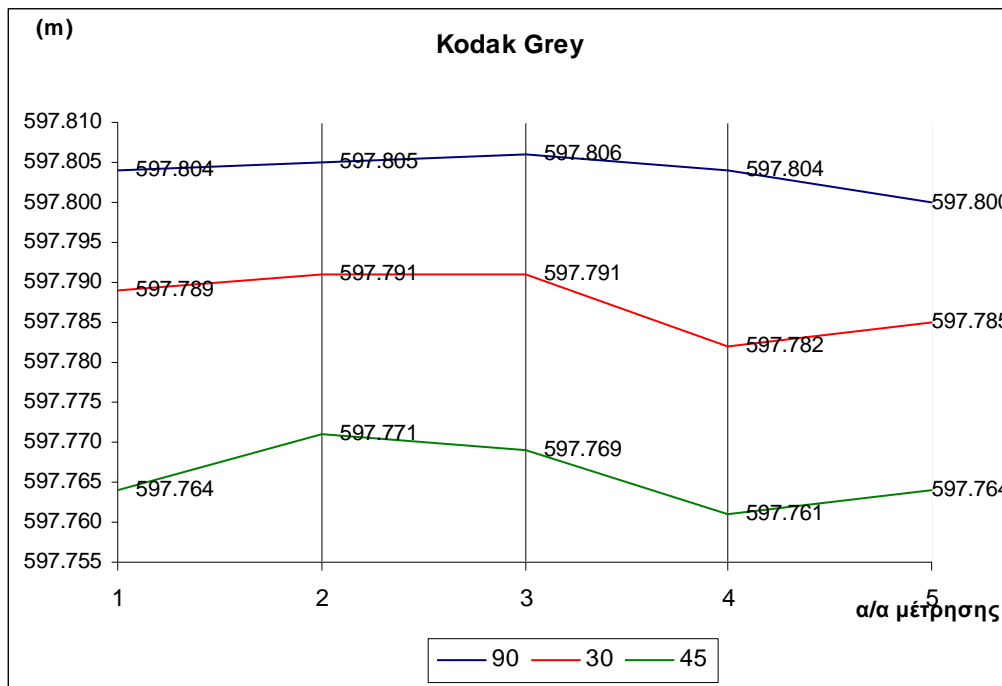
Το πρόβλημα αυτό παρουσιάστηκε σε αρκετά υλικά και αναγκαστικά έπρεπε να υπάρξει αλλαγή της κατακόρυφης γωνίας του οργάνου έτσι

ώστε το σταυρόνημα να μην βρίσκεται λίγο χαμηλότερα του στόχου αλλά το όργανο να μετράει στο σωστό μήκος.

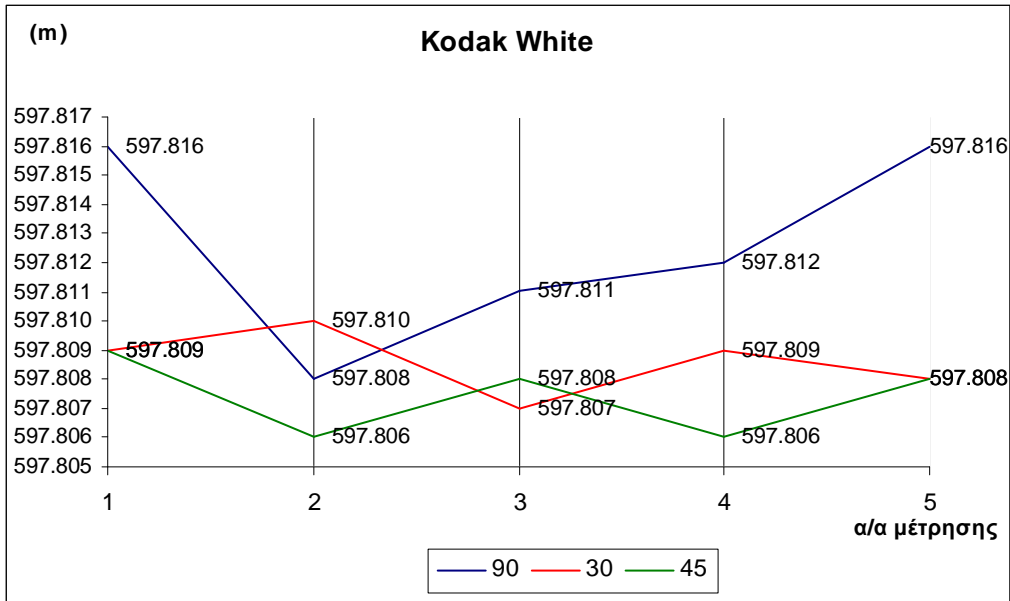
Ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο πιθανότατα δεν ήταν εφικτές οι μετρήσεις σε πολλά από τα υλικά και με τα τρία όργανα ήταν το μέγεθος των δοκιμίων. Ειδικότερα σε μεγάλα μήκη το αποτύπωμα της δέσμης Laser ίσως είναι αρκετά μεγάλο ώστε να απαιτεί και αντίστοιχα μεγάλη επιφάνεια σκόπευσης από το εκάστοτε υλικό.

Ωστόσο η κατασκευή τέτοιου είδους δοκιμίων δεν είναι επιθυμητή αφού ο έλεγχος γίνεται για σκόπευση συγκεκριμένων σημείων.

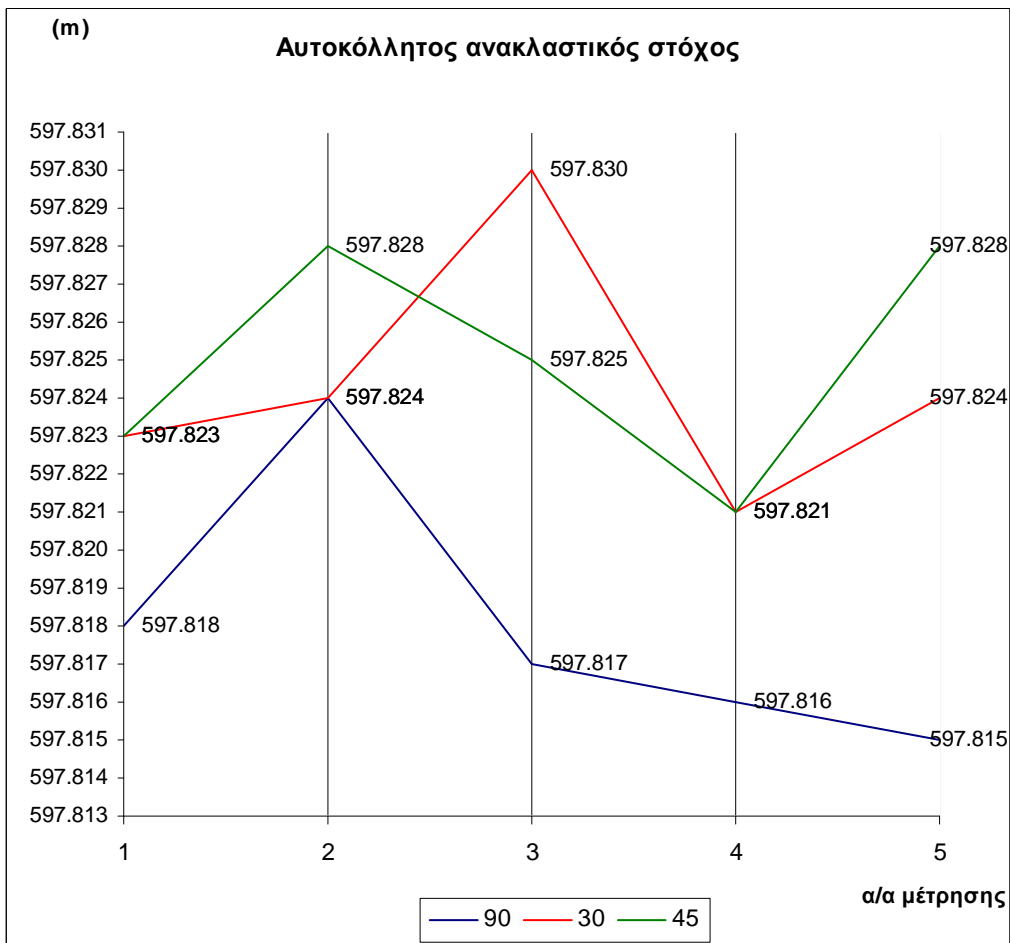
Το μήκος που μετρήθηκε με τη χρήση καταφώτου είναι  $D = 597.874\text{m}$ .



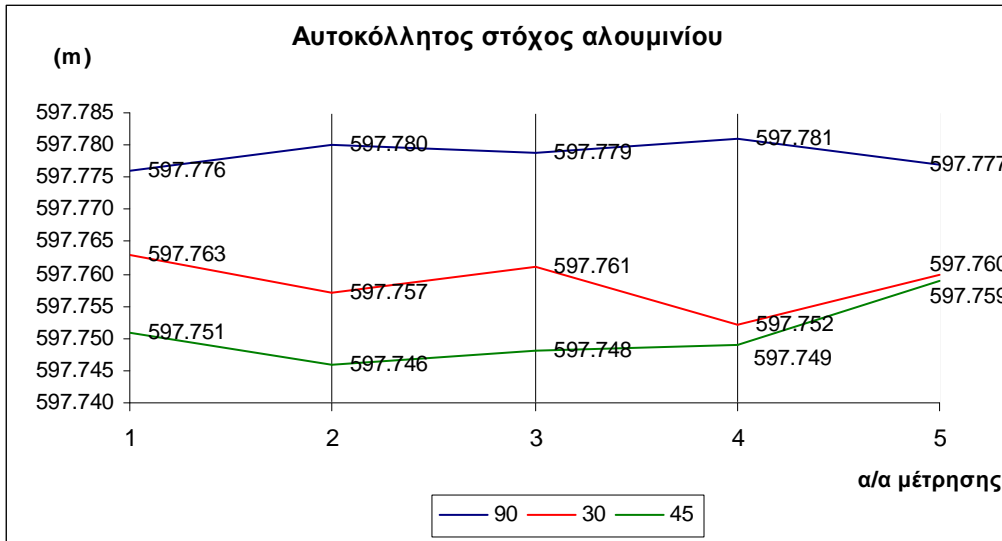
Διάγραμμα 3.127: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak Gray με το Topcon GPT3003LN



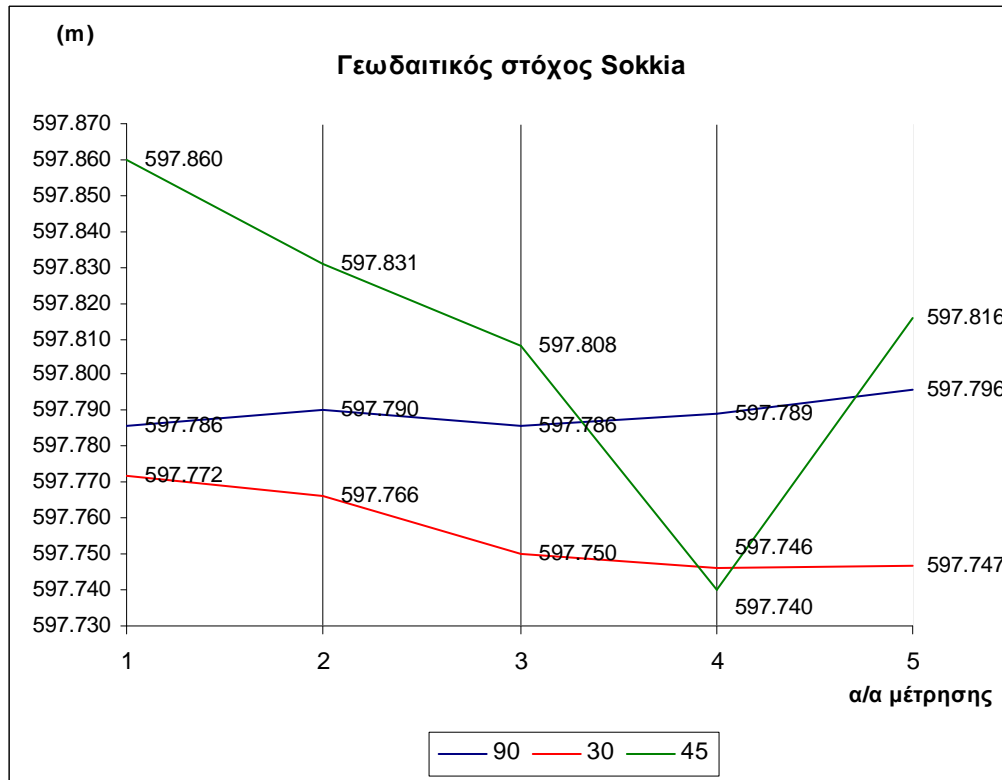
Διάγραμμα 3.128: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White με το Topcon GPT3003LN



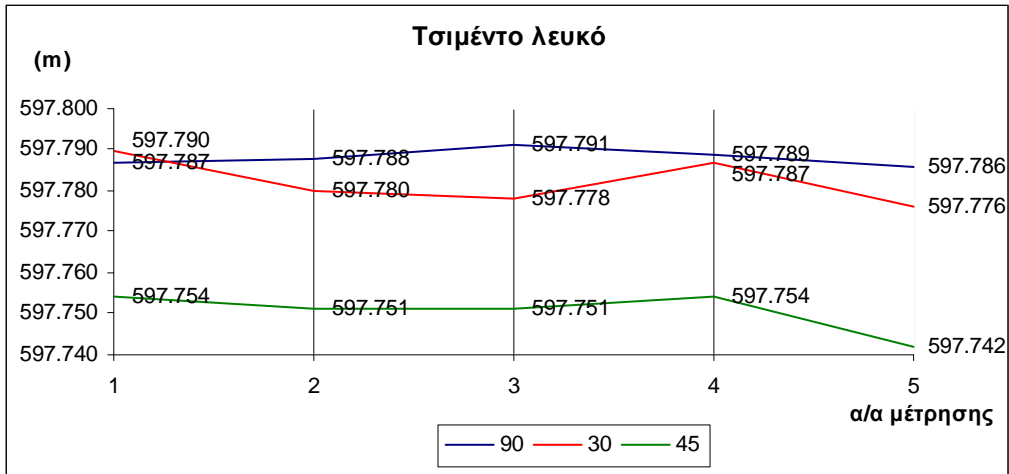
Διάγραμμα 3.129: Εξωτερικές μετρήσεις σε αυτοκόλλητο ανακλαστικό στοχο με το Topcon GPT3003LN



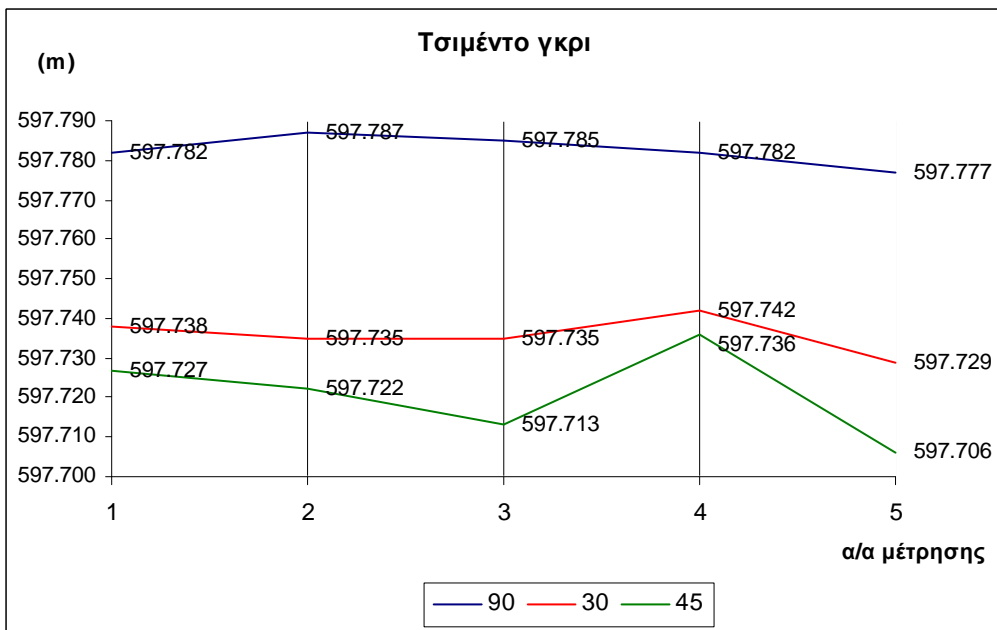
Διάγραμμα 3.130: Εξωτερικές μετρήσεις αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου με το Topcon GPT3003LN



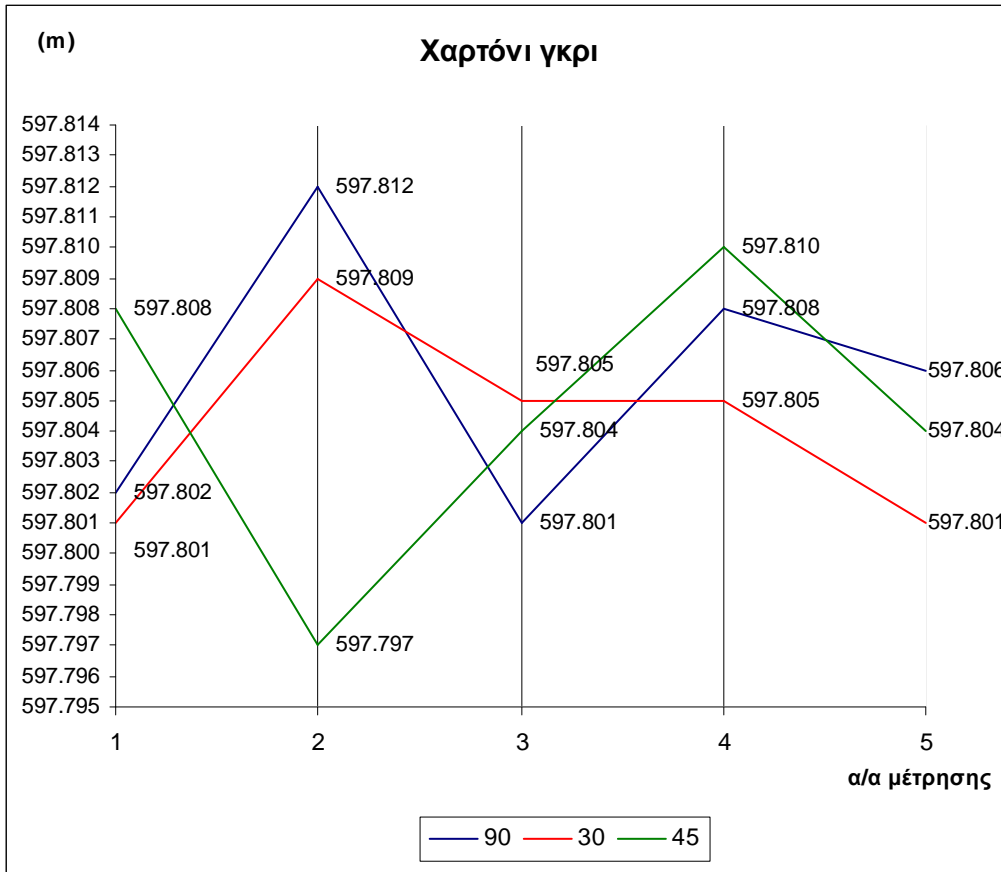
Διάγραμμα 3.131: Εξωτερικές μετρήσεις σε γεωδαιτικό στόχος Sokkia με το Topcon GPT3003LN



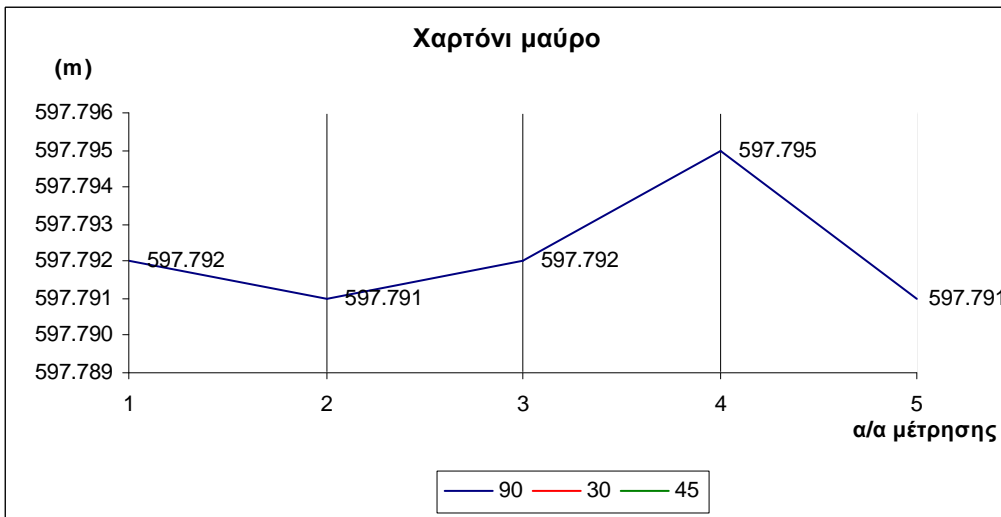
Διάγραμμα 3.132: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Topcon GPT3003LN



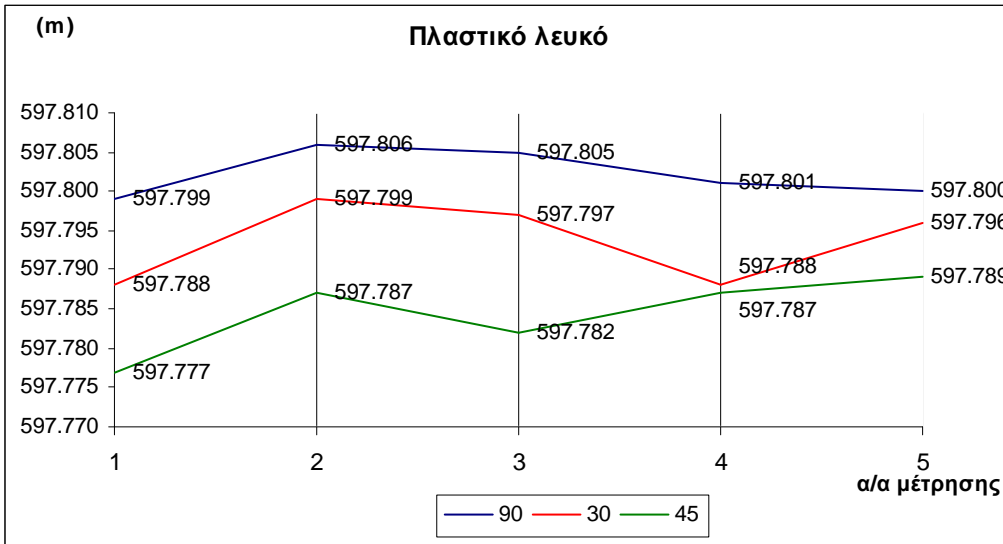
Διάγραμμα 3.133: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Topcon GPT3003LN



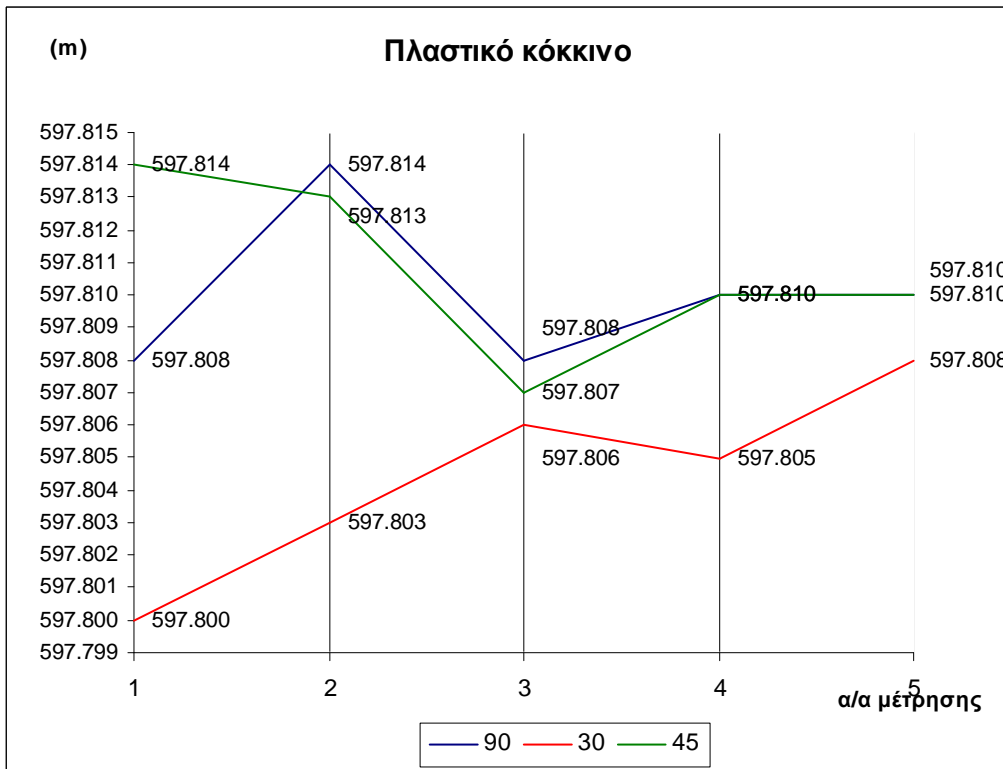
Διάγραμμα 3.134: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.135: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι μαύρο με το Topcon GPT3003LN

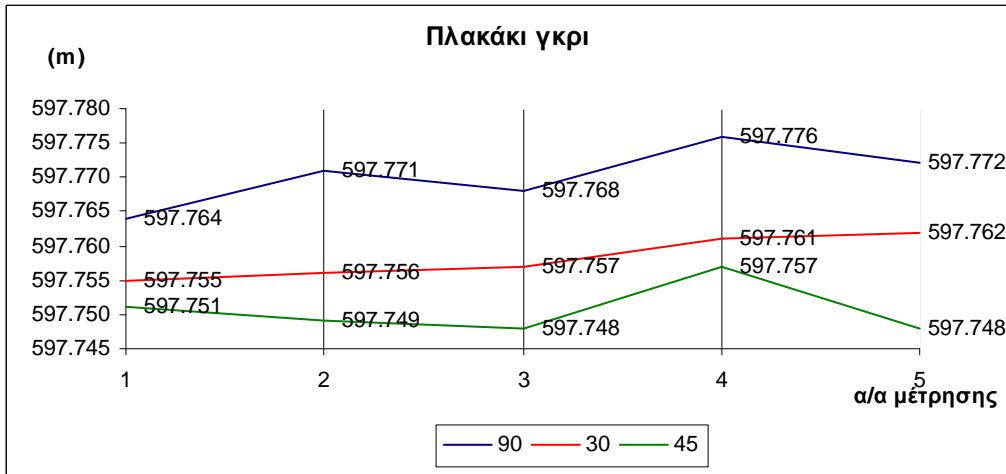


Διάγραμμα 3.136: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό λευκό με το Topcon GPT3003LN

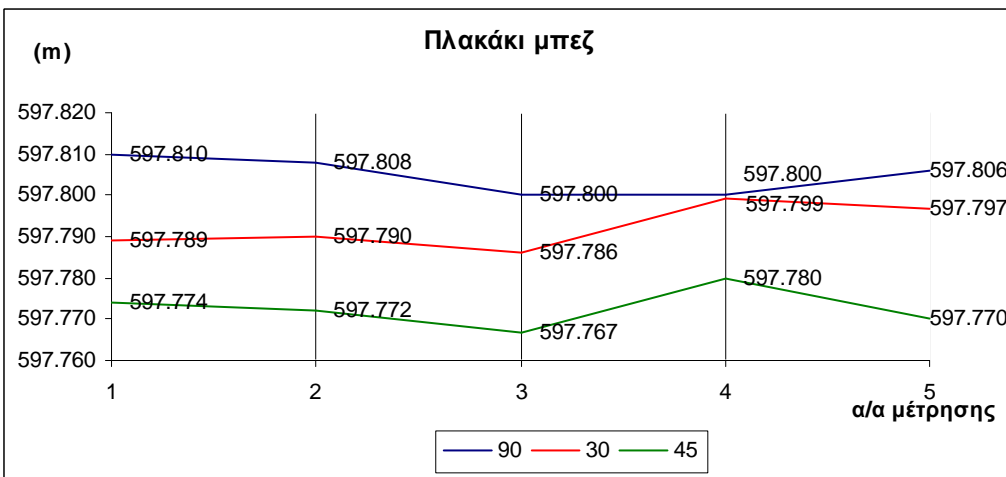


Διάγραμμα 3.137: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Topcon GPT3003LN

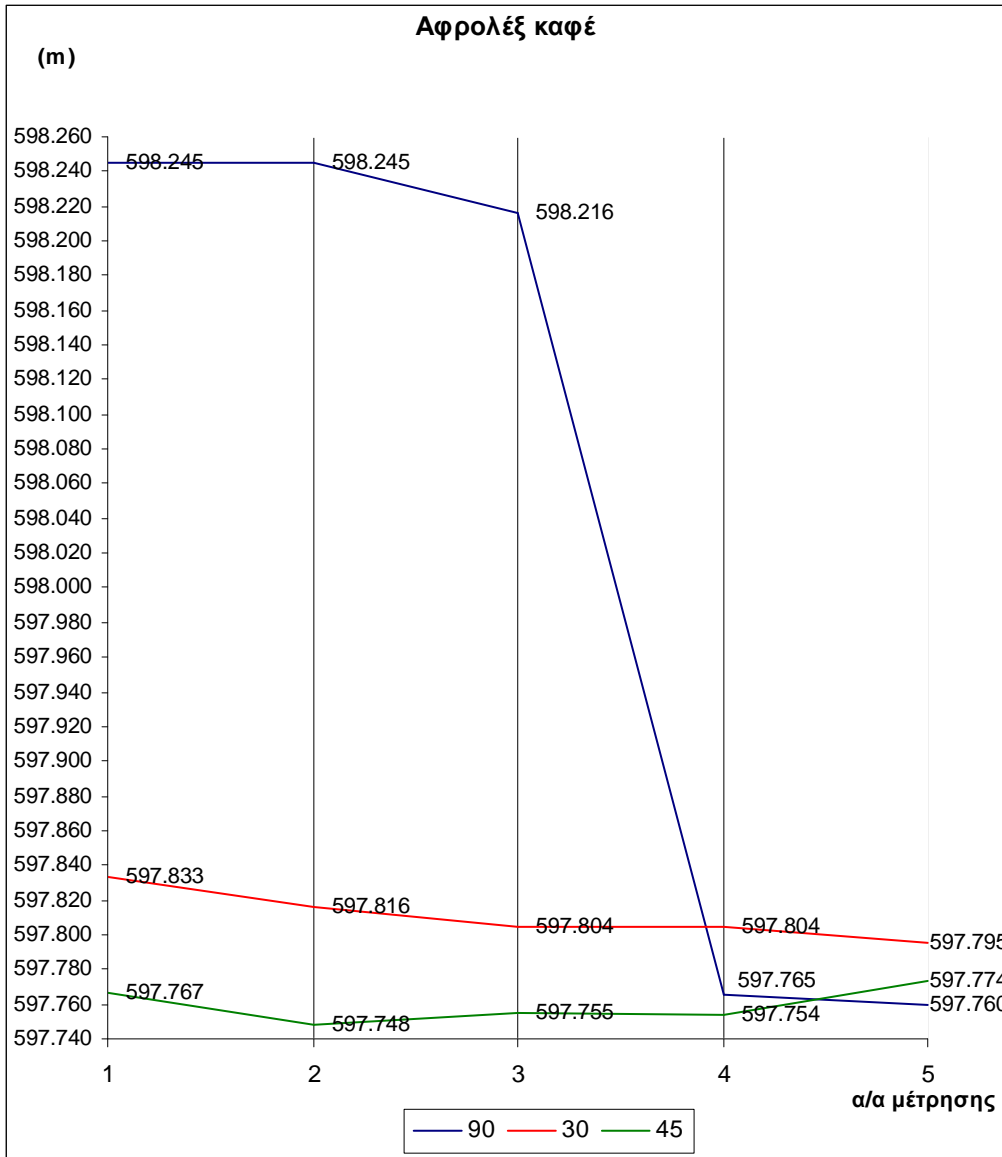




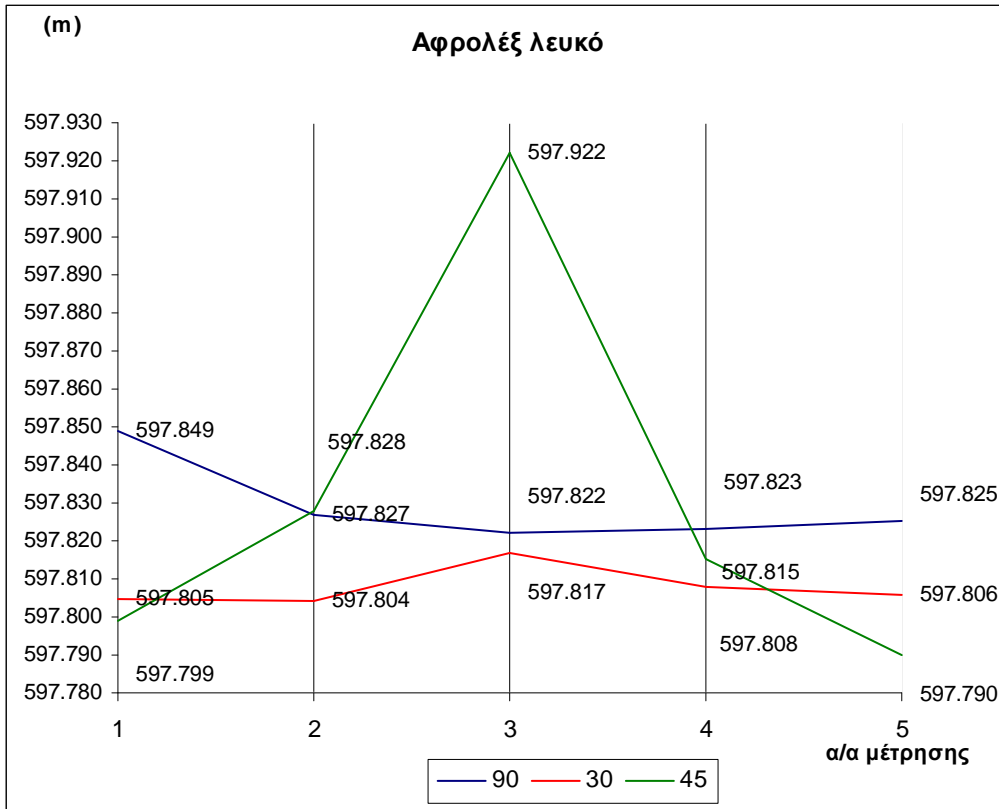
Διάγραμμα 3.138: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο  
πλακάκι γκρι με το Torcon GPT3003LN



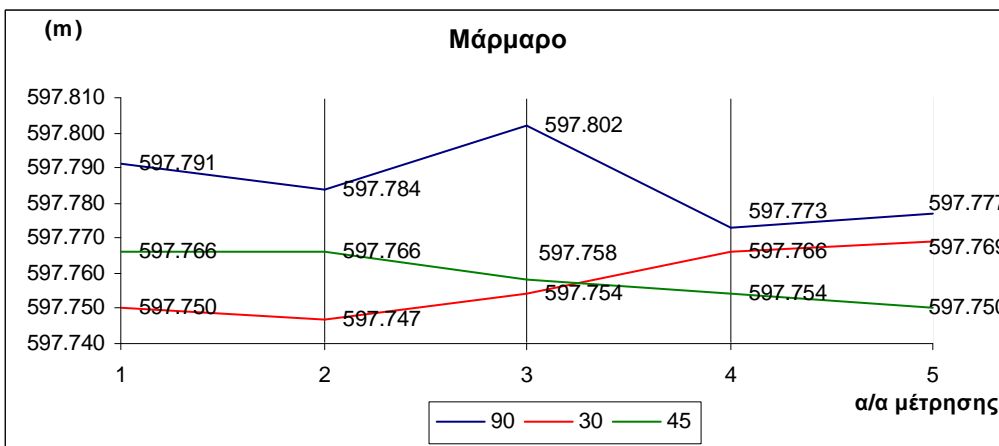
Διάγραμμα 3.139: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο  
πλακάκι μπεζ με το Torcon GPT3003LN



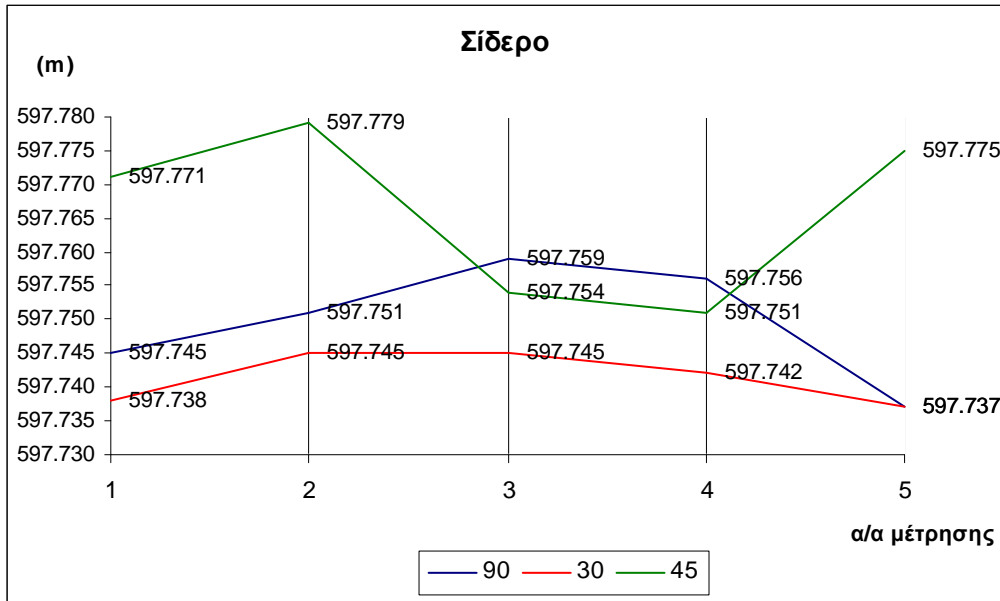
Διάγραμμα 3.140: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ καφέ με το Topcon GPT3003LN



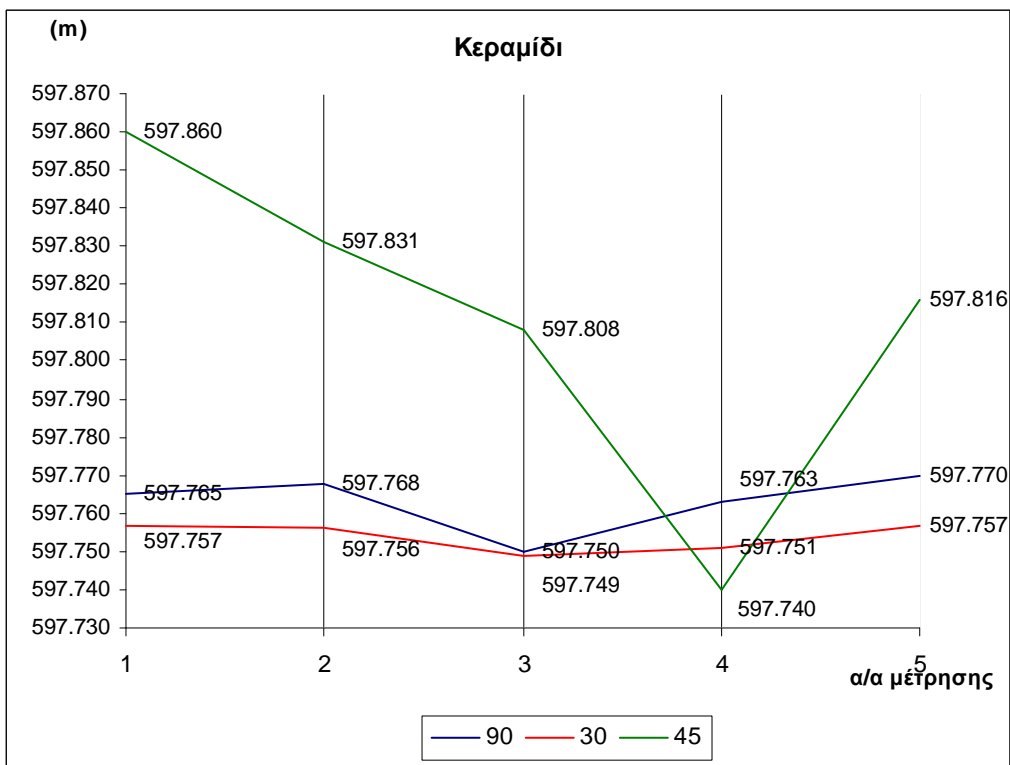
Διάγραμμα 3.141: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Topcon GPT3003LN



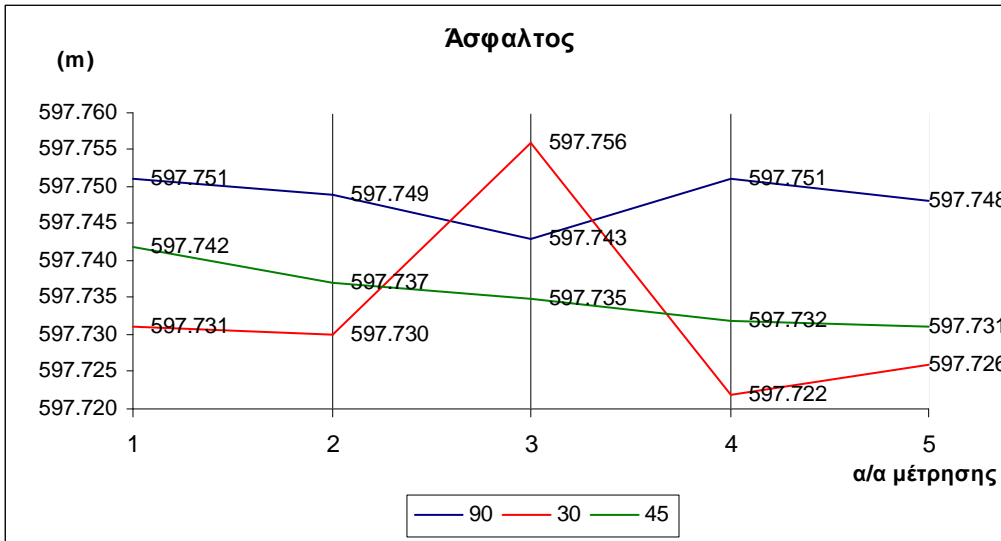
Διάγραμμα 3.142: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μάρμαρο με το Topcon GPT3003LN



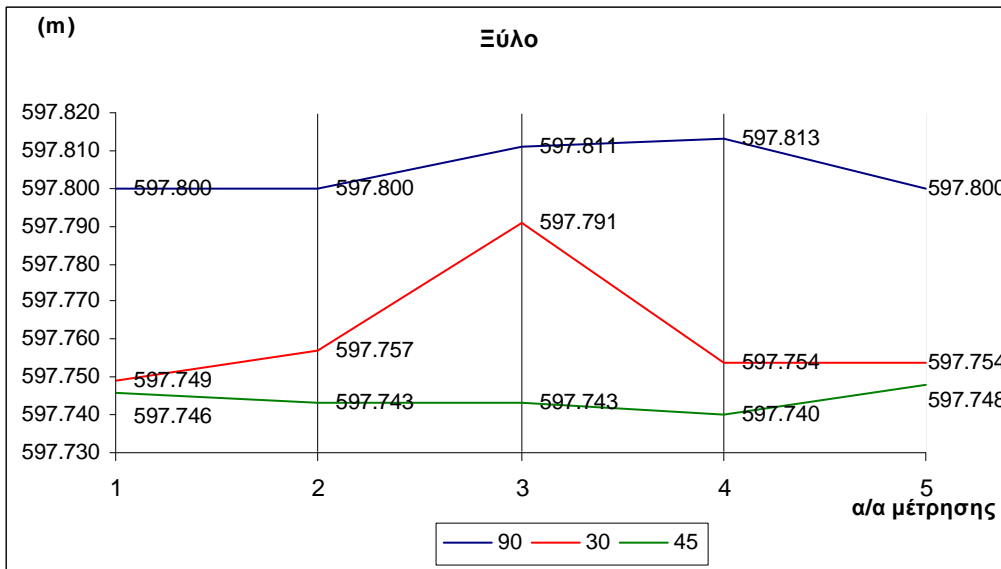
Διάγραμμα 3.143: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο σίδηρο με το Topcon GPT3003LN



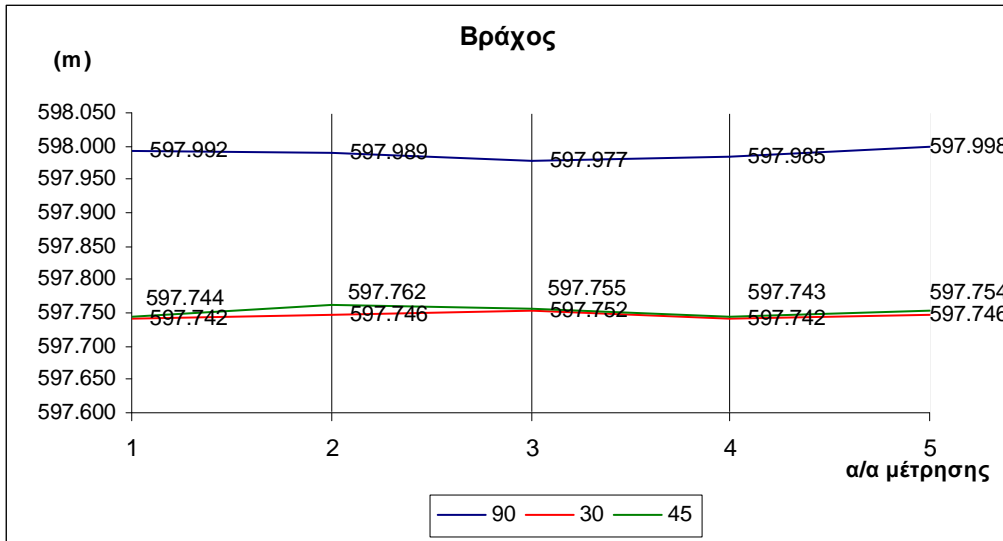
Διάγραμμα 3.144: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο κεραμίδι με το Topcon GPT3003LN



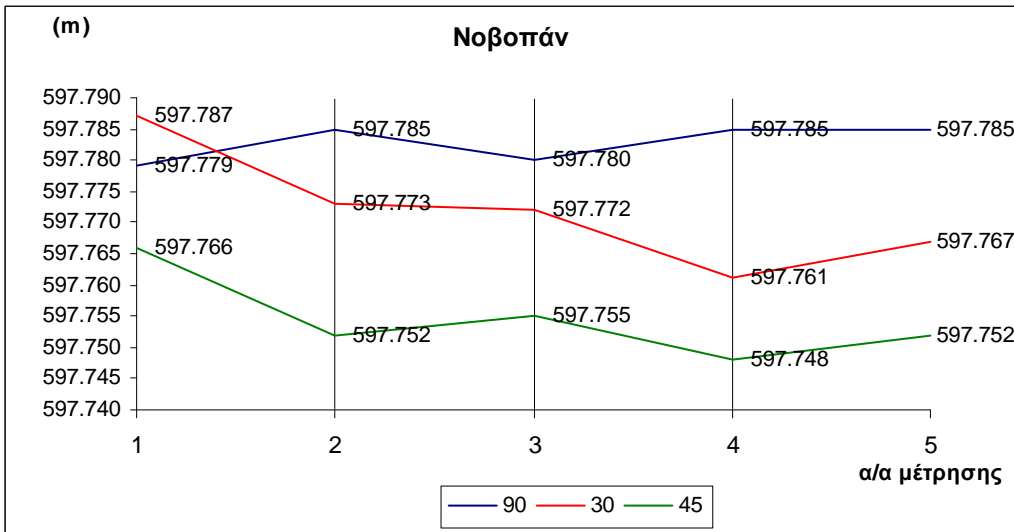
Διάγραμμα 3.145: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο άσφαλτο με το Topcon GPT3003LN



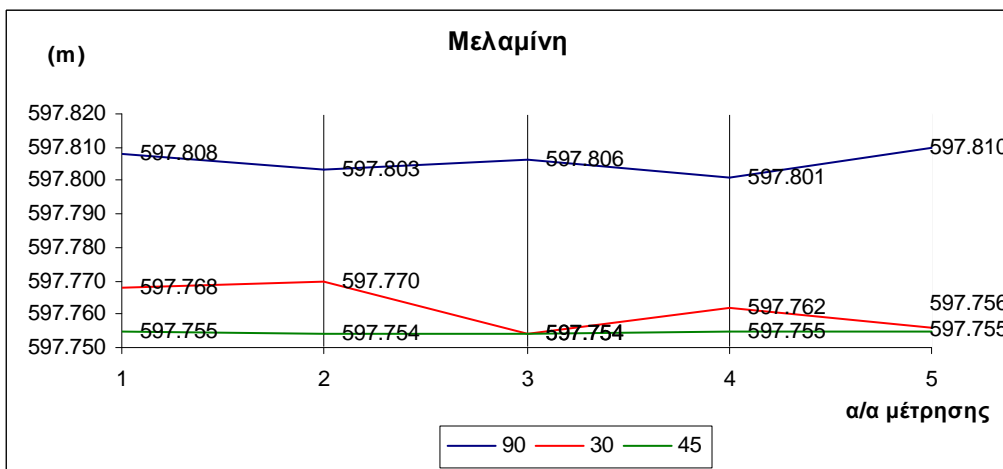
Διάγραμμα 3.146: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο ξύλο με το Topcon GPT3003LN



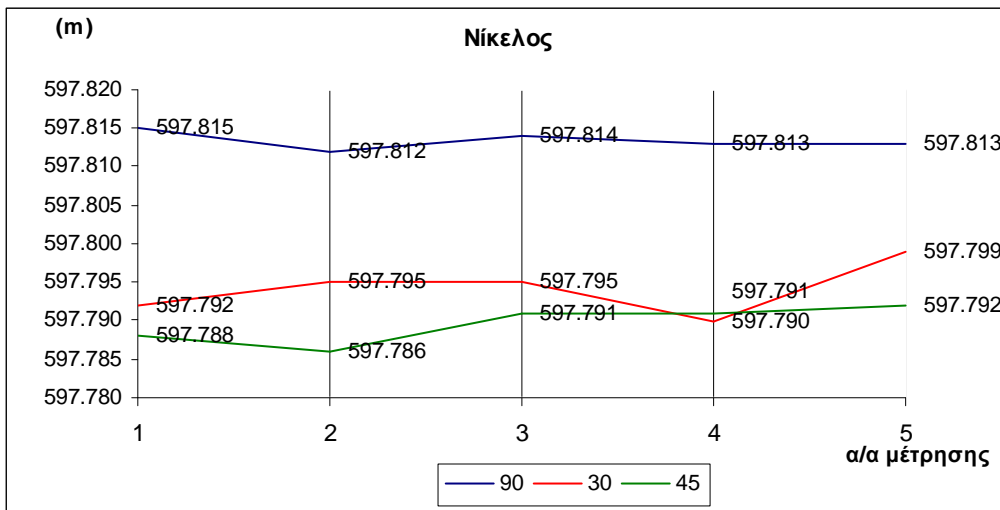
Διάγραμμα 3.147: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο βράχο με το Topcon GPT3003LN



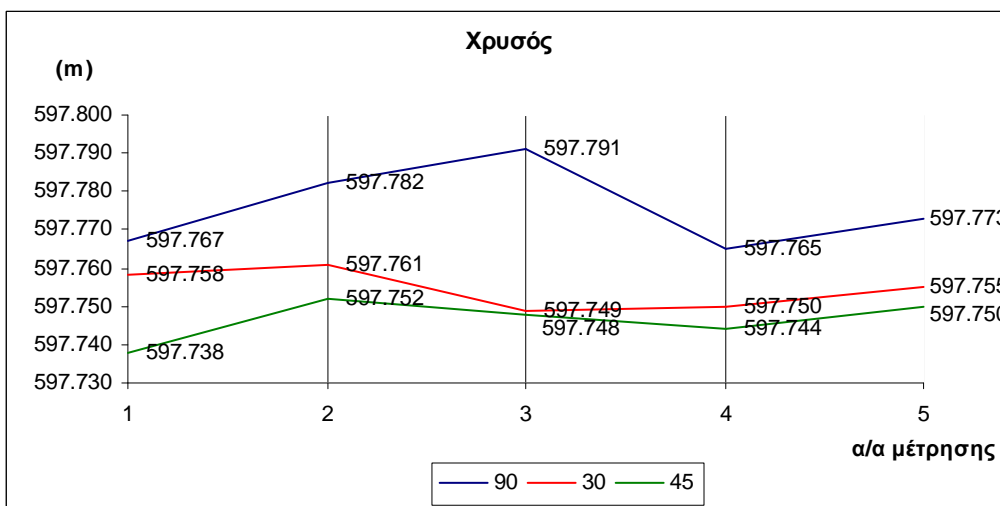
Διάγραμμα 3.148: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νοβοπάν με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.149: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.150: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νίκελος με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.151: Εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χρυσό με το Topcon GPT3003LN

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα 3.127-3.151 φαίνεται ότι τα μετρημένα μήκη και στις εξωτερικές μετρήσεις ακολουθούν τις ίδιες τάσεις με τις εσωτερικές.

Ειδικότερα, παρατηρείται το φαινόμενο ότι όσο μεγαλώνει η γωνία στροφής τόσο μικρότερες είναι και οι τιμές του μήκους.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το μεγάλο εύρος που εμφανίζουν οι μετρήσεις στα περισσότερα υλικά με τιμές που μπορεί να καλύπτουν ένα εύρος 10-15cm ή και παραπάνω με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί διαφορετική κλίμακα για την καταλληλότερη απεικόνισή τους.

Εξαιρεση αποτελούν τα υλικά πλαστικό κόκκινο, Kodak White, χαρτόνι γκρι και γυαλιστερός Leica όπου οι μετρήσεις και στις τρεις γωνίες

εμφανίζουν τιμές με μέγιστη απόκλιση 15mm και ως αποτέλεσμα χρησιμοποιήθηκε η συνηθισμένη κλίμακα χιλιοστού για την απεικόνισή τους στα διαγράμματα.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρημένου με κατάφωτο ήταν:

- ο για γωνία πρόσπτωσης 90°: 137mm (σίδηρο)
- ο για στροφή 30°: 152mm (άσφαλτος)
- ο για στροφή 45°: 168mm (τσιμέντο γκρι)

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN, δεν μέτρησε μόλις δύο υλικά. Τον πάγο και στις τρεις γωνίες πρόσπτωσης καθώς και το χαρτόνι μαύρο σε γωνίες 30° και 45°.

#### 3.2.4. Αξιολόγηση μετρήσεων

Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν πίνακες για την αξιολόγηση και την αποδοχή ή μη των μετρήσεων. Έτσι εκ νέου εξετάστηκε αν η διαφορά μέτρησης του μήκους οργάνου-στόχου με ανακλαστήρα καθώς και χωρίς ανακλαστήρα είναι αποδεκτή για διάστημα εμπιστοσύνης 95% με βάση τις παρεχόμενες ακρίβειες που δίνονται από τον κάθε κατασκευαστή.

Για κάθε σταθμό και σύμφωνα με τον κατασκευαστή ισχύουν οι παρακάτω ακρίβειες για μετρήσεις με ή χωρίς την χρήση ανακλαστήρα αντίστοιχα:

- ο Για το Leica TCR303  $\pm 3\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 2\text{mm}$  με ανακλαστήρα
- ο Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>  $\pm 5\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 3\text{mm}$  με ανακλαστήρα για μήκη μεγαλύτερα των 200m.
- ο Για το Topcon GPT3003LN  $\pm 5\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 3\text{mm}$  με ανακλαστήρα

Επομένως σύμφωνα με την σχέση 3.3 υπολογίζονται οι τιμές για το  $\sigma_{\Delta D}$  για τα 3 όργανα:

- ο Για το Leica TCR303,  $\sigma_{\Delta D} = \pm 3.6\text{mm}$
- ο Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>,  $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$
- ο Για το Topcon GPT3003LN,  $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$

και τελικά

- ο Για το Leica TCR303  $Z \cdot \sigma_{\Delta D} = \pm 7\text{mm}$
- ο Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>  $Z \cdot \sigma_{\Delta D} = \pm 11.3\text{mm}$
- ο Για το Topcon GPT3003LN  $Z \cdot \sigma_{\Delta D} = \pm 11.3\text{mm}$



Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανά όργανο καθώς και το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των μετρήσεων. Έτσι:

- με κόκκινα ψηφία εμφανίζονται στους πίνακες οι μετρήσεις εκείνες οι οποίες δεν έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.
- σε κόκκινο κελί του πίνακα εμφανίζονται οι μετρήσεις οι οποίες εκτός του ότι δεν έγιναν αποδεκτές εμφάνιζαν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με το αρχικά μετρημένο με κατάφωτο μήκος
- με το σύμβολο – δηλώνεται η αδυναμία μέτρησης

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	ΔD	ΔD	ΔD
		(mm)	(mm)	(mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	-	-	-
11	KODAK WHITE	-28.0	-35.0	-
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	-3.0	-3.0	-4.0
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	-33.0	-	-
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	-	-	-
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-36.0	-40.0	14.0
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-	-	-
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	-48.0	-	-
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-	-	-
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	-35.0	-40.0	-48.0
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	-34.0	-43.0	-
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	-44.0	-49.0	-
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	-42.0	-48.0	-
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	-47.0	-52.0	-
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	-41.0	-47.0	-
16	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	-51.0	-	-
23	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	-	-	-
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	-27.0	-	-
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	-5.0	-	-
18	ΠΑΓΟΣ	-	-	-
24	ΧΡΥΣΟΣ	-	-	-

Πίνακας 3.7 Αξιολόγηση μετρήσεων με το TCR303 της Leica

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	-	-	-
11	KODAK WHITE	2.0	9.0	13.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	-2.0	0.0	-4.0
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	5.0	-	-
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	-	-	-
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-18.0	-	-
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-12.0	-	-
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	5.0	-4.0	3.0
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-	-	-
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	-3.0	-3.0	-
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	-2.0	-6.0	-
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	-	-	-
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	0.0	-	-
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	-4.0	-5.0	-7.0
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	-1.0	-	-
16	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	-10.0	-	6.0
23	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	-	-	-
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	-13.0	0.0	-
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	0.0	4.0	13.0
18	ΠΑΓΟΣ	-	-	-
24	ΧΡΥΣΟΣ	-	-	-

Πίνακας 3.8 Αξιολόγηση μετρήσεων με το 5605DR<sup>+</sup> της Trimble

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	ΔD	ΔD	ΔD
		(mm)	(mm)	(mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	70.0	86.0	108.0
11	KODAK WHITE	61.0	65.0	67.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	56.0	50.0	49.0
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	95.0	115.0	123.0
17	ΣΤΟΧΟΣ SOKKIA	85.0	118.0	63.0
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	86.0	92.0	124.0
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	91.0	138.0	153.0
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	68.0	70.0	69.0
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	82.0	-	-
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	72.0	80.0	90.0
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	64.0	70.0	63.0
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	104.0	116.0	123.0
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	69.0	82.0	101.0
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	111.0	64.0	114.0
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	46.0	66.0	43.0
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	89.0	117.0	115.0
16	ΣΙΔΕΡΟ	124.0	133.0	108.0
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	11.0	120.0	63.0
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	126.0	141.0	139.0
9	ΞΥΛΟ	69.0	113.0	130.0
23	ΒΡΑΧΟΣ	-114.0	128.0	122.0
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	91.0	102.0	119.0
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	68.0	112.0	119.0
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	651.0	80.0	84.0
18	ΠΑΓΟΣ	-	-	-
24	ΧΡΥΣΟΣ	98.0	119.0	128.0

Πίνακας 3.9 Αξιολόγηση μετρήσεων με το GPT3003 της Topcon

Η διαδικασία των μετρήσεων των μηκών των υλικών πάνω στα δοκίμια παρόλο που ήταν η ίδια ακριβώς τόσο για τις εσωτερικές όσο και για τις εξωτερικές μετρήσεις επέφερε σημαντικές διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα των δυο μεθόδων. Αυτό εμφανίζεται τόσο στον αριθμό των υλικών όπου οι μετρήσεις κατέστησαν δυνατές όσο και στον αριθμό των μετρήσεων που έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% σε σχέση με τα αρχικά μήκη μετρημένα με κατάφωτο.

Με τον γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR303, σε κεντρική σκόπευση, μετρήθηκαν συνολικά 14 υλικά, 5 λιγότερα από την προηγούμενη φορά στο τούνελ, αφού αυτή την φορά δεν κατάφεραν να μετρηθούν μήκη στο χρυσό, στο τσιμέντο, στο σίδηρο, στο στόχο Sokkia και στον πάγο. Όμως η μεγάλη διαφορά είναι ο αριθμός των μετρήσεων που έγιναν αποδεκτές σε διάστημα 95% αφού μόνο ο γυαλιστερός στόχος Leica και νικελος

πέρασαν με επιτυχία το τεστ αξιοπιστίας. Όλα τα υπόλοιπα αποτελέσματα βρίσκονταν πολύ μακριά από την μετρημένη με κατάφωτο τιμή του μήκους του συστήματος οργάνου-στόχου και κυμαίνονταν από 27-52mm.

Επιπλέον όσο η γωνία σκόπευσης αλλάζει ο αριθμός των μετρημένων υλικών μειώνεται δραστικά αφού σε γωνία 30° μετρήθηκαν 9 υλικά ενώ σε γωνία 45° μετρήθηκαν μόλις 3. Και στις δύο περιπτώσεις μόνο ο γυαλιστερός στόχος Leica κατάφερε να γίνει αποδεκτός σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Στον γεωδαιτικό σταθμό Trimble 5605DR<sup>+</sup> είναι εμφανής η δραστική μείωση του αριθμού των μετρημένων υλικών αφού στην σκόπευση στο κέντρο μετρήθηκαν 12 υλικά λιγότερα σε σχέση με τις εσωτερικές μετρήσεις, σε γωνία σκόπευσης 30° 18 υλικά ενώ σε γωνία σκόπευσης 45°, 20 υλικά. Ωστόσο οι περισσότερες από τις μετρήσεις που τελικά πραγματοποιήθηκαν έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Ειδικότερα έγιναν αποδεκτές 10 από τις συνολικά 14 στις σκοπεύσεις στο κέντρο 8 σε σύνολο 8 σε γωνία 30° και 4 σε σύνολο 6 σε γωνία 45° αντίστοιχα.

Ο γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN, είχε ως χαρακτηριστικό των μετρήσεων ότι σε κάθε γωνία μετρήθηκε το σύνολο των υλικών εξαιρουμένου του πάγου. Ωστόσο από τις μετρήσεις αυτές καμία δεν έγινε αποδεκτή σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% και μάλιστα οι διαφορές των αποστάσεων σε σχέση με το αρχικά μετρημένο με κατάφωτο μήκος του συστήματος οργάνου-στόχων κυμαίνονται από 43-153mm.

### **3.3 Επανάληψη εξωτερικών μετρήσεων**

Όπως είναι φανερό από τους παραπάνω πίνακες 3.4- 3.6 ενώ οι μετρήσεις μηκών με το όργανο GPT3003LN της Topcon πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα υλικά και για τις 3 γωνίες πρόσπτωσης καμία από αυτές δεν έγινε αποδεκτή για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Αυτό πιθανότατα να οφείλεται στην μεγάλη απόσταση του συστήματος οργάνου-στόχου γεγονός που επέδρασε στην ανάκλαση της δέσμης laser του οργάνου αφού ο στόχος ήταν μικρότερος από το αποτύπωμα της δέσμης laser (beam divergence) σε αυτή την απόσταση.

Άλλωστε πολλές από τις μετρήσεις παρουσίαζαν μεγάλη διαφορά από το μετρημένο με κατάφωτο μήκος αφού η ακτίνα πιθανόν επηρεαζόταν από το μικρό μέγεθος του στόχου και μετρούσε και σε διάφορες άλλες επιφάνειες πίσω από αυτόν (πχ. τοίχος).

Επομένως θα έπρεπε είτε να μεγαλώσει η επιφάνεια των δοκιμίων, γεγονός ιδιαίτερα δύσκολο από πλευράς κόστους αλλά και δυνατότητας ευελιξίας, είτε να γίνουν προσπάθειες να περιοριστεί η ακτίνα laser των

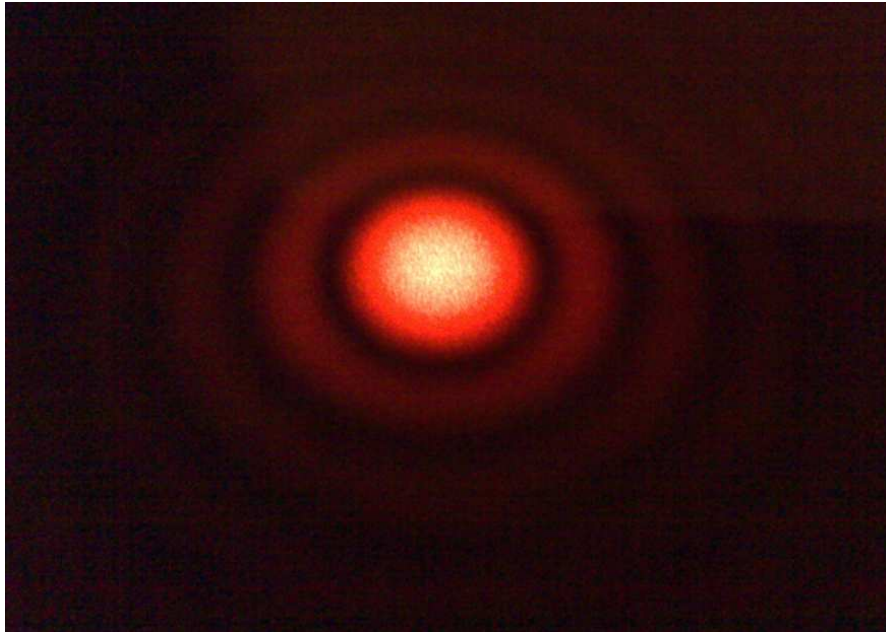
οργάνων μόνο στο επιθυμητό επίπεδο μετρήσεων χωρίς αποκλίσεις που πιθανότατα επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.

Για την εκτίμηση του μεγέθους της δέσμης αυτής πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις με διαδοχικές τοποθετήσεις ενός στόχου από μεγάλο λευκό χαρτόνι σε συγκεκριμένες αποστάσεις από το όργανο Topcon GPT3003LN.

Στην συνέχεια υλοποιήθηκε η ορατή δέσμη laser του οργάνου πάνω στο λευκό χαρτόνι και μετρήθηκε η διάμετρος του αποτυπώματος της δέσμης. Οι αποστάσεις στις οποίες τοποθετήθηκε ο στόχος ήταν διαδοχικά περίπου: 50m, 100m, 200m, 260m, 330m, 380m και 630m. Η ορατή δέσμη εμφανίστηκε με την μορφή κύκλου, ωστόσο χωριζόταν σε 2 τμήματα: το κυρίως τμήμα που είχε την μορφή κύκλου καθώς και έναν δακτύλιο γύρω από αυτόν που φαινόταν πιο αμυδρά (φωτογραφίες 3.1-3.2).



Φωτ. 3.1: Αποτύπωμα ορατής δέσμης laser



Φωτ. 3.2: Δακτύλιοι στην ορατή δέσμη laser

Στον παρακάτω πίνακα 3.10 φαίνονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα προαναφερθέντα μήκη με κατάφωτο, με laser καθώς και το μέγεθος του εσωτερικού και εξωτερικού κύκλου του ίχνους της ορατής ακτίνας laser του οργάνου που ήταν ορατός με γυμνό μάτι.

Μήκος με κατάφωτο (m)	Μήκος χωρίς κατάφωτο (m)	$\Delta D$ (mm)	Εσωτερικός κύκλος (cm) (Διάμετρος)	Εξωτερικός δακτύλιος (cm) (Διάμετρος)
52.122	52.12	2	1.7	9
103.653	103.653	3	2.1	11
199.96	199.959	1	5.7	13.3
262.478	262.482	4	6.5	14
334.429	334.426	3	9	18.3
383.172	383.17	2	10	20.2
635.277	635.542	265	16	-

Πίνακας 3.10: Πειραματικές μετρήσεις ίχνους ορατής δέσμης του γεωδαιτικού σταθμού Topcon GPT3003LN

Φαίνεται από τις διαφορές ανάμεσα στο μετρημένο μήκος με κατάφωτο και σε αυτό χωρίς κατάφωτο ότι οι μετρήσεις είναι εντός του εύρους σφάλματος του οργάνου για την μέτρηση του μήκους εκτός από την τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στα 630m.

Φαίνεται ότι σε μήκη της τάξης των 600m το μέγεθος του βασικού κύκλου του ίχνους του laser έφτασε τα 16cm διάμετρο, από μόλις 1.7cm στα 50m.

Η διάμετρος αυτή, η οποία αφορά μόνο τον βασικό κύκλο της δέσμης, είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το μέγεθος των δοκιμίων που

χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των μηκών, τα οποία ήταν στην συντριπτική πλειοψηφία τους 10x10cm.

Το μέγεθος των δοκιμίων κρίνεται μικρό για την πραγματοποίηση σωστών μετρήσεων σε μήκη της τάξης των 600m και αποτελεί τον βασικότερο λόγο των μεγάλων αποκλίσεων των τιμών των μετρήσεων μήκους με κατάφωτο από αυτές χωρίς κατάφωτο αντίστοιχα.

Όταν ο κύκλος του laser ξεπερνά το μέγεθος της επιφάνειας τότε τα αποτελέσματα είναι αβέβια. Ωστόσο παραμένει το ερώτημα ποιο μήκος μετρά το όργανο όταν η σκόπευση είναι σημειακή.

Για τον έλεγχο και επιβεβαίωση του φαινομένου πραγματοποιήθηκαν εκ νέου επαναληπτικές μετρήσεις με το όργανο αυτό με 2 διαφορετικούς τρόπους:

- μία με χρήση μιας λευκής σελίδας μεγέθους A4 με τα όργανα GPT3003LN της Topcon και 5605DR<sup>+</sup> της Trimble και
- μία με χρήση λευκής σελίδας A1 για το όργανο GPT3003LN της Topcon.

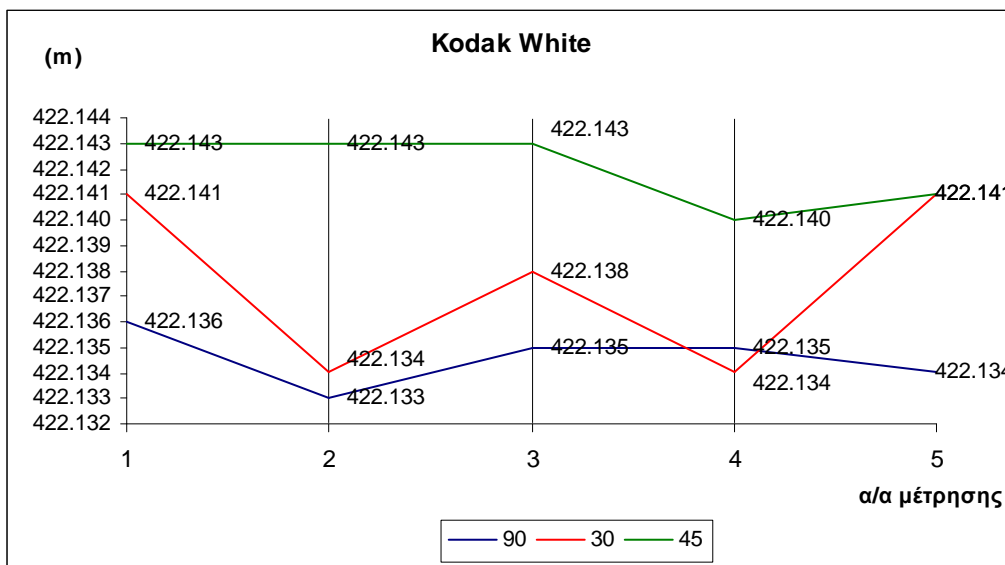
Και στις 2 περιπτώσεις τα φύλλα αυτά τοποθετήθηκαν πίσω από τα δοκίμια χωρίς όμως να αλλάξει καθόλου η κατακόρυφη γωνία σκόπευσης αλλά ούτε και η τοποθέτηση των δοκιμίων πάνω στην κατασκευή ώστε να στοχεύεται το κέντρο τους.

Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκαν επαναληπτικές μετρήσεις και στις 3 γωνίες πρόσπτωσης (90°, 30° αλλά και 45°).

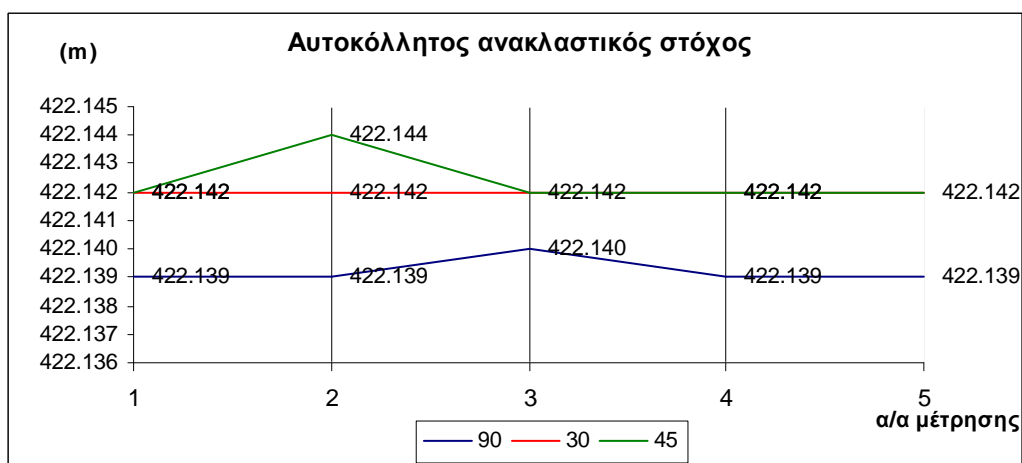
### **3.3.1 Επαναληπτικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Trimble 5605DR<sup>+</sup> με A4**

Με το 5605DR<sup>+</sup> μετρήθηκε το μήκος οργάνου-στόχου με κατάφωτο 422.137m ενώ οι μετρήσεις έγιναν στα εξής υλικά:

- |                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| -Kodak White Card (90%)           | -Πλακάκι γκρι  |
| -Αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος | -Πλακάκι μπεζ  |
| -Τσιμέντο λευκό                   | -Αφρολέξ λευκό |
| -Τσιμέντο γκρι                    | -Μάρμαρο       |
| -Χαρτόνι μαύρο                    | -Ξύλο          |
| -Πλαστικό λευκό                   | -Μελαμίνη      |
| -Πλαστικό κόκκινο                 | -Νίκελος       |

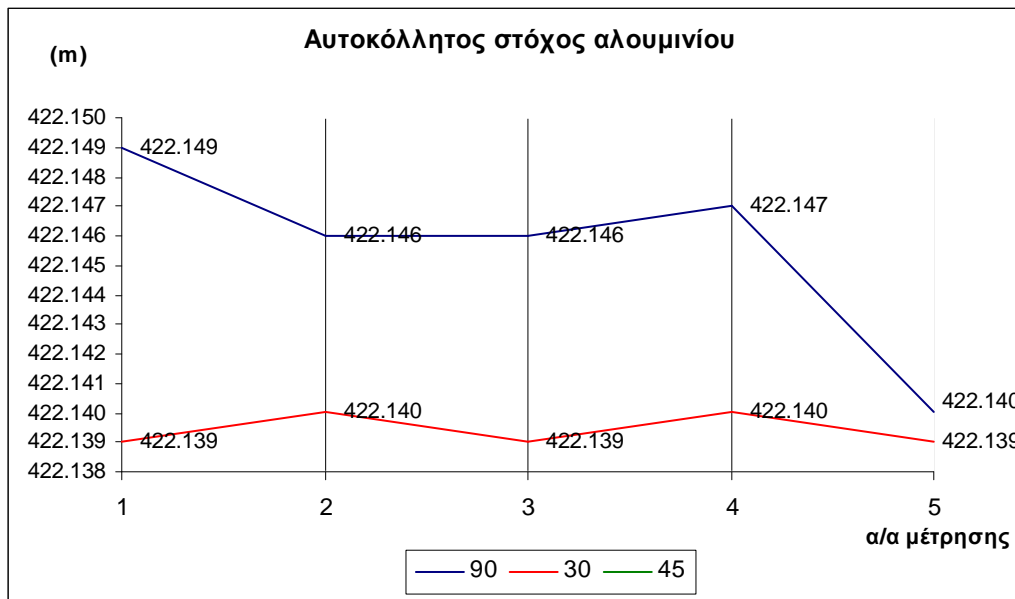


Διάγραμμα 3.152: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

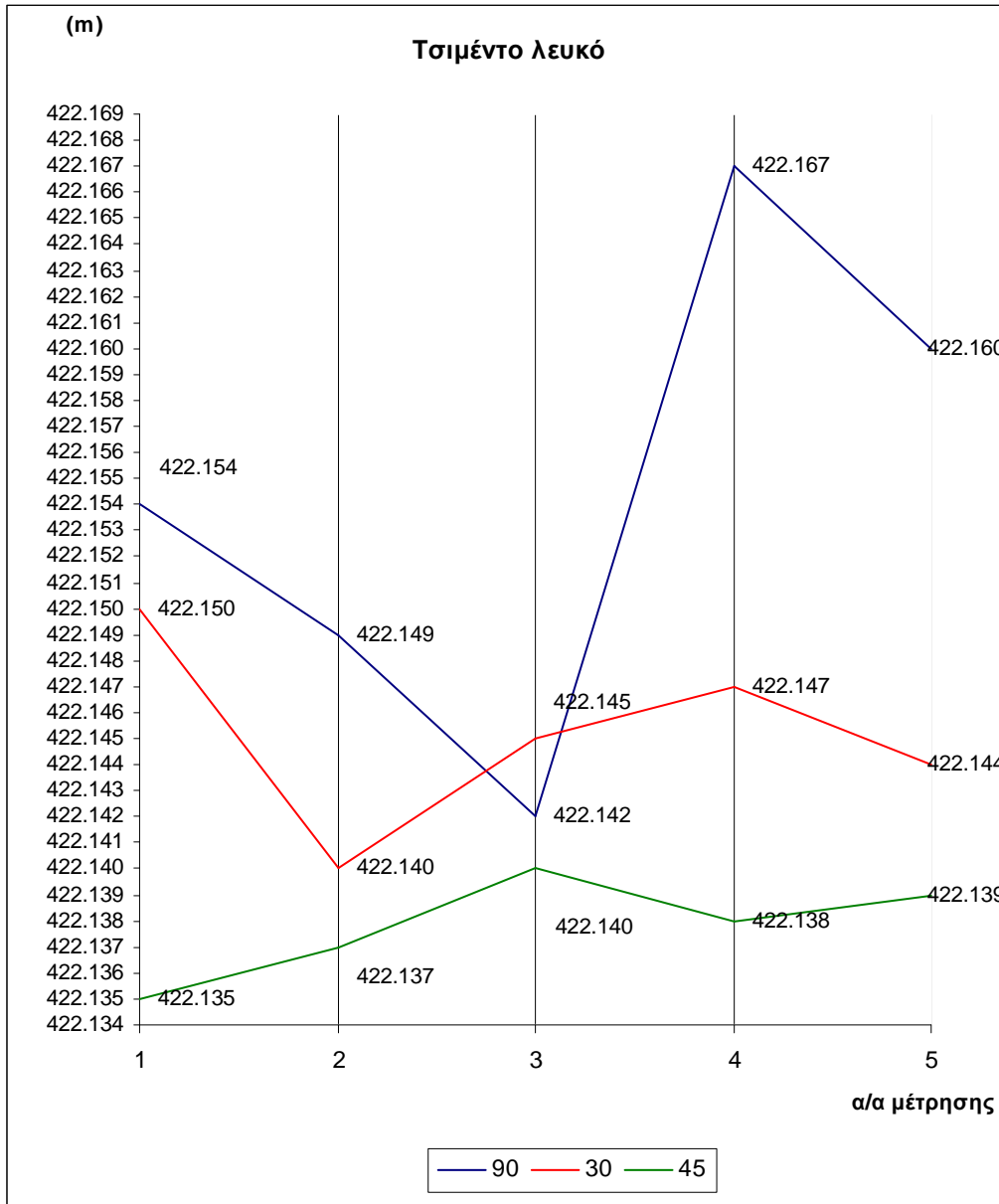


Διάγραμμα 3.153: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε αυτοκόλλητο ανακλαστικό στόχο με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

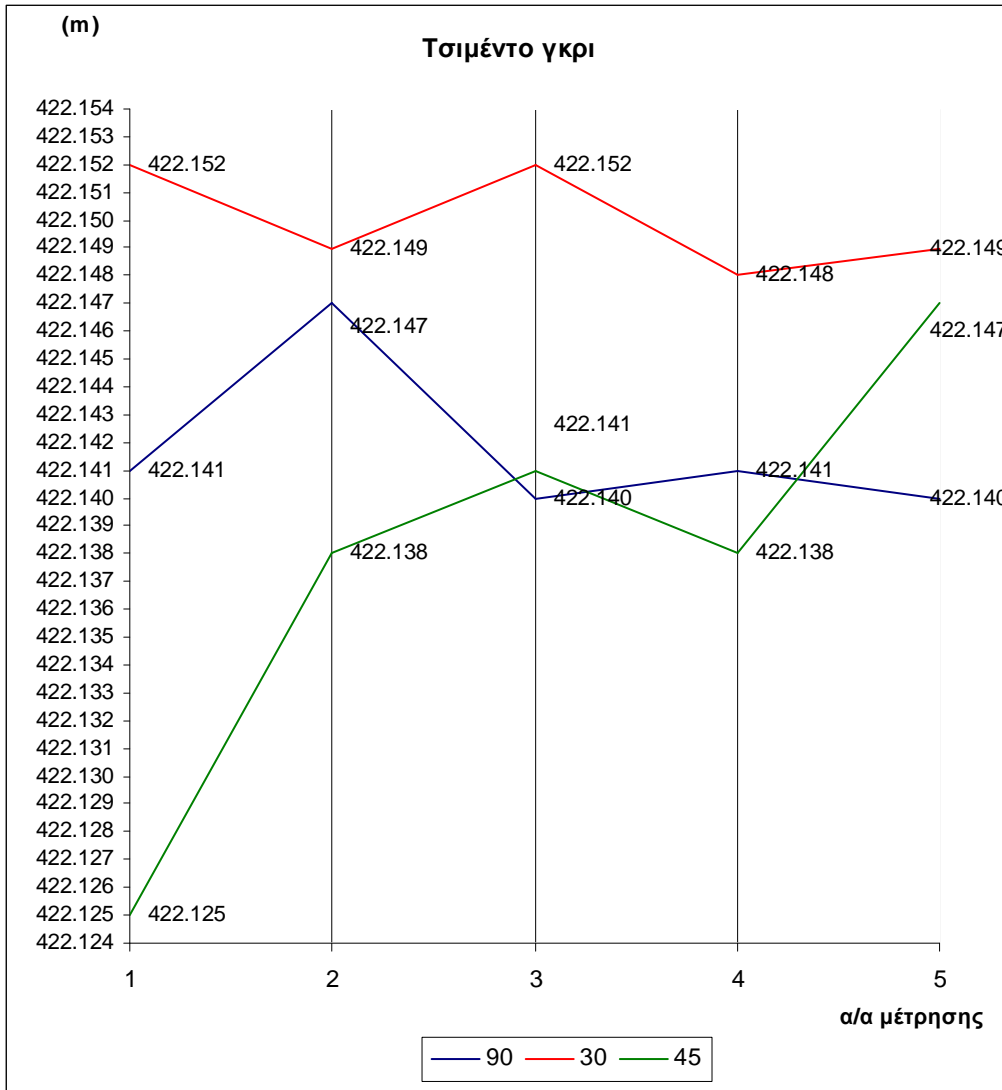




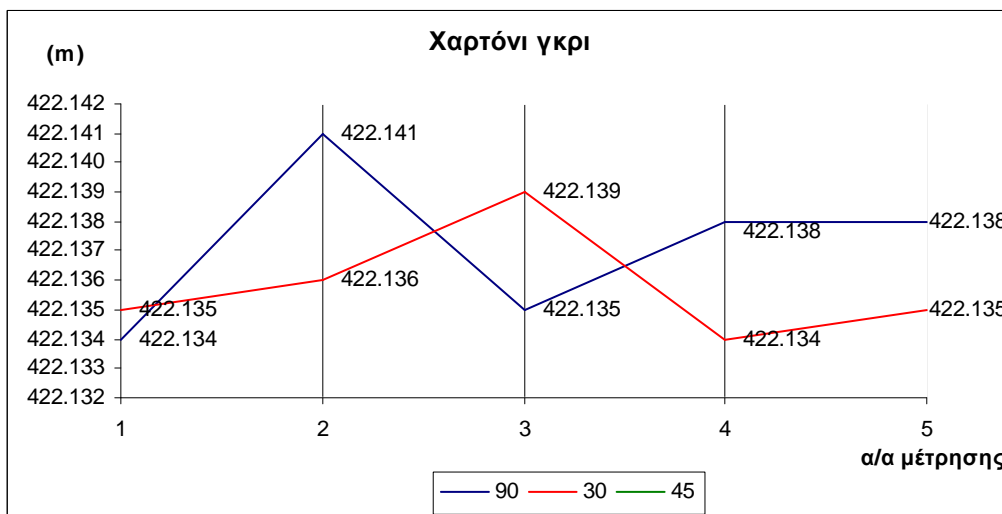
Διάγραμμα 3.154: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε αυτοκόλλητο στόχο αλουμινίου με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



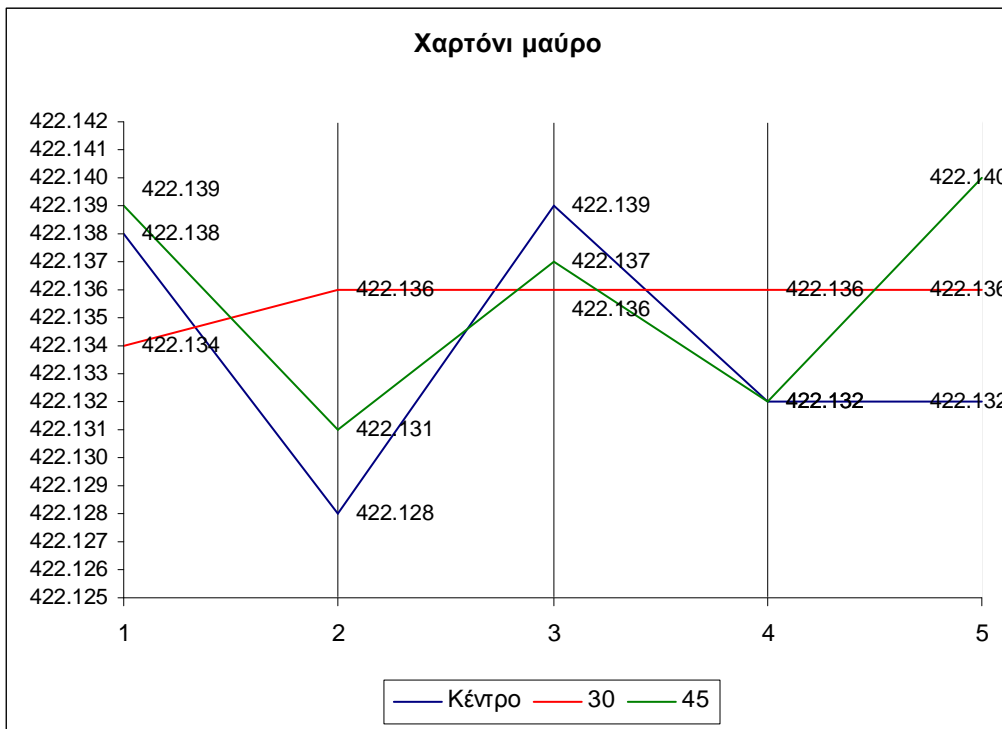
Διάγραμμα 3.155: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



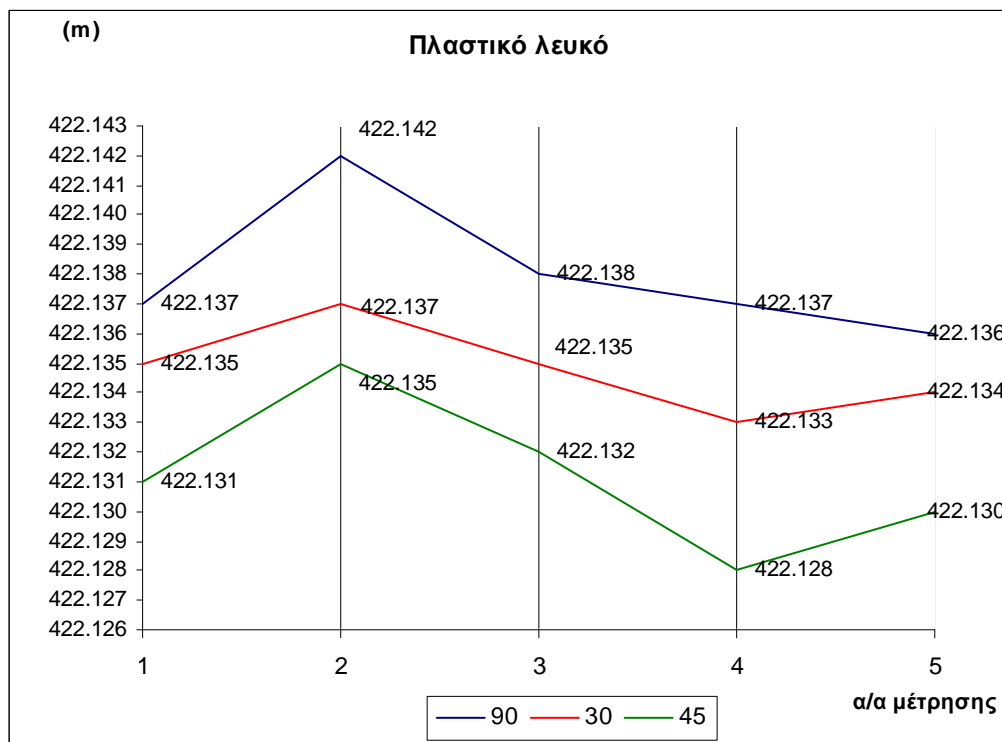
Διάγραμμα 3.156: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



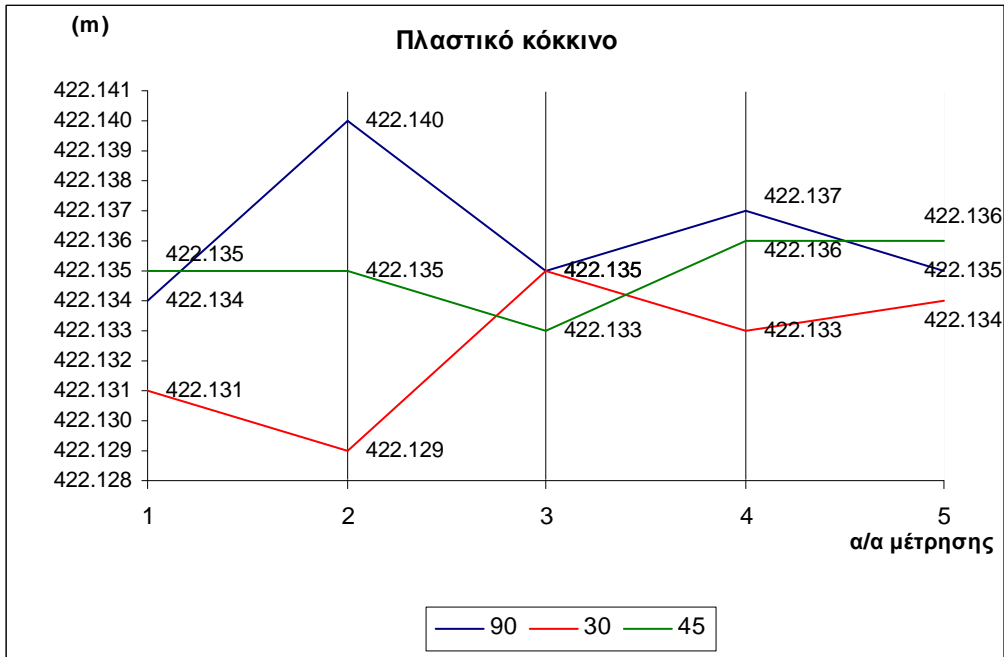
Διάγραμμα 3.157: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



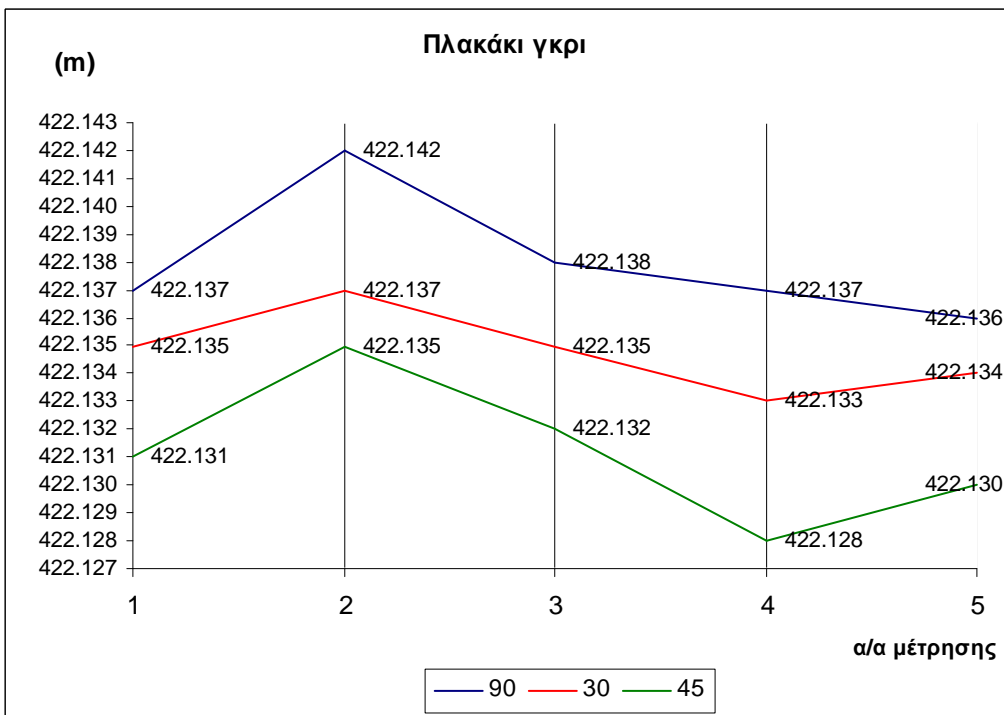
Διάγραμμα 3.158: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι μαύρο με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



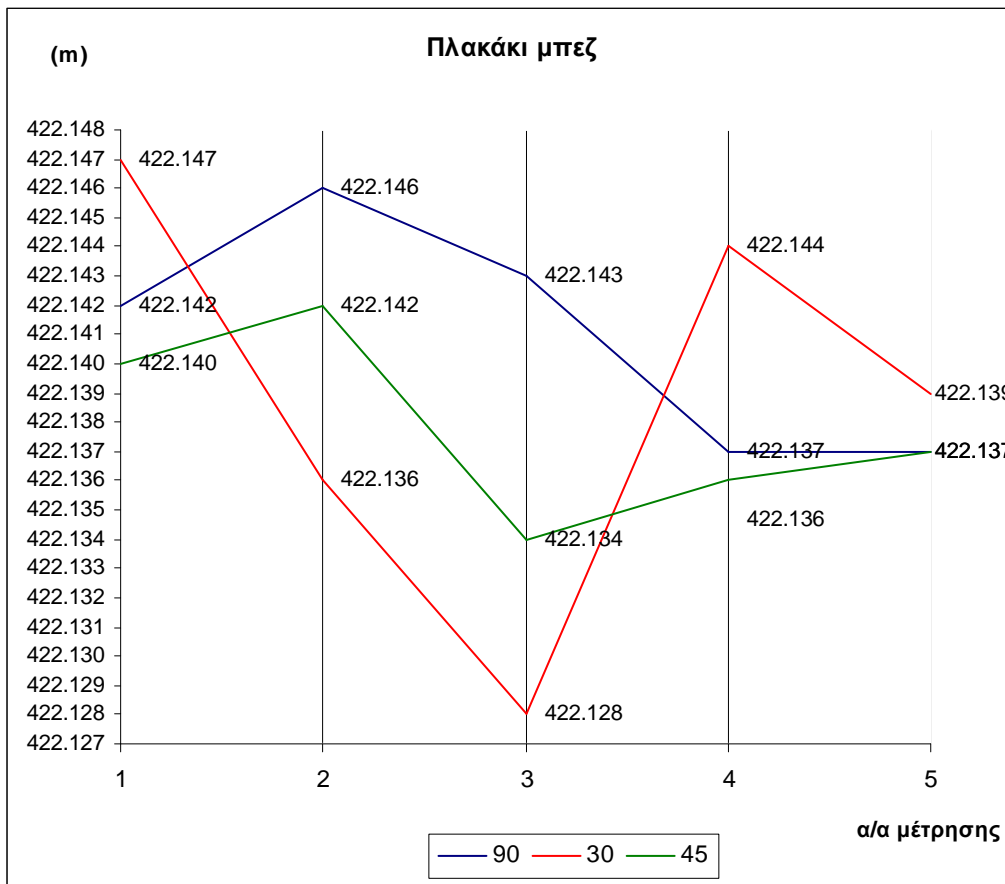
Διάγραμμα 3.159: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό λευκό με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



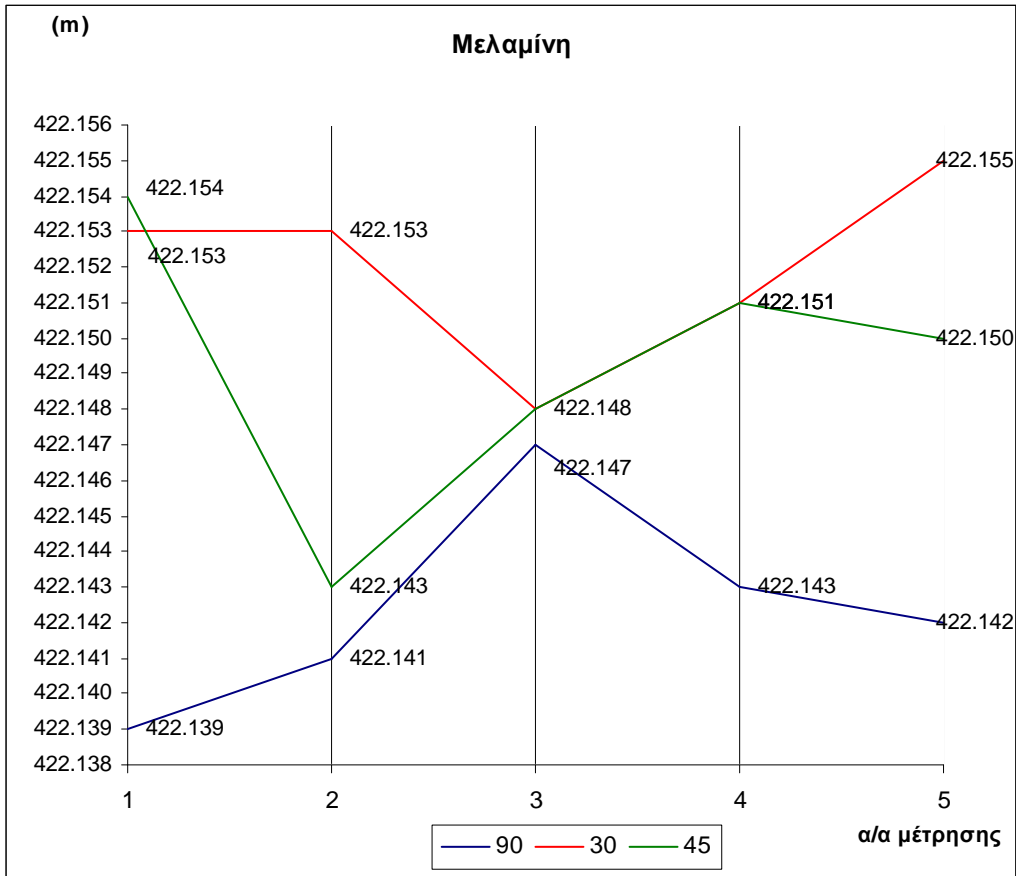
Διάγραμμα 3.160 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



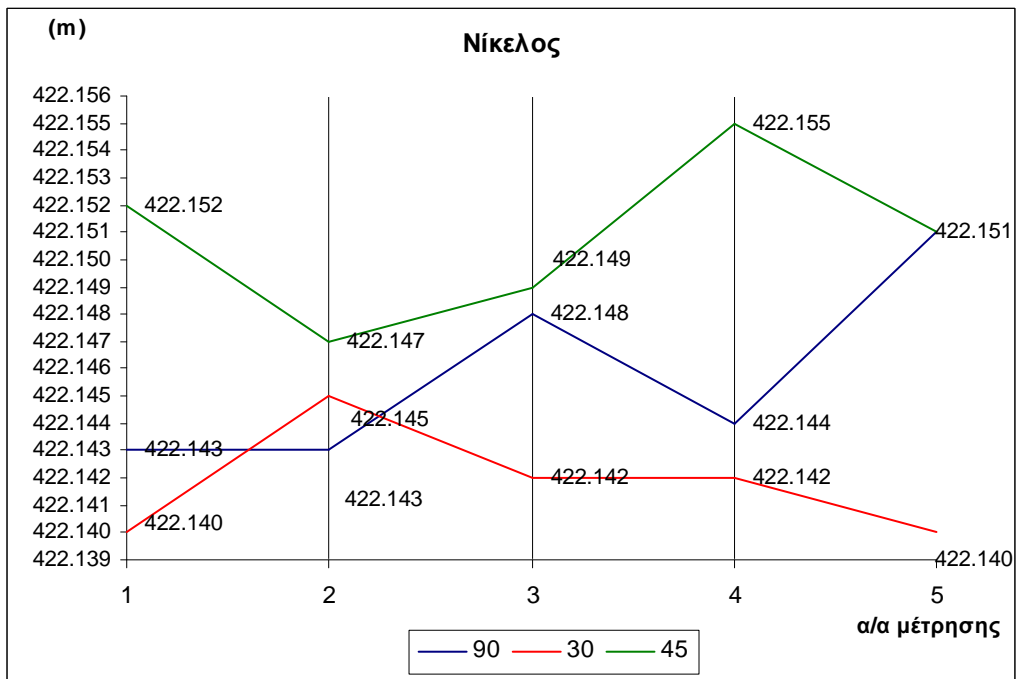
Διάγραμμα 3.161 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι γκρι με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



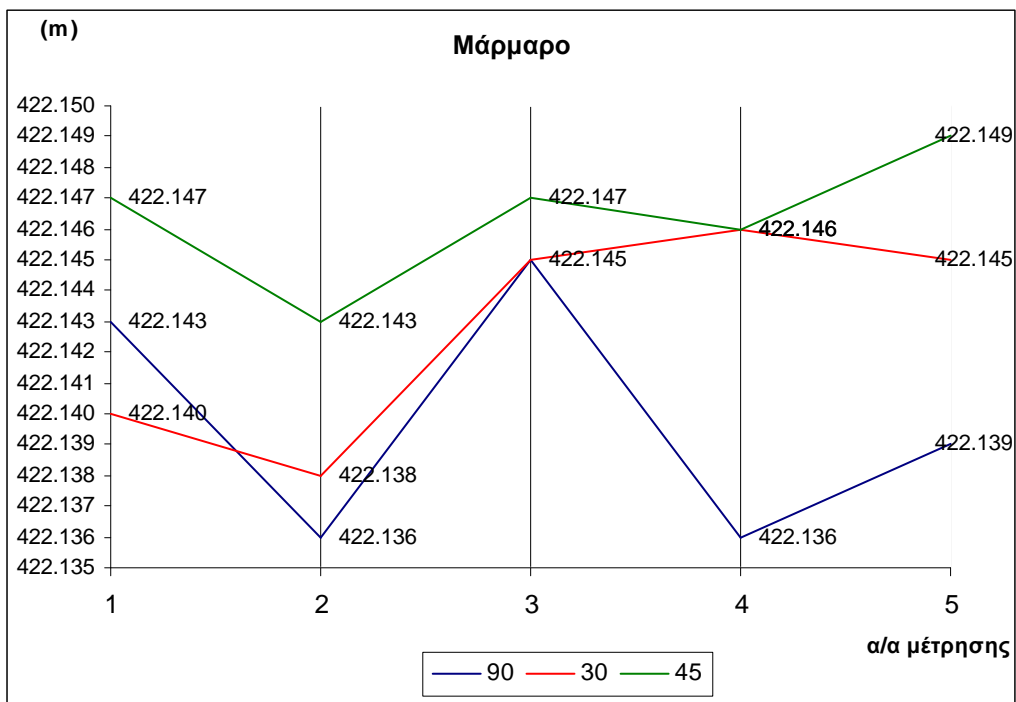
Διάγραμμα 3.162: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



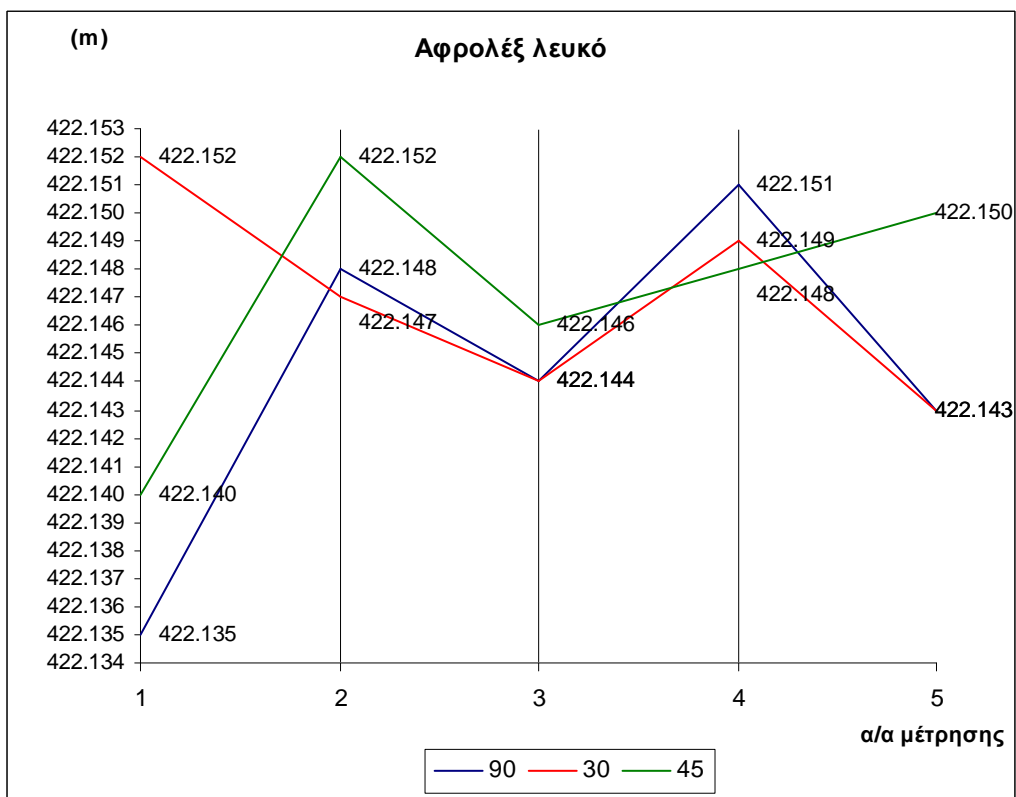
Διάγραμμα 3.163: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



Διάγραμμα 3.164: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νίκελος με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

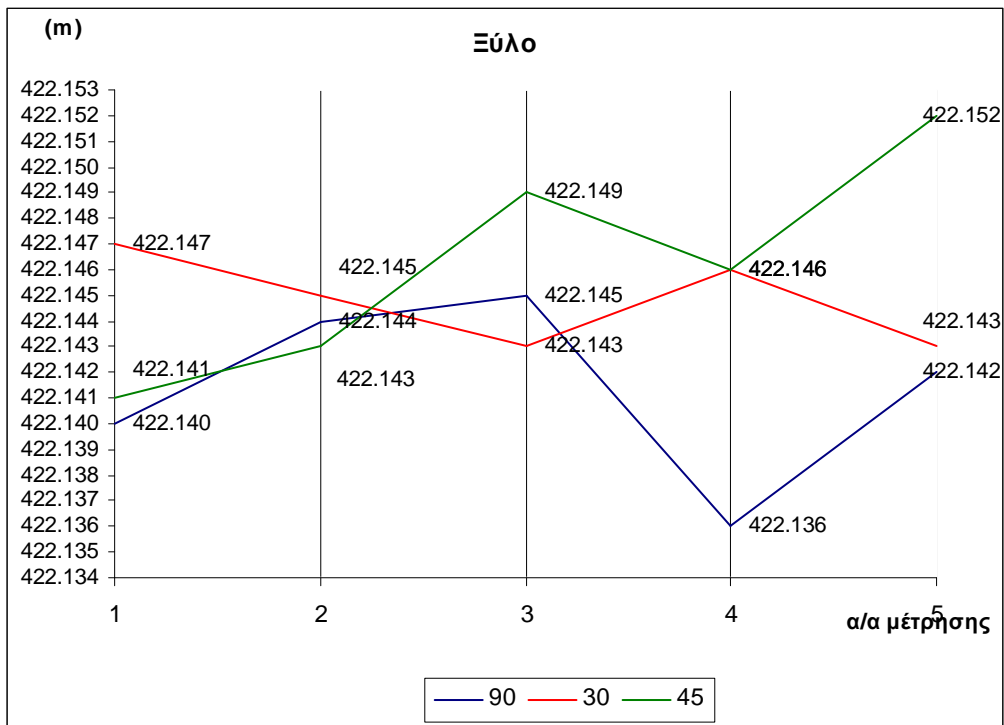


Διάγραμμα 3.165: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μάρμαρο με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>



Διάγραμμα 3.166: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>





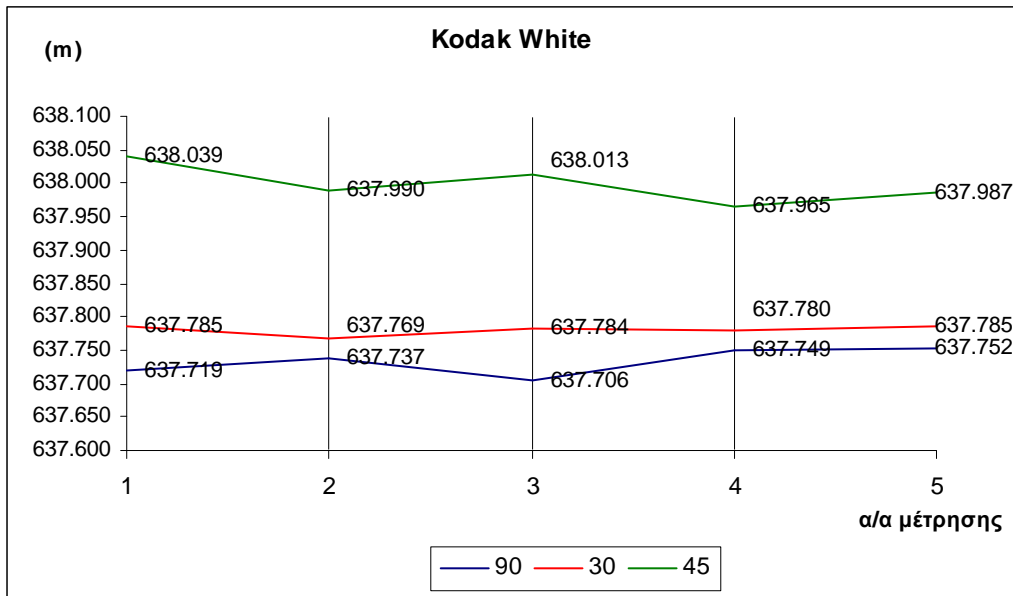
Διάγραμμα 3.167: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο ξύλο με το Trimble 5605DR<sup>+</sup>

### 3.3.2 Επαναληπτικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN

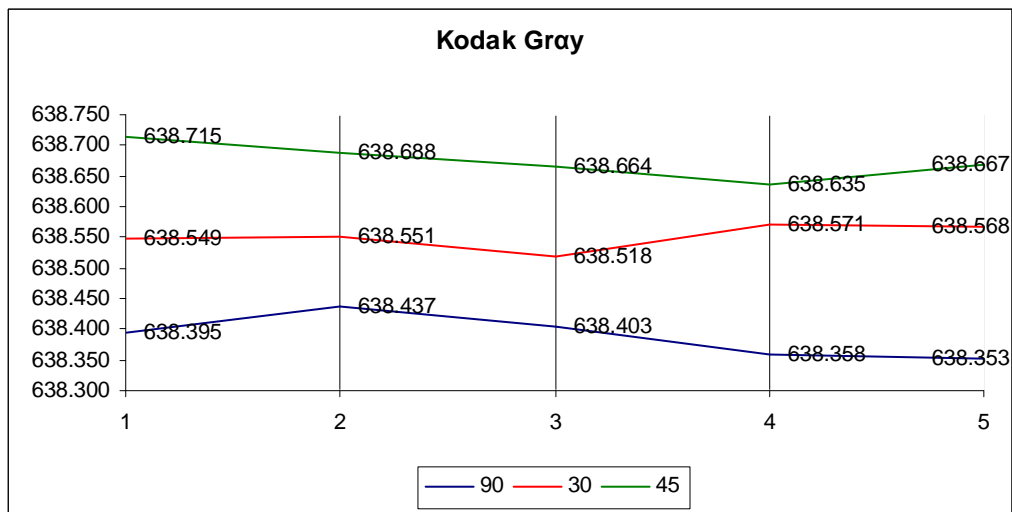
Με το GPT3003LN μετρήθηκε το μήκος οργάνου-στόχου με κατάφωτο 637.780m ενώ οι μετρήσεις έγιναν στα εξής υλικά:

- |                         |                |
|-------------------------|----------------|
| -Kodak Gray Card (18%)  | -Πλακάκι μπεζ  |
| -Kodak White Card (90%) | -Αφρολέξ καφέ  |
| -Τσιμέντο λευκό         | -Αφρολέξ λευκό |
| -Τσιμέντο γκρι          | -Μάρμαρο       |
| -Χαρτόνι γκρι           | -Ξύλο          |
| -Χαρτόνι μαύρο          | -Νοβοπάν       |
| -Πλαστικό λευκό         | -Μελαμίνη      |
| -Πλαστικό κόκκινο       | -Νίκελος       |
| -Πλακάκι γκρι           |                |

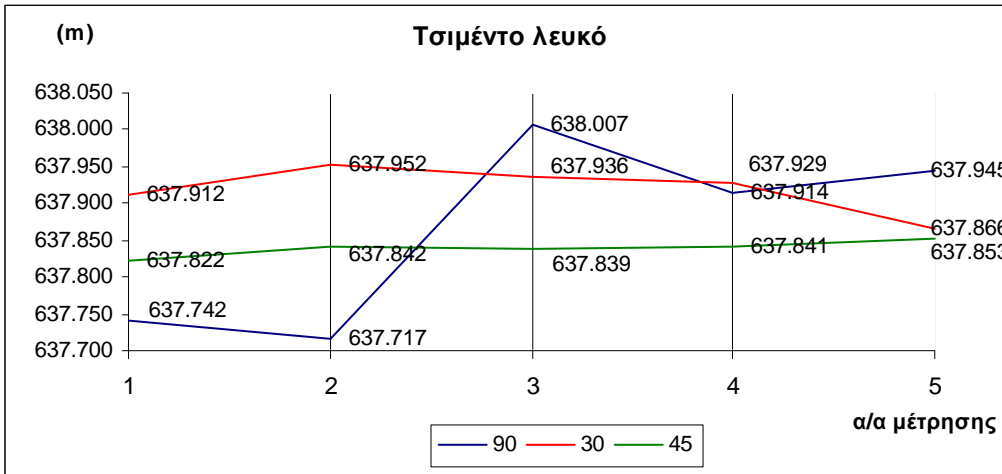
### 3.3.2.1 Επαναληπτικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN με χρήση A4



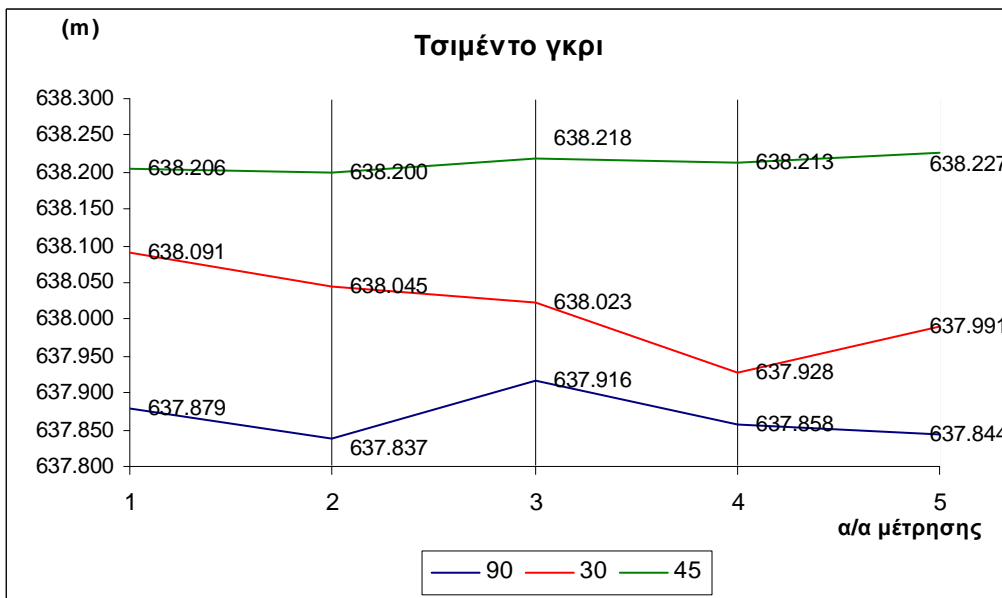
Διάγραμμα 3.168: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White με το Topcon GPT3003LN



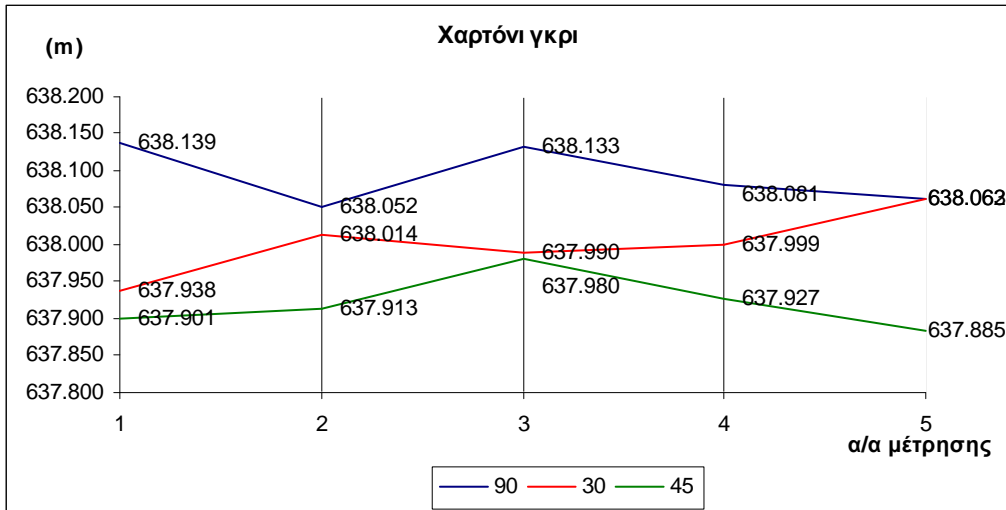
Διάγραμμα 3.169: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak Gray με το Topcon GPT3003LN



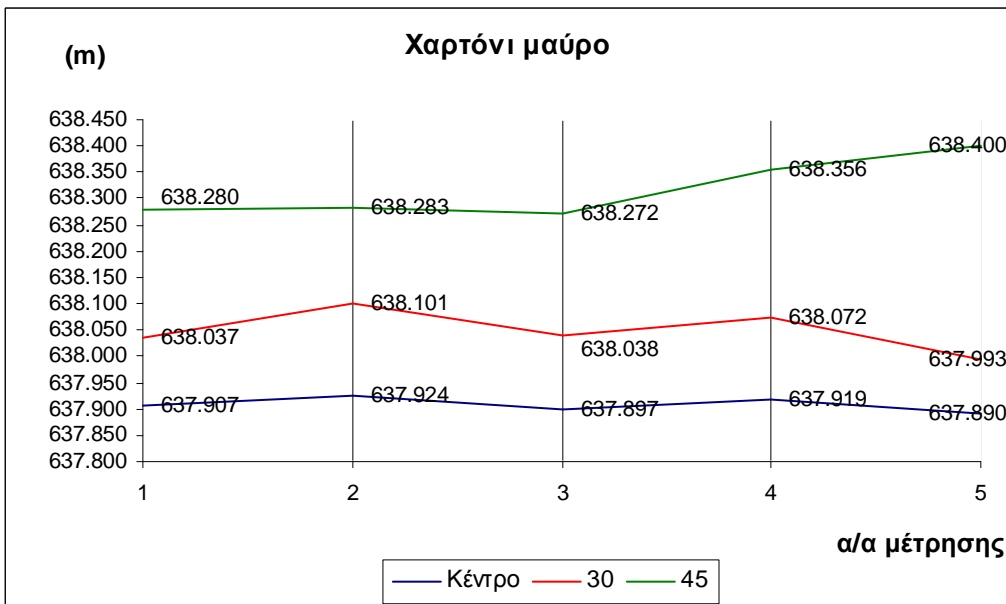
Διάγραμμα 3.170: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Topcon GPT3003LN



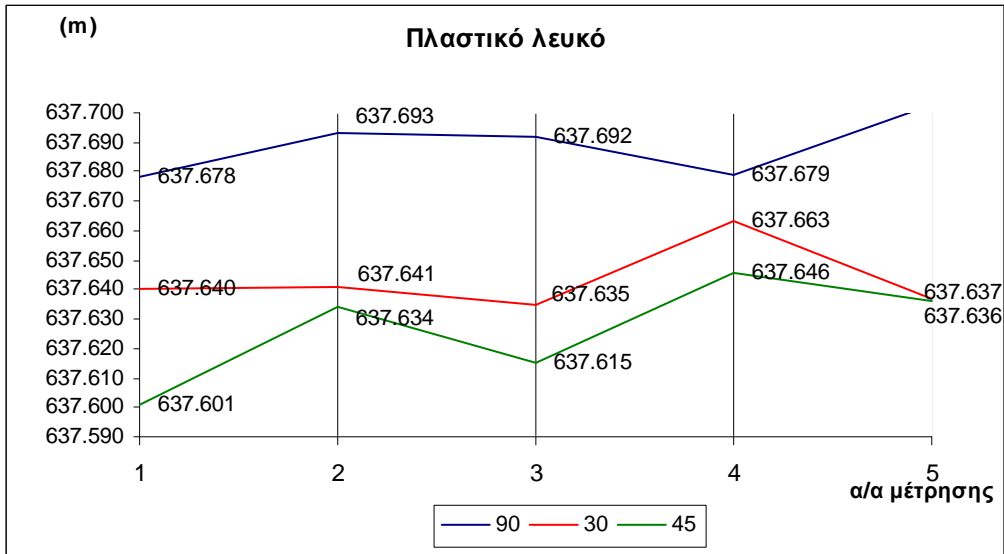
Διάγραμμα 3.171: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Topcon GPT3003LN



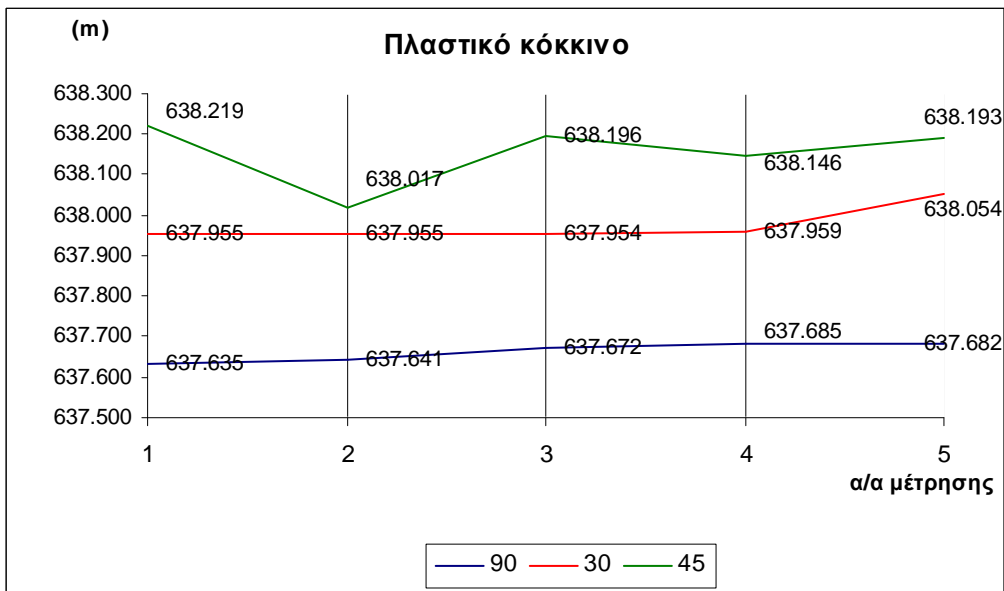
Διάγραμμα 3.172: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Topcon GPT3003LN



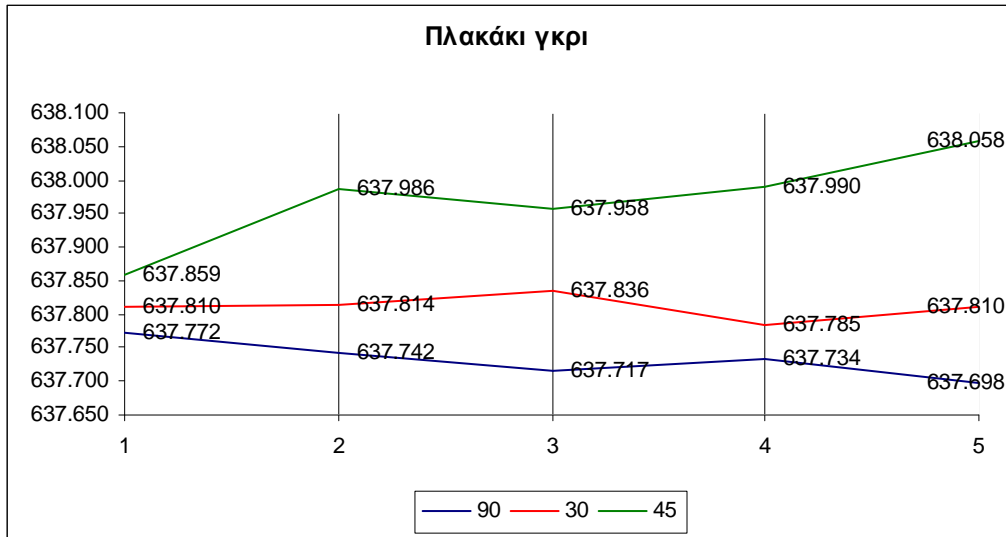
Διάγραμμα 3.173: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι μαύρο με το Topcon GPT3003LN



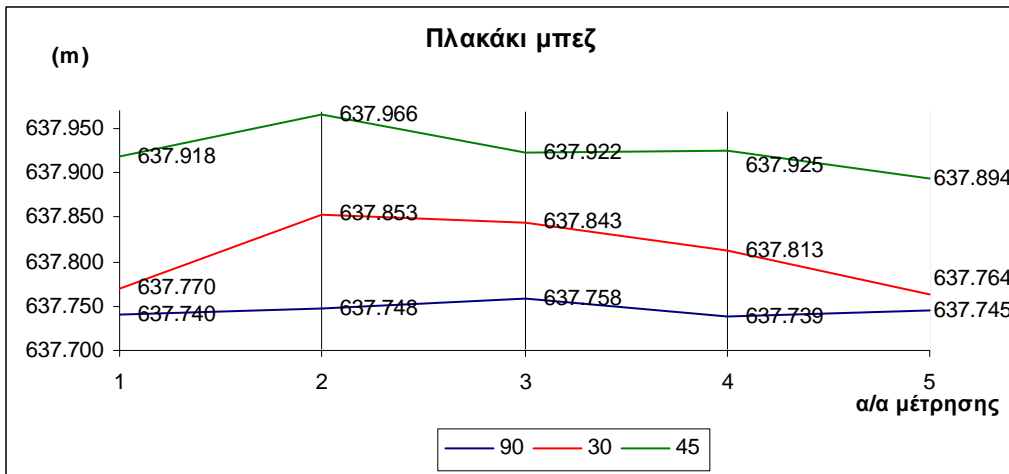
Διάγραμμα 3.174: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό λευκό με το Topcon GPT3003LN



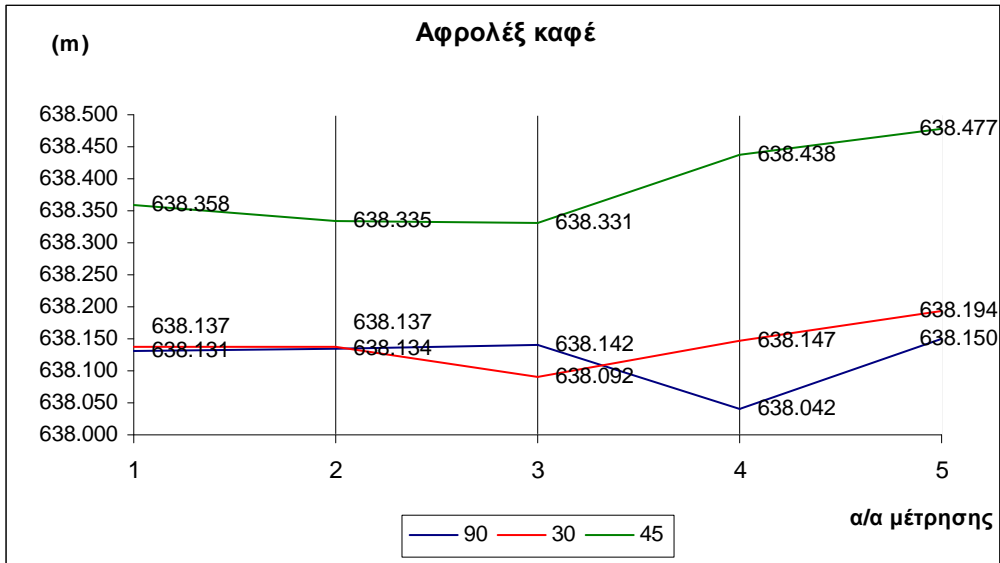
Διάγραμμα 3.175: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Topcon GPT3003LN



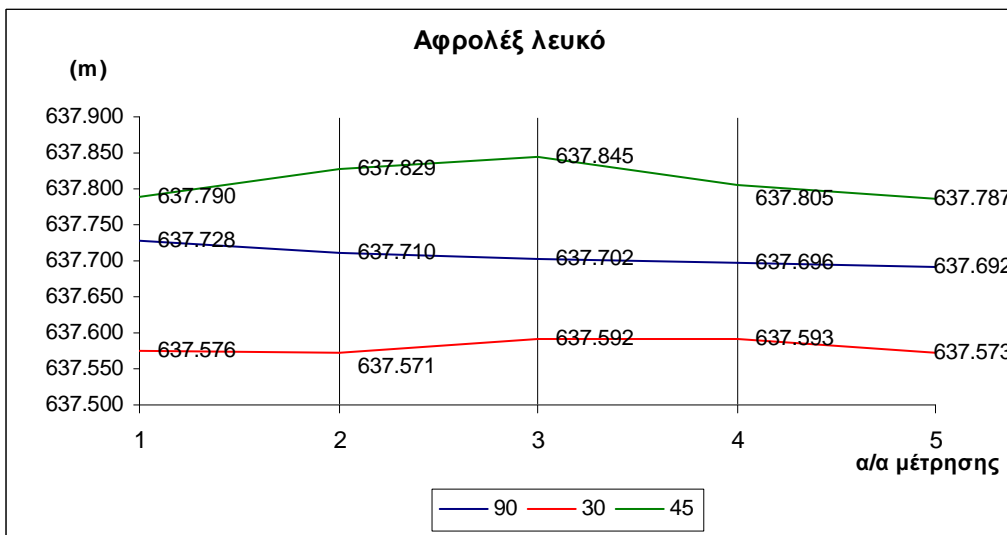
Διάγραμμα 3.176: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι γκρι με το Torcon GPT3003LN



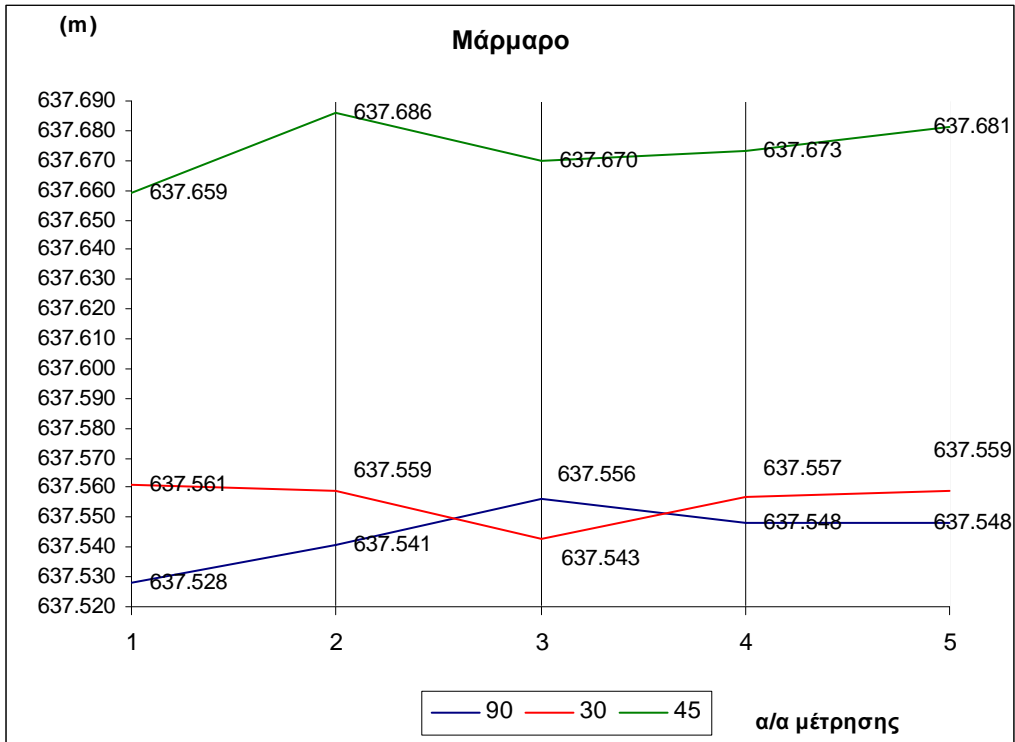
Διάγραμμα 3.177 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Torcon GPT3003LN



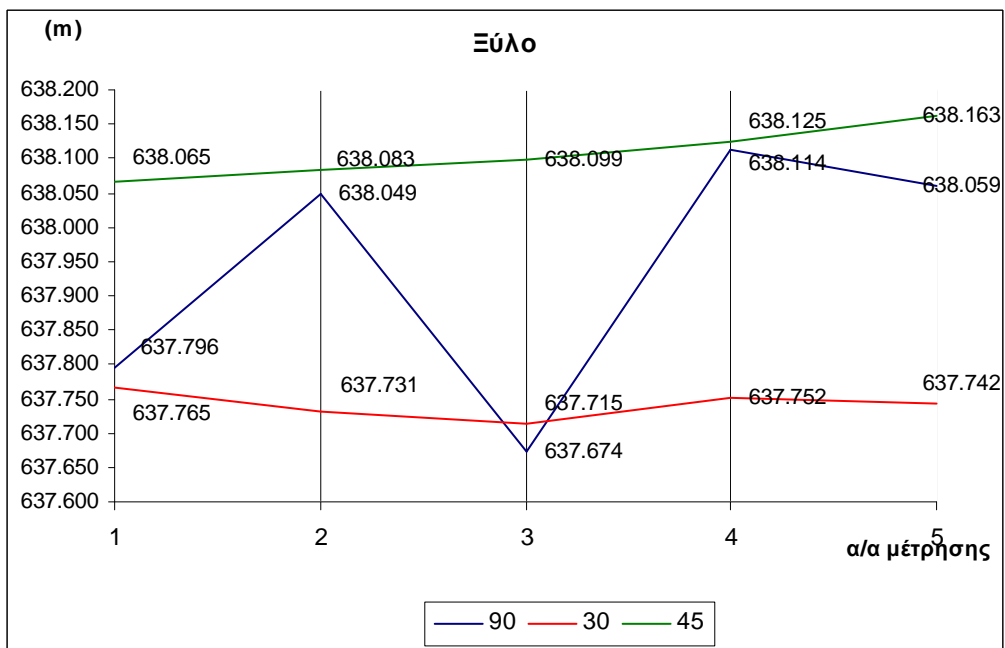
Διάγραμμα 3.178: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ καφέ με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.179: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Topcon GPT3003LN

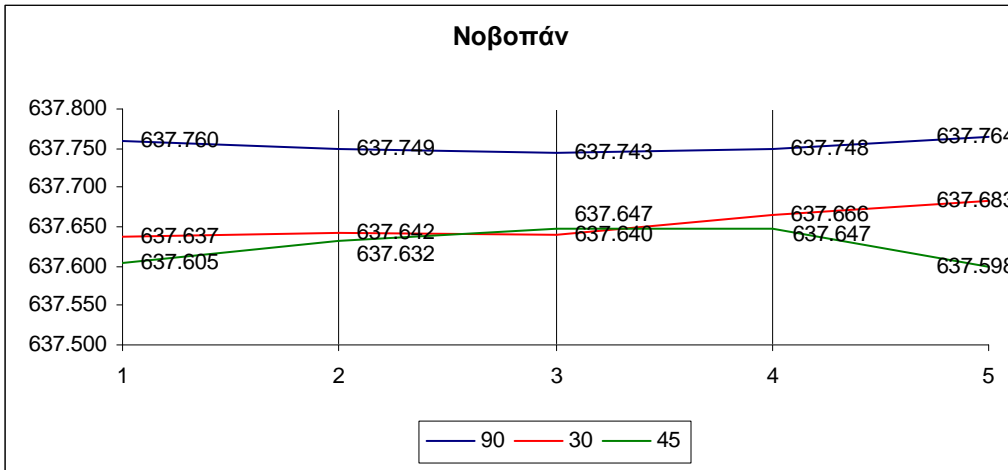


Διάγραμμα 3.180: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μάρμαρο με το Topcon GPT3003LN

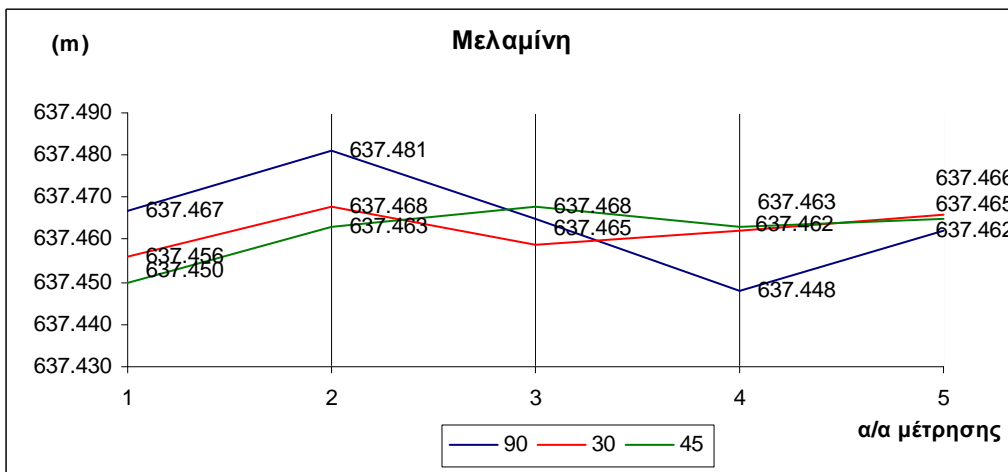


Διάγραμμα 3.181 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο ξύλο με το Topcon GPT3003LN

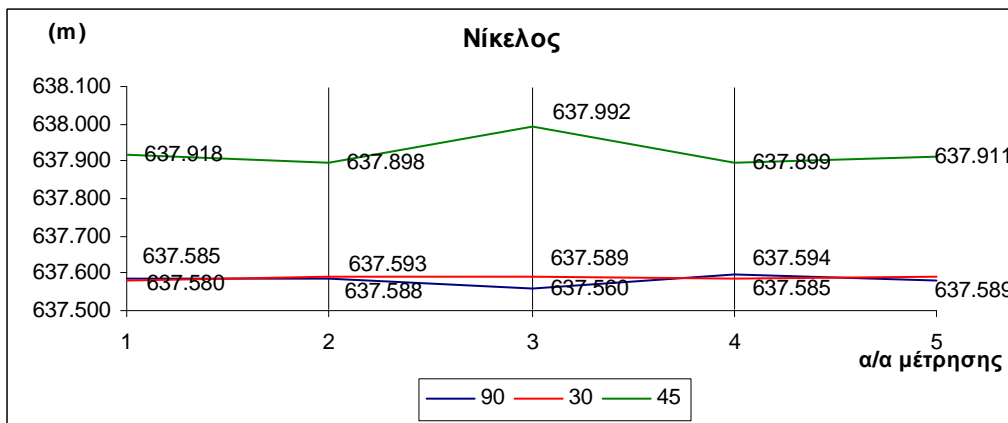




Διάγραμμα 3.182: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νοβοπάν με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.183: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.184: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νίκελο με το Topcon GPT3003LN

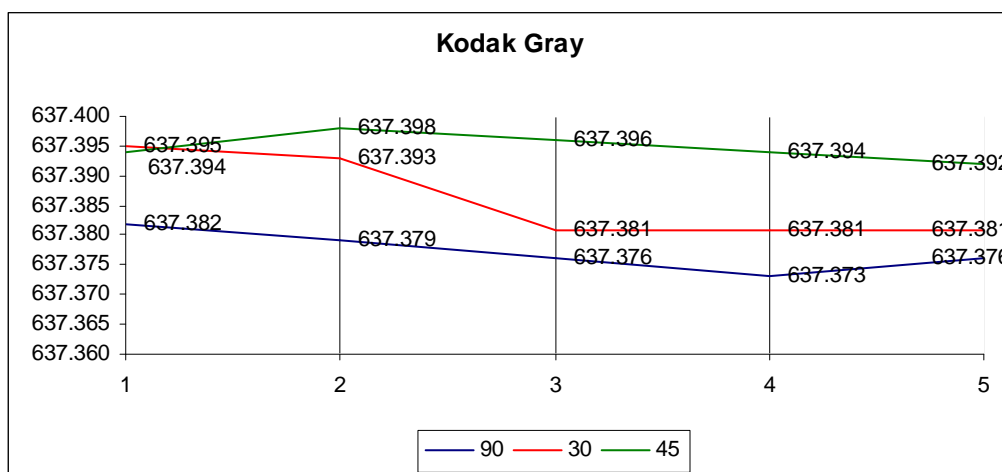
Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα και σε σύγκριση με τα αντίστοιχα διαγράμματα των αρχικών μετρήσεων χωρίς την χρήση βοηθητικού υποβάθρου παρατηρείται μια διαφοροποίηση σχετικά με την αντίδραση του οργάνου όσο αλλάζει η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας laser.

Πιο συγκεκριμένα, ενώ μέχρι τώρα τα μετρημένα μήκη ήταν μικρότερα όσο μεγάλωνε η γωνία, στις μετρήσεις με το A4 φαίνεται να συμβαίνει το αντίθετο στις περισσότερες των περιπτώσεων. Έτσι τα μήκη που μετρήθηκαν με γωνία 45° εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτά που μετρήθηκαν με γωνία 90°.

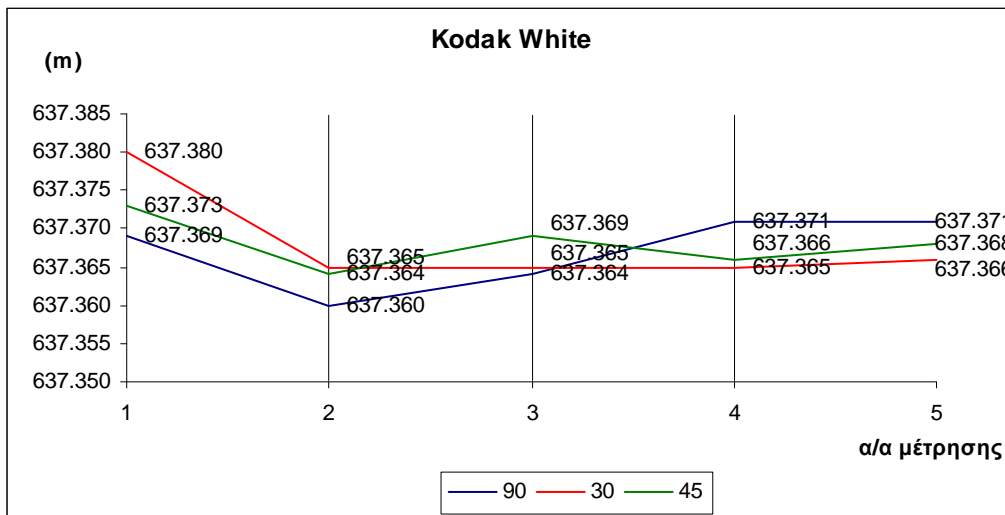
Επίσης ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των μετρήσεων αυτών είναι και οι μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των τιμών των 3 διαφορετικών γωνιών. Μάλιστα, σε πολλές περιπτώσεις οι μετρήσεις ανά γωνία πρόσπτωσης διαφέρουν από τις υπόλοιπες κατά 15cm ή και περισσότερο.

Εξάλλου, οι αποκλίσεις αυτές παρουσιάζονται και σε σχέση με το μήκος που μετρήθηκε με την χρήση κατάφωτου, μια τιμή που βρίσκεται αρκετά μακριά από σχεδόν το σύνολο των μετρήσεων χωρίς την χρήση καταφώτου και μπορεί να φτάνει σε τάξη μεγέθους τα 50-70cm ή και περισσότερο. Επομένως, είναι φανερό ότι οι μετρήσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως αναξιόπιστες γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην μικρή επιφάνεια πρόσπτωσης της δέσμης laser του οργάνου σε σχέση με το αποτύπωμά της παρά την χρήση του υποβάθρου A4.

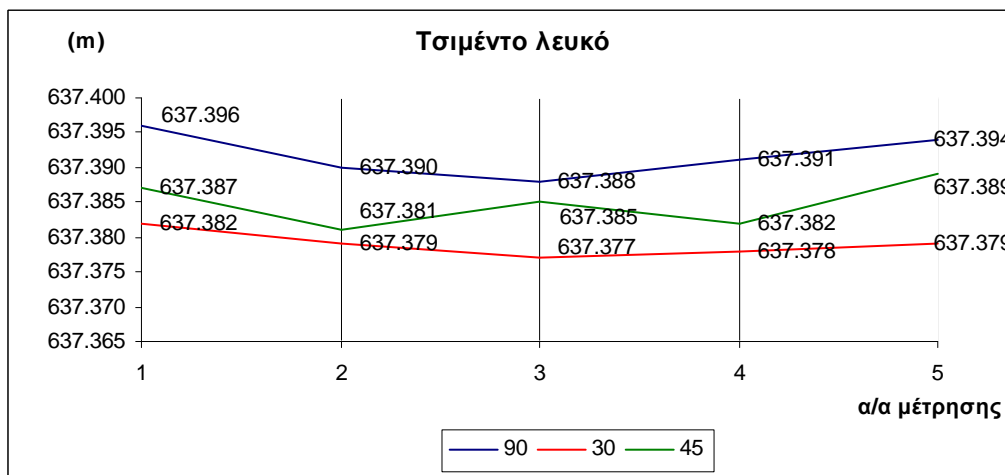
### 3.3.2.2 Επαναληπτικές μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN με A1



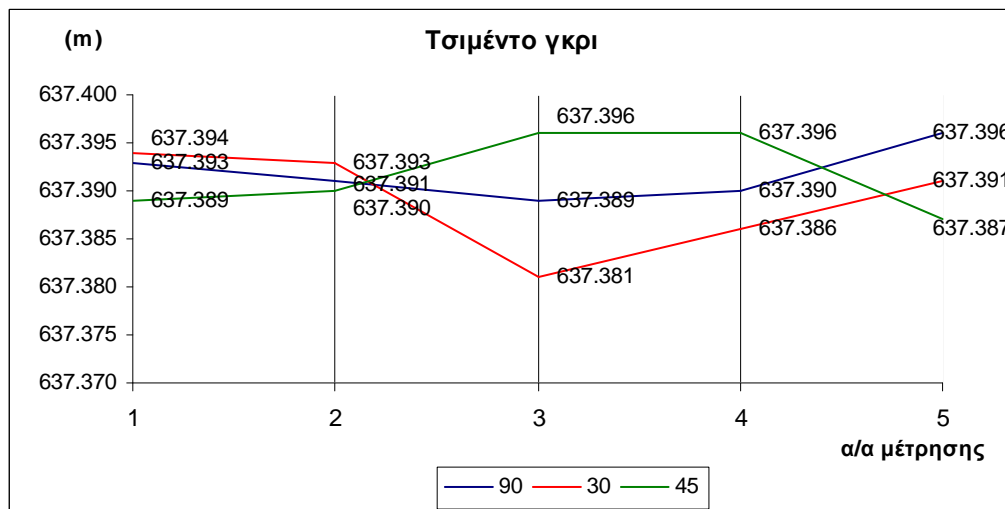
Διάγραμμα 3.187: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak Gray με το Topcon GPT3003LN



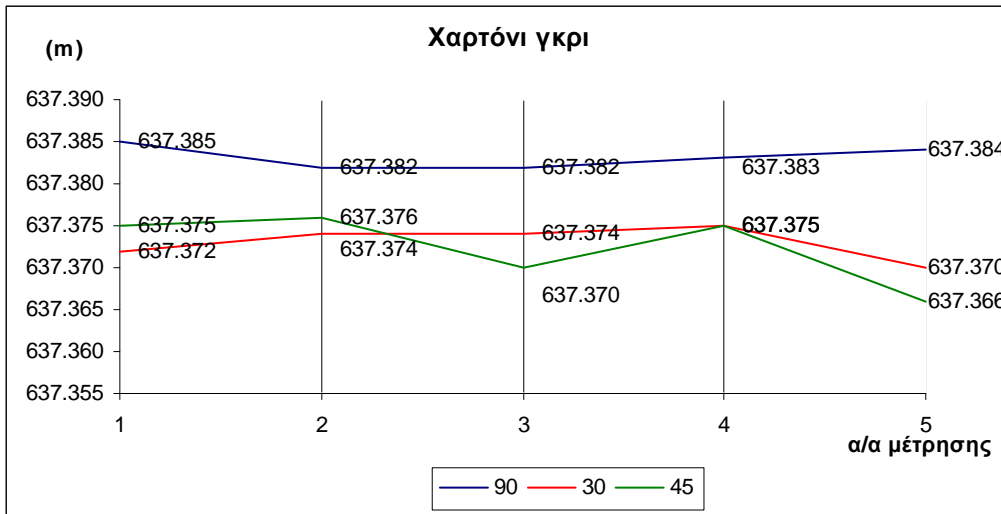
Διάγραμμα 3.188: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Kodak White με το Topcon GPT3003LN



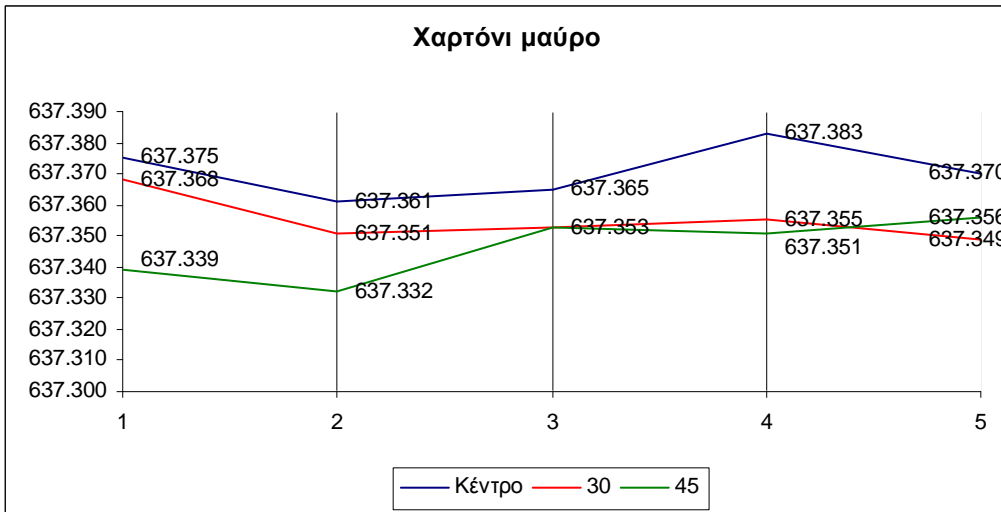
Διάγραμμα 3.189: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο λευκό με το Topcon GPT3003LN



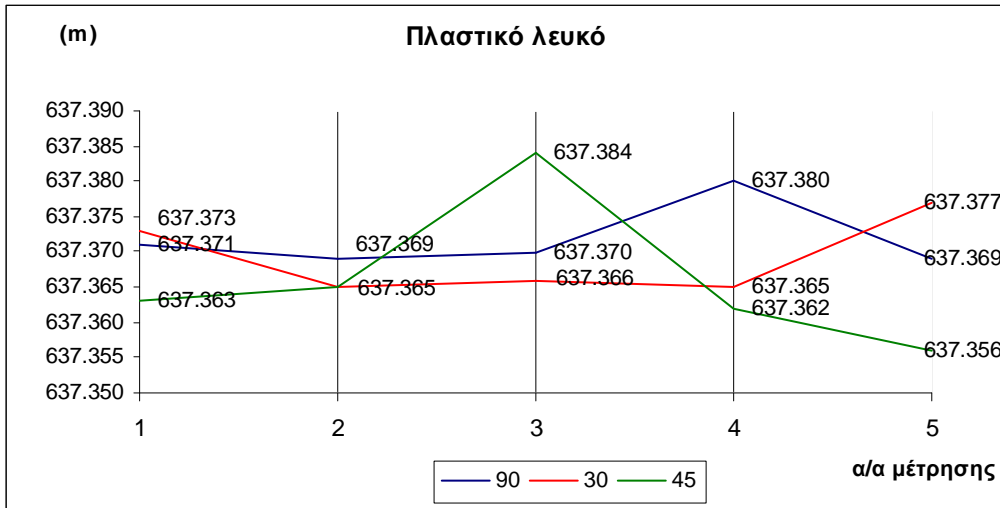
Διάγραμμα 3.190: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο τσιμέντο γκρι με το Topcon GPT3003LN



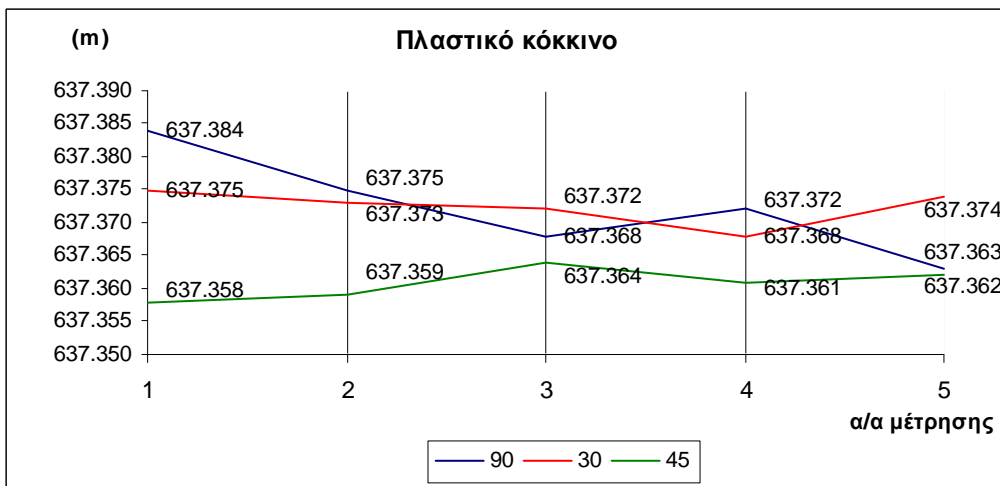
Διάγραμμα 3.191: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι γκρι με το Topcon GPT3003LN



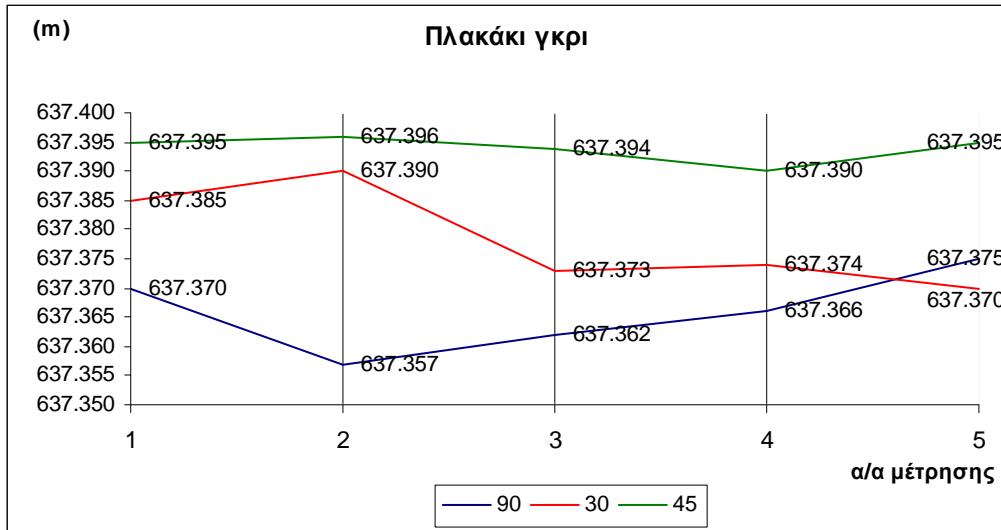
Διάγραμμα 3.192: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο χαρτόνι μαύρο με το Topcon GPT3003LN



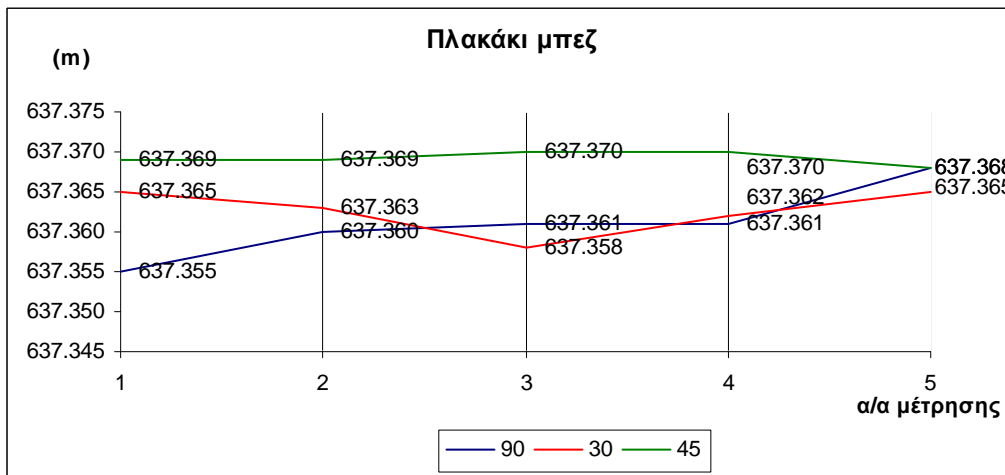
Διάγραμμα 3.193: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό λευκό με το Topcon GPT3003LN



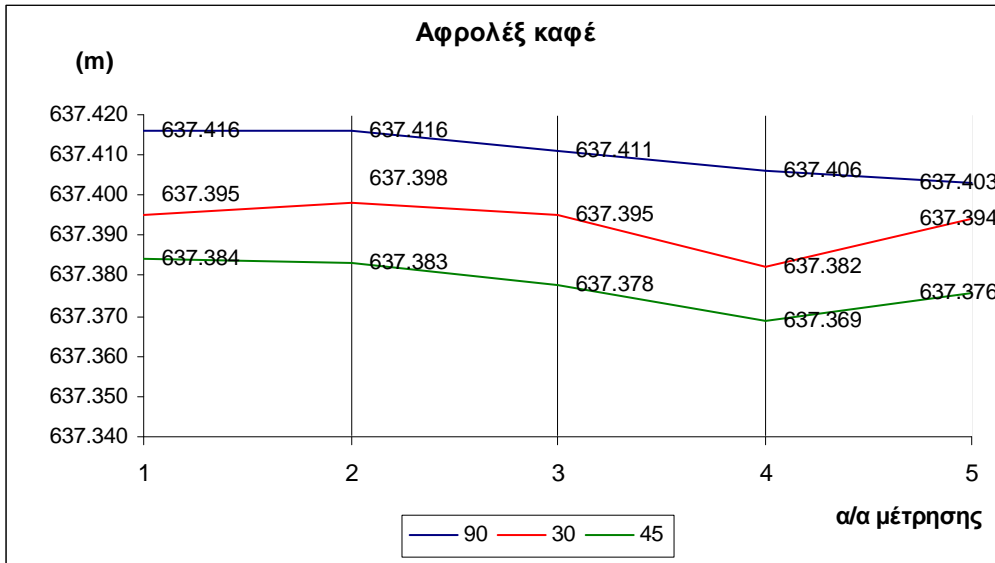
Διάγραμμα 3.194: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλαστικό κόκκινο με το Topcon GPT3003LN



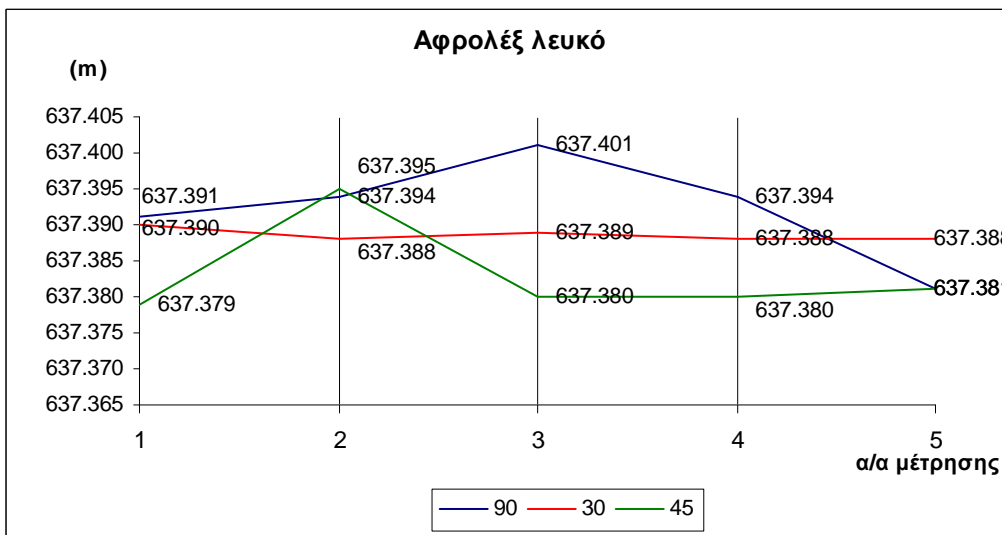
Διάγραμμα 3.195: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι γκρι με το Topcon GPT3003LN



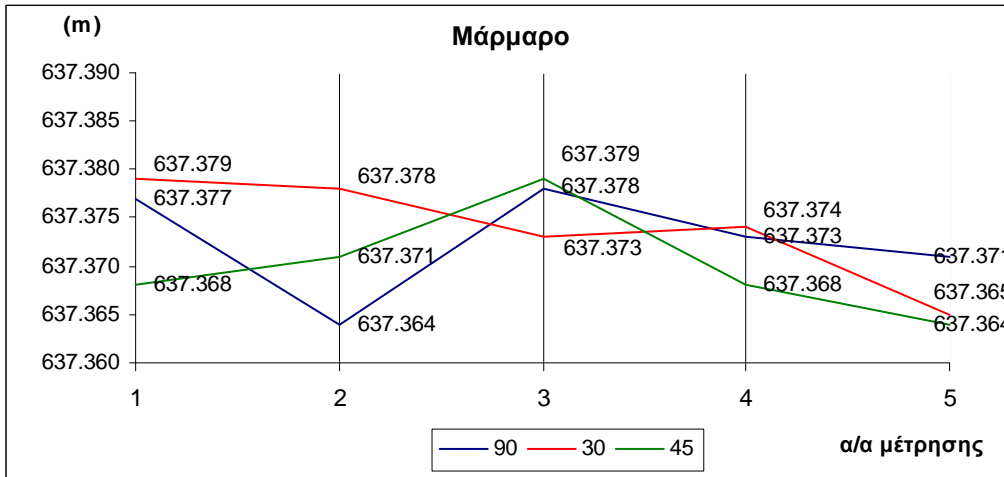
Διάγραμμα 3.196: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο πλακάκι μπεζ με το Topcon GPT3003LN



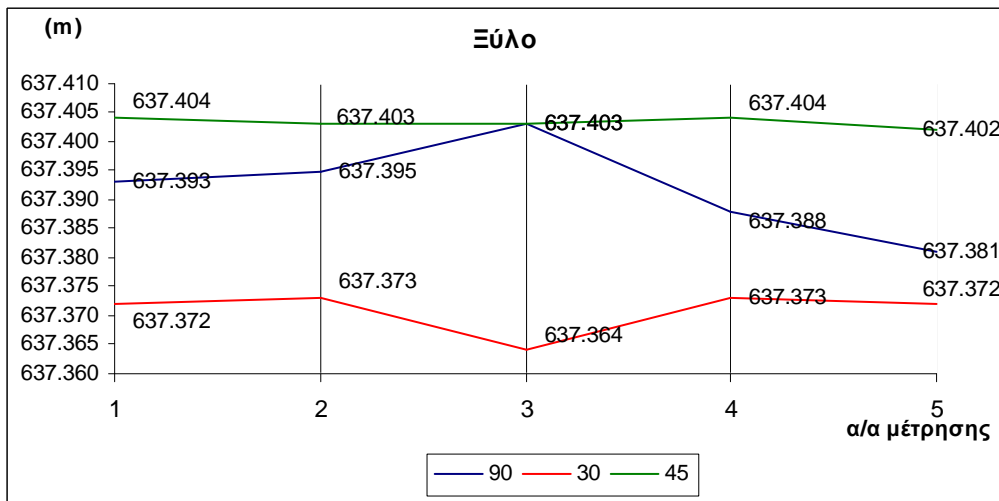
Διάγραμμα 3.197: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ καφέ με το Topcon GPT3003LN



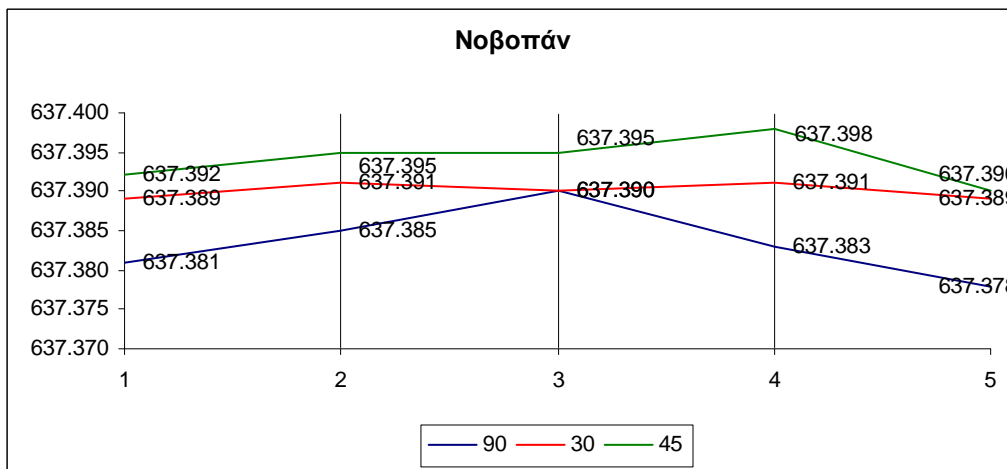
Διάγραμμα 3.198: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο αφρολέξ λευκό με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.199 Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μάρμαρο με το Topcon GPT3003LN

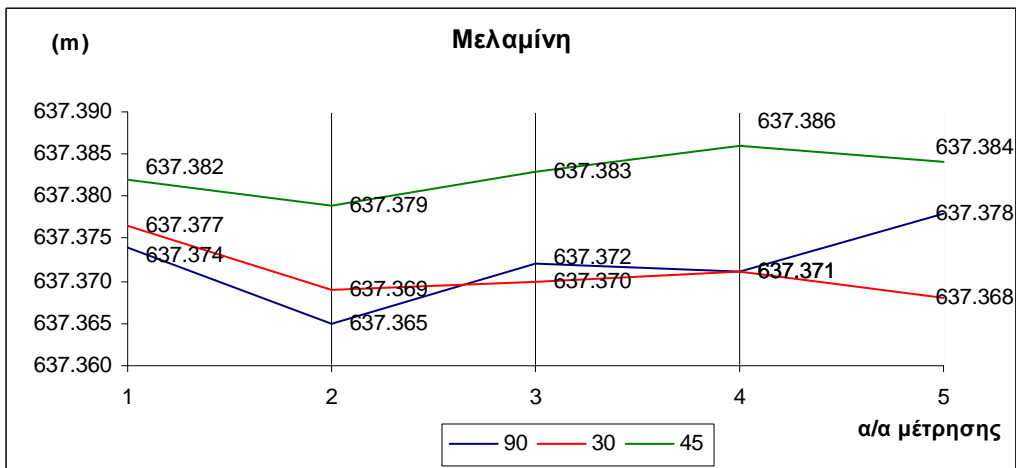


Διάγραμμα 3.200: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο ξύλο με το Topcon GPT3003LN

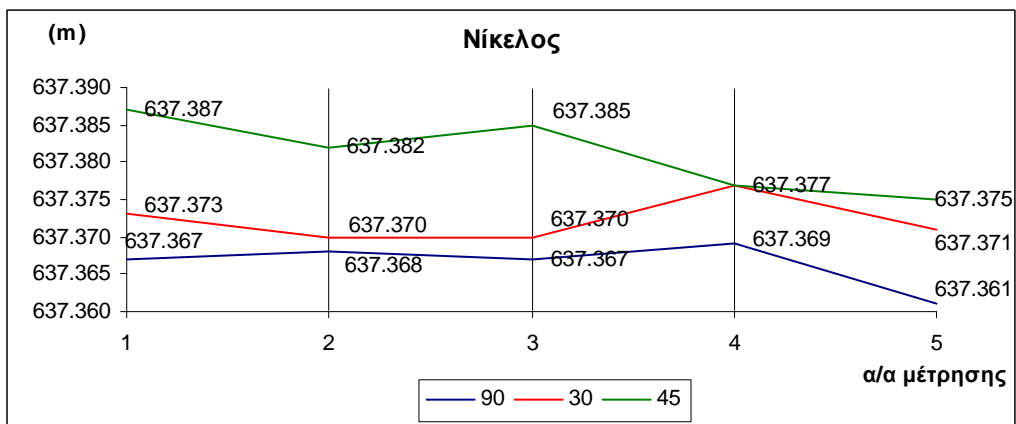


Διάγραμμα 3.201: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο Νοβοπάν με το Topcon GPT3003LN





Διάγραμμα 3.202: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο μελαμίνη με το Topcon GPT3003LN



Διάγραμμα 3.203: Επαναληπτικές εξωτερικές μετρήσεις σε στόχο νίκελο με το Topcon GPT3003LN

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα τα περισσότερα υλικά παρουσιάζουν διακυμάνσεις της τάξης των 5cm στις τιμές των μετρήσεων καθώς αλλάζει η γωνία πρόσπτωσης της οπτικής ακτίνας laser του οργάνου.

Ωστόσο η μεγαλύτερη διαφορά, σε σχέση και με τις αρχικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με το ίδιο όργανο χωρίς την χρήση A4 ή A1 ως βοηθητικού υποβάθρου είναι ότι ενώ προηγουμένως σχεδόν όλες οι μετρήσεις ήταν μικρότερες σε σύγκριση με το μετρημένο με κατάφωτο μήκος, στην περίπτωση του A4 όλες οι μετρήσεις προέκυψαν κατά πολύ μεγαλύτερες από την αντίστοιχη μέτρηση με χρήση καταφώτου.

Ως αποτέλεσμα και σε αυτή την περίπτωση όχι μόνο δεν έγινε καμία μέτρηση αποδεκτή σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% αλλά επιπλέον οι αποκλίσεις κρίθηκαν ιδιαίτερα αλλά και αδικαιολόγητα μεγάλες.

Επίσης, σε αντίθεση με τις μετρήσεις με χρήση A4 ως βοηθητικού υποβάθρου, οι μετρήσεις με χρήση χαρτονιού A1 παρουσίασαν σημαντική βελτίωση αλλά και σταθερότητα ανεξάρτητα από την αλλαγή ή όχι της γωνίας πρόσπτωσης. Έτσι, πλέον οι μετρήσεις παρουσιάζουν μικρότερες διακυμάνσεις και περιορίζονται σε μερικά εκατοστά.

Ωστόσο δεν είναι σαφές κατά πόσον η ύπαρξη του χαρτονιού συντέλεσε ώστε το όργανο να εστιάσει στο σωστό και επιθυμητό επίπεδο σκόπευσης ή απλά όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πάνω στο ίδιο το χαρτόνι χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο εκάστοτε στόχος.

### 3.3.3 Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων

Για την αξιολόγηση των μετρήσεων δημιουργήθηκαν πίνακες σχετικά με την αξιοπιστία ή μη των επαναληπτικών μετρήσεων για τα δυο όργανα.

Για κάθε όργανο και σύμφωνα με τον κατασκευαστή ισχύουν οι παρακάτω ακρίβειες για μετρήσεις με ή χωρίς την χρήση ανακλαστήρα αντίστοιχα:

- Για το Leica TCR303  $\pm 3\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 2\text{mm}$  με ανακλαστήρα
- Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>  $\pm 5\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 3\text{mm}$  με ανακλαστήρα για μήκη μεγαλύτερα των 200m.
- Για το Topcon GPT3003LN  $\pm 5\text{mm}$  χωρίς ανακλαστήρα και  $\pm 3\text{mm}$  με ανακλαστήρα

Επομένως σύμφωνα με την σχέση 3.3 υπολογίζονται οι τιμές για το  $\sigma_{\Delta D}$  για τα 3 όργανα:

- Για το Leica TCR303,  $\sigma_{\Delta D} = \pm 3.6\text{mm}$
- Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup>,  $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$
- Για το Topcon GPT3003LN,  $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$

και τελικά

- Για το Leica TCR303 Z· $\sigma_{\Delta D} = \pm 7\text{mm}$
- Για το Trimble 5600DR<sup>+</sup> Z· $\sigma_{\Delta D} = \pm 11.3\text{mm}$
- Για το Topcon GPT3003LN Z· $\sigma_{\Delta D} = \pm 11.3\text{mm}$

Έτσι εκ νέου εξετάστηκε αν η διαφορά των μετρήσεων του μήκους οργάνου-στόχου με ανακλαστήρα καθώς και χωρίς ανακλαστήρα αντίστοιχα εμπεριέχεται στο αποδεκτό διάστημα για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με βάση τις παρεχόμενες ακρίβειες που δίνονται για κάθε κατασκευαστή. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν οι παρακάτω πίνακες 3.11 – 3.13.

Στους πίνακες αυτούς:

- με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι μετρήσεις οι οποίες δεν έγιναν αποδεκτές για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%
- με κόκκινο κελί στον πίνακα εμφανίζονται οι μετρήσεις οι οποίες εμφάνιζαν μεγάλες αποκλίσεις από το μετρημένο με κατάφωτο μήκος
- με το σύμβολο – δηλώνεται η αδυναμία μέτρησης

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	ΔD	ΔD	ΔD
		(mm)	(mm)	(mm)
		90°	30°	45°
10	ΚΟΔΑΚ GREY	-	-	-
11	ΚΟΔΑΚ WHITE	8.4	5.4	1.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	3.8	1.0	0.6
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	-2.6	3.6	-
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	-	-	-
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-11.4	-2.2	5.2
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	1.2	-7.0	5.2
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	5.8	7.2	-
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	9.2	7.4	7.2
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	5.0	8.2	11.8
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	6.8	10.6	8.0
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	5.0	8.2	11.8
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	2.0	4.2	5.2
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	-1.2	-4.0	-4.2
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	3.2	0.2	-3.4
16	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	1.6	-1.8	-3.2
23	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	-	-	-
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	0.6	-9.0	-6.2
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	-2.8	1.2	-7.8
18	ΠΑΓΟΣ	-	-	-
24	ΧΡΥΣΟΣ	-	-	-

Πίνακας 3.11: Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το 5600DR<sup>+</sup> της Trimble με A4

Α/Α	ΥΛΙΚΟ	ΔD	ΔD	ΔD
		(mm)	(mm)	(mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	-1009.0	-1171.0	-1294.0
11	KODAK WHITE	-353.0	-401.0	-619.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	-	-	-
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	-	-	-
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	-	-	-
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-485.0	-539.0	-459.0
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-487.0	-636.0	-833.0
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	-713.0	-621.0	-541.0
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-527.0	-668.0	-938.0
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	-309.0	-263.0	-246.0
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	-283.0	-595.0	-774.0
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	-353.0	-431.0	-590.0
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	-366.0	-429.0	-545.0
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-740.0	-761.0	-1008.0
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	-326.0	-201.0	-431.0
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	-164.0	176.0	-294.0
16	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	-558.0	-361.0	-727.0
23	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	-373.0	-274.0	-246.0
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	-85.0	-82.0	-82.0
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	-201.0	-207.0	-544.0
18	ΠΑΓΟΣ	-	-	-
24	ΧΡΥΣΟΣ	-	-	-

Πίνακας 3.12: Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το Torcon GPT3003 με A4

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°
10	KODAK GREY	2.8	-6.2	-14.8
11	KODAK WHITE	13.0	11.8	12.0
25	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	-	-	-
26	ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	-	-	-
17	ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	-	-	-
14	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-11.8	1.0	-4.8
15	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-11.8	-9.0	-11.6
19	ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	-3.2	7.0	7.6
20	ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	9.2	24.8	33.8
4	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	8.2	10.8	14.0
5	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	7.6	7.6	19.2
7	ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	14.0	1.6	-14.0
8	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	19.0	17.4	10.8
12	ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-30.4	-12.8	2.0
13	ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	-12.2	-8.6	-3.0
6	ΜΑΡΜΑΡΟ	7.4	6.2	10.0
16	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-
21	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
22	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	-12.0	9.2	-23.2
23	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
1	ΝΟΒΟΠΑΝ	-3.4	-10.0	-14.0
2	ΜΕΛΑΜΙΝΗ	8.0	9.1	-2.8
3	ΝΙΚΕΛΟΣ	13.6	7.8	-1.2
18	ΠΑΓΟΣ	-	-	-
24	ΧΡΥΣΟΣ	-	-	-

Πίνακας 3.13: Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το Torcon GPT3003 με A1

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία όπως αυτά παρουσιάζονται στους πίνακες 3.11-3.13 είναι φανερό ότι για το όργανο Torcon GPT3003 έχουμε δύο διαφορετικές αντιδράσεις ανάλογα με το μέγεθος του χαρτιού που χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.

Έτσι με την χρήση του A4 οι μετρήσεις όπως και προηγουμένως δεν είναι αποδεκτές για διάστημα εμπιστοσύνης 95% και μάλιστα επιπρόσθετα εμφανίζουν και τεράστιες αποκλίσεις από τις αντίστοιχες τιμές του μήκους όπως αυτό μετρήθηκε με κατάφωτο.

Σε πολλές περιπτώσεις οι αποκλίσεις αυτές φτάνουν σε μερικές δεκάδες πόντους. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το χαρτί A4 προσφέρει μια επιφάνεια περίπου 2.5 φορές μεγαλύτερη από τα 10X10cm που καταλαμβάνουν τα δοκίμια, ωστόσο δεν είναι αρκετό αυτό

για την κάλυψη της επιφάνειας του αποτυπώματος της δέσμης laser του οργάνου στο επιθυμητό επίπεδο σκόπευσης.

Έτσι ως αποτέλεσμα οι μετρήσεις των μηκών επηρεάζονται πιθανότατα από υπόβαθρο το οποίο βρίσκεται ακόμη πιο μακριά (τοίχος).

Αντίθετα τα αποτελέσματα με την χρήση του χαρτονιού A1 ως υπόβαθρο παρουσιάζονται εμφανώς καλύτερα και μάλιστα με αποκλίσεις πολύ μικρότερες οι οποίες περιορίζονται σε λίγα εκατοστά και οι οποίες σε μεγάλο βαθμό καθίστανται αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Μάλιστα, στις μετρήσεις αυτές δεν ελήφθη υπόψη το πάχος κάποιων δοκιμίων και επομένως η απόσταση μεταξύ δοκιμίου και υποβάθρου-χαρτονιού αφού θεωρήθηκε πως το όργανο μετράει πάνω στην επιφάνεια του δοκιμίου. Έτσι αν το όργανο επηρεαζόμενο από την μεγάλη επιφάνεια του χαρτονιού μετρούσε πάνω σε αυτό αδιαφορώντας για το δοκίμιο, τότε οι μετρήσεις βελτιώνονται ακόμη περισσότερο όσον αφορά την αξιοπιστία τους αφού πλέον το κέντρο του στόχου μεταφέρεται στο υπόβαθρο και όχι στο πρόσωπο του δοκιμίου.

Μια άλλη παρατήρηση που μπορεί να γίνει, είναι ότι κάποιες μετρήσεις που δεν είναι αποδεκτές σε σκόπευση στο κέντρο καθίστανται αποδεκτές υπό γωνία 30° ή ακόμη και 45°.

Ωστόσο τέτοιες μεταβολές εμφανίζονται περισσότερο ως τυχαίες αφού δεν ακολουθούν μια ενιαία μεταβολή καθώς αλλάζει η γωνία (όπως πχ. το νοβοπάν οι αποκλίσεις του οποίου μεγαλώνουν καθώς αλλάζει η γωνία) αλλά αντίθετα είναι εναλλάξ αποδεκτές ή όχι (όπως πχ. το πλακάκι γκρι που είναι αποδεκτό μόνο σε μετρήσεις υπό γωνία 30°).

Η τυχειότητα των μετρήσεων επιβεβαιώνεται με την ύπαρξη μόνο δύο μετρήσεων που δεν είναι αποδεκτές για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% σε γωνία 30° έναντι 7 σε κέντρο και 45° αντίστοιχα.

Παρόμοια είναι τα φαινόμενα αυτά και στις μετρήσεις με το 5600DR<sup>+</sup> της Trimble. Οι μετρήσεις οι οποίες είναι αποδεκτές σε διάστημα 95% είναι μοιρασμένες σε σχέση με αυτές που δεν είναι και στις 3 γωνίες πρόσπτωσης.

Σε σχέση με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν χωρίς την χρήση βοηθητικού υποβάθρου παρατηρούνται πολλές διαφοροποιήσεις. Ειδικότερα πολλά υλικά οι μετρήσεις των οποίων δεν ήταν αποδεκτές όπως το ξύλο, καθώς και τα τσιμέντα, στις επαναληπτικές μετρήσεις εμφάνισαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αντίθετα υλικά όπως η μελαμίνη, ο νίκελος, καθώς και τα πλαστικά ενώ παρουσίαζαν ικανοποιητικά αποτελέσματα οι επαναληπτικές τους μετρήσεις δεν έγιναν αποδεκτές στο παραπάνω διάστημα εμπιστοσύνης.

Γενικότερα, παρατηρείται μια βελτίωση στην ποιότητα των μετρήσεων με την χρήση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου υποβάθρου. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μέγεθος της δέσμης του laser η οποία παρουσιάζει πολύ μεγάλες διαστάσεις σε μεγάλα μήκη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### 4.1 Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της ακρίβειας και της ορθότητας μέτρησης του μήκους χωρίς την χρήση πρίσματος με τους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς σε συγκεκριμένα υλικά, διαφορετικού χρώματος και υφής.

Τα υλικά επιλέχθηκαν με διάφορα κριτήρια. Ανάλογα με το πόσο συχνά συναντιούνται στις συνήθεις μετρήσεις των τοπογράφων μηχανικών αλλά και επίσης κάποια άλλα ειδικά υλικά για λόγους έρευνας (Kodak Gray Card (18%), Kodak White Card (90%), χρυσός πάγος) είτε κάποιοι ειδικοί γεωδαιτικοί στόχοι. Συνολικά, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

-Kodak Gray Card (18%)	-Αφρολέξ καφέ
-Kodak White Card (90%)	-Αφρολέξ λευκό
-Αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος	-Μάρμαρο
-Αυτοκόλλητος στόχος αλουμινίου	-Σίδηρο
-Γεωδαιτικός στόχος Sokkia	-Κεραμίδι
-Τσιμέντο λευκό	-Άσφαλτος
-Τσιμέντο γκρι	-Ξύλο
-Χαρτόνι γκρι	-Βράχος
-Χαρτόνι μαύρο	-Νοβοπάν
-Πλαστικό λευκό	-Μελαμίνη
-Πλαστικό κόκκινο	-Νίκελος
-Πλακάκι γκρι	-Χρυσός
-Πλακάκι μπεζ	-Πάγος

Στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν τρεις γεωδαιτικοί σταθμοί οι οποίοι ήταν οι εξής: Leica TCR303, Trimble 5606DR<sup>+</sup> και Topcon GPT3003LN.

Τα όργανα τοποθετήθηκαν σε σταθερή απόσταση 50m, στο τούνελ του κτηρίου Λαμπαδαρίου, από τα υλικά τα οποία μετρήθηκαν σε τρεις γωνίες πρόσπτωσης 90°, 30° και 45° αντίστοιχα.

Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και σε εξωτερικό χώρο σε μήκη κοντά στην μέγιστη εμβέλεια των οργάνων.

Επίσης πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις με την χρήση βοηθητικού υποβάθρου στους στόχους το οποίο ήταν ένα χαρτί μεγέθους A4 και ένα χαρτί μεγέθους A1 αντίστοιχα.

- ✓ Στην απόσταση των 50m τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα 4.1. Στον πίνακα αυτό:
  - Με την ένδειξη O εμφανίζονται οι μετρήσεις που έγιναν αποδεκτές για διάστημα εμπιστοσύνης 95%,
  - Με την ένδειξη X εμφανίζονται οι μετρήσεις που δεν έγιναν αποδεκτές για διάστημα εμπιστοσύνης 95%,
  - Με την ένδειξη X και σε κόκκινο κελί εμφανίζονται οι μετρήσεις που εκτός του ότι δεν έγιναν αποδεκτές για διάστημα εμπιστοσύνης 95% εμφανίζουν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με τα αρχικά μετρημένα με κατάφωτο μήκη.
  - Με την ένδειξη – εμφανίζονται τα υλικά και οι θέσεις που τα όργανα δεν μέτρησαν
  
- ✓ Στις εξωτερικές μετρήσεις τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα 4.2 ενώ αυτά των επαναληπτικών μετρήσεων στον πίνακα 4.3.



Υλικά	Leica TCR303			Trimble 5605DR			Topcon GPT3003LN		
	90°	30°	45°	90°	30°	45°	90°	30°	45°
ΚΟΔΑΚ GREY	-	-	-	0	0	X	0	0	0
ΚΟΔΑΚ WHITE	0	X	X	0	0	0	0	0	0
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΥΤΟΚΟΛΛΗΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	X	-	-	0	0	X	0	0	-
ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	X	-	-	0	0	X	0	0	0
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	X	X	X	X	0	0	0	0	0
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	X	X	X	X	0	0	0	0	0
ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	0	X	X	0	0	X	0	0	0
ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-	-	-	0	0	0	0	0	0
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	0	X	X	0	0	0	0	0	0
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	0	X	X	0	0	0	0	0	0
ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	X	X	X	0	0	0	0	0	0
ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	X	X	X	0	0	0	0	0	0
ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-	0	0	X	0	0	0
ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	0	0	X	X	0	0	0	0	0
ΜΑΡΜΑΡΟ	X	X	X	0	0	0	0	0	0
ΣΙΔΕΡΟ	X	-	-	0	X	X	0	0	-
ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-	0	0	0	0	0	0
ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-	X	0	0	0	0	0
ΞΥΛΟ	X	X	X	0	0	0	0	0	0
ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-	0	0	0	0	0	0
ΝΟΒΟΠΑΝ	X	X	X	0	0	X	0	0	0
ΜΕΛΑΜΙΝΗ	0	X	X	0	0	0	0	0	0
ΝΙΚΕΛΟΣ	0	X	-	0	0	0	0	0	X
ΧΡΥΣΟΣ	0	-	-	0	0	0	0	0	0
ΠΑΓΟΣ	0	X	-	X	X	X	X	X	X

Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εσωτερικών μετρήσεων στα 50m

Υλικά	Leica TCR303			Trimble 5605DR			Topcon GPT3003LN		
	80m			380m			600m		
	90°	30°	45°	90°	30°	45°	90°	30°	45°
ΚΟΔΑΚ GREY	-	-	-	-	-	0	X	X	X
ΚΟΔΑΚ WHITE	X	X	-	0	0	X	X	X	X
ΑΥΤΟΚ/ΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	0	0	0	0	0	0	X	X	X
ΑΥΤΟΚ/ΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	X	-	-	0	-	-	X	X	X
ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	X	X	X	X	-	-	X	X	X
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-	-	-	X	-	-	X	X	X
ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	X	-	-	0	-4.0	0	X	X	X
ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	-	-	-	-	-	-	X	-	-
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	X	X	X	0	0	-	X	X	X
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	X	X	-	0	0	-	X	X	X
ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	X	X	-	-	-	-	X	X	X
ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	X	X	-	0	-	-	X	X	X
ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	X	X	-	0	0	0	X	X	X
ΜΑΡΜΑΡΟ	X	X	-	0	-	-	X	X	X
ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΞΥΛΟ	X	-	-	0	-	0	X	X	X
ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΝΟΒΟΠΑΝ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΜΕΛΑΜΙΝΗ	X	-	-	X	0	-	X	X	X
ΝΙΚΕΛΟΣ	0	-	-	0	0	X	X	X	X
ΧΡΥΣΟΣ	-	-	-	-	-	-	X	X	X
ΠΑΓΟΣ	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 4.2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξωτερικών μετρήσεων

Υλικά	Trimble 5605DR			Topcon GPT3003LN			Topcon GPT3003LN		
	420m με A4			640m με A4			640m με A1		
	90°	30°	45°	90°	30°	45°	90°	30°	45°
KODAK GREY	-	-	-	X	X	X	O	O	X
KODAK WHITE	O	O	O	X	X	X	X	X	X
ΑΥΤΟΚ/ΤΟΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΣ	O	O	O	-	-	-	-	-	-
ΑΥΤΟΚ/ΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	O	O	-	-	-	-	-	-	-
ΣΤΟΧΟΣ ΣΟΚΚΙΑ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	X	O	O	X	X	X	X	O	O
ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	O	O	O	X	X	X	X	O	X
ΧΑΡΤΟΝΙ ΓΚΡΙ	O	O	-	X	X	X	O	O	O
ΧΑΡΤΟΝΙ ΜΑΥΡΟ	O	O	O	X	X	X	O	X	X
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΛΕΥΚΟ	O	O	X	X	X	X	O	O	X
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΟΚΚΙΝΟ	O	O	O	X	X	X	O	O	X
ΠΛΑΚΑΚΙ ΓΚΡΙ	O	O	X	X	X	X	X	O	X
ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΠΕΖ	O	O	O	X	X	X	X	X	O
ΑΦΡΟΛΕΞ ΚΑΦΕ	-	-	-	X	X	X	X	X	O
ΑΦΡΟΛΕΞ ΛΕΥΚΟ	O	O	O	X	X	X	X	O	O
ΜΑΡΜΑΡΟ	O	O	O	X	X	X	O	O	O
ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΞΥΛΟ	O	O	O	X	X	X	X	O	X
ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΝΟΒΟΠΑΝ	-	-	-	X	X	X	O	O	X
ΜΕΛΑΜΙΝΗ	O	O	O	X	X	X	O	O	O
ΝΙΚΕΛΟΣ	O	O	O	X	X	X	X	O	O
ΧΡΥΣΟΣ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΠΑΓΟΣ	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα επαναληπτικών εξωτερικών μετρήσεων

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Για τις εσωτερικές μετρήσεις των 50m τα **καλύτερα** υλικά (από αυτά που ανταποκρίνονται στην μέτρηση) ήταν :
  - Για το Leica TCR303, ο αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος, το αφρολέξ λευκό και το πλαστικό λευκό.
  - Για το Trimble 5605DR<sup>+</sup>, ο αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος, το πλαστικό κόκκινο και ο νίκελος.
  - Για το Topcon GPT3003LN, τα περισσότερα υλικά μετρήθηκαν με μεγάλη ακρίβεια και στις 3 γωνίες.
  
- ✓ Για τις εσωτερικές μετρήσεις των 50m τα **χειρότερα** υλικά ήταν :
  - Για το Leica TCR303, ο γεωδαιτικός στόχος Sokkia, το νοβοπάν και το σίδηρο.
  - Για το Trimble 5605DR<sup>+</sup>, το τσιμέντο λευκό, το τσιμέντο γκρι, ο πάγος και η άσφαλτος.
  - Για το Topcon GPT3003LN, το αφρολέξ λευκό, ο πάγος και το σίδηρο.
  
- ✓ Για τις εξωτερικές μετρήσεις τα **καλύτερα** υλικά (από αυτά που ανταποκρίνονται στην μέτρηση) ήταν :
  - Για το Leica TCR303, ο αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος και ο νίκελος.
  - Για το Trimble 5605DR<sup>+</sup>, ο αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος και το χαρτόνι γκρι.
  - Για το Topcon GPT3003LN, καμία μέτρηση δεν ήταν ικανοποιητική.
  
- ✓ Για τις εξωτερικές μετρήσεις τα **χειρότερα** υλικά ήταν :
  - Για το Leica TCR303, τα περισσότερα υλικά παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις.
  - Για το Trimble 5605DR<sup>+</sup>, το τσιμέντο λευκό, το τσιμέντο γκρι, ο πάγος και η άσφαλτος.
  - Για το Topcon GPT3003LN, όλα τα υλικά παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις.

- ✓ Για τις εξωτερικές επαναληπτικές μετρήσεις τα **καλύτερα** υλικά (από αυτά που ανταποκρίνονται στην μέτρηση) ήταν :
  - Για το Trimble 5605DR<sup>+</sup> με A4, ο αυτοκόλλητος ανακλαστικός στόχος, το αφρολέξ λευκό, το μάρμαρο και το πλακάκι μπεζ.
  - Για το Topcon GPT3003LN με A4, όλα τα υλικά παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις.
  - Για το Topcon GPT3003LN με A1, το Kodak Gray και το χαρτόνι γκρι.
  
- ✓ Για τις εξωτερικές επαναληπτικές μετρήσεις τα **χειρότερα** υλικά ήταν :
  - Για το Trimble 5605DR<sup>+</sup> με A4, το τσιμέντο λευκό, το πλακάκι γκρι και το πλαστικό λευκό.
  - Για το Topcon GPT3003LN με A4, όλα τα υλικά παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις.
  - Για το Topcon GPT3003LN με A1, το τσιμέντο γκρι, το Kodak White και το πλακάκι γκρι.
  
- ✓ Το μέγεθος του αποτυπώματος της δέσμης laser χρειάζεται μεγαλύτερο εμβαδόν επιφάνειας πρόσπτωσης, όσο μεγαλώνει η απόσταση. Το μέγεθος των δοκιμίων 10cm x 10cm ή ακόμη και το χαρτί A4 που χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο αποδείχτηκε μικρό προκειμένου να γίνει σωστή και επαρκής επιστροφή της δέσμης και να μετρηθεί το μήκος.
  
- ✓ Οι μετρήσεις με υπόβαθρο το χαρτί A4 παρουσίασαν τεράστιες αποκλίσεις της τάξης των 10-50cm γεγονός που υποδηλώνει την έλλειψη εκτίμησης από το όργανο του κατάλληλου επιπέδου σκόπευσης με συνέπεια οι μετρήσεις να επηρεάζονται πιθανότατα από το υλικό. Το υπόβαθρο του A4 αλλά και άλλους στόχους και εμπόδια στο υπόβαθρο, όπως η ύπαρξη τοίχου. Αυτό εξάλλου αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι όλες οι μετρήσεις χωρίς κατάφωτο ήταν **μεγαλύτερες** από την μέτρηση με χρήση καταφώτου.
  
- ✓ Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με χρήση υποβάθρου χαρτονιού A1 παρουσίασαν σαφώς βελτιωμένα αποτελέσματα λόγω της αρκετά μεγάλης επιφάνειας του χαρτονιού που περιορίσε στο επιθυμητό το επίπεδο σκόπευσης του οργάνου.

- ✓ Είναι αμφίβολη η ορθότητα των μετρήσεων των οργάνων σε μήκη μεγαλύτερα της τάξης των 300m. Στην μέτρηση μηκών της τάξης των 300m και μεγαλύτερα απαιτείται μεγάλη επιφάνεια και οι επιστροφές και μετρήσεις των παλμών μπορούν να γίνουν από οποιεσδήποτε άλλες κοντινές επιφάνειες στον στόχο και το αποτέλεσμα είναι πιθανόν ο μέσος όρος όλων αυτών των μετρήσεων με αποτέλεσμα να διαφέρει πολλά εκατοστά από την ορθή τιμή του μήκους.
- ✓ Μέχρι τα 50m τα όργανα αποδίδουν τις αναμενόμενες ακρίβειες σχεδόν στο σύνολο των υλικών.
- ✓ Σε μεγάλες αποστάσεις δεν επιτυγχάνονται οι ακρίβειες που ισχυρίζονται οι κατασκευαστές καθώς πολλοί και αστάθμητοι παράγοντες επηρεάζουν το αποτέλεσμα (φυσικές συνθήκες, εμπόδια, μέγεθος δέσμης laser, κτλ).
- ✓ Η γωνία πρόσπτωσης αποτελεί σημαντικό και καθοριστικό παράγοντα για την ποιότητα των μετρήσεων. Συγκεκριμένα η στροφή του στόχου οδηγούσε σε διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με την κάθετη πρόσπτωση της ακτίνας του laser στον εκάστοτε στόχο ενώ πολλές φορές κατά την στροφή των υλικών δεν πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις. Έτσι:
  - Με το Leica TCR303 στις μετρήσεις στα 50m οι τιμές των μετρήσεων του μήκους χωρίς κατάφωτο σε σχέση με τις μετρημένες με κατάφωτο μεγαλώνουν όσο αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης.
  - Με το Trimble 5605DR<sup>+</sup> στις μετρήσεις στα 50m πολλά υλικά μετρήθηκαν με διαφορετικά αποτελέσματα για κάθε διαφορετική γωνία πρόσπτωσης.
  - Με το Topcon GPT3003LN στις μετρήσεις στα 50m με εξαίρεση τον πάγο, ο οποίος έτσι κι αλλιώς αποτελεί ένα ιδιαίτερο υλικό, όλα τα υπόλοιπα παρουσίασαν ιδιαίτερη σταθερότητα στις μετρήσεις των μηκών και στις 3 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.
  - Γενικότερα στις εξωτερικές μετρήσεις ο αριθμός των υλικών που μετρήθηκαν μειώθηκε καθώς αυξανόταν η γωνία πρόσπτωσης.
- ✓ Το χρώμα επίσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ποιότητα των μετρήσεων. Τα λευκά υλικά παρουσίασαν κατά κανόνα ποιοτικότερες μετρήσεις από τα σκουρόχρωμα. Επίσης όταν οι

μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για κάποιο όργανο ήταν λιγιστές, τα υλικά που κατάφεραν να μετρηθούν ήταν κατά κανόνα τα ανοικτόχρωμα υλικά.

- ✓ Η υφή και τραχύτητα της επιφάνειας των υλικών επηρεάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Ειδικότερα σε μεγαλύτερες αποστάσεις υλικά με ανώμαλη επιφάνεια (βράχος, άσφαλτος, κτλ) είτε δυσκόλευαν τις μετρήσεις είτε δεν μετρήθηκαν καθόλου.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι:

- ✓ Η βάση στήριξης που κατασκευάστηκε αποδείχθηκε ιδανική για την εφαρμογή του πειράματος για την στήριξη των δοκιμίων αλλά και την δυνατότητα περιστροφής τους και επομένως ελέγχου τους σε διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.
- ✓ Η ελεύθερη επιφάνεια της βάσης στήριξης που κατασκευάστηκε με διαστάσεις 10x10cm, καθώς και το ίδιο το μέγεθος των δοκιμίων αποδείχτηκαν ανεπαρκής για την πραγματοποίηση μετρήσεων σε μεγάλες αποστάσεις αφού το μέγεθος της δέσμης του laser σε τέτοιες αποστάσεις ξεπερνά το μέγεθος αυτό. Όμως ο σκοπός που φτιάχτηκε έτσι είναι ότι και οι στόχοι στην πραγματικότητα είναι μικροί. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την αδυναμία των οργάνων RL να μετρούν συγκεκριμένα σημεία και σημειακούς στόχους σε μεγάλες αποστάσεις (πιθανών πάνω από 100m).

## 4.2 Χρονοδιάγραμμα εργασιών

Ο χρόνος των εργασιών υπαίθρου αναφέρεται τόσο στις μετρήσεις στο τούνελ όσο και στις εξωτερικές μετρήσεις στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης.

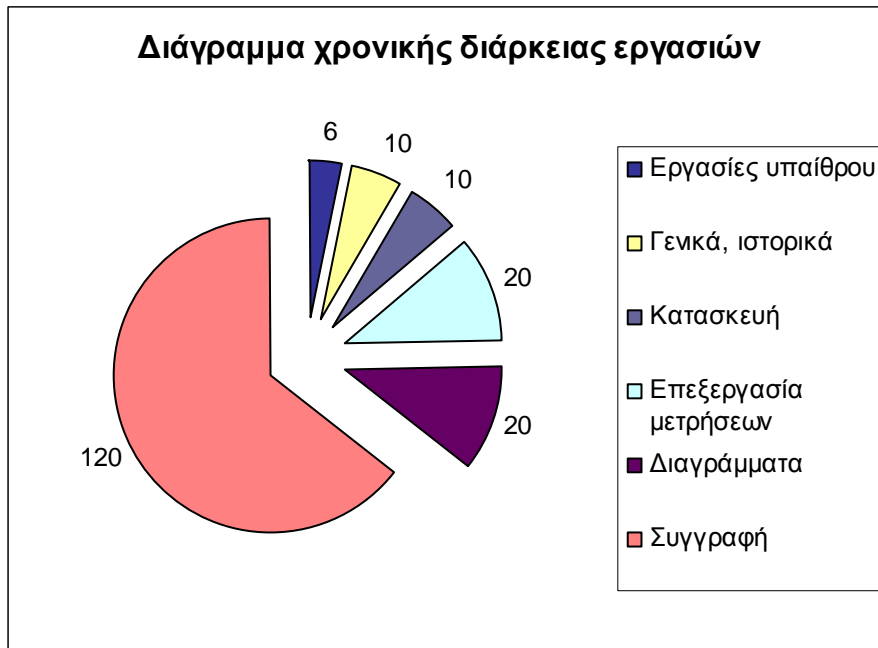
Η διάρκεια των εργασιών αυτών ήταν συνολικά 3 ημέρες με συνεργείο 2 ατόμων, ένας στον γεωδαιτικό σταθμό και ένας στην εναλλαγή των δοκιμίων. Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν και οι επαναληπτικές μετρήσεις με χρήση A4 και χαρτονιού ως υπόβαθρο των μετρήσεων, η χρονική διάρκεια των οποίων ήταν 1 μέρα με το ίδιο συνεργείο.

Σχετικά με τις εργασίες γραφείου, ο χρόνος της επεξεργασίας των μετρήσεων αλλά και της συγγραφής του παρόντος τεύχους εκτιμάται ως εξής:

- Ιστορικά και γενικά στοιχεία, χρόνος μελέτης **10 μέρες.**
- Σχεδιασμός, δημιουργία και βαθμονόμηση κατασκευής, **10 μέρες.**
- Επεξεργασία μετρήσεων τούνελ και υπαίθρου, **20 μέρες.**

- Δημιουργία, παρουσίαση συγκριτικών διαγραμμάτων, **20 μέρες.**
- Συγγραφή τεύχους εργασίας, **120 μέρες.**

Επομένως συνολικά ο χρόνος εκπόνησης της εργασίας εκτιμάται στις **186μέρες περίπου**. Παρακάτω παρατίθεται και σχετικό διάγραμμα 4.1 με την χρονική διάρκεια όλων των παραπάνω εργασιών.



Διάγραμμα 4.1: Χρονική διάρκεια εργασιών

### 4.3 Προτάσεις

Αξιοποιώντας τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το σύνολο των πειραματικών μετρήσεων αλλά και τα αποτελέσματά τους, για την αξιοποίηση των στοιχείων αυτών αλλά και περαιτέρω ανάλυση την ιδιότητας της ανάκλασης της δέσμης laser των σύγχρονων ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών προτείνεται:

- Να διερευνηθεί η απόδοση της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών σε αποστάσεις ανά 10m έτσι ώστε να εντοπιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι αποστάσεις εκείνες από τις οποίες και μετά οι μετρήσεις παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις.
- Να διερευνηθεί η απόδοση της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών στο ίδιο υλικό για πολλά διαφορετικά χρώματα ώστε να αναδειχθεί η σημασία του χρώματος ως παράγοντα που επηρεάζει τις μετρήσεις.



- Να διερευνηθεί η απόδοση της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών στο ίδιο χρώμα για διαφορετικά υλικά ώστε να αναδειχθεί η σημασία του είδους του υλικού ως παράγοντα που επηρεάζει τις μετρήσεις.
- Να διερευνηθεί η απόδοση της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών και σε διαφορετικού τύπου πειράματα, όπως σκόπευση σε ακμές ή πλευρές γεωμετρικών στοιχείων (δώμα κτιρίου, γωνία μπαλκονιού), σημεία τομής επιπέδων (γωνία μεταξύ ταβανιού-τοίχου), κτλ.
- Η εφαρμογή των πειραματικών μετρήσεων να πραγματοποιείται σε πραγματικές συνθήκες πεδίου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγατζά – Μπαλοδήμου Α.Μ., *Θεωρία Σφαλμάτων & Συνορθώσεις I*, Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2000
2. Αγατζά – Μπαλοδήμου Α.Μ., *Θεωρία Σφαλμάτων & Συνορθώσεις II*, Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2003
3. Boehler W., Bortas Vicent M., Marbs A., *Investigating Laser Scanner Accuracy*, δημοσίευση στο διαδίκτυο, 2003
4. Egan W. G. *Photometry and polarisation in remote sensing*, New York 1985
5. Fidera A., Chapman M. A., Hong J., *Terrestrial Lidar for industrial metrology applications: Modelling, Enhancement and Reconstruction*, 2004
6. Ingensand H., Ryf A., Schulz T., *Performances and experiences in terrestrial Laserscanning*, 2003
7. Jelalian A. V. *Laser radar systems*, Artech House, London 1982]
8. Κοσμάς Χ., *Επίδραση της ανακλαστικότητας στις μετρήσεις του σαρωτή Leica HDS2500*, Διπλωματική εργασία, Αθήνα 2007
9. Λάμπρου Λ., Πανταζής Γ., *Σημειώσεις μαθήματος 'Προχωρημένες Μέθοδοι Τεχνικής και Βιομηχανικής Γεωδαισίας'*, Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Γεωπληροφορικής, Αθήνα 2007
10. Μελάς Ν., *EDM Wild Dior 3002S Έλεγχοι-Εφαρμογές*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Αθήνα 1995
11. Μπαλοδήμος Δ.Δ., Σταθάς Δ., *Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης γωνιών και μηκών*, Διδακτικές σημειώσεις, ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Αθήνα 1993
12. Μπαλοδήμος Δ.Δ., Σταθάς Δ., Αραμπατζή Ο., *Γεωδαισία Δίκτυα-Αποτυπώσεις-Χαράξεις*, Διδακτικές σημειώσεις, Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, Τομέας Τοπογραφίας, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2000

13. Paiva J., *Operational aspects of reflectional EDM Total Stations*, Δημοσίευση στο διαδίκτυο
14. Paiva J., *A new refinement to a familiar technology, Time-Of-Flight EDM in a total station*, Δημοσίευση στο διαδίκτυο.
15. Πανταζής Γ., *Γεωμετρική τεκμηρίωση τεχνητών και φυσικών κατασκευών σε μεγάλες κλίμακες, Διδακτικές σημειώσεις για το μάθημα Τεχνική Γεωδαισία*, ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Αθήνα 2005

#### Διευθύνσεις στο διαδίκτυο

- [www.riegl.com](http://www.riegl.com)
- [www.geometh.ethz.ch](http://www.geometh.ethz.ch)
- [www.philtec.com](http://www.philtec.com)
- [www.efunda.com](http://www.efunda.com)
- [www.matweb.com](http://www.matweb.com)

#### Manuals Γεωδαιτικών Σταθμών

- Leica TCR303 specifications manual, *Leica Industrial Theodolites & Total Stations – Precision in Large-Scale Measurement*, 2005
- Trimble 5605 DR<sup>+</sup> specifications manual, *The 5600 series*, 2001-2003
- Topcon GPT3003LN specifications manual

## ABSTRACT

### **Investigation of the distance measurement credibility by using reflectorless total stations**

Distance measurements have always considered being one of the most important aspects of surveying. A professional surveying engineer has to deal with such measurements in a daily basis.

Since the breakthrough of the first EDM instruments there's a great development of technology in order to minimize the estimated time spent in the field including both the duration of each measurement itself and the range of the measurements.

In addition to this, the new total stations and especially the ability of reflectorless distance measurements have increased the need of a total station instrument which measures fast as well as in a long range at the same time.

However, not sufficient attention has been given to the many error sources contributing to the uncertainty of such measurements and especially the quality of each measurement. Among others, the type of the material and the colour are considered as very important parameters for errors in distance measurements.

The purpose of this master thesis is to determine the influence of the type of the material and colour to the quality of distance measurements using the total stations reflectorless ability. Therefore, experiments were carried out using 26 different types of materials or colours with 3 different total stations, the Leica TCR303, the Trimble 5605DR<sup>+</sup> and the Topcon GPT3003LN.

The materials that had been used are:

- |                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| -Kodak Gray Card (18%)       | -Brown foam     |
| -Kodak White Card (90%)      | -White foam     |
| -Self-sticky glossy target   | -Marble         |
| -Self-sticky aluminum target | -Iron           |
| -Sokkia's geodetic target    | -Roof tile      |
| -White cement                | -Asphalt        |
| -Gray cement                 | -Wood           |
| -Grey paper                  | -Rock           |
| -Black paper                 | -Particle board |
| -White plastic               | -Melamine       |
| -Red plastic                 | -Nickel         |
| -Grey floor tile             | -Gold           |
| -Flesh-colored floor tile    | -Ice            |

These experiments took place, indoors, at the 50m EDM baseline of the School of Rural and Surveying Engineering, and outdoors, in distances close to each instrument's range specification.

During the experiments, each instrument measured every different material 5 times in 3 different aiming angles, perpendicular to the direction instrument to target, in a 30° angle and in a 45° angle to the previous direction.

Since, some of the instruments were not able to measure in the specified distances, especially during the outdoors experiments, extra measurements were carried out using an A4 dimension paper and an A1 dimension paper as backgrounds to force the instrument focus in the appropriate plane, avoiding errors due to beam divergence of the laser into unwanted objects (assistant, walls, etc)

The conclusions of these experiments are presented below.

- Measurements up to 50m showed great results including both accuracy and invariability of measurements.
- For measurements exceeding 50m instruments must be tested and validated regarding the quality and the accuracy of such measurements.
- In long distance measurements accuracy requirements set by instrument constructors are not fulfilled due to imponderable factors.
- The aiming angle of the target is an important factor regarding the quality of measurements since experiments have shown a deterioration of quality as the angles increases as well as a difficulty in measuring dark-coloured materials.
- Colour is a very important factor regarding the quality of measurements since experiments have shown white or light-coloured materials provide a better target for laser beam to reflect, due to light-absorbing (dark materials) and light-reflecting abilities.
- Roughness and texture affect the quality of measurements since experiments shown hard materials such as rock, asphalt, etc were not measured in long distances.
- Divergence of the laser is extremely big in long-distance measurements and therefore the impress of the beam in such

distances exceeds the surface of the materials used in these experiments leading to wrong results.

- Measurements using A4 dimension paper as background provided errors of 10-50cm which shows how difficult it is to focus in the appropriate plane of the target. Measurements using A1 dimension paper as background led to improvement of quality due the big surface of the paper which helped the instrument focus in the appropriate plane of target.
- At indoor experiments at the distance of 50m, the best measurements were achieved using:
  - ✓ Self-sticky glossy target, white plastic and white foam with Leica TCR303
  - ✓ Self-sticky glossy target, red plastic and nickel with Trimble 5605DR<sup>+</sup>
  - ✓ Most of the materials provided quality results with Topcon GPT3003LN
- At indoor experiments at the distance of 50m, the worst measurements were achieved using:
  - ✓ Sokkia's geodetic target, iron and particle board with Leica TCR303
  - ✓ White and grey cement, ice and asphalt with Trimble 5605DR<sup>+</sup>
  - ✓ White foam, ice and iron with Topcon GPT3003LN
- At outdoor experiments the best measurements were achieved using:
  - ✓ Self-sticky glossy target and nickel with Leica TCR303
  - ✓ Self-sticky glossy target and grey paper with Trimble 5605DR<sup>+</sup>
  - ✓ No materials provided quality results with Topcon GPT3003LN
- At outdoor experiments the worst measurements were provided using:
  - ✓ Most materials did not provide quality measurements with Leica TCR303
  - ✓ White and grey cement, ice and asphalt with Trimble 5605DR<sup>+</sup>

- ✓ No materials provided quality measurements with Topcon GPT3003LN
- At outdoor repeated experiments the best measurements were achieved using:
  - ✓ Self-sticky glossy target, white foam, marble and grey tile with Trimble 5605DR<sup>+</sup> and A4 background
  - ✓ No materials provided quality measurements with Topcon GPT3003LN and A4 background
  - ✓ Kodak Grey card and grey paper with Topcon GPT3003LN and A1 background
- At outdoor repeated experiments the best measurements were achieved using:
  - ✓ Self-sticky glossy target, white foam, marble and grey tile with Trimble 5605DR<sup>+</sup> and A4 background
  - ✓ No materials provided quality measurements with Topcon GPT3003LN and A4 background
  - ✓ Kodak Grey card and grey paper with Topcon GPT3003LN and A1 background