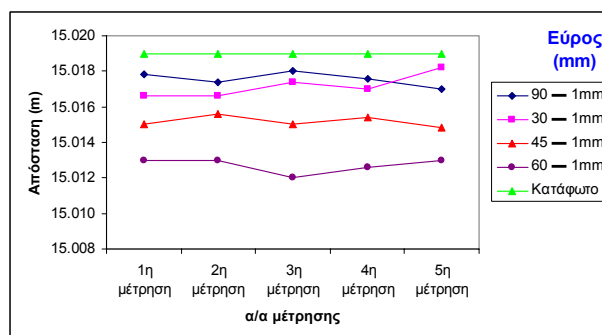
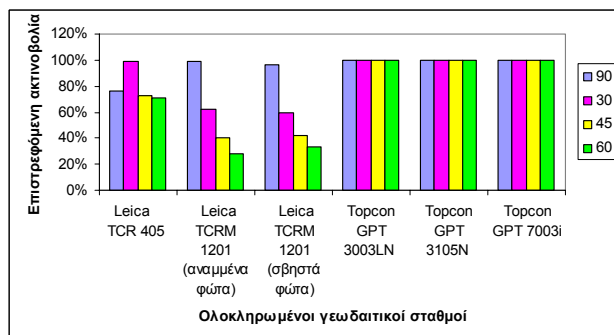




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ REFLECTORLESS ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΜΑΡΚΟΛΕΦΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Ε. ΛΑΜΠΡΟΥ

ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, η οποία συντάχθηκε στο πλαίσιο των προπτυχιακών σπουδών μου στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, είχα τη βοήθεια και τη συμπαράσταση ορισμένων ανθρώπων, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθένα ξεχωριστά.

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

Τον Επίκουρο Καθηγητή του ΕΜΠ κο Γεώργιο Πανταζή, η συνεισφορά, οι προτάσεις, η συμπαράσταση αλλά και η σημαντική και ουσιαστική βοήθεια του ακόμα και σε μέρες εκτός καθημερινών και εκτός ωραρίου συνετέλεσαν στην γρηγορότερη εκτέλεση των μετρήσεων και αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα στην πραγματοποίηση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Τους συμφοιτητές μου, αλλά και καλούς μου φίλους Αργυρό Αργυρίδη, Μαρία Δήμου, Γιώργο Καλαμπόκη, Βασίλη Κορομηλά, Στέλιο Σκαράκη, Ιφιγένεια Σουφλιά, Μαρίνα Στεργίου, Ντίνα Σωτηροπούλου για τη βοήθεια τους στις εργασίες πεδίου.

Τον πατέρα μου Θανάση για τη βοήθεια του στις εργασίες πεδίου και την αμέριστη συμπαράσταση και εμψύχωση του όλο αυτό το διάστημα

Την αδερφή μου Ιωάννα για τη βοήθεια της στις εργασίες πεδίου

Την μητέρα μου Ευγενία, η οποία μαζί με την αδερφή μου μου παρείχαν μεγάλη ψυχολογική υποστήριξη.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη σύγχρονη εποχή της ραγδαίας τεχνολογικής εξέλιξης έχει διευκολυνθεί σημαντικά η εργασία του Τοπογράφου Μηχανικού. Η πρόοδος όμως που έχει συντελεστεί, και έχει ως κέρδος την εξοικονόμηση χρόνου, κόπου και χρημάτων δεν πρέπει να έχει ως τίμημα την υστέρηση σε αξιοπιστία του αποτελέσματος.

Μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις των ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών είναι η δυνατότητα τους να μετρούν το μήκος πάνω σε οποιαδήποτε επιφάνεια, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση του ανακλαστήρα.

Η δυνατότητα αυτή συνετέλεσε μια επανάσταση τόσο στο χρόνο και τρόπο της μέτρησης του μήκους και στην ολοκλήρωση μιας εργασίας, όσο και στη δημιουργία νέων πεδίων εφαρμογών, όπως οι αποτυπώσεις σε μεγάλες κλίμακες (μνημεία, κατασκευές κ.λ.π.). Οι εφαρμογές αυτές προηγουμένως ήταν δύσκολο ή αδύνατο να πραγματοποιηθούν.

Επειδή η ευαισθησία του Τοπογράφου Μηχανικού είναι γνωστή και συγκεκριμένη σχετικά με την ακρίβεια, την ορθότητα και την αξιοπιστία κάθε μέτρησης που λαμβάνει, η εργασία αυτή θα βοηθήσει σε αυτή την κατεύθυνση.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της μέτρησης του μήκους που πραγματοποιούνται χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iii
ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	vi
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	x
ΣΧΗΜΑΤΑ	xi
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	xii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	xvii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	xix

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Μέτρηση μήκους χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα	1
1.1 Ιστορική Αναδρομή	1
1.2 Ηλεκτρομαγνητικά Όργανα Μέτρησης Μηκών	3
1.3 Συχνότητα και Μήκος Κύματος Ακτινοβολίας	6
1.4 Γενική Αρχή Λειτουργίας	7
1.4.1 Μέθοδος διαφοράς φάσης	7
1.4.2 Μέθοδος των παλμών	11
1.5 Ανακλαστικότητα	12
1.5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα	15
1.6 Σφάλματα που οφείλονται στην ατμόσφαιρα	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεθοδολογία διερεύνησης	20
2.1 Γενικά	20
2.2 Διαδικασία ελέγχου σε εσωτερικό χώρο (τούνελ)	21
2.3 Διαδικασία ελέγχου σε εξωτερικό χώρο	24
2.4 Κριτήριο αξιολόγησης της μέτρησης του μήκους	24
2.5 Βάση στήριξης	25
2.6 Όργανα	27
2.6.1 ΟΓΣ Leica TCR 405	27
2.6.2 ΟΓΣ Leica TCRM 1201	29
2.6.3 ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	30
2.6.4 ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	31
2.6.5 ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	32

2.7 Υλικά	33
-----------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μετρήσεις – Αποτελέσματα	38
3.1 Γενικά	38
3.2 Μετρήσεις σε εσωτερικό χώρο (τούνελ)	40
3.2.1 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCR 405	41
3.2.2 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό)	45
3.2.3 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	51
3.2.4 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	55
3.2.5 Μετρήσεις μήκους με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i	59
3.2.6 Μετρήσεις επιστρεφόμενης ακτινοβολίας με όλους τους ΟΓΣ	63
3.2.7 Διερεύνηση της διασποράς των μετρήσεων με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	85
3.3 Μετρήσεις σε εξωτερικό χώρο (ύπαιθρο)	108
3.3.1 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCR 405	109
3.3.2 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201	114
3.3.3 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	118
3.3.4 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	122
3.3.5 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	126
3.3.6 Μετρήσεις επιστρεφόμενης ακτινοβολίας με όλους τους ΟΓΣ	130
3.3.7 Διερεύνηση της διασποράς των μετρήσεων με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	154
3.4 Προβλήματα - Επισημάνσεις	177

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συγκρίσεις και αξιολόγηση αποτελεσμάτων	179
4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων μέτρησης μήκους στα 50m στον εσωτερικό (τούνελ) και τον εξωτερικό χώρο (ύπαιθρο)	179
4.1.1 Από τον ΟΓΣ Leica TCR 405	180
4.1.2 Από τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201	181
4.1.3 Από τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	182
4.1.4 Από τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	184
4.1.5 Από τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	185
4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων μέτρησης μήκους στον εσωτερικό	

χώρο στα 50m με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica	186
TCRM 1201 με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό	189
4.3 Σύγκριση ποσοστού επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στον εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο στα 50m	
4.4 Έλεγχος αξιοπιστίας της μέτρησης στον εσωτερικό χώρο	194
4.4.1 Με τον ΟΓΣ Leica TCR 405	197
4.4.2 Με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201	199
4.4.3 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	202
4.4.4 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	204
4.4.5 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	206
4.5 Έλεγχος αξιοπιστίας της μέτρησης στον εξωτερικό χώρο	208
4.5.1 Με τον ΟΓΣ Leica TCR 405	209
4.5.2 Με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201	211
4.5.3 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	213
4.5.4 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	215
4.5.5 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	217

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα και προτάσεις	219
5.1 Γενικά	219
5.1.1 Η επιστρεφόμενη ακτινοβολία	220
5.1.2 Η επίδραση του φωτισμού του χώρου	222
5.1.3 Η ορθότητα της μέτρησης	223
5.1.4 Η διασπορά των μετρήσεων με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i	223
5.1.5 Η γωνία πρόσπτωσης	224
5.2 Προτάσεις	224
5.3 Χρονοδιάγραμμα εργασιών	225

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	228
ABSTRACT	229
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	237
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	269

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Πίνακας–Διάγραμμα 3.1: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ ¹ Leica TCR 405 στα 50m	41
Πίνακας–Διάγραμμα 3.2: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 15m	43
Πίνακας–Διάγραμμα 3.3: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό) στα 50m	45
Πίνακας–Διάγραμμα 3.4: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 15m	49
Πίνακας–Διάγραμμα 3.5: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 50m	51
Πίνακας–Διάγραμμα 3.6: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 15m	53
Πίνακας–Διάγραμμα 3.7: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 50m	55
Πίνακας–Διάγραμμα 3.8: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 15m	57
Πίνακας–Διάγραμμα 3.9: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 50m	59

¹ ΟΓΣ: Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός

Πίνακας-Διάγραμμα 3.10:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 15m	61
Πίνακας-Διάγραμμα 3.95:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 50m	109
Πίνακας-Διάγραμμα 3.96:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 200m	112
Πίνακας-Διάγραμμα 3.97:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m	114
Πίνακας-Διάγραμμα 3.98:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 200m	116
Πίνακας-Διάγραμμα 3.99:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 50m	118
Πίνακας-Διάγραμμα 3.100:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 200m	120
Πίνακας-Διάγραμμα 3.101:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 50m	122
Πίνακας-Διάγραμμα 3.102:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 200m	124
Πίνακας-Διάγραμμα 3.103:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 50m	126
Πίνακας-Διάγραμμα 3.104:	Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	128

στα 200m

Πίνακας 4.1: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405	180
Πίνακας 4.2: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201	181
Πίνακας 4.3: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	182
Πίνακας 4.4: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	184
Πίνακας 4.5: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	185
Πίνακας 4.6: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό, στο τούνελ) στα 50m	186
Πίνακας - Διάγραμμα 4.7: Διαφορές αποκλίσεων μετρήσεων από το μήκος στον ανακλαστήρα στον εσωτερικό χώρο (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό) με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201	187
Πίνακας 4.8: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 50m	197
Πίνακας 4.9: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 15m	198
Πίνακας 4.10: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m (με τεχνητό φωτισμό)	199
Πίνακας 4.11: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m (χωρίς φωτισμό)	200
Πίνακας 4.12: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 15m	201
Πίνακας 4.13: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 50m	202
Πίνακας 4.14: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 15m	203
Πίνακας 4.15: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 50m	204

Πίνακας 4.16:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 15m	205
Πίνακας 4.17:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 50m	206
Πίνακας 4.18:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 15m	207
Πίνακας 4.19:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 50m	209
Πίνακας 4.20:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 200m	210
Πίνακας 4.21:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m	211
Πίνακας 4.22:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 200m	212
Πίνακας 4.23:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 50m	213
Πίνακας 4.24:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 200m	214
Πίνακας 4.25:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 50m	215
Πίνακας 4.26:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 200m	216
Πίνακας 4.27:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 50m	217
Πίνακας 4.28:	Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 200m	218

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Φωτ.1.1: Το αποστασιόμετρο Leica Wild Dior 3002S	3
Φωτ.2.1: Μετρήσεις στο τούνελ	22
Φωτ.2.2: Ανακλαστήρας	22
Φωτ.2.3: Μοιρογνωμόνιο	23
Φωτ.2.4: Μοιρογνωμόνιο και βάση στήριξης	24
Φωτ.2.5: Βάση στήριξης των υλικών	26
Φωτ.2.6: ΟΓΣ Leica TCR 405	28
Φωτ.2.7: ΟΓΣ Leica TCRM 1201	30
Φωτ.2.8: ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN	31
Φωτ.2.9: ΟΓΣ Topcon GPT 3105N	32
Φωτ.2.10: ΟΓΣ Topcon GPT 7003i	33
Φωτ.2.11: Kodak White Card	34
Φωτ.2.12: Kodak Gray Card	34
Φωτ.2.13: Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	34
Φωτ.2.14: Τσιμέντο λευκό	35
Φωτ.2.15: Τσιμέντο γκρι	35
Φωτ.2.16: Χαρτόνι γκρι	35
Φωτ.2.17: Χαρτόνι μαύρο	35
Φωτ.2.18: Πλαστικό λευκό	35
Φωτ.2.19: Πλαστικό κόκκινο	35
Φωτ.2.20: Πλακάκι γκρι	36
Φωτ.2.21: Πλακάκι μπεζ	36
Φωτ.2.22: Αφρολέξ λευκό	36
Φωτ.2.23: Αφρολέξ καφέ	36
Φωτ.2.24: Μάρμαρο	36
Φωτ.2.25: Ξύλο	36
Φωτ.2.26: Νοβοπάν	37
Φωτ.2.27: Μελαμίνη	37
Φωτ.2.28: Κεραμίδι	37
Φωτ.2.29: Άσφαλτος	37
Φωτ.2.30: Βράχος	37
Φωτ.2.31: Γυαλί	37

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1: Αρχή της μεθόδου της διαφοράς φάσης	8
Σχήμα 1.2: Η μέτρηση της διαφοράς φάσης δλ με ψηφιακό τρόπο	9
Σχήμα 1.3: Αρχή της ηλεκτρομαγνητικής μέτρησης απόστασης	10
Σχήμα 1.4: Αρχή της μεθόδου των παλμών	12
Σχήμα 1.5: Διαχεόμενη ανακλαστικότητα	13
Σχήμα 1.6: Ανακλαστικότητα γυαλιστερού στόχου – καθρέφτη	14
Σχήμα 1.7: Αυτοανακλαστικότητα	14
Σχήμα 1.8: Ανακλαστικότητα σε συνάρτηση με τη γωνία πρόσπτωσης για το γυαλί με δείκτη διάθλασης $n=1.50$	16
Σχήμα 1.9: Επιδράσεις ανακλαστικότητας και διάθλασης σε μη ομογενή ημιδιαφανή υλικά (ξύλο, μάρμαρο)	17
Σχήμα 2.1: Γωνία πρόσπτωσης 90° , 30° , 45° , 60°	23
Σχήμα 5. 1: Χρονική διάρκεια εργασιών	226

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 3.11: ΠΕΑ ² από την Kodak White Card στα 50m	63
Διάγραμμα 3.12: ΠΕΑ από την Kodak White Card στα 15m	63
Διάγραμμα 3.13: ΠΕΑ από την Kodak Gray Card στα 50m	65
Διάγραμμα 3.14: ΠΕΑ από την Kodak Gray Card στα 15m	65
Διάγραμμα 3.15: ΠΕΑ από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m	66
Διάγραμμα 3.16: ΠΕΑ από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 15m	66
Διάγραμμα 3.17: ΠΕΑ από το λευκό τσιμέντο στα 50m	67
Διάγραμμα 3.18: ΠΕΑ από το λευκό τσιμέντο στα 15m	67
Διάγραμμα 3.19: ΠΕΑ από το γκρι τσιμέντο στα 50m	68
Διάγραμμα 3.20: ΠΕΑ από το γκρι τσιμέντο στα 15m	68
Διάγραμμα 3.21: ΠΕΑ από το γκρι χαρτόνι στα 50m	69
Διάγραμμα 3.22: ΠΕΑ από το γκρι χαρτόνι στα 15m	69
Διάγραμμα 3.23: ΠΕΑ από το μαύρο χαρτόνι στα 50m	70
Διάγραμμα 3.24: ΠΕΑ από το μαύρο χαρτόνι στα 15m	70
Διάγραμμα 3.25: ΠΕΑ από το λευκό πλαστικό στα 50m	71
Διάγραμμα 3.26: ΠΕΑ από το λευκό πλαστικό στα 15m	71
Διάγραμμα 3.27: ΠΕΑ από το κόκκινο πλαστικό στα 50m	72
Διάγραμμα 3.28: ΠΕΑ από το κόκκινο πλαστικό στα 15m	72
Διάγραμμα 3.29: ΠΕΑ από το γκρι πλακάκι στα 50m	73
Διάγραμμα 3.30: ΠΕΑ από το γκρι πλακάκι στα 15m	73
Διάγραμμα 3.31: ΠΕΑ από το μπεζ πλακάκι στα 50m	74
Διάγραμμα 3.32: ΠΕΑ από το μπεζ πλακάκι στα 15m	74
Διάγραμμα 3.33: ΠΕΑ από το λευκό αφρολέξ στα 50m	75
Διάγραμμα 3.34: ΠΕΑ από το λευκό αφρολέξ στα 15m	75
Διάγραμμα 3.35: ΠΕΑ από το καφέ αφρολέξ στα 50m	76
Διάγραμμα 3.36: ΠΕΑ από το καφέ αφρολέξ στα 15m	76
Διάγραμμα 3.37: ΠΕΑ από το μάρμαρο στα 50m	77
Διάγραμμα 3.38: ΠΕΑ από το μάρμαρο στα 15m	77
Διάγραμμα 3.39: ΠΕΑ από το ξύλο στα 50m	78
Διάγραμμα 3.40: ΠΕΑ από το ξύλο στα 15m	78
Διάγραμμα 3.41: ΠΕΑ από το νοβοπάν στα 50m	79
Διάγραμμα 3.42: ΠΕΑ από το νοβοπάν στα 15m	79
Διάγραμμα 3.43: ΠΕΑ από τη μελαμίνη στα 50m	80
Διάγραμμα 3.44: ΠΕΑ από τη μελαμίνη στα 15m	80
Διάγραμμα 3.45: ΠΕΑ από το κεραμίδι στα 50m	81
Διάγραμμα 3.46: ΠΕΑ από το κεραμίδι στα 15m	81
Διάγραμμα 3.47: ΠΕΑ από την άσφαλτο στα 50m	82

² ΠΕΑ: Ποσοστό Επιστρεφόμενης Ακτινοβολίας

Διάγραμμα 3.48: ΠΕΑ από την άσφαλτο στα 15m	82
Διάγραμμα 3.49: ΠΕΑ από το βράχο στα 50m	83
Διάγραμμα 3.50: ΠΕΑ από το βράχο στα 15m	83
Διάγραμμα 3.51: ΠΕΑ από το γυαλί στα 50m	84
Διάγραμμα 3.52: ΠΕΑ από το γυαλί στα 15m	84
Διάγραμμα 3.53: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 50m	85
Διάγραμμα 3.54: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 15m	85
Διάγραμμα 3.55: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 50m	86
Διάγραμμα 3.56: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 15m	86
Διάγραμμα 3.57: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m	87
Διάγραμμα 3.58: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 15m	87
Διάγραμμα 3.59: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 50m	88
Διάγραμμα 3.60: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 15m	88
Διάγραμμα 3.61: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 50m	89
Διάγραμμα 3.62: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 15m	89
Διάγραμμα 3.63: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 50m	90
Διάγραμμα 3.64: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 15m	90
Διάγραμμα 3.65: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 50m	91
Διάγραμμα 3.66: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 15m	91
Διάγραμμα 3.67: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 50m	92
Διάγραμμα 3.68: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 15m	92
Διάγραμμα 3.69: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 50m	93
Διάγραμμα 3.70: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 15m	93
Διάγραμμα 3.71: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 50m	94
Διάγραμμα 3.72: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 15m	94
Διάγραμμα 3.73: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 50m	95
Διάγραμμα 3.74: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 15m	95
Διάγραμμα 3.75: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 50m	96
Διάγραμμα 3.76: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 15m	96
Διάγραμμα 3.77: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 50m	97
Διάγραμμα 3.78: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 15m	97
Διάγραμμα 3.79: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 50m	98
Διάγραμμα 3.80: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 15m	98
Διάγραμμα 3.81: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 50m	99
Διάγραμμα 3.82: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 15m	99

Διάγραμμα 3.83: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 50m	100
Διάγραμμα 3.84: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 15m	100
Διάγραμμα 3.85: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 50m	101
Διάγραμμα 3.86: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 15m	101
Διάγραμμα 3.87: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 50m	102
Διάγραμμα 3.88: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 15m	102
Διάγραμμα 3.89: Μετρήσεις μήκους στην άσφαλτο στα 50m	103
Διάγραμμα 3.90: Μετρήσεις μήκους στην άσφαλτο στα 15m	103
Διάγραμμα 3.91: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 50m	104
Διάγραμμα 3.92: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 15m	104
Διάγραμμα 3.93: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 50m	105
Διάγραμμα 3.94: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 15m	105
Διάγραμμα 3.105: ΠΕΑ από την Kodak White Card στα 50m	130
Διάγραμμα 3.106: ΠΕΑ από την Kodak White Card στα 200m	130
Διάγραμμα 3.107: ΠΕΑ από την Kodak Gray Card στα 50m	132
Διάγραμμα 3.108: ΠΕΑ από για την Kodak Gray Card στα 200m	132
Διάγραμμα 3.109: ΠΕΑ από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m	133
Διάγραμμα 3.110: ΠΕΑ από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 200m	133
Διάγραμμα 3.111: ΠΕΑ από το λευκό τσιμέντο στα 50m	135
Διάγραμμα 3.112: ΠΕΑ από το λευκό τσιμέντο στα 200m	135
Διάγραμμα 3.113: ΠΕΑ από το γκρι τσιμέντο στα 50m	136
Διάγραμμα 3.114: ΠΕΑ από το γκρι τσιμέντο στα 200m	136
Διάγραμμα 3.115: ΠΕΑ από το γκρι χαρτόνι στα 50m	137
Διάγραμμα 3.116: ΠΕΑ από το γκρι χαρτόνι στα 200m	137
Διάγραμμα 3.117: ΠΕΑ από το μαύρο χαρτόνι στα 50m	138
Διάγραμμα 3.118: ΠΕΑ από το μαύρο χαρτόνι στα 200m	138
Διάγραμμα 3.119: ΠΕΑ από το λευκό πλαστικό στα 50m	139
Διάγραμμα 3.120: ΠΕΑ από το λευκό πλαστικό στα 200m	139
Διάγραμμα 3.121: ΠΕΑ από το κόκκινο πλαστικό στα 50m	140
Διάγραμμα 3.122: ΠΕΑ από το κόκκινο πλαστικό στα 200m	140
Διάγραμμα 3.123: ΠΕΑ από το γκρι πλακάκι στα 50m	141
Διάγραμμα 3.124: ΠΕΑ από το γκρι πλακάκι στα 200m	141
Διάγραμμα 3.125: ΠΕΑ από το μπεζ πλακάκι στα 50m	142
Διάγραμμα 3.126: ΠΕΑ από το μπεζ πλακάκι στα 200m	142
Διάγραμμα 3.127: ΠΕΑ από το λευκό αφρολέξ στα 50m	143
Διάγραμμα 3.128: ΠΕΑ από το λευκό αφρολέξ στα 200m	143
Διάγραμμα 3.129: ΠΕΑ από το καφέ αφρολέξ στα 50m	145
Διάγραμμα 3.130: ΠΕΑ από το καφέ αφρολέξ στα 200m	145
Διάγραμμα 3.131: ΠΕΑ από το μάρμαρο στα 50m	146
Διάγραμμα 3.132: ΠΕΑ από το μάρμαρο στα 200m	146
Διάγραμμα 3.133: ΠΕΑ από για το ξύλο στα 50m	147

Διάγραμμα 3.134: ΠΕΑ από το ξύλο στα 200m	147
Διάγραμμα 3.135: ΠΕΑ από το νοβοπάν στα 50m	148
Διάγραμμα 3.136: ΠΕΑ από το νοβοπάν στα 200m	148
Διάγραμμα 3.137: ΠΕΑ από τη μελαμίνη στα 50m	149
Διάγραμμα 3.138: ΠΕΑ από τη μελαμίνη στα 200m	149
Διάγραμμα 3.139: ΠΕΑ από το κεραμίδι στα 50m	150
Διάγραμμα 3.140: ΠΕΑ από το κεραμίδι στα 200m	150
Διάγραμμα 3.141: ΠΕΑ από την άσφαλτο στα 50m	151
Διάγραμμα 3.142: ΠΕΑ από την άσφαλτο στα 200m	151
Διάγραμμα 3.143: ΠΕΑ από το βράχο στα 50m	152
Διάγραμμα 3.144: ΠΕΑ από το βράχο στα 200m	152
Διάγραμμα 3.145: ΠΕΑ από το γυαλί στα 50m	153
Διάγραμμα 3.146: ΠΕΑ από το γυαλί στα 200m	153
Διάγραμμα 3.147: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 50m	154
Διάγραμμα 3.148: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 200m	154
Διάγραμμα 3.149: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 50m	155
Διάγραμμα 3.150: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 200m	155
Διάγραμμα 3.151: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m	156
Διάγραμμα 3.152: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 200m	156
Διάγραμμα 3.153: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 50m	157
Διάγραμμα 3.154: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 200m	157
Διάγραμμα 3.155: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 50m	158
Διάγραμμα 3.156: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 200m	158
Διάγραμμα 3.157: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 50m	159
Διάγραμμα 3.158: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 200m	159
Διάγραμμα 3.159: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 50m	160
Διάγραμμα 3.160: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 200m	160
Διάγραμμα 3.161: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 50m	161
Διάγραμμα 3.162: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 200m	161
Διάγραμμα 3.163: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 50m	162
Διάγραμμα 3.164: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 200m	162
Διάγραμμα 3.165: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 50m	163
Διάγραμμα 3.166: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 200m	163

Διάγραμμα 3.167: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 50m	164
Διάγραμμα 3.168: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 200m	164
Διάγραμμα 3.169: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 50m	165
Διάγραμμα 3.170: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 200m	165
Διάγραμμα 3.171: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 50m	166
Διάγραμμα 3.172: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 200m	166
Διάγραμμα 3.173: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 50m	167
Διάγραμμα 3.174: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 200m	167
Διάγραμμα 3.175: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 50m	168
Διάγραμμα 3.176: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 200m	168
Διάγραμμα 3.177: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 50m	169
Διάγραμμα 3.178: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 200m	169
Διάγραμμα 3.179: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 50m	170
Διάγραμμα 3.180: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 200m	170
Διάγραμμα 3.181: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 50m	171
Διάγραμμα 3.182: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 200m	171
Διάγραμμα 3.183: Μετρήσεις μήκους στην άσφαλτο στα 50m	172
Διάγραμμα 3.184: Μετρήσεις μήκους στην άσφαλτο στα 200m	172
Διάγραμμα 3.185: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 50m	173
Διάγραμμα 3.186: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 200m	173
Διάγραμμα 3.187: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 50m	174
Διάγραμμα 3.188: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 200m	174
Διάγραμμα 4.8: ΠΕΑ από την Kodak White Card στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	189
Διάγραμμα 4.9: ΠΕΑ από την Kodak Gray Card στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	189
Διάγραμμα 4.10: ΠΕΑ από το ξύλο στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	190
Διάγραμμα 4.11: ΠΕΑ από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	190
Διάγραμμα 4.12: ΠΕΑ από το λευκό τσιμέντο στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	190
Διάγραμμα 4.13: ΠΕΑ από το λευκό πλαστικό στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	191
Διάγραμμα 4.14: ΠΕΑ από το κόκκινο πλαστικό στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	191
Διάγραμμα 4.15: ΠΕΑ από το μπεζ πλακάκι στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	192
Διάγραμμα 4.16: ΠΕΑ από τη μελαμίνη στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	192
Διάγραμμα 4.17: ΠΕΑ από το γυαλί στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο	193

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η μέτρηση του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας και του μήκους σε διάφορα υλικά σε τέσσερις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης, με πέντε διαφορετικούς ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς και η αξιολόγηση της ορθότητας και της ακρίβειας των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για την ανακλαστικότητα, τη λειτουργία των γεωδαιτικών οργάνων, την εξέλιξη των γεωδαιτικών σταθμών μέχρι τη σύγχρονη εποχή, τη γενική αρχή λειτουργίας αυτών καθώς και τα σφάλματα που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες όπως η ατμόσφαιρα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι συνθήκες διεξαγωγής των μετρήσεων, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στον εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο τρίτο κεφάλαιο εμφανίζονται πίνακες και διαγράμματα που παρέχουν πληροφορία σχετικά με τη διαφορά της τιμής του μήκους που προκύπτει από τη μέτρηση του πάνω σε κάθε υλικό με τη reflectorless λειτουργία, σε σχέση με το μήκος που έχει προκύψει από τη μέτρηση με χρήση ανακλαστήρα.

Ακολουθούν τα διαγράμματα του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ανά υλικό και για τον εσωτερικό αλλά και για τον εξωτερικό χώρο και γίνεται μια σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Έπειτα παρατίθενται τα διαγράμματα των αποστάσεων ως αποτέλεσμα των μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i για τη διερεύνηση της επαναληψιμότητας- διασποράς των μετρήσεων με αυτόν το σταθμό.

Τέλος, αναφέρονται τα προβλήματα που ανέκυψαν κατά την εκτέλεση όλων αυτών των πειραματικών μετρήσεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων της μέτρησης του μήκους στα 50m στον εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο με όλους τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων της μέτρησης του μήκους με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 στον εσωτερικό χώρο σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού και χωρίς φωτισμό.

Ακολουθεί η σύγκριση της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για την απόσταση των 50m στον εσωτερικό και στον εξωτερικό χώρο.

Στη συνέχεια, γίνεται αξιολόγηση της ορθότητας της μέτρησης του μήκους με όλους τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν, οι προτάσεις και το χρονοδιάγραμμα των εργασιών για την εκπόνηση αυτής της μελέτης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παλαιότερα η διαδικασία της μέτρησης των γωνιών, αλλά ιδιαίτερα των μηκών ήταν μια χρονοβόρα διαδικασία που απαιτούσε πολύ χρόνο, μεγάλο συνεργείο, πολύ κόπο και το αποτέλεσμα δεν πληρούσε πάντα την επιθυμητή ακρίβεια.

Η εξέλιξη όμως της τεχνολογίας ήταν ραγδαία σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένης και της τοπογραφίας, όπου με τους νέους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς λύνονται πολλά προβλήματα του Αγρονόμου και Τοπογράφου Μηχανικού ως προς το χρόνο και ως προς την ακρίβεια.

Οι σταθμοί σημείωσαν μεγάλη εξέλιξη όχι μόνο ως προς την ακρίβεια, την ταχύτητα, αλλά με τη νέα λειτουργία Reflectorless κατάφεραν να γίνεται μέτρηση μήκους χωρίς να υπάρχει ανακλαστήρας στο σημείο που χρειάζεται να μετρηθεί.

Με τη χρήση ενός ισχυρότερου laser, το οποίο είναι ενσωματωμένο στο όργανο, προσπίπτει η ακτινοβολία πάνω στη μετρούμενη επιφάνεια, επιστρέφει πίσω στο όργανο και υπολογίζεται το ζητούμενο μήκος.

Έτσι διευκολύνεται αρκετά η διαδικασία των μετρήσεων, αφού είναι δυνατή η μέτρηση απρόσιτων σημείων, σημείων με μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας, σε χώρους με χαμηλό φωτισμό καθώς και σε προστατευόμενους χώρους, όπου δεν επιτρέπεται η πρόκληση φθορών και ζημιών. Ακόμα είναι δυνατή η επισημάνση κάθε σημείου που μετράται με ικανοποιητική ακρίβεια.

Τέλος, πλεονέκτημα των νέων γεωδαιτικών σταθμών είναι η μεγαλύτερη εμβέλεια, η ευκολία στην καταχώρηση σημείων, η ακρίβεια στον εντοπισμό αυτών, η ταχύτητα που γίνονται οι εργασίες καθώς και η μείωση του απαιτούμενου προσωπικού.

Αντικείμενο έρευνας όμως αποτελεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που προκύπτουν με την χωρίς πρίσμα διαδικασία μέτρησης του μήκους. Επειδή η μέτρηση αυτή εξαρτάται από πολλές παραμέτρους και συνθήκες, είναι σκόπιμο να ερευνηθεί η αξιοπιστία του αποτελέσματος σε σχέση με ορισμένους από αυτούς τους παράγοντες. Έτσι θα αποδειχθεί η δυνατότητα αξιοποίησής τους από τον τοπογράφο μηχανικό στην καθημερινή εργασία. Αυτό πραγματεύεται και η παρούσα εργασία στόχος της οποίας είναι η ανίχνευση των κατάλληλων συνθηκών ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή και ακριβής μέτρηση. Αυτό επιτυγχάνεται με πλήθος πειραμάτων και με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν και τη σύγκριση τους με τις αντίστοιχες μετρήσεις με τη χρήση ανακλαστήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΗΡΑ

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η μέθοδος της ηλεκτρονικής μέτρησης απόστασης (EDM), πρωτοπαρουσιάστηκε τη δεκαετία του 1950, και βελτιώνεται συνεχώς μέχρι σήμερα. Τα πρώτα όργανα, τα οποία είχαν τη δυνατότητα να κάνουν μετρήσεις για μεγάλες αποστάσεις, ήταν πολύ μεγάλα, βαριά, πολύπλοκα και ακριβά. Με την πάροδο του χρόνου, η πρόοδος στις σχετικές τεχνολογίες έχει προσφέρει ελαφρύτερα, απλούστερα, λιγότερο ακριβά και περισσότερο ακριβή όργανα.

Αυτά τα ηλεκτρομαγνητικά όργανα μέτρησης απόστασης (EDM) κατασκευάστηκαν αρχικά για χρήση με θεοδόλιχα και στη συνέχεια ως ενσωματωμένο τμήμα στους σύγχρονους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς (total station).

Αρχικά κατασκευάστηκαν όργανα που χρησιμοποιούσαν μικροκύματα (1957). Αυτά αποτελούνται από δύο όμοιες συσκευές: έναν κυρίως σταθμό (master), όπου γίνεται η μέτρηση, και ένα βοηθητικό (remote), που δέχεται τη συχνότητα του σταθμού και εκπέμπει νέα. Τη νέα αυτή συχνότητα δέχεται και επεξεργάζεται ο κυρίως σταθμός για να δώσει την τιμή της μέτρησης. Αφού γίνει η μέτρηση κατά τη μία φορά, γίνεται αμοιβαία αλλαγή της θέσης τους, ώστε να ξαναγίνει η μέτρηση και κατά την αντίθετη κατεύθυνση.

Η εκπομπή και η λήψη των συχνοτήτων γίνεται μέσω μιας κεραίας παραβολικού κατόπτρου, με δίπολο μήκους ίσου με το μισό μήκος κύματος που χρησιμοποιείται. Η εμβέλεια των οργάνων αυτών κυμαίνεται από 20 μέτρα έως 150 χιλιόμετρα. Κατά το σχεδιασμό ενός δικτύου, όταν επρόκειτο να μετρηθούν αποστάσεις με όργανο μικροκυμάτων, έπρεπε να ληφθεί υπόψη και η ευαισθησία των οργάνων αυτών στην ανάκλαση της ακτινοβολίας στο έδαφος. Για τα όργανα μικροκυμάτων μια πλήρης παρατήρηση αποτελείται από δύο ανεξάρτητες μετρήσεις της απόστασης, μία από κάθε άκρο της. Ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια, την τάξη του δικτύου, κλπ., οι μετρήσεις αυτές επαναλαμβάνονται 3, 4, ...n φορές και σε ορισμένα χρονικά διαστήματα η μία από την άλλη μέτρηση, π.χ. κάθε 4 ώρες, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το σφάλμα εξαιτίας της ατμοσφαιρικής διάθλασης. (Ρωσσικόπουλος Δ., 1992)

Όργανα με μικροκύματα ακόμα χρησιμοποιούνται σε υδρογραφικές έρευνες και συνήθως έχουν ένα βεληνεκές μέχρι 50km. Τα συστήματα

μικροκυμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όχι πολύ καλές συνθήκες (όπως ομίχλη, βροχή κ.τ.λ.), σε αντίθεση με τα συστήματα που χρησιμοποιούν την υπέρυθρη ή τη laser ακτινοβολία που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανάλογες συνθήκες. Αυτό συμβαίνει επειδή οι συνθήκες υγρασίας που επικρατούν μπορεί να ποικίλουν πάνω από το μήκος της μετρούμενης γραμμής. Δηλαδή όταν τα μήκη που χρειάζεται να μετρηθούν είναι μεγάλα, οι συνθήκες υγρασίας είναι διαφορετικές στην αρχή, στο τέλος και στο ενδιάμεσο της γραμμής που μετριέται, με αποτέλεσμα να προκύπτουν αποτελέσματα μικρότερης ακρίβειας, αν δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι παραπάνω παράγοντες.

Η πρόοδος της τεχνολογίας στα ηλεκτρονικά μέρη των οργάνων συνεχίζει με ραγδαίο ρυθμό, όπως αποδεικνύεται από τα χαρακτηριστικά των οργάνων που κυκλοφορούν στην αγορά. Πολλά νέα ηλεκτρονικά όργανα έχουν κατασκευαστεί σε λιγότερο από 2 χρόνια.

Τα σύγχρονα EDM χρησιμοποιούν την υπέρυθρη ακτινοβολία ή laser φωτεινή ακτίνα.

Ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης απόστασης με υπέρυθρη ακτινοβολία παρουσιάστηκαν το 1970 και είχαν βεληνεκές 3000m και ακρίβεια $\pm 1\text{cm}$. Αυτά προσαρμόζονταν σε οπτικομηχανικά θεοδόλιχα.

Όργανα που χρησιμοποιούν την υπέρυθρη και laser ακτινοβολία κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βεληνεκές που διαθέτουν για τα μήκη. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- ❖ μεγάλο βεληνεκές (10 έως 20km),
- ❖ μεσαίο (3 έως 10km) και
- ❖ μικρό (0,5 έως 3km).

Οι παραπάνω τιμές για το βεληνεκές μπορούν να επιτευχθούν με χρήση ενός ανακλαστήρα και οι μεγαλύτερες αποστάσεις μπορούν να μετρηθούν με τη χρήση πολλών ανακλαστικών πρισμάτων.

Στην αρχή της δεκαετίας του '80 κάνουν την εμφάνιση τους οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί με ψηφιακό θεοδόλιχο, οι οποίοι αποτελούν μια εξέλιξη των συστημάτων μηχανικών θεοδολίχων + EDM, που έχουν το αποστασιόμετρο ενσωματωμένο σε ψηφιακό θεοδόλιχο. Αυτά τα όργανα έχουν δυνατότητα μέτρησης μηκών από μερικά μέτρα έως μερικά km (ανάλογα με τους χρησιμοποιούμενους ανακλαστήρες) με ακρίβεια της τάξης $\pm 5\text{mm}$.

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 κυκλοφόρησε στην αγορά το πρώτο EDM που είχε τη δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα και ονομαζόταν DIOR 3002S (φωτ.1.1) και ήταν της εταιρείας Leica. Το όργανο αυτό προσαρμοζόταν επιβατικά σε οπτικομηχανικό ή ψηφιακό θεοδόλιχο. Η αρχή λειτουργίας του βασιζόταν στην εκπομπή ορατής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (laser), η οποία όταν προσέπιπτε σε οποιαδήποτε επιφάνεια, ανακλάτο και επέστρεφε στο όργανο. Η εμβέλεια αυτού του οργάνου στη μέτρηση

μηκών, έφτανε τα 100m, χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα και 2000m με χρήση ανακλαστήρα, με ακρίβεια $\pm 3\text{mm} \pm 3\text{ppm}$.



Φωτογραφία 1. 1: Το αποστασιόμετρο Leica Wild Dior 3002S

Σήμερα, τα laser όργανα (EDM) μετρούν αποστάσεις από 100 μέχρι 2000m χωρίς ανακλαστήρα. Αυτά τα όργανα ανακλούν το φως απ' ευθείας στο χαρακτηριστικό σημείο που μετριέται (π.χ. τοίχος κτιρίου).

Επιπλέον μπορεί να μετρηθεί μια αρκετά μεγάλη απόσταση με ηλεκτρομαγνητικό όργανο μέτρησης απόστασης που έχει τη δυνατότητα να μετράει χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα, εάν τοποθετηθεί πρίσμα στη θέση που χρειάζεται να μετρηθεί το σημείο.

Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα των reflectorless οργάνων γιατί με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται το βεληνεκές τους. (Kavanagh B. F., 2006)

1.2 Ηλεκτρομαγνητικά Όργανα Μέτρησης Μηκών

Το EDM μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία έμμεση μέθοδος μέτρησης μηκών επειδή η ζητούμενη απόσταση προκύπτει μετά τη μέτρηση ενός άλλου μεγέθους.

Τα όργανα EDM μπορούν να μετρήσουν με ανακλαστήρες μήκη μεγαλύτερα των 4km. Αυτά τα όργανα παρέχουν γρήγορα αποτελέσματα (0.8δευτερόλεπτα με γρήγορο τρόπο μέτρησης και 0.3δευτερόλεπτα με τάχιστο τρόπο μέτρησης), επομένως οι εφαρμογές για μετακίνηση στόχων είναι πιθανές. Ο γρήγορος και ο τάχιστος τρόπος μέτρησης αφορούν τον αριθμό των μετρήσεων που γίνονται μέχρι να υπολογιστεί ο μέσος όρος δηλαδή το αποτέλεσμα που εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου. Με το γρήγορο τρόπο γίνονται περισσότερες μετρήσεις μέχρι να υπολογιστεί και να εμφανιστεί το αποτέλεσμα στην οθόνη του οργάνου απ' ότι με τον τάχιστο τρόπο μέτρησης. Επομένως ο γρήγορος τρόπος δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα από τον τάχιστο γιατί το

αποτέλεσμα που προκύπτει από το μέσο όρο εξάγεται από μεγαλύτερο αριθμό παρατηρήσεων.

Μερικά όργανα EDM όμως μπορούν να μετρήσουν μήκη χωρίς να χρησιμοποιούν ανακλαστικά πρίσματα (η μετρούμενη επιφάνεια χρησιμοποιείται σαν ανακλαστήρας).

Για τη μέτρηση ενός μήκους χωρίς ανακλαστήρα χρησιμοποιούνται οι ίδιες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και στη μέτρηση με ανακλαστήρα, μόνο που στην πρώτη περίπτωση υπάρχει διαφορετική τάξη laser, μήκος κύματος και μεγαλύτερη ένταση ακτινοβολίας.

Η εμβέλεια των οργάνων EDM που μετρούν χωρίς ανακλαστήρες κυμαίνεται από 100m έως 2000m και εξαρτάται από τον εξοπλισμό, τις καιρικές συνθήκες (συννεφιασμένες μέρες και σκοτάδι παρέχουν τις καλύτερες μετρήσεις αποστάσεων).

Απαιτούνται 20000 παλμοί το δευτερόλεπτο για να διασφαλιστεί ότι είναι επαρκής η πληροφορία που λαμβάνεται και επομένως είναι αξιόπιστη η μέτρηση που προκύπτει. Ποικίλες επιφάνειες έχουν διαφορετικές ανακλαστικές ιδιότητες, για παράδειγμα μια φωτεινή άσπρη επιφάνεια κάθετη στην ακτινοβολία που εκπέμπεται, μπορεί να επιστρέψει σχεδόν το 100% του φωτός, αλλά οι πιο φυσικές επιφάνειες, δηλαδή οι επιφάνειες που είναι τραχείες, δεν έχουν λεία υφή και δεν είναι ανοιχτόχρωμες ανακλούν φως σε ποσοστό μόνο 18%, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσό ακτινοβολίας να μην επιστρέφει στο όργανο. (Kavanagh B. F., 2006)

Η μέτρηση μηκών χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- ✓ 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, σε προστατευόμενους χώρους, χωρίς ύπαρξη φθορών
- ✓ Μείωση προσωπικού εκτέλεσης μετρήσεων
- ✓ Μείωση χρόνου διάρκειας μετρήσεων
- ✓ Ακρίβεια στον εντοπισμό των σημείων. (Μαυράκης Σ., 2008)

Οι σύγχρονοι γεωδαιτικοί σταθμοί χρησιμοποιούν laser ακτινοβολία διαφόρων τάξεων.

Τα laser ταξινομούνται με κριτήριο την ασφάλειά τους στις εξής κατηγορίες:

- ❖ **Class 1:** Αόρατο laser, υψίστης ασφαλείας με ισχύ μικρότερη του 1mW. Η ασφάλεια του έγκειται στο γεγονός ότι η έκθεση σε αυτό δεν μπορεί ποτέ να ξεπεράσει το όριο της μέγιστης επιτρεπόμενης έκθεσης.
- ❖ **Class 1M:** Ασφαλές laser κάτω από κανονικές συνθήκες, εκτός από όταν διέλθει μέσα από μέσα εστίασης (π.χ. μικροσκόπια, τηλεσκόπια). Ένα laser μπορεί να καταταχθεί στην κατηγορία 1M, αν η συνολική ισχύς απόδοσης είναι μικρότερη από της κατηγορίας 3B, αλλά η ισχύς της ακτινοβολίας που μπορεί να περάσει μέσω της κόρης του ματιού είναι εντός των ορίων της κατηγορίας 1.
- ❖ **Class 2:** Ορατό αλλά ασφαλές laser που χρησιμοποιείται στην πλειοψηφία των γεωδαιτικών σταθμών. Η ασφάλεια του έγκειται στο ότι η αντανakλαστική αντίδραση του ματιού στον ισχυρό φωτισμό θα προστατέψει το μάτι, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η έκθεση σε λιγότερο από 0.25sec.
- ❖ **Class 2M:** Τα laser της κατηγορίας αυτής είναι ασφαλή λόγω του αντανakλαστικού κλεισίματος του ματιού, εκτός βέβαια αν χρησιμοποιηθούν οπτικά μέσα εστίασης της ακτινοβολίας.
- ❖ **Class 3R:** Ασφαλές laser με την προϋπόθεση ότι γίνονται προσεκτικοί χειρισμοί, με περιορισμένη έκθεση στην ακτινοβολία. Για την κατηγορία αυτή, η υπέρβαση της μέγιστης επιτρεπόμενης έκθεσης συνεπάγεται χαμηλό κίνδυνο τραυματισμού.
- ❖ **Class 3B:** Επικίνδυνο laser αν το μάτι εκτεθεί άμεσα στην ακτινοβολία, αλλά διάχυτες ανακλάσεις, όπως από ένα χαρτί ή άλλη ματ επιφάνεια δεν είναι επικίνδυνες. Απαιτούνται προστατευτικά μέτρα, όπως ειδικά γυαλιά, κατά τη χρήση τους.
- ❖ **Class 4:** Laser υψηλής ισχύος, τα οποία είναι καταστροφικά κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες (άμεσα ή μέσω ανάκλασης). Εκτός του σημαντικού κινδύνου για τα μάτια, με ενδεχόμενη καταστροφική και μόνιμη βλάβη των ματιών, μπορεί να κόψουν ή να κάψουν το δέρμα, ενώ είναι δυνατό να προκαλέσουν ανάφλεξη σε εύφλεκτα υλικά, με κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς. Επομένως, απαιτείται μεγάλη προσοχή στο χειρισμό και τη χρήση αυτών των laser.

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

1.3 Συχνότητα και Μήκος Κύματος Ακτινοβολίας

Το κύμα μεταδίδεται από το ένα όργανο έως το σημείο που χρειάζεται να μετρηθεί με μία ταχύτητα. Η συχνότητα του κύματος είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταδοθεί ένα πλήρες μήκος κύματος.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.1)$$

όπου λ = το μήκος κύματος της ακτινοβολίας σε m

c = η ταχύτητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος σε ένα μέσο, συνήθως αναφέρεται στην ταχύτητα του φωτός σε κανονικές συνθήκες (km/s)

f = η συχνότητα του σήματος σε Hz (ένας κύκλος το δευτερόλεπτο)

Ο τρόπος και η ταχύτητα διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας βασίζεται κυρίως στη συχνότητα του σήματος, αλλά και στη φύση της ατμόσφαιρας. Η απόσταση που μετريέται μεταξύ του οργάνου και του υλικού μπορεί να υπολογιστεί, αν είναι μετρημένος ο χρόνος που ταξιδεύει η ακτινοβολία:

$$c * \Delta t' = d \quad (1.2)$$

όπου d = η απόσταση μεταξύ των δύο σημείων

$\Delta t'$ = ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα να ταξιδέψει από το πρώτο στο δεύτερο σημείο

c = η ταχύτητα του φωτός στις συνθήκες του μέσου, στο οποίο ταξιδεύει η ακτινοβολία

Στις σχέσεις (1.1) και (1.2) θεωρείται ότι η ταχύτητα του φωτός σε ένα οποιοδήποτε μέσο είναι γνωστή. Αυτή η ταχύτητα μπορεί να υπολογιστεί εάν ο δείκτης διάθλασης του μέσου και η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι γνωστά.

$$c = \frac{c_0}{n} \quad (1.3)$$

όπου n = ο δείκτης διάθλασης του μέσου

c_0 = η ταχύτητα του φωτός στο κενό

c = η ταχύτητα του φωτός σε κανονικές συνθήκες (δηλαδή στην ατμόσφαιρα)

Συνήθως, είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί ο δείκτης διάθλασης του μέσου κατά μήκος της διαδρομής της ακτινοβολίας. Έτσι η ακρίβεια του EDM εξαρτάται από αυτή την παράμετρο, την ακρίβεια δηλαδή που είναι γνωστός ο δείκτης διάθλασης.

1.4 Γενική Αρχή Λειτουργίας

Για τη μέτρηση ενός μήκους με ηλεκτρομαγνητικό τρόπο όπως αναφέρθηκε χρειάζεται να μετρηθεί ο χρόνος που χρειάζεται ένα σήμα να διανύσει μια συγκεκριμένη απόσταση από το σημείο Α που βρίσκεται το κυρίως όργανο (πομπός) μέχρι το Β που βρίσκεται ο δέκτης. Βέβαια απαραίτητο στοιχείο είναι η γνώση της συχνότητας (άρα και της περιόδου) και του μήκους κύματος της ακτινοβολίας, ούτως ώστε να προσδιορίζεται η ταχύτητα του σήματος ανά πάσα στιγμή μέσα στην ατμόσφαιρα.

Είναι φανερό ότι σε αυτή την περίπτωση αν επιδιώκεται μια ακρίβεια στο μήκος της τάξης των $\pm 3\text{mm}$ θα έπρεπε ο χρόνος να μετριέται με μία ακρίβεια της τάξης των $\pm 0.01\text{ns}$ (10^{-11}sec).

$$c * \Delta t' = d \Rightarrow \Delta t' = \frac{d}{c} = \frac{3 * 10^{-3} \text{ m}}{3 * 10^8 \text{ m/s}} = 10^{-11} \text{ sec}$$

Η γνώση του χρόνου με αυτή την ακρίβεια, δημιουργεί πολλά τεχνικά προβλήματα, τα οποία λύνονται από τους κατασκευαστές εξειδικεύοντας κατά περίπτωση αυτή τη γενική αρχή, λαμβάνοντας υπόψη και τη χρήση του EDM, με τις παρακάτω μεθόδους:

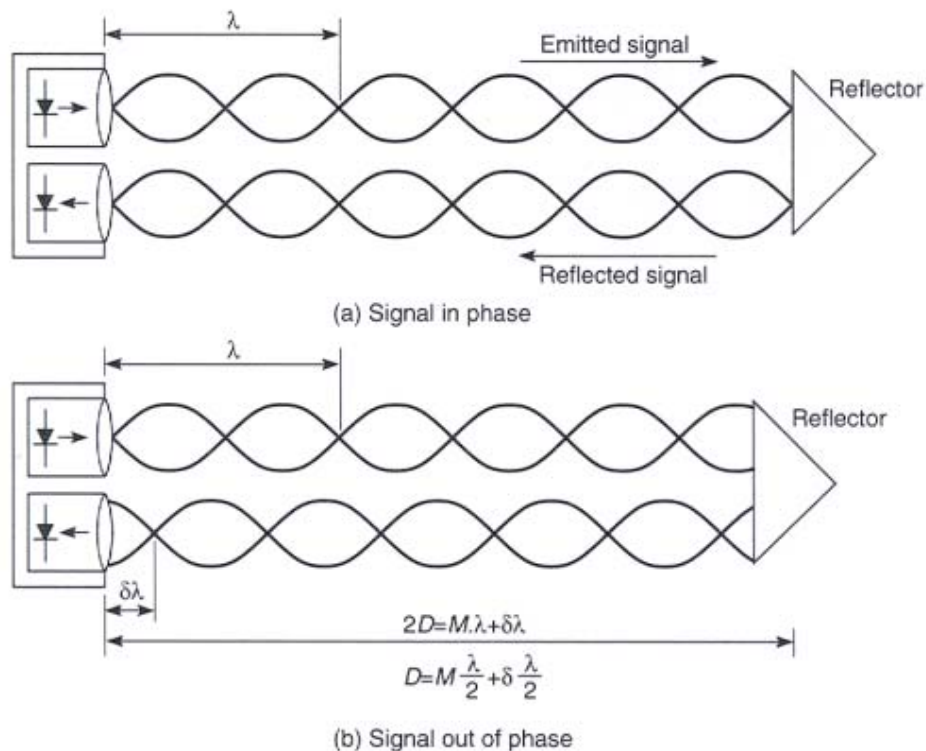
- α) Με τη μέθοδο μέτρησης της διαφοράς φάσης μεταξύ του σήματος της ακτινοβολίας που μεταδίδεται και λαμβάνεται
- β) Με τη μέθοδο μέτρησης του χρόνου διαδρομής Δt μετάβασης και επιστροφής ενός παλμού (παλλόμενου φωτός) (Μπαλοδήμος Δ. Δ., Σταθάς Δ., 1993)

1.4.1 Μέθοδος διαφοράς φάσης

Η μέθοδος διαφοράς φάσης ορίζεται ως η μέθοδος που μετράει τις διαφορές φάσης των συνεχών κυμάτων για τη μέτρηση της απόστασης.

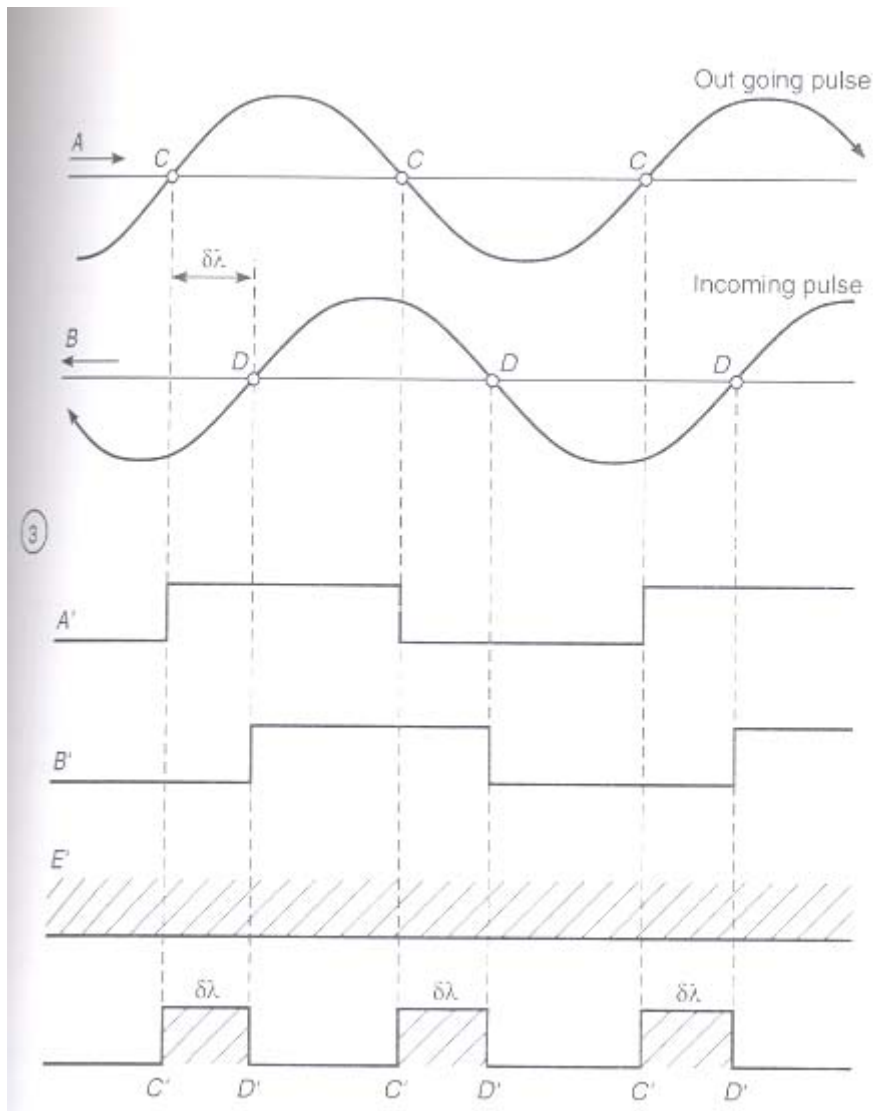
Τα περισσότερα κοινά όργανα EDM που χρησιμοποιούνται στην τοπογραφία είναι βασισμένα σε αυτήν την αρχή, ανεξάρτητα από το εάν χρησιμοποιούν τα φωτεινά κύματα, τα υπέρυθρα κύματα ή τα μικροκύματα ως μεταδιδόμενα κύματα. Βασικά το όργανο μετράει την

ποσότητα $\delta\lambda$, κατά την οποία το ανακλώμενο σήμα βρίσκεται σε διαφορετική φάση από το εκπεμπόμενο σήμα.



Σχήμα 1. 1: Αρχή της μεθόδου της διαφοράς φάσης

Το σχήμα 1.1α δείχνει τα σήματα σε συμφωνία φάσης ενώ το σχήμα 1.1β δείχνει την ποσότητα $\delta\lambda$ κατά την οποία τα σήματα (το εκπεμπόμενο από το ανακλώμενο) έχουν διαφορά φάσης. Η διπλάσια απόσταση είναι ίση με τον αριθμό M των πλήρων μηκών κύματος μαζί με το τμήμα του μήκους κύματος $\delta\lambda$. Η διαφορά φάσης μπορεί να μετρηθεί με αναλογικές ή με ψηφιακές μεθόδους. Το σχήμα 1.2 παρουσιάζει τη μέτρηση της φάσης της ποσότητας $\delta\lambda$ με ψηφιακό τρόπο.



Σχήμα 1. 2: Η μέτρηση της διαφοράς φάσης $\delta\lambda$ με ψηφιακό τρόπο

Η βασική αρχή είναι ότι η απόσταση ισούται με ταχύτητα * χρόνο. Όμως επειδή απαιτείται πολύ μεγάλη ακρίβεια στο χρόνο και αυτό δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί, για μετρήσεις μεγαλύτερης ακρίβειας επιλέγεται η μέτρηση της διαφοράς φάσης. Όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 1.2, το όργανο μπορεί να μετρήσει μια σταθερή γωνία φάσης, παρά το γεγονός ότι τα πλάτη και των δύο σημάτων ποικίλλουν συνεχώς.

Το σχήμα 1.3 απεικονίζει τη διαδρομή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από το όργανο στον ανακλαστήρα και αντιστρόφως κι έτσι αναπαριστά δύο φορές την απαιτούμενη απόσταση από το όργανο στον ανακλαστήρα. Περιοδικά φαινόμενα τα οποία ταλαντεύονται κανονικά μεταξύ μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης τιμής μπορούν να αναλυθούν σαν μια απλή αρμονική κίνηση. Τότε, εάν το P κινείται σε έναν κύκλο με μια σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω , το πλάτος ή αλλιώς η μέγιστη δύναμη του σήματος δημιουργεί μια γωνιακή φάση ϕ με τον άξονα τον x . Μια γραφική παράσταση των τιμών υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$y = A * \sin(\omega * t) = A * \sin \varphi \quad (1.4)$$

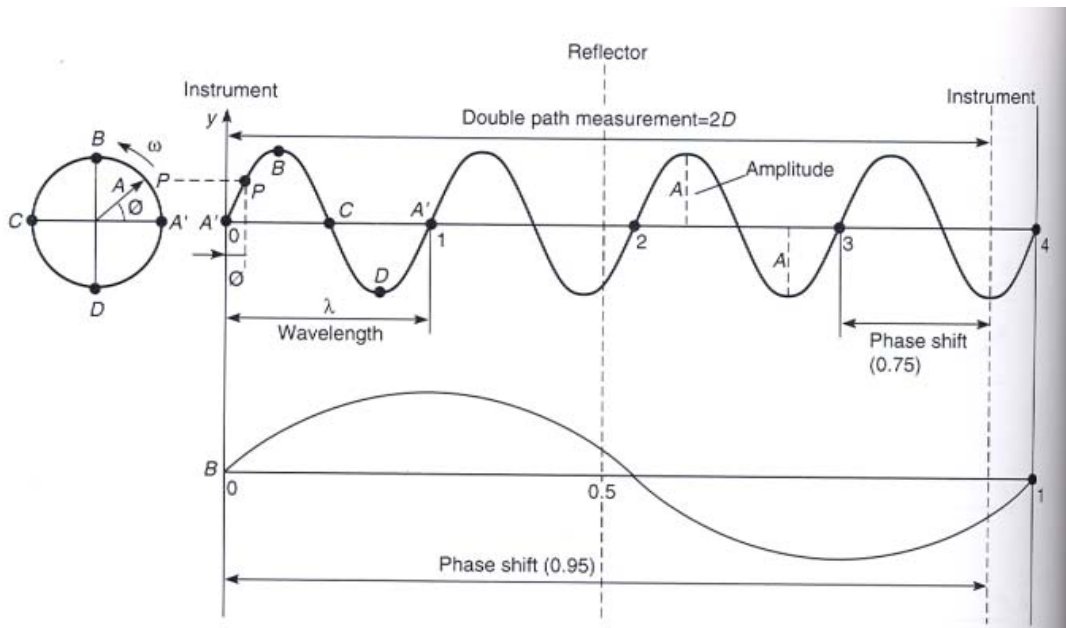
όπου:

A = πλάτος ή μέγιστη ένταση του σήματος

ω = γωνιακή ταχύτητα

t = χρόνος

φ = διαφορά φάσης



Σχήμα 1. 3: Αρχή της ηλεκτρομαγνητικής μέτρησης απόστασης

Όσον αφορά το μήκος κύματος, το $2*\pi$ αντιπροσωπεύει ένα πλήρες μήκος κύματος (λ) και το $\varphi/(2*\pi)$ είναι ένα ποσοστό του μήκους κύματος ($\delta\lambda$). Ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί ένας πλήρης κύκλος είναι η περίοδος της ταλάντωσης και συμβολίζεται ως t_s . Συνεπώς η διαφορά φάσης είναι συνάρτηση του χρόνου. Ο αριθμός των περιστροφών ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται συχνότητα f και μετράται σε Hertz, όπου ένα hertz είναι ένας κύκλος ανά δευτερόλεπτο.

Από το σχήμα 1.3 προκύπτει ότι η απόσταση $2*D$ από το όργανο στον ανακλαστήρα και πάλι πίσω στο όργανο ισοδυναμεί με

$$2 * D = M * \lambda + \delta\lambda \quad (1.5)$$

όπου M = ο ακέραιος αριθμός των μηκών κύματος στο μέσο

$\delta\lambda$ = το κλάσμα του μήκους κύματος $= \varphi / (2*\pi)*\lambda$

Καθώς η μέθοδος διαφοράς φάσης μετρά μόνο το κλάσμα του μήκους κύματος που είναι σε διαφορά φάσης, ένα δεύτερο μήκος κύματος διαφορετικής συχνότητας χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η τιμή του

Μ. Για να γίνει κατανοητό θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα που θα εξηγεί τα παραπάνω.

Μελετώντας το σχήμα 1.3, προκύπτει ότι η διπλάσια απόσταση είναι 3.75λ , εντούτοις, το όργανο θα καταγράψει μόνο τη διαφορά φάσης 0.75 .

$$2 * D = 3.75 * \lambda \quad (1.6)$$

Ένα δεύτερο κύμα με συχνότητα f' παράγεται τώρα με μήκος κύματος λ' τέσσερις φορές μεγαλύτερο ($\lambda' = 4 * \lambda$), παράγοντας μια διαφορά φάσης 0.95 . Από την άποψη της βασικής μονάδας μέτρησης, αυτό είναι ισοδύναμο με

$$0.95 * 4 = 3.80$$

Επομένως, η ακέραια τιμή μηκών κύματος M είναι $M = 3$.

Οπότε η μέτρηση της διπλάσιας διαδρομής είναι

$$2 * D = (3 + 0.75) * \lambda = 3.75\lambda$$

Γνωρίζοντας την τιμή του λ σε μονάδες μήκους προκύπτει η απόσταση. (Schofield W., 1998)

Το μικρό μήκος κύματος παρέχει μια πιο ακριβή εκτίμηση του κλασματικού μέρους δλ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σημαντικότερο μήκος κύματος ενός οργάνου είναι πάντα το μικρότερο, το οποίο συμπίπτει με την υψηλότερη συχνότητα. Αυτό είναι το "κύριο" μήκος κύματος που χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση των μηκών. Η ακρίβεια ενός οργάνου εξαρτάται από την επιλογή του κύριου μήκους κύματος λόγω της λεπτομερέστερης εκτίμησης της μέτρησης της διαφοράς φάσης δλ. (Rüeger J. M., 1996)

1.4.2 Μέθοδος των παλμών

Ένα σύντομο και μεγάλης έντασης σήμα μεταδίδεται από ένα όργανο. Αυτό το σήμα ταξιδεύει προς ένα στόχο (σημείο) και μετά επιστρέφει πάλι πίσω στο όργανο, με αποτέλεσμα να διανύει την απόσταση που πρέπει να μετρηθεί δύο φορές. Μετρώντας το λεγόμενο χρόνο πτήσης μεταξύ της μετάδοσης και της λήψης του ίδιου παλμού, η απόσταση μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$2 * d = c * \Delta t' = c * (t_B - t_A) \quad (1.7)$$

όπου d = η απόσταση μεταξύ του οργάνου και του στόχου

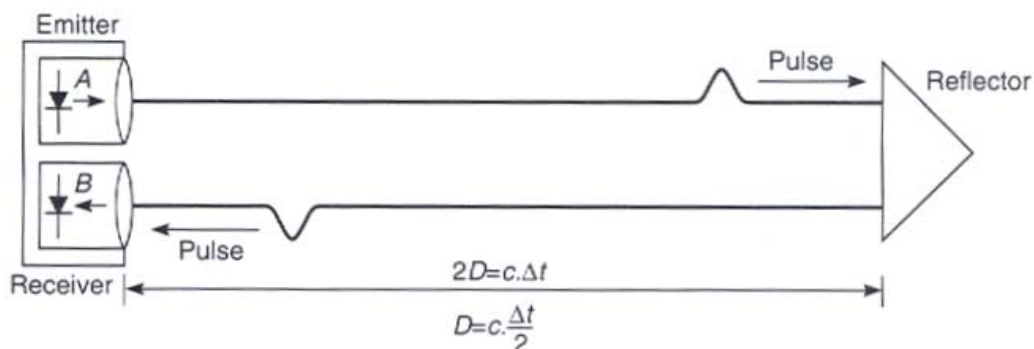
c = η ταχύτητα του φωτός στο μέσο

$\Delta t'$ = ο χρόνος πτήσης του παλμού

t_A = ο χρόνος της αναχώρησης του παλμού, χρονομετρημένος από την πύλη G_A

t_B = ο χρόνος της άφιξης του παλμού επιστροφής, χρονομετρημένος από την πύλη G_B

Το σχήμα 1.4 απεικονίζει ένα τέτοιο όργανο. Η G_A και η G_B είναι πύλες όπου η μετάβαση ενός παλμού ελέγχεται και ο χρόνος μετριέται και είναι καταγεγραμμένος.



Σχήμα 1. 4: Αρχή της μεθόδου των παλμών

Ανάλογα με τη φύση και τη δύναμη του παλμού και την απόσταση που μετριέται, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα φυσικά ή τεχνικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του τοπίου σαν ανακλαστικοί παράγοντες, στις επίγειες εφαρμογές. Μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι η ακρίβεια της μέτρησης του μήκους εξαρτάται από την ακρίβεια της χρονικής μέτρησης πτήσης. (Rüeger J. M., 1996)

1.5 Ανακλαστικότητα

Ως ανακλαστικότητα ορίζεται η σχέση ανάμεσα στην ένταση της ανακλώμενης ακτινοβολίας και στην ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας πάνω σε μια επιφάνεια. Πρακτικά περιγράφει το λόγο της ανακλαστικότητας προς το θόρυβο και επηρεάζει με συστηματικό τρόπο τη μέτρηση του μήκους. Γενικά εξαρτάται από την κατεύθυνση της ανακλώμενης ακτινοβολίας και την κατεύθυνση και το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

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

$$I_{\text{reflected}}(\lambda) = I_i(\lambda) * kd(\lambda) * \cos(\theta) \quad (1.8)$$

όπου:

- ❖ $I_i(\lambda)$ = η ένταση της φωτεινής ακτίνας, συνάρτηση του μήκους κύματος (χρώμα)
- ❖ $kd(\lambda)$ = ο συντελεστής διάχυτης ανάκλασης που είναι επίσης συνάρτηση του μήκους κύματος και
- ❖ θ = η γωνία ανάμεσα στην 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 %.

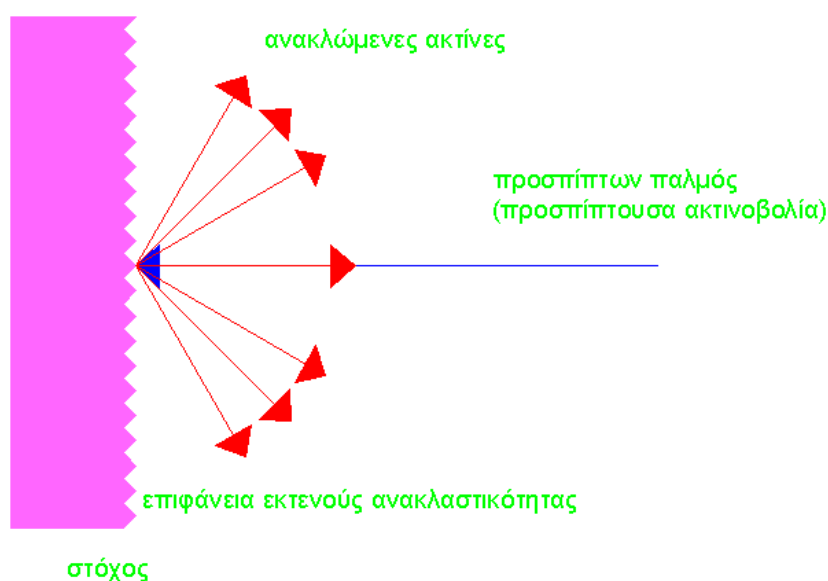
Για στόχο μεγάλης ανακλαστικότητας η μέγιστη τιμή του συντελεστή r είναι 100%. Για καθρέφτες ή για αυτοανακλώμενους στόχους, η (θεωρητική) τιμή της ανακλαστικότητας μπορεί να ξεπεράσει το 100% κατά πολύ.

Ο συντελεστής ανακλαστικότητας εξαρτάται επιπλέον από το μήκος κύματος.

Τα κυριότερα είδη ανακλαστικότητας είναι:

➤ Διαχεόμενη ανακλαστικότητα

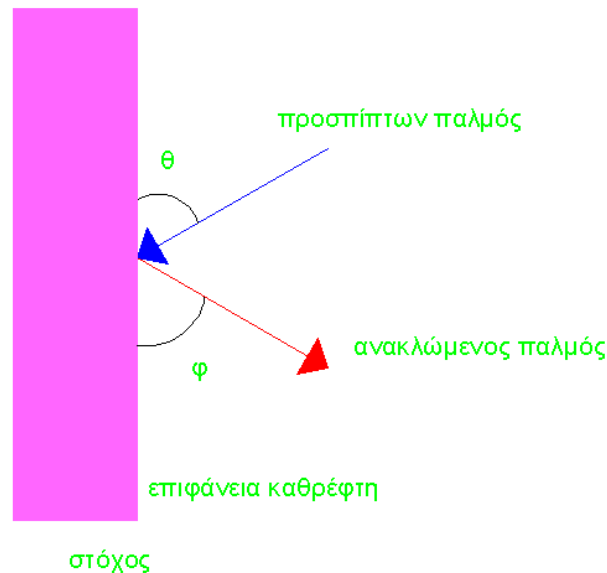
Ο παλμός ανακλάται προς όλες τις διευθύνσεις σύμφωνα με το νόμο του Lambert,



Σχήμα 1. 5: Διαχεόμενη ανακλαστικότητα

➤ Ανακλαστικότητα γυαλιστερού στόχου- καθρέφτη

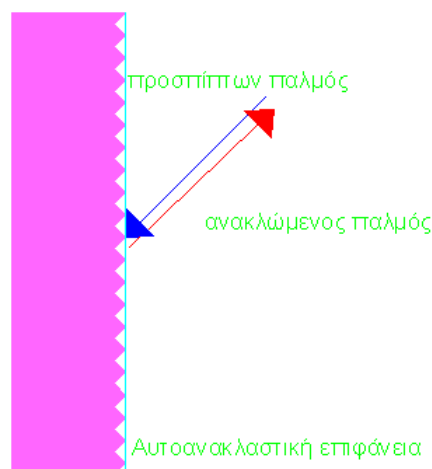
Η γωνία φ του ανακλώμενου παλμού σε σχέση με την επιφάνεια του στόχου είναι ίση με τη γωνία θ της πρόσπτωσης του παλμού στην επιφάνεια. Ο προσπίπτων και ο ανακλώμενος παλμός ανήκουν στο ίδιο επίπεδο.



Σχήμα 1. 6: Ανακλαστικότητα γυαλιστερού στόχου- καθρέφτη

➤ Αυτοανακλαστικότητα

Ο αυτοανακλώμενος παλμός επιστρέφει στην ίδια διεύθυνση με τη διεύθυνση του εκπεμπόμενου - προσπίπτοντος παλμού. Αυτή η ιδιότητα διατηρείται σε πολλές διαφορετικές διευθύνσεις του εκπεμπόμενου παλμού. (Μαυράκης Σ., 2008)



Σχήμα 1. 7: Αυτοανακλαστικότητα

1.5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας.

Γενικά πειράματα σε διάφορα γεωδαιτικά ιδρύματα 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, την περιλαμβανόμενη διάθλαση και το αποτέλεσμα της εσωτερικής διάθλασης.

- **Απόσταση**

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.

- **Μήκος κύματος παλμού laser**

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.

- **Χαρακτηριστικά επιφάνειας**

Για αντικείμενα που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά ή από διαφορετικού χρώματος ή επικάλυψης επιφάνειες, τα σφάλματα που αναμένονται είναι σημαντικά. Επίσης μια δοσμένη επιφάνεια μπορεί να παρουσιάζεται ανώμαλη σε ορατά μήκη κύματος και εξομαλυμένη σε μεγαλύτερα μήκη κύματος.

- **Μέγεθος και τύπος στόχων**

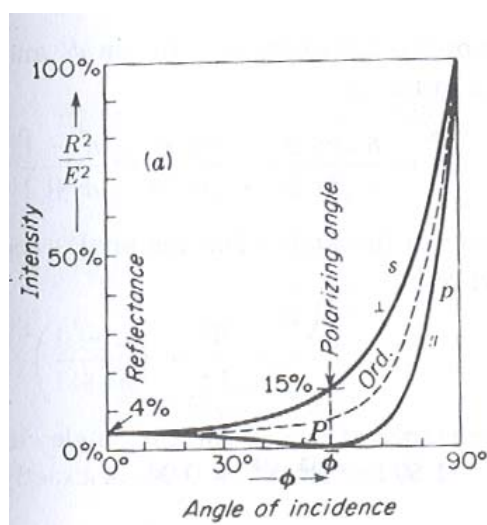
Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβολές (διακυμάνσεις) της ανακλαστικότητας είναι το μέγεθος και ο τύπος των στόχων. Αυτό αποδεικνύεται μέσω των πειραματικών διαδικασιών αφού τα αποτελέσματα ήταν τελείως διαφορετικά για μικρούς στόχους (π.χ. φύλλο), για γραμμικούς στόχους (π.χ. ένα σύρμα), εκτεταμένους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

(π.χ. η επιφάνεια ενός δρόμου) αλλά και ογκώδεις στόχους (π.χ. ένα δέντρο).

- **Γωνία πρόσπτωσης πάνω στην επιφάνεια**

Επίσης την ανακλαστικότητα μπορεί να επηρεάσει και η γωνία πρόσπτωσης του εκπεμπόμενου παλμού στην επιφάνεια ανάκλασης.

Αξίζει να αναφερθεί ότι για μια μονή γυάλινη επιφάνεια, σε κανονική πρόσπτωση περίπου το 4% της έντασης της δέσμης του μη πολωμένου ορατού φωτός ανακλάται και το υπόλοιπο 96% διαδίδεται. Σε άλλες γωνίες πρόσπτωσης η ανακλώμενη ισχύς αυξάνεται με τη γωνία, αρχικά αργά και αργότερα ταχύτερα μέχρι τις 90°, όπου όλο το φως ανακλάται. (Jetkins F., White H., 1981)



Σχήμα 1. 8: Ανακλαστικότητα σε συνάρτηση με τη γωνία πρόσπτωσης για το γυαλί με δείκτη διάθλασης $n=1.50$

- **Το χρώμα**

Έχει αποδειχθεί ότι οι άσπρες και γενικότερα οι ανοιχτόχρωμες 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). Σε επιφάνειες λαμπερές συνήθως δεν είναι εύκολο να μετρηθεί η επιστρεφόμενη ακτινοβολία.

- **Το υλικό**

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

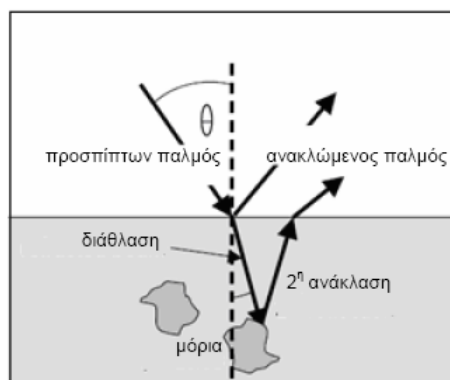
Φυσικοί παράγοντες είναι:

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

Γεωμετρικοί παράγοντες είναι:

- ❖ η τραχύτητα της επιφάνειας

Ορισμένα υλικά διαπερνούνται από τον παλμό laser και η ακτίνα επιπλέον διαθλάται και ανακλάται μέσα στο ίδιο υλικό (σχήμα 1.9). Αυτό συμβαίνει σε υλικά μη ομογενή, όπως για παράδειγμα τα ξύλο και το μάρμαρο, και προκαλεί ένα επιπλέον συστηματικό σφάλμα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς. (Μαυράκης Σ., 2008)



Σχήμα 1. 9: Επιδράσεις ανάκλασης και διάθλασης σε μη ομογενή ημιδιαφανή υλικά (ξύλο, μάρμαρο)

1.6 Σφάλματα που οφείλονται στην ατμόσφαιρα

Η επιστροφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εξαρτάται από τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων διαμέσου της ατμόσφαιρας και περιγράφεται συνήθως από το πηλίκο της ανακλώμενης ακτινοβολίας με την προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Η διάδοση μέσω της ατμόσφαιρας συμβάλλει στη μείωση και στην εξάλειψη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτό δεν θα συνέβαινε αν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταδίδονταν στο κενό. Η διάδοση αυτών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- το μήκος κύματος,
- η απόσταση,
- η θερμοκρασία,
- η βαρομετρική πίεση,
- το αεριώδες μίγμα,
- η βροχή,

- το χιόνι,
- η σκόνη,
- τα αερολύματα,
- τα βακτηρίδια, και λεπτομερέστερα, το μέγεθος των μορίων όλων αυτών των συστατικών.

Η διάδοση της ακτινοβολίας μέσω της ατμόσφαιρας εξαρτάται από τη διασπορά και την απορρόφηση αυτής από την ατμόσφαιρα. Η απορρόφηση σε διάφορες φασματικές περιοχές προκαλείται κυρίως από τον υδρατμό, το διοξείδιο του άνθρακα και το όζον. Σημειώνεται ότι μόνο ένα περιορισμένο μέρος του εγγύς υπέρυθρου φάσματος είναι κατάλληλο για EDM. (Rüeger J. M., 1996)

Η ατμόσφαιρα δεν είναι ένα ομογενές και ισότροπο μέσο και για αυτό το λόγο δεν μπορούν να προσδιοριστούν με απόλυτη ακρίβεια οι επιδράσεις που έχει αυτή στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και επομένως και στη μέτρηση του μήκους. Για αυτό το λόγο έχουν προταθεί διάφορα μαθηματικά μοντέλα που να προσεγγίζουν την πραγματική ατμόσφαιρα.

Είναι επίσης γνωστό ότι τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας (πυκνότητα, αναλογία αερίων, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση κ.λ.π) μεταβάλλονται ταχύτερα κατά τη διεύθυνση του ύψους απ' ό,τι κατά την οριζόντια διεύθυνση.

Για τις ανάγκες της γεωδαισίας χρησιμοποιείται ένα μοντέλο ατμόσφαιρας που παίρνει υπόψη του τις παραπάνω ιδιότητες και ονομάζεται Ατμόσφαιρα Αναφοράς. Το μοντέλο αυτό της ατμόσφαιρας, βασισμένο και στους νόμους των τελείων αερίων, λύνει με ικανοποιητική ακρίβεια τα προβλήματα της γεωδαισίας.

Ένα από τα βασικά προβλήματα είναι ο προσδιορισμός του δείκτη διάθλασης της ατμόσφαιρας και μάλιστα σημείο προς σημείο σε όλο το μήκος της διαδρομής της ακτινοβολίας. Βέβαια αυτό συμβαίνει περισσότερο στις μεγάλες αποστάσεις γιατί τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας αλλάζουν. Στις μικρές αποστάσεις, τα χαρακτηριστικά αυτά παραμένουν σχεδόν ίδια.

Για να προσδιοριστεί ο δείκτης διάθλασης της ατμόσφαιρας, ορίζεται ο δείκτης διάθλασης για μονοχρωματική ακτινοβολία και για κανονικές συνθήκες της ατμόσφαιρας (θερμοκρασία $\theta = 0^\circ \text{C}$ και ατμοσφαιρική πίεση $p = 760\text{mm Hg}$ δηλαδή για υψόμετρο $H = 0\text{m}$) και με τη βοήθεια αναλογικών μοντέλων υπολογίζεται ο δείκτης διάθλασης σε άλλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και στο υψόμετρο της διαδρομής. Επιπλέον επειδή τα EDM χρησιμοποιούν διαμορφωμένο φως γίνεται μια ακόμα μετατροπή στη σχέση με την οποία υπολογίζεται.

Όταν το φωτεινό κύμα προσκρούει σε μια ομαλή διαχωριστική επιφάνεια (δηλαδή μια επιφάνεια που διαχωρίζει δύο διαφανή υλικά, π.χ. αέρα και γυαλί ή νερό και γυαλί), το κύμα εν μέρει ανακλάται και εν

μέρει διαθλάται (διαδίδεται) στο δεύτερο υλικό. Η ατμόσφαιρα ως ένα μέσο μέσα στο οποίο διαδίδεται αυτή η ενέργεια, απορροφά μέρος αυτής και μη έχοντας σταθερό δείκτη διάθλασης (συνήθως για μεγάλες αποστάσεις), επηρεάζει την ακτινοβολία, κύρια ως προς την ταχύτητα διάδοσης και ως προς τη γεωμετρία της τροχιάς.

Όταν το EDM εκπέμπει μια ακτινοβολία συγκεκριμένης ισχύος P_0 , μετά τη διπλή διαδρομή 2D, ο δέκτης του θα προσλάβει ακτινοβολία με ισχύ μειωμένη. Αυτό συμβαίνει γιατί ένα ποσοστό απορροφάται από την ατμόσφαιρα και ένα ποσοστό χάνεται κατά την ανάκλαση.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο δείκτης διάθλασης της ατμόσφαιρας διαφέρει από σημείο σε σημείο. Έτσι η πορεία της ακτινοβολίας αναγκάζεται για κάθε στοιχειώδες κεκλιμένο μήκος dD που διανύει να διέρχεται από στρώματα διαφορετικής πυκνότητας με αποτέλεσμα να καμπυλώνεται. Η καμπύλωση μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες. Μια πάνω σε ένα κατακόρυφο επίπεδο και μια πάνω στο οριζόντιο επίπεδο. Έτσι έχουμε την κατακόρυφη και την οριζόντια διάθλαση. Η οριζόντια διάθλαση είναι πολύ μικρή της τάξης του 10% της κατακόρυφης. Επομένως ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η κατακόρυφη καμπυλότητα της τροχιάς για τα μήκη αλλά και τις σκοπευόμενες γωνίες. Βέβαια αυτή η περίπτωση ισχύει για μεγάλες αποστάσεις κάποιων χιλιομέτρων, και όχι για μικρές αποστάσεις της τάξης των 50 έως 100μέτρων. (Μπαλοδήμος Δ. Δ., Σταθάς Δ., 1993)

Τα φυσικά λάθη που παρουσιάζονται στις μετρήσεις με αυτά τα όργανα μέτρησης απόστασης προκαλούνται από μεταβολές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της πίεσης. Σήμερα όλα τα όργανα έχουν ενσωματωμένα μοντέλα με συγκεκριμένες παραμέτρους και γίνονται αυτόματα όλες οι δυνατές διορθώσεις.

Για όργανα με μικροκύματα είναι απαραίτητο να γίνονται διορθώσεις για θερμοκρασία, υγρασία και πίεση, ενώ για τα ηλεκτρομαγνητικά όργανα που χρησιμοποιούνται σήμερα, η υγρασία μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Πρέπει να λαμβάνονται δεδομένα για την υγρασία, τη θερμοκρασία και την πίεση και για τα δύο άκρα της γραμμής που μετριέται κάθε φορά και για ενδιάμεσα σημεία, όταν η επιθυμητή ακρίβεια είναι πολύ υψηλή. Σε πολύ ζεστές μέρες, είναι επιθυμητό να προστατεύονται τόσο το όργανο όσο και ο μετεωρολογικός εξοπλισμός με ομπρέλα. Χιόνι, ομίχλη, βροχή και σκόνη επιδρούν στην “ορατότητα” των οργάνων και μειώνουν δραστικά τα μήκη που μπορούν να μετρηθούν. Το μήκος που μπορεί να μετρηθεί με ένα συγκεκριμένο όργανο εξαρτάται μερικές φορές από φαινόμενα που οφείλονται σε ανακλάσεις στο έδαφος, όταν γίνονται σκοπεύσεις κοντά στην επιφάνεια αυτού. Αυτός ο παράγοντας μπορεί να μειωθεί αρκετά, κάνοντας σκοπεύσεις όσο πιο ψηλά γίνεται από το έδαφος. (McCormac J., 1995)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

2.1 Γενικά

Σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση:

- της μέτρησης του μήκους και
- του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας με τη χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών που έχουν τη δυνατότητα να μετρούν χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα

ως προς την ορθότητα και την ακρίβεια (αξιοπιστία) σε διάφορα υλικά, σε διαφορετικές αποστάσεις και με διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος (ατμόσφαιρα).

Τα Αντικείμενα της εργασίας αυτής μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

- Μέτρηση μήκους της τάξης των 15m σε εσωτερικό χώρο με 5ΟΓΣ σε 21 υλικά σε 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης της ακτινοβολίας
- Μέτρηση του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στο όργανο (στην προηγούμενη περίπτωση)
- Μέτρηση μήκους της τάξης των 50m σε εσωτερικό χώρο με 5ΟΓΣ σε 21 υλικά σε 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης της ακτινοβολίας
- Μέτρηση του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στο όργανο (στην προηγούμενη περίπτωση)
- Μέτρηση μήκους της τάξης των 50m σε εξωτερικό χώρο με 5ΟΓΣ σε 21 υλικά σε 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης της ακτινοβολίας
- Μέτρηση του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στο όργανο (στην προηγούμενη περίπτωση)
- Μέτρηση μήκους της τάξης των 200m σε εξωτερικό χώρο με 5ΟΓΣ σε 21 υλικά σε 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης της ακτινοβολίας
- Μέτρηση του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στο όργανο (στην προηγούμενη περίπτωση)
- Υπολογισμός και αξιολόγηση της διαφοράς της τιμής της μέτρησης του μήκους σε κάθε υλικό σε σχέση με το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα στα 15m σε εσωτερικό χώρο, σε όλα τα υλικά , σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης και με όλους τους ΟΓΣ

- Υπολογισμός και αξιολόγηση της διαφοράς της τιμής της μέτρησης του μήκους σε κάθε υλικό σε σχέση με το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα στα 50m σε εσωτερικό χώρο, σε όλα τα υλικά, σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης και με όλους τους ΟΓΣ
- Υπολογισμός και αξιολόγηση της διαφοράς της τιμής της μέτρησης του μήκους σε κάθε υλικό σε σχέση με το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα στα 50m σε εξωτερικό χώρο, σε όλα τα υλικά, σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης και με όλους τους ΟΓΣ
- Υπολογισμός και αξιολόγηση της διαφοράς της τιμής της μέτρησης του μήκους σε κάθε υλικό σε σχέση με το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα στα 200m σε εξωτερικό χώρο, σε όλα τα υλικά, σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης και με όλους τους ΟΓΣ
- Εκτίμηση της διασποράς των μετρήσεων σε κάθε στόχο σε όλες τις γωνίες για απόσταση 15m σε εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Torcon GPT 7003i
- Εκτίμηση της διασποράς των μετρήσεων σε κάθε στόχο σε όλες τις γωνίες για απόσταση 50m σε εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Torcon GPT 7003i
- Εκτίμηση της διασποράς των μετρήσεων σε κάθε στόχο σε όλες τις γωνίες για απόσταση 50m σε εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Torcon GPT 7003i
- Εκτίμηση της διασποράς των μετρήσεων σε κάθε στόχο σε όλες τις γωνίες για απόσταση 200m σε εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Torcon GPT 7003i

2.2 Διαδικασία ελέγχου σε εσωτερικό χώρο (τούνελ)

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων επιλέχθηκε ένας ειδικά διαμορφωμένος χώρος (τούνελ, φωτ. 2.1) στο υπόγειο του κτηρίου Λαμπαδαρίου.

Ο χώρος αυτός έχει μήκος περίπου 50m. Τα βάρη πάνω στα οποία τοποθετούνται τα όργανα και η βάση στήριξης των υλικών, βρίσκονται σε συγκεκριμένες αποστάσεις μεταξύ τους ώστε να διευκολύνεται ο μετρολογικός έλεγχος των οργάνων.

Οι συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας μέσα στο τούνελ είναι σταθερές. Επίσης με δεδομένο ότι δεν υπάρχουν παράθυρα, με αποτέλεσμα την αποφυγή προβλημάτων που σχετίζονται με τον ήλιο, και ότι ο φωτισμός είναι τεχνητός, είναι δυνατό οι συνθήκες φωτισμού να διατηρηθούν σταθερές.



Φωτογραφία 2.1: Μετρήσεις στο τούνελ

Επιλέχθηκε να μετρηθεί το μήκος και η ανακλώμενη από κάθε υλικό ακτινοβολία σε αποστάσεις των 15m και 50m.

- Σε ένα βάθρο τοποθετήθηκε μια βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης πάνω στην οποία τοποθετήθηκαν διαδοχικά οι πέντε ΟΓΣ.
- Για την τοποθέτηση των στόχων σε απόσταση 15m ή 50m, χρησιμοποιήθηκε μια ίδια με την προηγούμενη βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης, η οποία τοποθετήθηκε στο βάθρο και εξασφαλίζει την κέντρωση στο ίδιο πάντα σημείο, με αποτέλεσμα να εξαλείφεται το σφάλμα της κέντρωσης. Πάνω σε αυτήν τοποθετήθηκε το τρικόχλιο, η βάση στήριξης, ο ανακλαστήρας (φωτ. 2.2) και εναλλακτικά η βάση στήριξης των υλικών (φωτ. 2.5) και τα μελετώμενα υλικά.



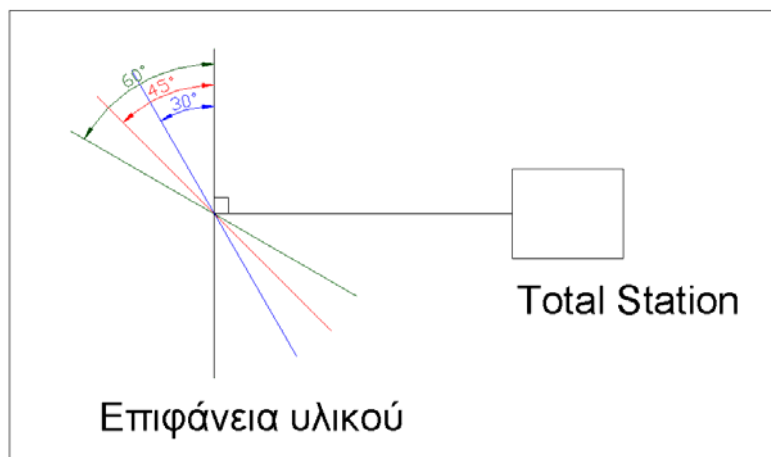
Φωτογραφία 2.2: Ανακλαστήρας

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων είναι η εξής:

- Σκοπεύεται ο ανακλαστήρας αφού πακτωθεί το όργανο και πραγματοποιείται η μέτρηση του συγκεκριμένου μήκους.
- Χωρίς μεταβολή της κατακόρυφης γωνίας, στη θέση του ανακλαστήρα τοποθετείται η βάση στήριξης των υλικών και ένα υλικό κάθε φορά.

- Μετράται το μήκος από τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό μέχρι το υλικό για 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης, μία φορά για όλα τα όργανα εκτός από τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i με τον οποίο μετρήθηκε το κάθε μήκος πέντε φορές.
- Μετράται το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για όλα τα υλικά σε 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.

Οι γωνίες πρόσπτωσης που επιλέχθηκαν ήταν οι εξής: 90° , 30° , 45° , 60° . Γωνία των 90° ορίζεται όταν η επιφάνεια του υλικού είναι κάθετη στην προσπίπτουσα ακτινοβολία, δηλαδή στο σκοπευτικό άξονα. Οι υπόλοιπες γωνίες ορίζονται από τη στροφή της επιφάνειας του υλικού αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού, δηλαδή αριστερόστροφα σε σχέση με τη θέση του οργάνου (σχήμα 2.1).



Σχήμα 2. 1: Γωνία πρόσπτωσης 90° , 30° , 45° , 60°

Για να αποφευχθούν σφάλματα που θα οφείλονταν στον εμπειρικό ορισμό των παραπάνω γωνιών, κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ένα φωτοαντίγραφο μοιρογνωμονίου, το οποίο τοποθετήθηκε πάνω στο τρικόχλιο (φωτ. 2.3 και φωτ. 2.4).



Φωτογραφία 2.3: Μοιρογνώμονιο



Φωτογραφία 2.4: Μοιρογνωμόνιο και βάση στήριξης

- Μετρήθηκαν τα μήκη με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 σε απόσταση 50m με σβηστά φώτα για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων σε σχέση με τα αποτελέσματα του ίδιου οργάνου, στην ίδια απόσταση με τα ίδια υλικά, αλλά με αναμμένα φώτα.

2.3 Διαδικασία ελέγχου σε εξωτερικό χώρο

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τη διεξαγωγή των μετρήσεων στο ύπαιθρο σε αποστάσεις των 50m και 200m.

Η απόσταση των 50m μελετήθηκε ώστε να γίνει σύγκριση με τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο τούνελ, ενώ η απόσταση των 200m επιλέχθηκε για τη μελέτη της συμπεριφοράς των ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών έναντι των υλικών σε αποστάσεις που προσεγγίζουν τις ονομαστικές τιμές της εμβέλειας των οργάνων.

2.4 Κριτήριο αξιολόγησης της μέτρησης του μήκους

Για τον έλεγχο της ορθότητας της μέτρησης του μήκους χωρίς ανακλαστήρα με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i το μήκος μετρήθηκε 5 φορές και από αυτά τα αποτελέσματα υπολογίστηκε ένας μέσος όρος, ο οποίος συγκρίθηκε με την τιμή του μήκους που μετρήθηκε με τη χρήση ανακλαστήρα. Για τα υπόλοιπα όργανα πραγματοποιήθηκε μόνο μία μέτρηση για το κάθε μήκος και αυτό συγκρίθηκε με την τιμή της μέτρησης του μήκους με τη χρήση ανακλαστήρα ως εξής:

Υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ της μέτρησης του μήκους χωρίς ανακλαστήρα και της μέτρησης του μήκους με ανακλαστήρα. Η διαφορά αυτή εκφράζεται από τη σχέση 2.1

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

όπου β_1 = η μέτρηση του μήκους με χρήση ανακλαστήρα
 α_1 = η μέτρηση του μήκους χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα

Από το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων υπολογίστηκε το σφάλμα της παραπάνω διαφοράς που δίνεται από τον τύπο 2.2

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{(\sigma_{\beta 1})^2 + (\sigma_{\alpha 1})^2} \quad (2.2)$$

όπου $\sigma_{\beta 1}$, $\sigma_{\alpha 1}$ τα ονομαστικά σφάλματα της μέτρησης του μήκους με και χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα αντίστοιχα.

Η αξιολόγηση των μετρήσεων έγινε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Για να είναι αποδεκτή η διαφορά και να είναι αξιόπιστη η μέτρηση θα πρέπει να ισχύει η σχέση 2.3.

$$-z_{95} * \sigma_{\Delta D} \leq \Delta D \leq z_{95} * \sigma_{\Delta D} \quad (2.3)$$

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και για μονοδιάστατο έλεγχο η τιμή του z_{95} είναι 1.96.

2.5 Βάση στήριξης

Για να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη μέτρηση του μήκους στον ανακλαστήρα και τη μέτρηση του μήκους απ' ευθείας πάνω στα υλικά κρίθηκε αναγκαία η τοποθέτηση των στόχων σε μια κατάλληλη διάταξη (φωτ. 2.5), 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 ταύτιση της με το σημείο μέτρησης του μήκους στον ανακλαστήρα.



Φωτογραφία 2.5: Βάση στήριξης των υλικών

Η κατασκευή αυτή έχει ένα συστηματικό σφάλμα 0.7mm στην τοποθέτηση του δοκιμίου. Κάθε υλικό τοποθετείται στο κατακόρυφο επίπεδο που ορίζουν οι βραχίονες της βάσης κατά 0.7mm πίσω από το σημείο κέντρωσης της. (Μαυράκης Σ., 2008) Δηλαδή κάθε μήκος μετράται 0.7mm μεγαλύτερο. Η τιμή αυτή είναι πολύ μικρότερη της ακρίβειας μέτρησης του μήκους με ΟΓΣ που χρησιμοποιήθηκαν και για αυτό κρίθηκε αμελητέα η διόρθωση κάθε μήκους με αυτή την ποσότητα.

2.6 Όργανα

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των μετρήσεων είναι τα ακόλουθα:

- ❖ ΟΓΣ Leica TCR 405
- ❖ ΟΓΣ Leica TCRM 1201
- ❖ ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN
- ❖ ΟΓΣ Topcon GPT 3105N
- ❖ ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

2.6.1 ΟΓΣ Leica TCR 405

Ο ΟΓΣ Leica TCR 405 (φωτ. 2.6) έχει τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα
- Δυνατότητα ορατής ή όχι εκπομπής της δέσμης laser
- Ατέρμονες κοχλίες κίνησης (δηλαδή το όργανο δεν έχει πάκτωση) για τις οριζόντιες και τις κατακόρυφες μετακινήσεις
- Βάρος 5.2 kg (συμπεριλαμβανομένης της μπαταρίας και όχι της βαλίτσας)
- Για τις γωνίες έχει απόδοση 3^{cc} και ακρίβεια $\pm 15^{\text{cc}}$
- Βεληνεκές για μέτρηση σε έναν ανακλαστήρα:
 - 1800m (πυκνή ομίχλη, ορατότητα 5km, ή δυνατή ηλιοφάνεια, ισχυρές αντανakλάσεις λόγω θερμότητας),
 - 3000m (αραιή ομίχλη, ορατότητα περίπου 20km, ή ελαφρά ηλιοφάνεια, ασθενείς αντανakλάσεις λόγω θερμότητας) και
 - 3500m (νεφελώδη ουρανό, χωρίς ομίχλη, ορατότητα περίπου 40km, καθόλου αντανakκλαση λόγω θερμότητας)
- Για τα μήκη με χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 2.4sec και ακρίβεια $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Βεληνεκές για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα στην Kodak White Card:
 - 200m (αντικείμενο σε δυνατή ακτινοβολία, ισχυρές αντανakκλάσεις λόγω θερμότητας),
 - 300m (αντικείμενο είναι σε σκιά ή συννεφιά) και
 - μεγαλύτερο από 400m (ημέρα, νύχτα και λυκόφως)
- Βεληνεκές για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα (γκρι, λευκαύγεια 0.25, δηλαδή ο λόγος της ποσότητας του φωτός που ανακλάται στην επιφάνεια προς το φως που λαμβάνει να είναι 0.25):
 - 100m (αντικείμενο σε δυνατή ακτινοβολία, ισχυρές αντανakκλάσεις λόγω θερμότητας)
 - 150m (αντικείμενο σε σκιά ή συννεφιά) και

- μεγαλύτερο από 200m (ημέρα, νύχτα και λυκόφως)
- Για μήκη μέχρι 500m χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 3-6sec, και ακρίβεια $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Για μήκη μεγαλύτερα από 500m χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 12sec, και ακρίβεια $\pm 4\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Βεληνεκές για μέτρηση σε ανακλαστήρα, αλλά με λειτουργία RL (λειτουργία για μέτρηση μήκους χωρίς ανακλαστήρα):
 - 2200m (πυκνή ομίχλη, ορατότητα 5km, ή δυνατή ηλιοφάνεια, ισχυρές αντανάκλασεις λόγω θερμότητας),
 - 7500m (αραιή ομίχλη, ορατότητα περίπου 20km, ή ελαφρά ηλιοφάνεια, ασθενείς αντανάκλασεις λόγω θερμότητας) και
 - μεγαλύτερο από 10000m (νεφελώδης ουρανός, χωρίς ομίχλη, ορατότητα περίπου 40km, καθόλου αντανάκλαση λόγω θερμότητας). Αυτή η διαδικασία αυξάνει σημαντικά την εμβέλεια του οργάνου.
- Μια ορατή ερυθρή ακτίνα laser, κατακόρυφη πάνω στον ΠΠ΄ άξονα του οργάνου εκπέμπεται από τη βάση του οργάνου και χρησιμοποιείται για την επισήμανση του σημείου έχει μέγιστη ισχύ 1 mW και το laser είναι κατηγορίας 2
- Το παραπάνω laser έχει διάμετρο κουκίδας 2.5mm στο 1.5m ύψος οργάνου και $\pm 1.5\text{mm}$ στο 1.5m ύψος οργάνου
- Η ορατή ακτίνα laser που εκπέμπεται από το φακό του τηλεσκοπίου για τη μέτρηση της απόστασης έχει μέγιστη ισχύ 5mW και το laser είναι κατηγορίας 3



Φωτογραφία 2.6: Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR 405

2.6.2 ΟΓΣ Leica TCRM 1201

Ο ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (φωτ. 2.7) έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα
- Δυνατότητα ορατής ή όχι εκπομπής της δέσμης laser
- Ατέρμονες κοχλίες κίνησης (δηλαδή το όργανο δεν έχει πάκτωση) για τις οριζόντιες και τις κατακόρυφες γωνίες
- Βάρος 5.5 kg (συμπεριλαμβανομένης της μπαταρίας και όχι της βαλίτσας)
- Για τις γωνίες έχει απόδοση 0.3^{cc} και ακρίβεια $\pm 3^{\circ}$
- Βεληνεκές για μέτρηση σε έναν ανακλαστήρα:
 - 1800m (πυκνή ομίχλη, ορατότητα 5km, ή δυνατή ηλιοφάνεια, ισχυρές αντανakλάσεις λόγω θερμότητας),
 - 3000m (αραιή ομίχλη, ορατότητα περίπου 20km, ή ελαφρά ηλιοφάνεια, ασθενείς αντανakλάσεις λόγω θερμότητας) και
 - 3500m (νεφελώδης ουρανός, χωρίς ομίχλη, ορατότητα περίπου 40km, καθόλου αντανakλαση λόγω θερμότητας)
- Για τα μήκη με χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 0.1mm, με χρόνο μέτρησης 2.4sec και ακρίβεια $\pm 1\text{mm} \pm 1.5\text{ppm}$
- Βεληνεκές για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα στην Kodak White Card:
 - 200m (αντικείμενο σε δυνατή ακτινοβολία, ισχυρές αντανakλάσεις λόγω θερμότητας),
 - 300m (αντικείμενο σε σκιά ή συννεφιά) και
 - μεγαλύτερο από 400m (ημέρα, νύχτα και λυκόφως)
- Βεληνεκές για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα στην Kodak Gray Card:
 - 100m (αντικείμενο σε δυνατή ακτινοβολία, ισχυρές αντανakλάσεις λόγω θερμότητας),
 - 150m (αντικείμενο σε σκιά ή συννεφιά) και
 - μεγαλύτερο από 200m (ημέρα, νύχτα και λυκόφως)
- Για μήκη μέχρι 500m χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 0.1mm, με χρόνο μέτρησης 3-6sec (με μέγιστο χρόνο μέτρησης τα 12sec), και ακρίβεια $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Για μήκη μεγαλύτερα από 500m χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 0.1mm, με χρόνο μέτρησης 3-6sec (με μέγιστο χρόνο μέτρησης τα 12sec), και ακρίβεια $\pm 4\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Βεληνεκές για μέτρηση σε ανακλαστήρα, αλλά με λειτουργία RL (λειτουργία για μέτρηση μήκους χωρίς ανακλαστήρα):
 - 2200m (πυκνή ομίχλη, ορατότητα 5km, ή δυνατή ηλιοφάνεια, ισχυρές αντανakλάσεις λόγω θερμότητας),

- 7500m (αραιή ομίχλη, ορατότητα περίπου 20km, ή ελαφρά ηλιοφάνεια, ασθενείς αντανάκλασεις λόγω θερμότητας) και
- μεγαλύτερο από 10000m (νεφελώδης ουρανός, χωρίς ομίχλη, ορατότητα περίπου 40km, καθόλου αντανάκλαση λόγω θερμότητας). Αυτή η διαδικασία αυξάνει σημαντικά την εμβέλεια του οργάνου.
- Η κέντρωση γίνεται μέσω ενός laser, το οποίο παράγει μια ορατή ερυθρή ακτίνα laser, η οποία εκπέμπεται από τη βάση του οργάνου και έχει μέγιστη ισχύ 1 mW και το laser είναι κατηγορίας 2.



Φωτογραφία 2.7: Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TCRM 1201

2.6.3 ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN

Ο ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN (φωτ. 2.8) έχει τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα
- Βάρος 5.3kg (συμπεριλαμβανομένης και της μπαταρίας και όχι της βαλίτσας)
- Βεληνεκές για μέτρηση σε έναν ανακλαστήρα:
 - 3000m (ελαφριά καταχνιά με ορατότητα περίπου 20km, μέτριο φωτισμό και ελαφριά ένταση ακτινοβολίας) και
 - 4000m (χωρίς καταχνιά με ορατότητα περίπου 40km, νεφοσκεπής χωρίς μεγάλη ένταση ακτινοβολίας)
- Για τα μήκη με χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.2 sec και ακρίβεια $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Βεληνεκές για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα (σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και χωρίς εκτυφλωτικό φως στο στόχο) 250m για στόχο Kodak White Card, και για μετρήσεις χωρίς

ανακλαστήρα αλλά με τη δυνατότητα μέτρησης μεγάλων αποστάσεων 500m για στόχο Kodak Gray Card (η οποία έχει διάσταση $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$) και 1200m για στόχο Kodak White Card (η οποία έχει διάσταση $1\text{m} \times 1\text{m}$).

- Για μήκη μέχρι 25m χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.2 sec και ακρίβεια $\pm 10\text{mm}$
- Για μήκη μεγαλύτερα από 25m χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.2 sec και ακρίβεια $\pm 5\text{mm}$
- Για μήκη χωρίς χρήση ανακλαστήρα και με δυνατότητα μέτρησης μεγάλων αποστάσεων έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.5 - 6 sec και ακρίβεια $\pm 10\text{mm} \pm 10\text{ppm}$ (όταν η μετρούμενη απόσταση είναι πάνω από 500m ή όταν ο συντελεστής ανάκλασης της μετρούμενης επιφάνειας είναι χαμηλός, ο χρόνος μέτρησης μπορεί να γίνει μεγαλύτερος και η μετρούμενη απόσταση δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 500m όταν χρησιμοποιείται η λευκή επιφάνεια της Kodak Gray Card)
- Για τις γωνίες έχει απόδοση 3° και ακρίβεια $\pm 10^\circ$



Φωτογραφία 2.8: Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 3003 LN

2.6.4 ΟΓΣ Topcon GPT 3105N

Ο ΟΓΣ Topcon GPT 3105N (φωτ. 2.9) έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα
- Βάρος 5.3kg (συμπεριλαμβανομένης και της μπαταρίας και όχι της βαλίτσας)

- Βεληνεκές για μέτρηση σε έναν ανακλαστήρα: 3000m (ελαφριά καταχνιά με ορατότητα περίπου 20km, μέτριο φωτισμό και ελαφριά ένταση ακτινοβολίας)
- Για μήκη με χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.1 sec και ακρίβεια $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Βεληνεκές για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα (σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και χωρίς εκτυφλωτικό φως στο στόχο) 350m για στόχο Kodak White Card
- Για μήκη χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.7 sec και ακρίβεια $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ (όταν η μετρούμενη απόσταση είναι πάνω από 100m ή όταν ο συντελεστής ανάκλασης της μετρούμενης επιφάνειας είναι χαμηλός, ο χρόνος μέτρησης μπορεί να γίνει μεγαλύτερος)
- Για τις γωνίες έχει απόδοση 3° και ακρίβεια $\pm 15^{\circ}$
- Η ορατή ακτίνα laser που εκπέμπεται από το φακό του τηλεσκοπίου για τη μέτρηση της απόστασης είναι κατηγορίας 1



Φωτογραφία 2.9: Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 3105N

2.6.5 ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

Ο ΟΓΣ Topcon GPT 7003i (φωτ. 2.10) έχει τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα
- Βάρος 6.6kg (συμπεριλαμβανομένης και της μπαταρίας και όχι της βαλίτσας)
- Βεληνεκές για μέτρηση σε έναν ανακλαστήρα: 3000m (ελαφριά καταχνιά με ορατότητα περίπου 20km, μέτριο φωτισμό και ελαφριά ένταση ακτινοβολίας)

- Για μήκη μέχρι 25m και με χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.2 sec και ακρίβεια $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Για μήκη μεγαλύτερα από 25m και με χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.2 sec και ακρίβεια $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$
- Βεληνεκές για μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα (σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και χωρίς εκτυφλωτικό φως στο στόχο) 250m στην Kodak White Card
- Για μήκη μεγαλύτερα από 1.5m χωρίς χρήση ανακλαστήρα έχει απόδοση 1mm, με χρόνο μέτρησης 1.2 sec και ακρίβεια $\pm 5\text{mm}$
- Για τις γωνίες έχει απόδοση 3° και ακρίβεια $\pm 10^\circ$
- Η ορατή ακτίνα laser που εκπέμπεται από το φακό του τηλεσκοπίου για τη μέτρηση της απόστασης είναι κατηγορίας 1



Φωτογραφία 2.10: Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 7003i

2.7 Υλικά

Τα υλικά που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν για αυτές τις μετρήσεις είναι κυρίως υλικά τα οποία συναντά κανείς συχνά στην καθημερινότητα του. Μελετήθηκαν υλικά τα οποία παρουσιάζουν διαφορές στην ομαλότητα της επιφάνειας (λείες, τραχείες), το χρώμα, ώστε να διαπιστωθεί πώς επηρεάζουν αυτοί οι παράγοντες τη μέτρηση του μήκους και της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν υλικά τα οποία έχουν ιδιαίτερη σημασία για την τοπογραφία, όπως η Kodak Gray Card, που χρησιμοποιείται ως αναφορά για τον ορισμό της εμβέλειας. Τα υλικά τοποθετήθηκαν με τέτοιο τρόπο στη βάση στήριξης ώστε η πρόσθια επιφάνεια τους να εφάπτεται των

πρόσθιων βραχιόνων της βάσης, ώστε η απόσταση ανάμεσα στον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και το εκάστοτε υλικό να παραμένει σταθερή και άμεσα συγκρίσιμη. Τα 21 υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| • Kodak White Card | • Kodak Gray Card |
| • Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος | |
| • Τσιμέντο λευκό | • Τσιμέντο γκρι |
| • Χαρτόνι γκρι | • Χαρτόνι μαύρο |
| • Πλαστικό λευκό | • Πλαστικό κόκκινο |
| • Πλακάκι γκρι | • Πλακάκι μπλε |
| • Αφρολέξ λευκό | • Αφρολέξ καφέ |
| • Μάρμαρο | • Ξύλο |
| • Νοβοπάν | • Μελαμίνη |
| • Κεραμίδι | • Ασφαλτος |
| • Βράχος | • Γυαλί |

και παρουσιάζονται στις φωτογραφίες 2.11 έως 2.31



Φωτογραφία 2.11: Kodak White Card



Φωτογραφία 2. 12: Kodak Gray Card



Φωτογραφία 2. 13: Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος



Φωτογραφία 2. 14: Τσιμέντο λευκό



Φωτογραφία 2. 15: Τσιμέντο γκρι



Φωτογραφία 2. 16: Χαρτόνι γκρι



Φωτογραφία 2. 17: Χαρτόνι μαύρο



Φωτογραφία 2. 18: Πλαστικό λευκό



Φωτογραφία 2. 19: Πλαστικό
κόκκινο



Φωτογραφία 2. 20: Πλακάκι γκρι



Φωτογραφία 2. 21: Πλακάκι μπεζ



Φωτογραφία 2. 22: Αφρολέξ λευκό



Φωτογραφία 2. 23: Αφρολέξ καφέ



Φωτογραφία 2. 24: Μάρμαρο



Φωτογραφία 2. 25: Ξύλο



Φωτογραφία 2. 26: Νοβοπάν



Φωτογραφία 2. 27: Μελαμίνη



Φωτογραφία 2. 28: Κεραμίδι



Φωτογραφία 2. 29: Άσφαλτος



Φωτογραφία 2. 30: Βράχος



Φωτογραφία 2. 31: Γυαλί

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Γενικά

Για κάθε όργανο υπολογίστηκε η διαφορά του μήκους που μετρήθηκε πάνω σε ένα υλικό από το μήκος στον ανακλαστήρα.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με πίνακες και διαγράμματα, όπου στους πίνακες παρουσιάζεται αυτή η διαφορά αριθμητικά, ενώ στα διαγράμματα παρουσιάζεται αυτή η διαφορά σχηματικά για όλα τα υλικά και για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης.

Στη σχεδίαση των διαγραμμάτων σε πολλές περιπτώσεις δεν λαμβάνονται υπόψη οι μετρήσεις που έχουν γίνει πάνω στο γυαλί επειδή αυτές έχουν μεγάλες διαφορές από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα, με αποτέλεσμα το διάγραμμα που θα προέκυπτε να μην ήταν ευδιάκριτο, αφού οι περισσότερες μετρήσεις θα ήταν συνωστισμένες σε μικρή περιοχή του διαγράμματος και δεν θα μπορούσαν να εξαχθούν συμπεράσματα για αυτές.

Επιπλέον, αν κάποια άλλη μέτρηση σε κάποιο υλικό ή σε κάποια γωνία πρόσπτωσης έχει μεγάλη διαφορά από τη μέτρηση που έχει γίνει πάνω στον ανακλαστήρα, αυτή δεν λαμβάνεται υπόψη. Όταν συμβαίνει το παραπάνω, σχολιάζεται στην αντίστοιχη παράγραφο και αναφέρεται το υλικό και η γωνία πρόσπτωσης στην οποία συμβαίνει.

Επίσης, έγινε σύγκριση των διαφορών από το μήκος στον ανακλαστήρα μεταξύ όλων των γωνιών πρόσπτωσης και της κάθετης διεύθυνσης. Η σύγκριση αυτή έγινε για να διαπιστωθεί αν όσο η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας μεγαλώνει αλλάζει η διαφορά από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα σε σχέση με την κάθετη διεύθυνση. Ακόμη έγινε σύγκριση και μεταξύ των υλικών, αν αυτά συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο και αν η διαφορά από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι ίδια για όλα τα υλικά στις αντίστοιχες γωνίες πρόσπτωσης.

Ακολουθεί για κάθε υλικό η παρουσίαση διαγραμμάτων του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας laser. Σε κάθε διάγραμμα απεικονίζεται η επιστρεφόμενη ακτινοβολία όλων των ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών για κάθε υλικό, αλλά και για κάθε απόσταση ξεχωριστά.

Επίσης, η διερεύνηση της διασποράς των μετρήσεων σε όλα τα υλικά και όλες τις γωνίες πρόσπτωσης σε απόσταση 15m και 50m στον εσωτερικό χώρο, στα 50m και 200m στον εξωτερικό χώρο

πραγματοποιήθηκε με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i.

Σε κάθε υλικό και σε κάθε γωνία λαμβάνονταν 5 μετρήσεις στην ίδια ακριβώς θέση. Οι μετρήσεις αυτές παρουσιάζονται σε διαγράμματα, τα οποία περιέχουν για κάθε υλικό και για κάθε απόσταση ξεχωριστά τις 5 μετρήσεις μήκους που έγιναν χωρίς ανακλαστήρα απευθείας πάνω στο υλικό για την κάθε γωνία και τη μέτρηση του μήκους που έγινε πάνω στον ανακλαστήρα. Σε αυτά τα διαγράμματα σημειώνονται οι μέγιστες αποκλίσεις καθώς και οι στόχοι που έχουν σταθερή συμπεριφορά. Επιπρόσθετα, ελέγχθηκε αν η διασπορά των μετρήσεων εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης και το μέγεθος του μήκους. Δηλαδή αν όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά του μήκους που μετρήθηκε στον ανακλαστήρα σε σχέση με το μήκος πάνω σε ένα υλικό.

Τέλος, με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 έγινε το πείραμα μέτρησης στα 50m με τεχνητό φωτισμό και στην ίδια απόσταση χωρίς καθόλου φωτισμό στο τούνελ, ώστε να διαπιστωθεί η επίδραση του φωτός στην ακτινοβολία.

3.2 Μετρήσεις σε εσωτερικό χώρο (τούνελ)

Στο χώρο του τούνελ, η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στον ανακλαστήρα για κάθε όργανο είναι:

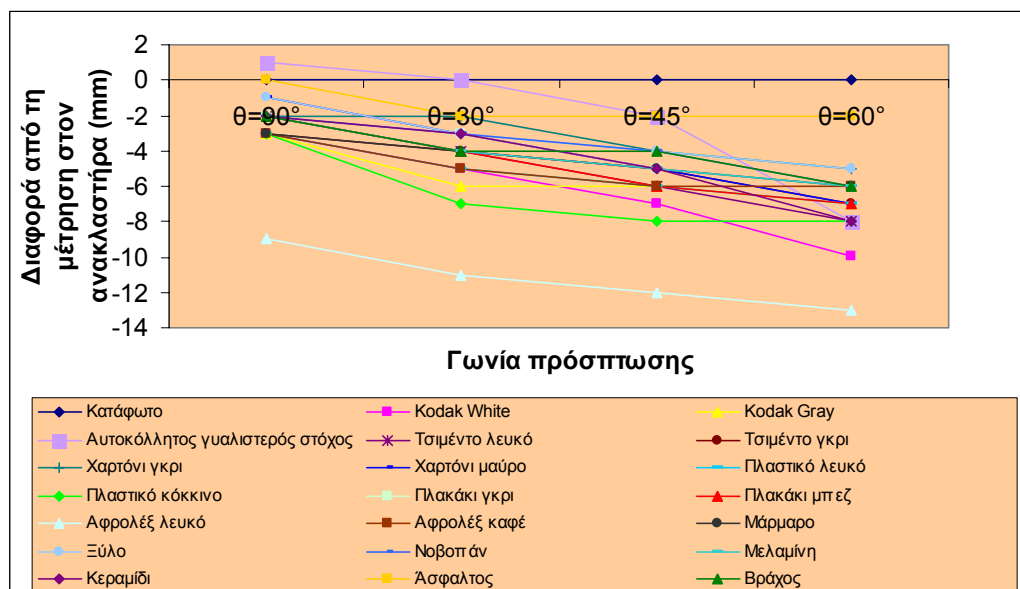
- $49.997\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Leica TCR 405
 - $49.999\text{m} \pm 1\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201 (ανοιχτά φώτα)
 - $49.999\text{m} \pm 1\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201 (σβηστά φώτα)
 - $49.997\text{m} \pm 3\text{mm}$ για το Topcon GPT 3003LN
 - $49.998\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Topcon GPT 3105N
 - $49.997\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Topcon GPT 7003i
-
- $15.019\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Leica TCR 405
 - $15.021\text{m} \pm 1\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201
 - $15.021\text{m} \pm 3\text{mm}$ για το Topcon GPT 3003LN
 - $15.018\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Topcon GPT 3105N
 - $15.019\text{m} \pm 3\text{mm}$ για το Topcon GPT 7003i

Η ακρίβεια της μέτρησης που πραγματοποιήθηκε σε κάθε υλικό χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα για κάθε όργανο είναι:

- $\pm 2\text{mm}$ για το Leica TCR 405
- $\pm 2\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201 (ανοιχτά φώτα)
- $\pm 2\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201 (σβηστά φώτα)
- $\pm 5\text{mm}$ για το Topcon GPT 3003LN
- $\pm 3\text{mm}$ για το Topcon GPT 3105N
- $\pm 5\text{mm}$ για το Topcon GPT 7003i

3.2.1 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCR 405

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.997m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	-3	-5	-7	-10
Kodak Gray Card	-3	-6	-6	-7
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	0	-2	-8
Τσιμέντο λευκό	-2	-4	-6	-8
Τσιμέντο γκρι	-3	-4	-5	-7
Χαρτόνι γκρι	-2	-2	-4	-5
Χαρτόνι μαύρο	-1	-3	-5	-7
Πλαστικό λευκό	-3	-5	-6	-7
Πλαστικό κόκκινο	-3	-7	-8	-8
Πλακάκι γκρι	-2	-3	-5	-6
Πλακάκι μπεζ	-2	-4	-6	-7
Αφρολέξ λευκό	-9	-11	-12	-13
Αφρολέξ καφέ	-3	-5	-6	-6
Μάρμαρο	-3	-4	-5	-6
Ξύλο	-1	-3	-4	-5
Νοβοπάν	-2	-3	-4	-6
Μελαμίνη	-2	-4	-5	-6
Κεραμίδι	-2	-3	-5	-8
Άσφαλτος	0	-2	-2	-2
Βράχος	-2	-4	-4	-6
Γυαλί	-46	-48	—	—



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 1: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 50m

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις της μέτρησης μηκών με τη λειτουργία RL για κάθε υλικό από το μετρημένο στον ανακλαστήρα μήκος στα 50m.

Παρατηρείται ότι:

- Όλα τα μήκη που μετρήθηκαν χωρίς ανακλαστήρα είναι μεγαλύτερα από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα εκτός από μια εξαίρεση, τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) και στη στροφή των 30° .
- Όσο περισσότερο στρέφεται το υλικό και απομακρύνεται από την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης τόσο περισσότερο διαφέρει το μήκος που μετράται με την RL λειτουργία σε σχέση με το μήκος που έχει μετρηθεί με τον ανακλαστήρα
- Η διαφορά από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα για το ίδιο υλικό δεν είναι η ίδια για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης, γιατί τα υλικά δε συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο στις διάφορες γωνίες.

Το διάγραμμα 3.1 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.1. Για τα περισσότερα υλικά, οι γραμμές είναι σχεδόν ευθείες και έχουν ενιαία κλίση. Όσο η στροφή μεγαλώνει, αυξάνεται η διαφορά του μήκους που έχει μετρηθεί πάνω στα υλικά από τη μέτρηση που έχει γίνει στον ανακλαστήρα, δηλαδή στη στροφή των 60° η διαφορά είναι μεγαλύτερη από ότι είναι στις 45° , όπου είναι μεγαλύτερη από τις 30° , η οποία είναι μεγαλύτερη από την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης.

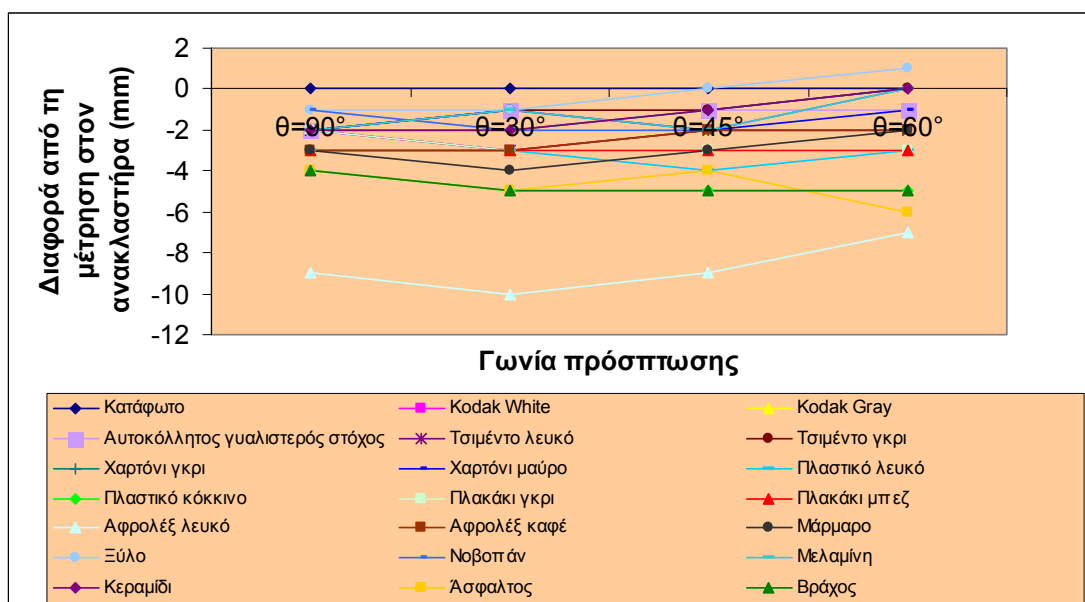
Οι διαφορές που προκύπτουν από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα ποικίλλουν και για αυτό θεωρείται σκόπιμο να παρουσιαστούν οι μέγιστες διαφορές αποτελέσματος μέτρησης μήκους για το κάθε όργανο.

Η μέγιστη διαφορά του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Γυαλί (-46mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-11mm)
 - Γυαλί (-48mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αφρολέξ λευκό (-12mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Αφρολέξ λευκό (-13mm)

Επίσης επισημαίνονται τα υλικά που δεν μετρήθηκαν σε ορισμένες γωνίες πρόσπτωσης. Ο γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR 405 στην απόσταση των 50m μέτρησε σε όλα τα υλικά εκτός από το γυαλί στη γωνία των 45° και των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 15.019m								
$\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$								
Υλικό		$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$
		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)
Kodak White Card		-2		-3		-2		-2
Kodak Gray Card		-3		-3		-2		-2
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		-2		-1		-1		-1
Τσιμέντο λευκό		-2		-3		-2		-2
Τσιμέντο γκρι		-2		-1		-1		0
Χαρτόνι γκρι		-2		-2		-1		0
Χαρτόνι μαύρο		-2		-1		-2		-1
Πλαστικό λευκό		-3		-3		-4		-3
Πλαστικό κόκκινο		-4		-5		-5		-5
Πλακάκι γκρι		-2		-3		-3		-3
Πλακάκι μπεζ		-3		-3		-3		-3
Αφρολέξ λευκό		-9		-10		-9		-7
Αφρολέξ καφέ		-3		-3		-2		-2
Μάρμαρο		-3		-4		-3		-2
Ξύλο		-1		-1		0		1
Νοβοπάν		-1		-2		-2		0
Μελαμίνη		-2		-1		-2		0
Κεραμίδι		-2		-2		-1		0
Άσφαλτος		-4		-5		-4		-6
Βράχος		-4		-5		-5		-5
Γυαλί		-43		-49		-63		—



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 2: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 15m

Στον πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 15m και διαπιστώνεται ότι:

- Το αποτέλεσμα της μέτρησης του μήκους στον ανακλαστήρα είναι μικρότερο σε σχέση με τις μετρήσεις πάνω στα υλικά με τη λειτουργία RL.
- Μοναδική εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα είναι το ξύλο στη γωνία των 60°.
- Όσο μεγαλώνει η γωνία στροφής του υλικού σε σχέση με την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στο υλικό δεν αλλάζει πολύ το μετρούμενο μήκος.
- Οι μετρήσεις έχουν μια ομοιομορφία και ακολουθούν μια συγκεκριμένη τάση, δηλαδή αυτές στα περισσότερα υλικά δεν αλλάζουν ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης και η απόκλιση από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα είναι σχεδόν ίδια, ενώ όταν υπάρχει κάποια διαφορά, αυτή είναι 1 έως 2 χιλιοστά.

Το διάγραμμα 3.2 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.2. Οι ευθείες στο διάγραμμα έχουν πολύ μικρή κλίση.

Η μέγιστη διαφορά του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

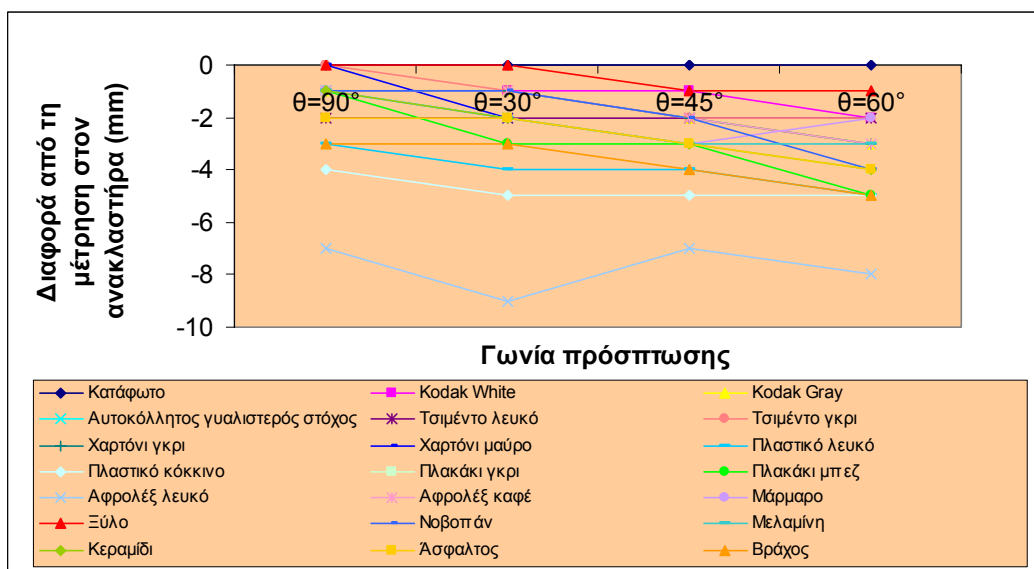
- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Γυαλί (-43mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30°:
 - Αφρολέξ λευκό (-10mm)
 - Γυαλί (-49mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45°:
 - Αφρολέξ λευκό: (-9mm)
 - Γυαλί (-63mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60°:
 - Αφρολέξ λευκό (-7mm)

Με το γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 στα 15m, μετρήθηκαν όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από το γυαλί στη γωνία των 60°.

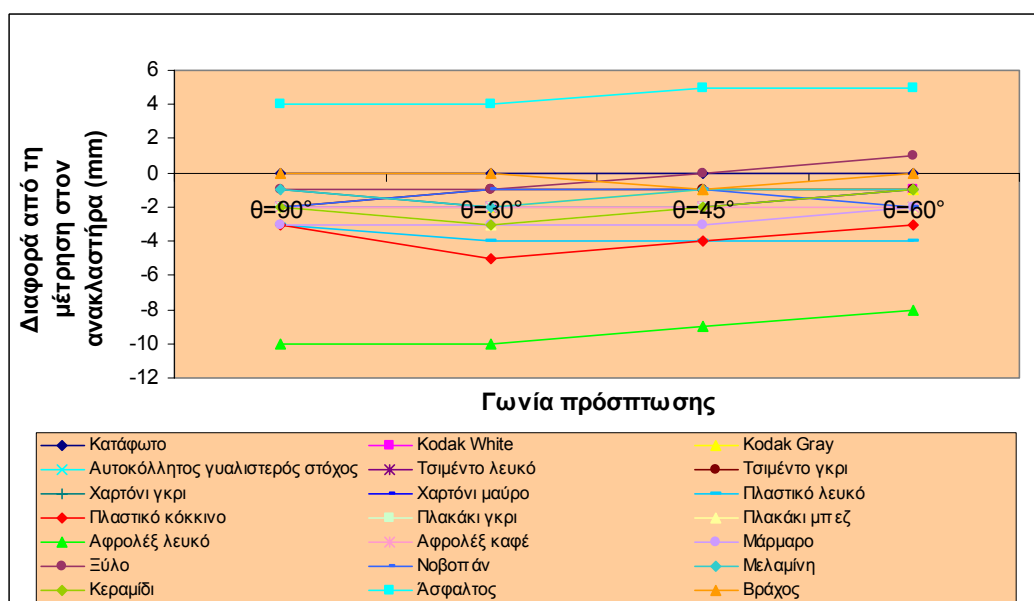
3.2.2 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό)

D(μήκος με ανακλαστήρα, με τεχνητό φωτισμό)=49.999m D(μήκος με ανακλαστήρα, χωρίς φωτισμό)=49.998m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$								
Υλικό	$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)	
	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό
Kodak White Card	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-1
Kodak Gray Card	-1	-2	-1	-2	-2	-1	-3	-1
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-1	-2	-2	-2	—	—	—	—
Τσιμέντο λευκό	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Τσιμέντο γκρι	0	-2	-1	-1	-2	-1	-2	-1
Χαρτόνι γκρι	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-1
Χαρτόνι μαύρο	0	-2	-2	-2	—	—	—	—
Πλαστικό λευκό	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-4
Πλαστικό κόκκινο	-4	-3	-5	-5	-5	-4	-5	-3
Πλακάκι γκρι	-1	-2	-2	-2	-3	-2	-4	-2
Πλακάκι μπεζ	-1	-2	-3	-3	-3	-2	-5	-2
Αφρολέξ λευκό	-7	-10	-9	-10	-7	-9	-8	-8
Αφρολέξ καφέ	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-3	-2
Μάρμαρο	-1	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2
Ξύλο	0	-1	0	-1	-1	0	-1	1
Νοβοπάν	-1	-2	-1	-1	-2	-1	-4	-2
Μελαμίνη	-1	-1	-2	-2	-3	-1	-3	-1
Κεραμίδι	-1	-2	-2	-3	-3	-2	-4	-1
Άσφαλτος	-2	4	-2	4	-3	5	-4	5
Βράχος	-3	0	-3	0	-4	-1	-5	0
Γυαλί	-43	-43	-66	-47	—	-51	-2016	-55

Πίνακας 3. 3: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό) στα 50m



Διάγραμμα 3.3.1: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό) στα 50m



Διάγραμμα 3.3.2: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (χωρίς φωτισμό) στα 50m

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις που έγιναν με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 στα 50m με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό. Παρατηρήθηκε ότι:

- Οι τιμές του μήκους με τη χρήση ανακλαστήρα ήταν μικρότερες από αυτές στα υλικά εκτός από την περίπτωση της ασφάλτου χωρίς φωτισμό.
- Οι διαφορές των μετρήσεων πάνω στα υλικά σε σχέση με το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα είναι πολύ μικρές σε όλα τα υλικά εκτός από το λευκό αφρολέξ και το γυαλί, το οποίο το διαπερνάει η ακτινοβολία.
- Στην απόσταση των 50m χωρίς φωτισμό, στα περισσότερα υλικά οι αποκλίσεις των μηκών είναι μεγαλύτερες από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα σε σχέση με τις αντίστοιχες μετρήσεις με το ίδιο όργανο, στην ίδια απόσταση με τεχνητό φωτισμό.

Τα διαγράμματα 3.3.1 και 3.3.2 σχεδιάστηκαν με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.3. Στο διάγραμμα 3.3.1, τα περισσότερα υλικά παρουσιάζουν ομοιόμορφη κλίση και στο διάγραμμα 3.3.2 συμβαίνει το ίδιο, ενώ επιπλέον τα υλικά εμφανίζουν πολύ μικρή κλίση και μεγαλύτερη σταθερότητα για τις διάφορες γωνίες.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα στην περίπτωση του οργάνου Leica TCRM 1201 με τεχνητό φωτισμό είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-7mm)
 - Γυαλί (-43mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Γυαλί (-66mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αφρολέξ λευκό: (-7mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-2016mm)

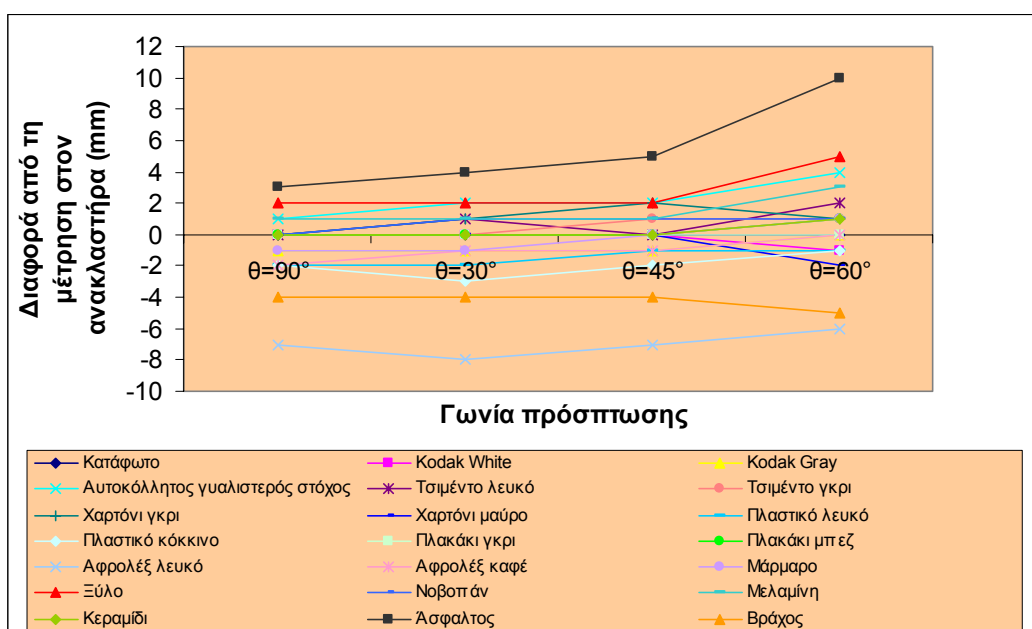
Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 στα 50m με τεχνητό φωτισμό μετρήθηκαν όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο και το μαύρο χαρτόνι στη γωνία των 45° και των 60° και το γυαλί στη γωνία των 45° .

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα στην περίπτωση του οργάνου Leica TCRM 1201 χωρίς φωτισμό είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-10mm)
 - Γυαλί (-43mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-10mm)
 - Γυαλί (-47mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αφρολέξ λευκό: (-9mm)
 - Γυαλί (-51mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-55mm)

Το όργανο Leica TCRM 1201 στα 50m χωρίς φωτισμό μέτρησε σε όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο και το μαύρο χαρτόνι σε γωνία πρόσπτωσης των 45° και των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 15.021m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	0	0	0	-1
Kodak Gray Card	-1	-1	-1	0
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	2	2	4
Τσιμέντο λευκό	0	1	0	2
Τσιμέντο γκρι	0	0	1	1
Χαρτόνι γκρι	0	1	2	1
Χαρτόνι μαύρο	0	0	0	-2
Πλαστικό λευκό	-2	-2	-1	-1
Πλαστικό κόκκινο	-2	-3	-2	-1
Πλακάκι γκρι	0	0	0	0
Πλακάκι μπεζ	0	0	0	1
Αφρολέξ λευκό	-7	-8	-7	-6
Αφρολέξ καφέ	-2	-1	-1	0
Μάρμαρο	-1	-1	0	1
Ξύλο	2	2	2	5
Νοβοπάν	0	1	1	1
Μελαμίνη	1	1	1	3
Κεραμίδι	0	0	0	1
Άσφαλτος	3	4	5	10
Βράχος	-4	-4	-4	-5
Γυαλί	-42	-51	—	—



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 4: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 15m

Στον πίνακα 3.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις που έγιναν με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 στα 15m με τεχνητό φωτισμό. Παρατηρείται ότι:

- Τα υλικά που έχουν μετρηθεί στα 15m δεν συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο, γιατί σε κάποιες περιπτώσεις το μετρημένο μήκος με τον ανακλαστήρα είναι μεγαλύτερο από τις μετρήσεις μηκών πάνω στα υλικά και σε κάποιες άλλες συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο.
- Για όλα τα υλικά και για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης, οι αποκλίσεις είναι μικρές.
- Υπάρχει μια σταθερότητα στις μετρήσεις των υλικών ανεξάρτητα της γωνίας.

Το διάγραμμα 3.4 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.4. Στα περισσότερα υλικά, η κλίση είναι θετική, δηλαδή με την αύξηση της γωνίας στροφής, μεγαλώνει η διαφορά του μήκους πάνω στο υλικό από το μήκος στον ανακλαστήρα.

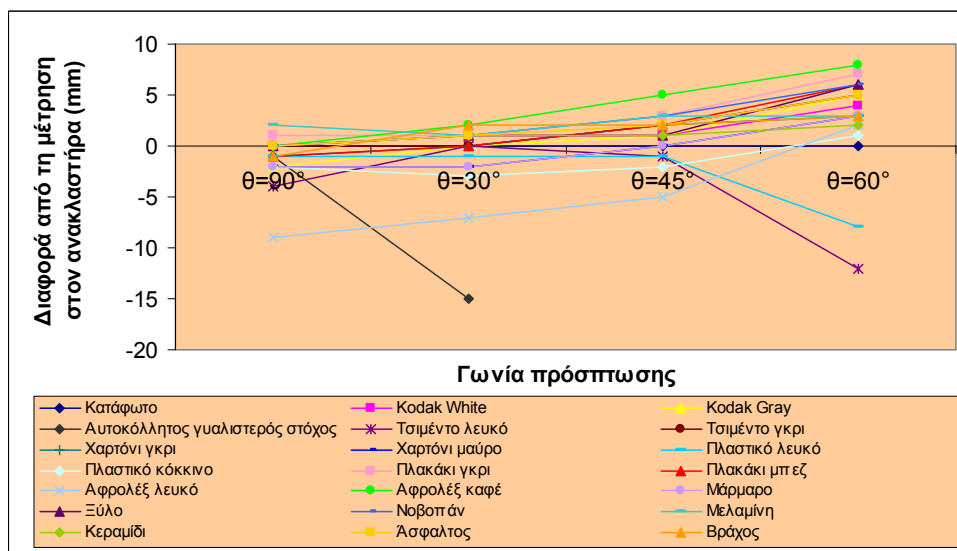
Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-7mm)
 - Γυαλί (-42mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-51mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αφρολέξ λευκό: (-7mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Άσφαλτος (10mm)

Το όργανο Leica TCRM 1201 στα 15m με τεχνητό φωτισμό μέτρησε σε όλα τα υλικά και σε όλες τις γωνίες εκτός από το γυαλί στη γωνία των 45° και των 60° .

3.2.3 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.997m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	0	1	1	4
Kodak Gray Card	-2	0	1	5
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-1	-15	—	—
Τσιμέντο λευκό	-4	0	-1	-12
Τσιμέντο γκρι	0	0	2	5
Χαρτόνι γκρι	-1	0	2	3
Χαρτόνι μαύρο	-2	-2	0	3
Πλαστικό λευκό	-1	-1	-1	-8
Πλαστικό κόκκινο	-2	-3	-2	1
Πλακάκι γκρι	1	1	3	7
Πλακάκι μπεζ	-1	0	2	6
Αφρολέξ λευκό	-9	-7	-5	2
Αφρολέξ καφέ	0	2	5	8
Μάρμαρο	-2	-2	0	3
Ξύλο	0	1	1	6
Νοβοπάν	0	1	3	6
Μελαμίνη	2	1	3	3
Κεραμίδι	0	1	1	2
Άσφαλτος	0	1	2	5
Βράχος	-1	2	2	3
Γυαλί	-48	-118	-320	—



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 5: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 50m

Στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m και διαπιστώνεται ότι:

- Όλα τα υλικά δεν συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο και για αυτό το λόγο τα μετρούμενα μήκη των υλικών είναι σε κάποιες περιπτώσεις μικρότερα και σε κάποιες άλλες μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα μετρούμενα μήκη με ανακλαστήρα.

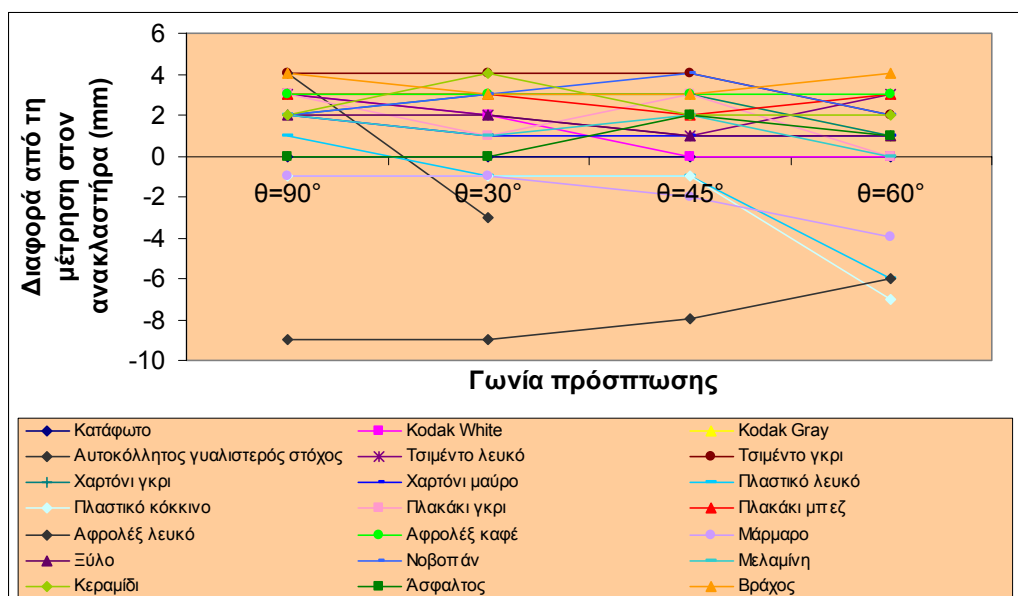
Το διάγραμμα 3.5 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.5. Οι ευθείες στο διάγραμμα έχουν θετική κλίση, με αποτέλεσμα όσο μεγαλώνει η γωνία πρόσπτωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά του μήκους που μετράται πάνω στα υλικά από το μήκος πάνω στον ανακλαστήρα.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Γυαλί (-48mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-15mm)
 - Γυαλί (-118mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αφρολέξ λευκό: (-5mm)
 - Αφρολέξ καφέ (5mm)
 - Γυαλί (-320mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Τσιμέντο λευκό (-12mm)

Το όργανο Topcon GPT 3003LN στα 50m μέτρησε σε όλα τα υλικά και σε όλες τις γωνίες εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο σε γωνία πρόσπτωσης των 45° και των 60° και το γυαλί σε γωνία των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 15.021m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	3	2	0	0
Kodak Gray Card	3	3	3	1
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	4	-3	-63	—
Τσιμέντο λευκό	3	2	1	3
Τσιμέντο γκρι	4	4	4	2
Χαρτόνι γκρι	2	3	3	1
Χαρτόνι μαύρο	2	1	1	1
Πλαστικό λευκό	1	-1	-1	-6
Πλαστικό κόκκινο	-1	-1	-1	-7
Πλακάκι γκρι	3	1	3	0
Πλακάκι μπεζ	3	3	2	3
Αφρολέξ λευκό	-9	-9	-8	-6
Αφρολέξ καφέ	3	3	3	3
Μάρμαρο	-1	-1	-2	-4
Ξύλο	2	2	1	1
Νοβοπάν	2	3	4	2
Μελαμίνη	2	1	2	0
Κεραμίδι	2	4	2	2
Ασφαλτος	0	0	2	1
Βράχος	4	3	3	4
Γυαλί	-41	-107	-294	-607



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 6: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 15m

Στον πίνακα 3.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 15m και διαπιστώνεται ότι:

- Τα περισσότερα υλικά έχουν μετρούμενο μήκος μικρότερο από το μετρημένο μήκος με τον ανακλαστήρα και οι τρεις πρώτες γωνίες εμφανίζουν μια ομοιομορφία δηλαδή οι μετρήσεις είναι σχεδόν ίδιες και όταν δεν είναι, απέχουν πολύ λίγο από 1 έως 2 χιλιοστά.

Το διάγραμμα 3.6 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.6 και δε λήφθηκε υπόψη η μέτρηση που έγινε στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στη στροφή των 45° επειδή η απόκλιση της μέτρησης του συγκεκριμένου μήκους από το αντίστοιχο μετρημένο στον ανακλαστήρα είναι πολύ μεγάλο. Η κλίση του διαγράμματος είναι αρνητική για τα περισσότερα υλικά.

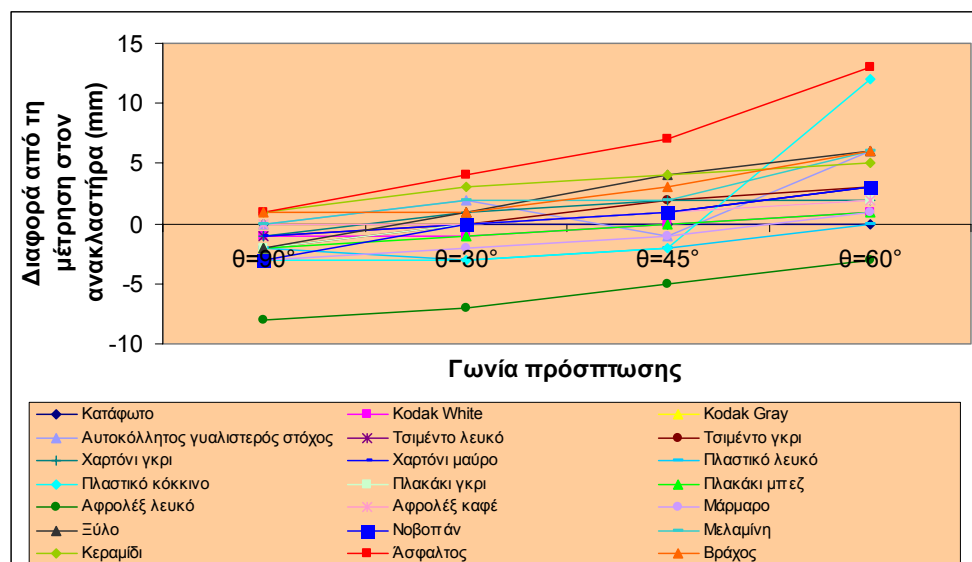
Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Γυαλί (-41mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30°:
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Γυαλί (-107mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45°:
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-63mm)
 - Αφρολέξ λευκό: (-8mm)
 - Γυαλί (-294mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60°:
 - Πλαστικό κόκκινο (-7mm)
 - Γυαλί (-607mm)

Ο γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 3003LN στην απόσταση των 15m μέτρησε σε όλα τα υλικά και σε όλες τις γωνίες εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στη γωνία των 60°.

3.2.4 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.998m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	-1	-1	0	1
Kodak Gray Card	0	0	1	3
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	0	2	-1	6
Τσιμέντο λευκό	-1	0	1	3
Τσιμέντο γκρι	-2	0	2	3
Χαρτόνι γκρι	-1	1	2	2
Χαρτόνι μαύρο	-1	0	1	3
Πλαστικό λευκό	-2	-3	-2	0
Πλαστικό κόκκινο	-3	-3	-2	12
Πλακάκι γκρι	-2	0	1	2
Πλακάκι μπεζ	-2	-1	0	1
Αφρολέξ λευκό	-8	-7	-5	-3
Αφρολέξ καφέ	0	0	1	2
Μάρμαρο	-3	-2	-1	1
Ξύλο	-2	1	4	6
Νοβοπάν	-3	0	1	3
Μελαμίνη	0	2	2	6
Κεραμίδι	1	3	4	5
Ασφαλτος	1	4	7	13
Βράχος	1	1	3	6
Γυαλί	-41	-47	-50	—



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 7: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 50m

Στον πίνακα 3.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m και παρατηρείται ότι:

- Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) κατά κανόνα τα μετρούμενα μήκη πάνω στα υλικά είναι μεγαλύτερα από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα, σε αντίθεση με τις άλλες γωνίες πρόσπτωσης, όπου συμβαίνει το αντίθετο.
- Οι αποκλίσεις δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες εκτός από το λευκό αφρολέξ σε όλες τις γωνίες και το κόκκινο πλαστικό και την ασφαλτο στη στροφή των 60° .

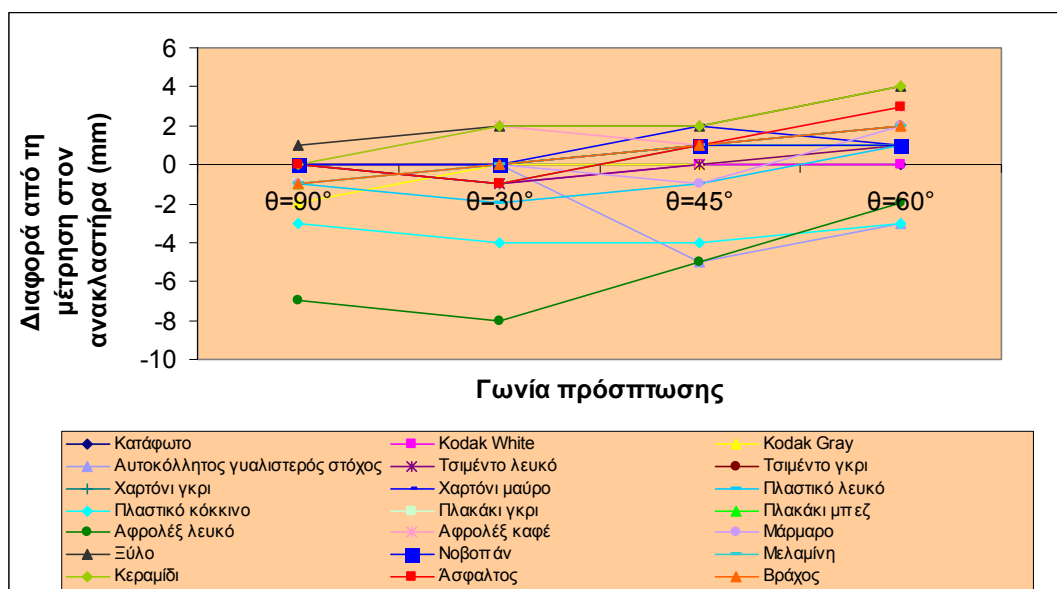
Το διάγραμμα 3.7 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.7. Για τα περισσότερα υλικά, η κλίση του διαγράμματος είναι ομοιόμορφη και θετική.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στον κάθε στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-41mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-7mm)
 - Γυαλί (-47mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Ασφαλτος (7mm)
 - Γυαλί (-50mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Ασφαλτος (13mm)
 - Πλαστικό κόκκινο (12mm)

Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N στα 50m, μετρήθηκαν όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από το γυαλί στη γωνία των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 15.018m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White Card	0	-1	0	0		
Kodak Gray Card	-2	0	0	1		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	0	0	-5	-3		
Τσιμέντο λευκό	0	-1	0	1		
Τσιμέντο γκρι	0	0	1	2		
Χαρτόνι γκρι	0	-1	1	2		
Χαρτόνι μαύρο	-1	0	2	1		
Πλαστικό λευκό	-1	-2	-1	1		
Πλαστικό κόκκινο	-3	-4	-4	-3		
Πλακάκι γκρι	-1	0	1	1		
Πλακάκι μπεζ	-1	0	1	1		
Αφρολέξ λευκό	-7	-8	-5	-2		
Αφρολέξ καφέ	0	2	1	3		
Μάρμαρο	-1	0	-1	2		
Ξύλο	1	2	2	4		
Νοβοπάν	0	0	1	1		
Μελαμίνη	-1	0	1	2		
Κεραμίδι	0	2	2	4		
Άσφαλτος	0	-1	1	3		
Βράχος	-1	0	1	2		
Γυαλί	-45	-52	-55	-36983		



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 8: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Torcon GPT 3105N στα 15m

Στον πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 15m απόσταση και παρατηρείται ότι:

- Οι αποκλίσεις των μετρήσεων των μηκών είναι ιδιαίτερα μικρές, εκτός από το λευκό αφρολέξ. Η μέτρηση μήκους μέχρι το γυαλί όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι 60° διαφέρει αρκετά από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα γιατί η ακτινοβολία που στέλνει το όργανο διαπερνάει το γυαλί και φτάνει μέχρι τον τοίχο του τούνελ.

Το διάγραμμα 3.8 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.8 και οι καμπύλες δεν ακολουθούν μία συγκεκριμένη τάση και επομένως δεν έχουν συστηματικότητα.

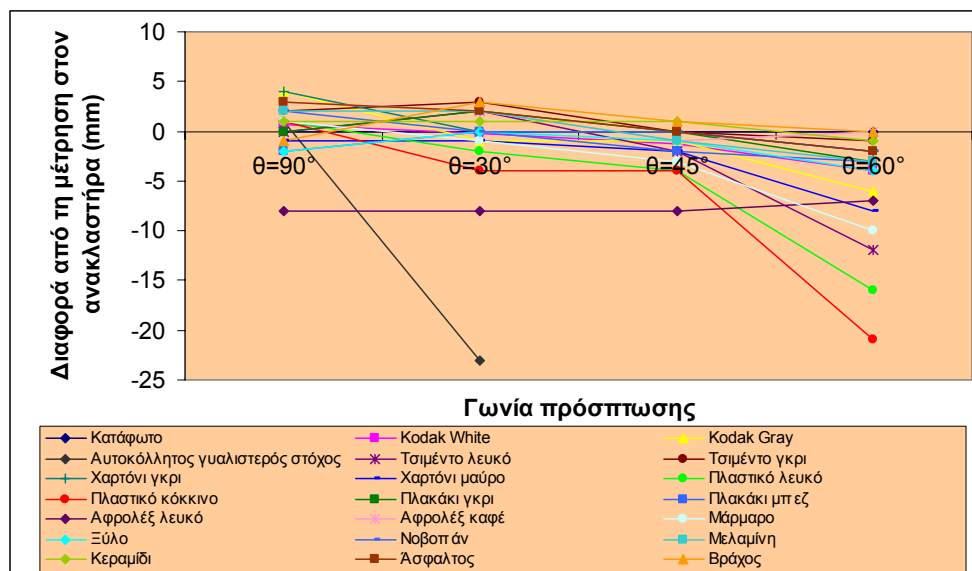
Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-7mm)
 - Γυαλί (-45mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-52mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-5mm)
 - Αφρολέξ λευκό (-5mm)
 - Γυαλί (-55mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Ξύλο (4mm)
 - Κεραμίδι (4mm)
 - Γυαλί (-36983mm)

Το όργανο Topcon GPT 3105N στα 15m μέτρησε σε όλα τα υλικά και σε όλες τις γωνίες.

3.2.5 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.997m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	1	0	-1	-4
Kodak Gray Card	4	-1	-1	-6
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	-23	—	—
Τσιμέντο λευκό	0	2	-2	-12
Τσιμέντο γκρι	2	3	0	-1
Χαρτόνι γκρι	4	0	0	-2
Χαρτόνι μαύρο	-1	-1	-2	-8
Πλαστικό λευκό	1	-2	-4	-16
Πλαστικό κόκκινο	1	-4	-4	-21
Πλακάκι γκρι	0	2	0	-3
Πλακάκι μπεζ	-2	0	-2	-3
Αφρολέξ λευκό	-8	-8	-8	-7
Αφρολέξ καφέ	3	2	-1	0
Μάρμαρο	1	-1	-3	-10
Ξύλο	-2	0	-1	-4
Νοβοπάν	2	0	0	-2
Μελαμίνη	2	2	-1	-3
Κεραμίδι	1	1	1	-1
Άσφαλτος	3	2	0	-2
Βράχος	-1	3	1	0
Γυαλί	-41	-93	-251	-1779



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 9: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 50m

Στον πίνακα 3.9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m απόσταση και παρατηρείται ότι:

- Τα υλικά συμπεριφέρονται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά που έχουν.
- Τα μήκη που προκύπτουν δεν έχουν συστηματικότητα και άλλες φορές είναι μεγαλύτερα και άλλες φορές μικρότερα από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα.
- Κάποια υλικά ανάλογα με τη γωνία παρουσιάζουν και μεγαλύτερα και μικρότερα μήκη από το μετρημένο μήκος πάνω στον ανακλαστήρα.

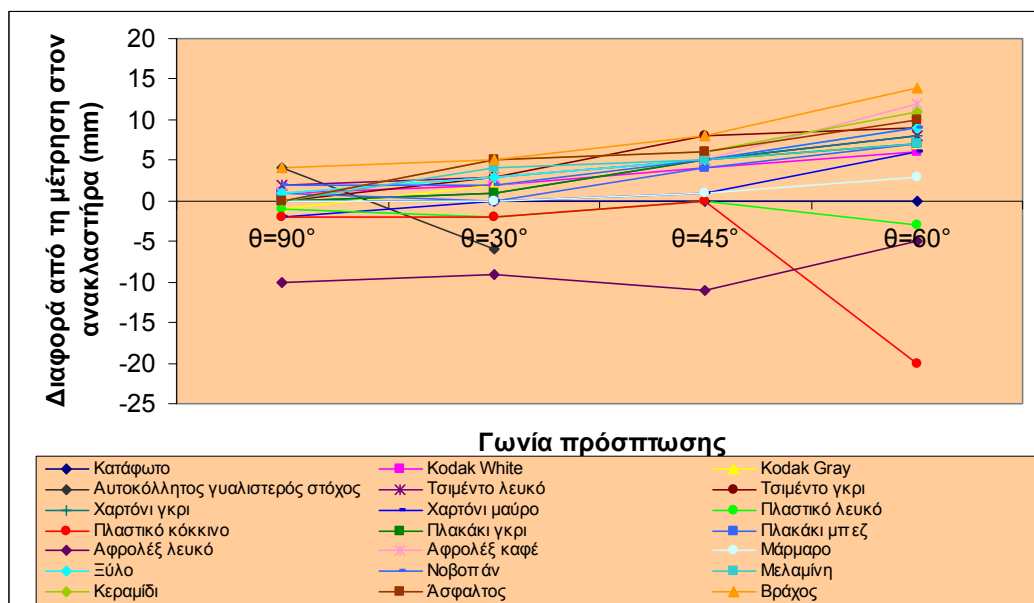
Το διάγραμμα 3.9 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.9. Η κλίση των ευθειών σε αυτό για τα περισσότερα υλικά είναι φθίνουσα.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-41mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-23mm)
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-93mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-251mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Πλαστικό κόκκινο (-21mm)
 - Πλαστικό λευκό (-16mm)
 - Τσιμέντο λευκό (-12mm)
 - Γυαλί (-1779mm)

Στην απόσταση των 50m ο γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 7003i μέτρησε όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στη γωνία των 45° και των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 15.019m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$					
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	
Kodak White Card	1	2	4	6	
Kodak Gray Card	-1	2	5	7	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	4	-6	-64	-115	
Τσιμέντο λευκό	2	3	5	8	
Τσιμέντο γκρι	0	3	8	9	
Χαρτόνι γκρι	0	1	5	8	
Χαρτόνι μαύρο	-2	0	1	6	
Πλαστικό λευκό	-1	-2	0	-3	
Πλαστικό κόκκινο	-2	-2	0	-20	
Πλακάκι γκρι	0	1	5	7	
Πλακάκι μπεζ	1	0	4	7	
Αφρολέξ λευκό	-10	-9	-11	-5	
Αφρολέξ καφέ	1	3	5	12	
Μάρμαρο	0	0	1	3	
Ξύλο	1	3	5	9	
Νοβοπάν	2	2	5	9	
Μελαμίνη	0	4	5	7	
Κεραμίδι	0	5	6	11	
Άσφαλτος	0	5	6	10	
Βράχος	4	5	8	14	
Γυαλί	-42	-99	-303	-783	



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 10: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Torcon GPT 7003i στα 15m

Στον πίνακα 3.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 15m απόσταση και παρατηρείται ότι:

- Οι περισσότερες μετρήσεις του μήκους πάνω στα υλικά είναι μικρότερες από το μήκος στον ανακλαστήρα.

Το διάγραμμα 3.10 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.10. Σε αυτό δεν έχει συμπεριληφθεί ο αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος στη στροφή των 45° και των 60°, επειδή σε αυτές τις γωνίες η απόκλιση είναι αρκετά μεγάλη. Στα περισσότερα υλικά, η κλίση παρουσιάζει μια ομοιομορφία και είναι θετική. Όσο μεγαλώνει η γωνία, μεγαλώνει και η απόκλιση.

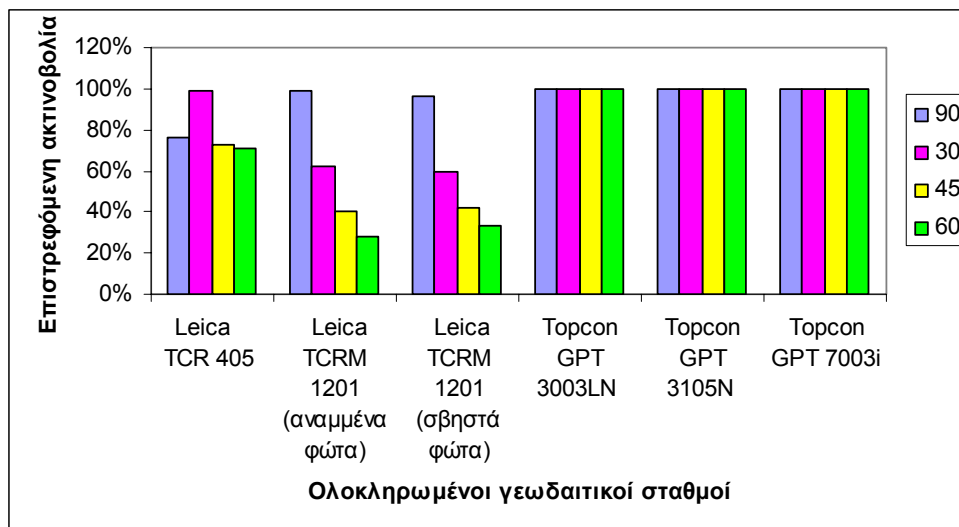
Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-10mm)
 - Γυαλί (-42mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30°:
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Γυαλί (-99mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45°:
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-64mm)
 - Αφρολέξ λευκό (-11mm)
 - Γυαλί (-303mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60°:
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-115mm)
 - Πλαστικό κόκκινο (-20mm)
 - Γυαλί (-783mm)

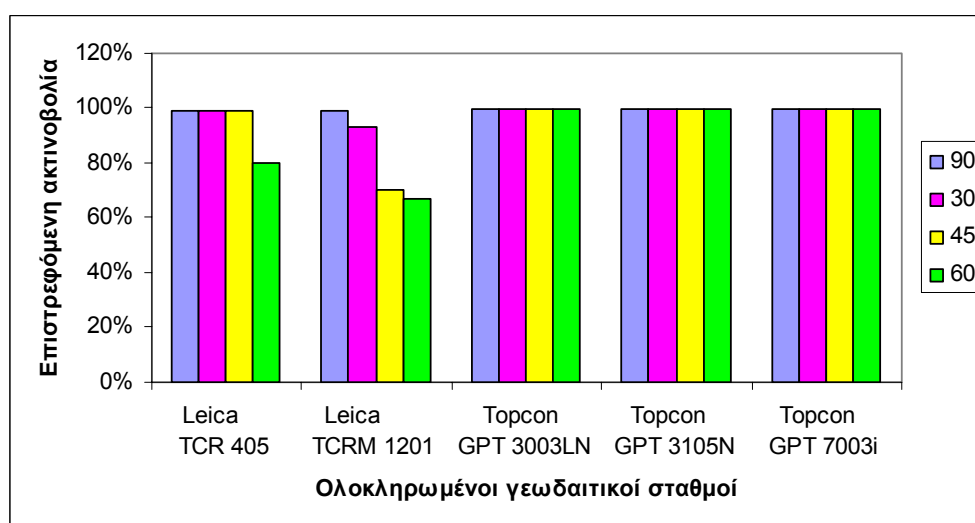
Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στην απόσταση των 15m μετρήθηκαν όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες.

3.2.6 Μετρήσεις επιστρεφόμενης ακτινοβολίας με όλους τους ΟΓΣ

1) Kodak White Card



Διάγραμμα 3.11: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak White Card στα 50m



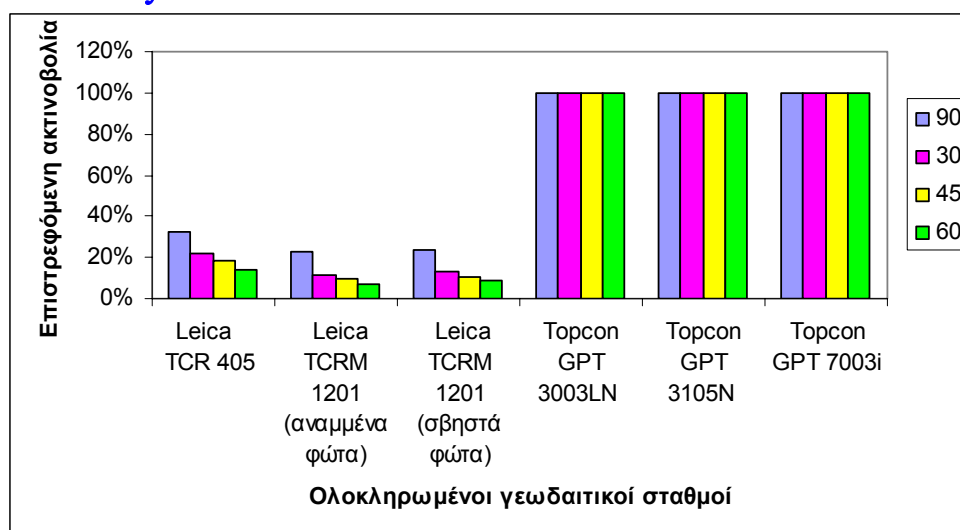
Διάγραμμα 3.12: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak White Card στα 15m

- Η Kodak White Card παρουσιάζει υψηλότερα ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στην απόσταση των 15m σε σχέση με την απόσταση των 50m. Αυτό διαπιστώθηκε μόνο για τα όργανα της εταιρείας Leica.
- Επισημαίνεται ότι καθώς αυξάνεται η γωνία κατά την οποία στρέφεται το υλικό, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας μειώνεται.
- Παρατηρείται ότι με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405, στις 30° το διάγραμμα της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας

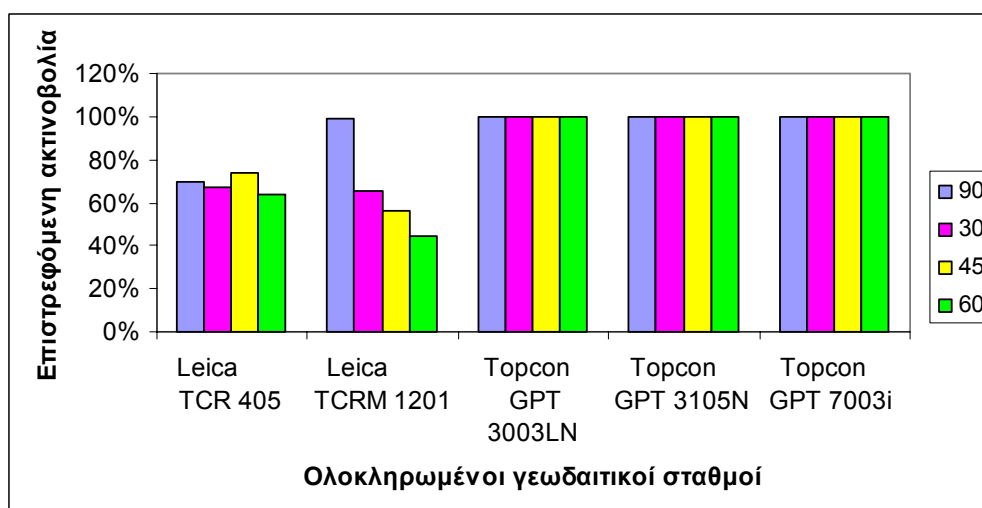
στα 50m παρουσιάζει μια αιχμή, η οποία αντικρούει τα παραπάνω, όμως αυτό αποτελεί μια εξαίρεση και δεν ακολουθεί το γενικό κανόνα.

- Με σβηστά φώτα (χωρίς φωτισμό) με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 προέκυψε μεγαλύτερη επιστροφή ακτινοβολίας σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που έδωσε το όργανο με αναμμένα φώτα (με τεχνητό φωτισμό).

2) Kodak Gray Card



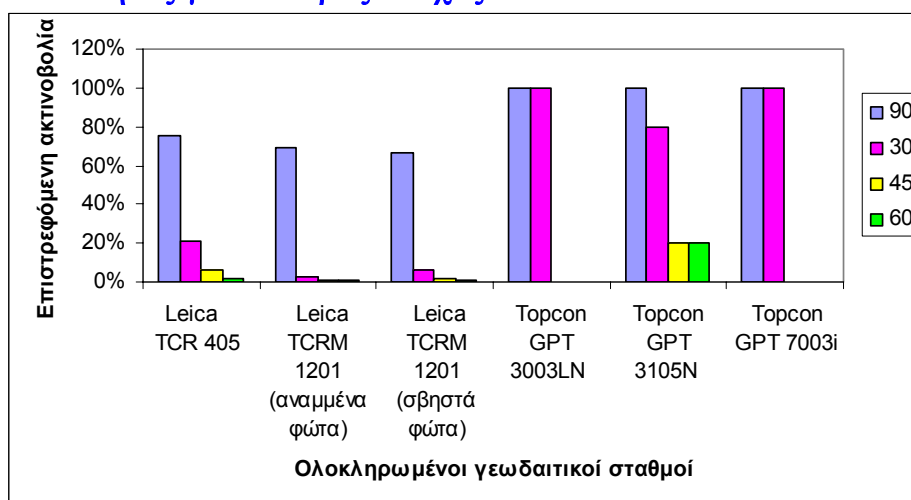
Διάγραμμα 3.13: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak Gray Card στα 50m



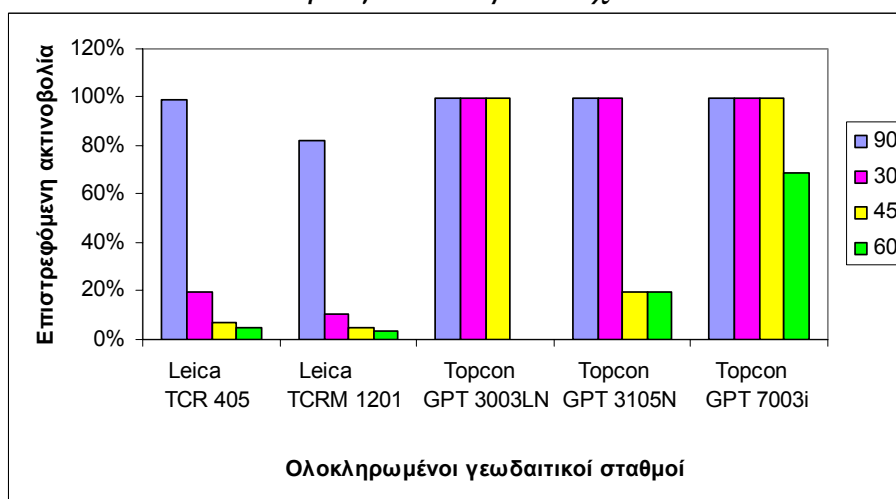
Διάγραμμα 3.14: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak Gray Card στα 15m

- Η Kodak Gray Card παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στην απόσταση των 50m σε σχέση με την απόσταση των 15m.
- Ποσοτικά δε φτάνει ούτε το ήμισυ της τιμής της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στην απόσταση των 50m από ότι στην απόσταση των 15m.
- Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 το διάγραμμα εμφανίζει μια αιχμή στις 45°, όμως η διαφορά της τιμής της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τις 30° στις 45° είναι πολύ μικρή και δεν αξιολογείται με αρνητικό τρόπο.

3) Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος



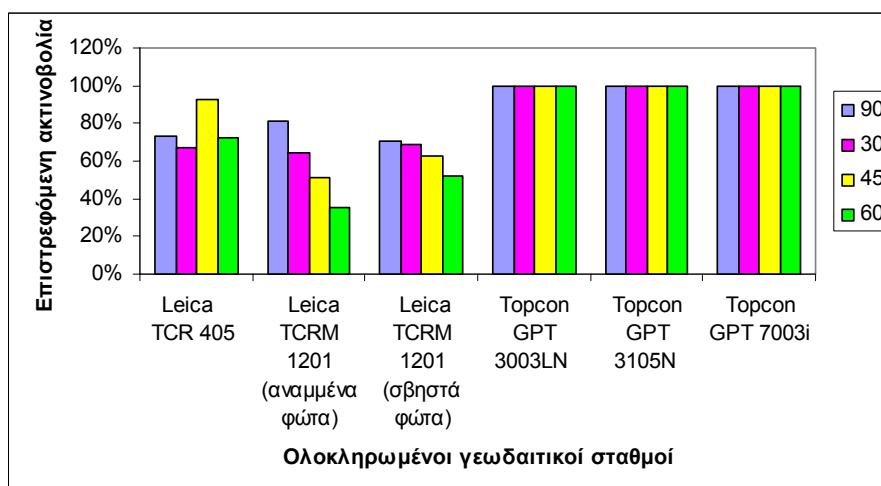
Διάγραμμα 3.15: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m



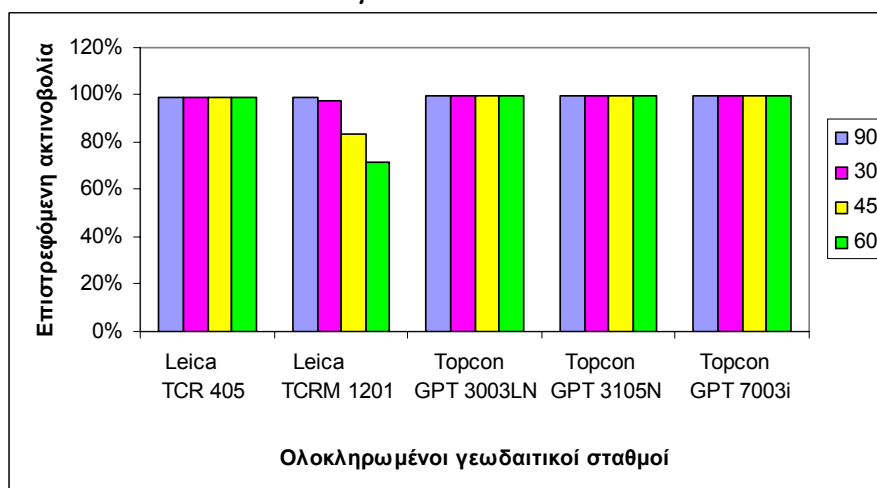
Διάγραμμα 3.16: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 15m

- Ο αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος έχει ικανοποιητικές τιμές επιστρεφόμενης ακτινοβολίας (και για τις δύο αποστάσεις), στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης δηλαδή όταν ο στόχος είναι κάθετος στην προσπίπτουσα ακτινοβολία.
- Καθώς αυξάνεται η γωνία, η επιστρεφόμενη ακτινοβολία μειώνεται με ραγδαίους ρυθμούς. Αυτή η παρατήρηση έγινε για τα 2 από τα 5 όργανα τα οποία μελετήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία. Τα άλλα 3 όργανα παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα και για την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) καθώς και για τη γωνία των 30°. Αυτό ισχύει για την περίπτωση των 50m.
- Για την απόσταση των 15m, τα όργανα παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές ποσοστού επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για όλες τις γωνίες.

4) Τσιμέντο λευκό



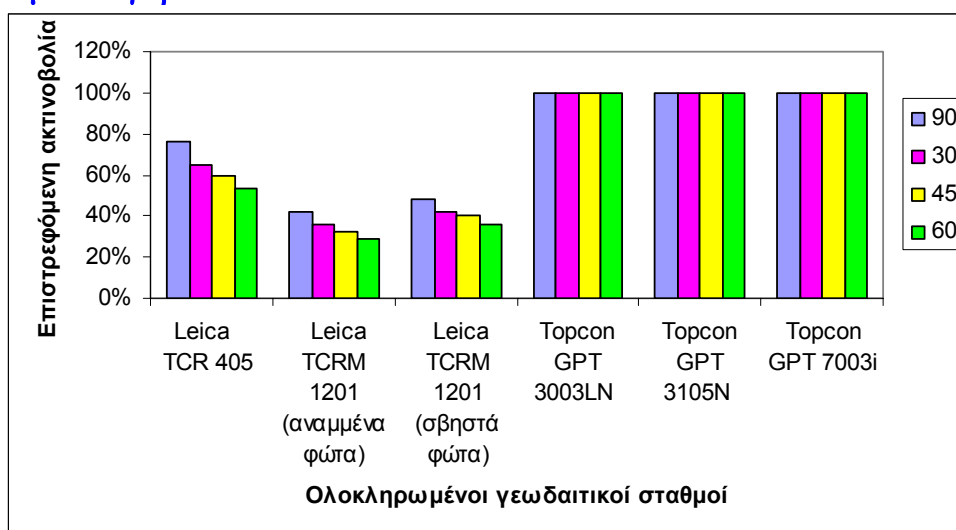
Διάγραμμα 3.17: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό τσιμέντο στα 50m



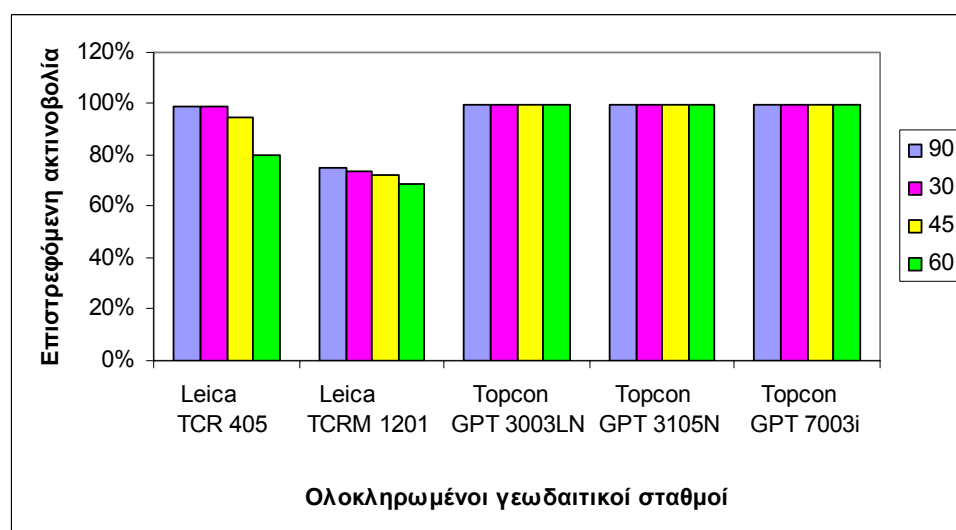
Διάγραμμα 3.18: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό τσιμέντο στα 15m

- Το λευκό τσιμέντο παρουσιάζει ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για όλες τις γωνίες και για όλες τις αποστάσεις.
- Στην περίπτωση των 15m παρουσιάζει ακόμα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την απόσταση των 50m, χωρίς αυτό βέβαια να μειώνει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που προκύπτουν για την απόσταση των 50m.
- Καθώς αυξάνεται η γωνία κατά την οποία στρέφεται το υλικό, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας μειώνεται.
- Στο διάγραμμα για την απόσταση των 50m με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405, υπάρχει μια αιχμή στις 45°, η οποία αντικρούεται με το παραπάνω συμπέρασμα, χωρίς όμως να αναιρείται αυτό, αφού ισχύει για όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις.

5) Τσιμέντο γκρι



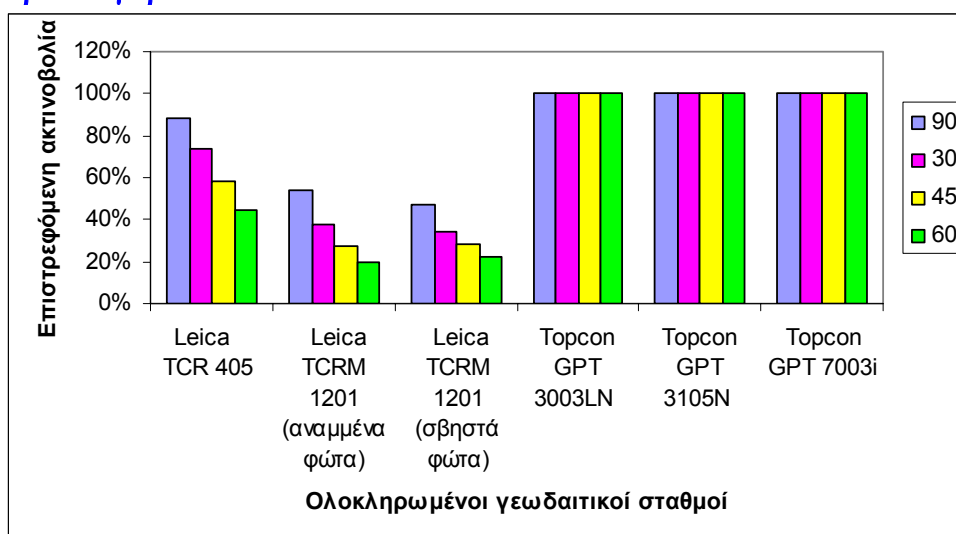
Διάγραμμα 3.19: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι τσιμέντο στα 50m



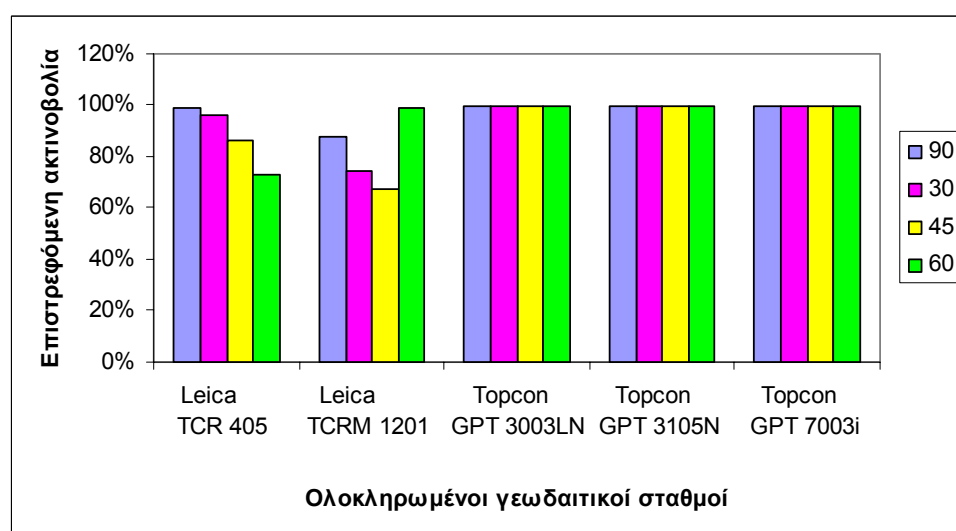
Διάγραμμα 3.20: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι τσιμέντο στα 15m

- Το γκρι τσιμέντο παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα επιστρεφόμενης ακτινοβολίας και για την απόσταση των 50m και για την απόσταση των 15m, αφού τα νούμερα που έχουν προκύψει είναι αρκετά υψηλά.
- Τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από τη χρήση των οργάνων Topcon έχουν πιο υψηλές τιμές από τα όργανα Leica.

6) Χαρτόνι γκρι



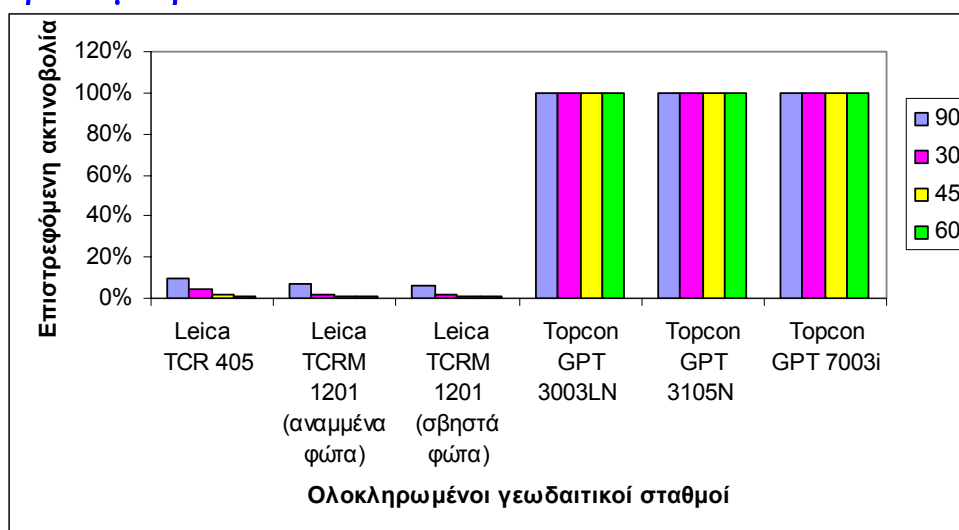
Διάγραμμα 3.21: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι χαρτόνι στα 50m



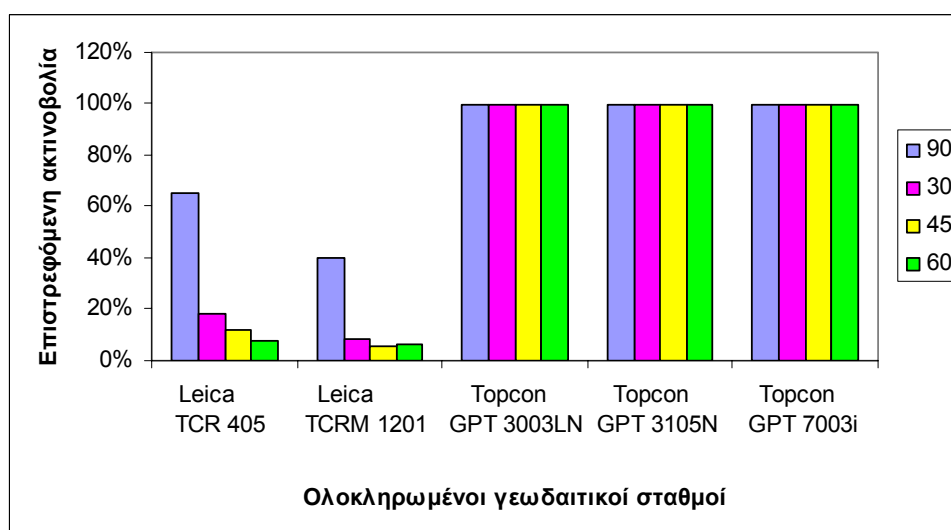
Διάγραμμα 3.22: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι χαρτόνι στα 15m

- Το γκρι χαρτόνι εμφανίζει ικανοποιητικά αποτελέσματα και για τις δύο αποστάσεις.
- Τα όργανα Topcon έχουν μεγαλύτερη τιμή επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τα όργανα Leica.
- Ο γενικός κανόνας που έχει προκύψει από όλα τα διαγράμματα είναι ότι καθώς αυξάνεται η γωνία κατά την οποία περιστρέφεται το υλικό, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας μειώνεται. Μια εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα παρουσιάζεται στο διάγραμμα για την απόσταση των 15m με το όργανο Leica TCRM 1201 στις 60°.

7) Χαρτόνι μαύρο



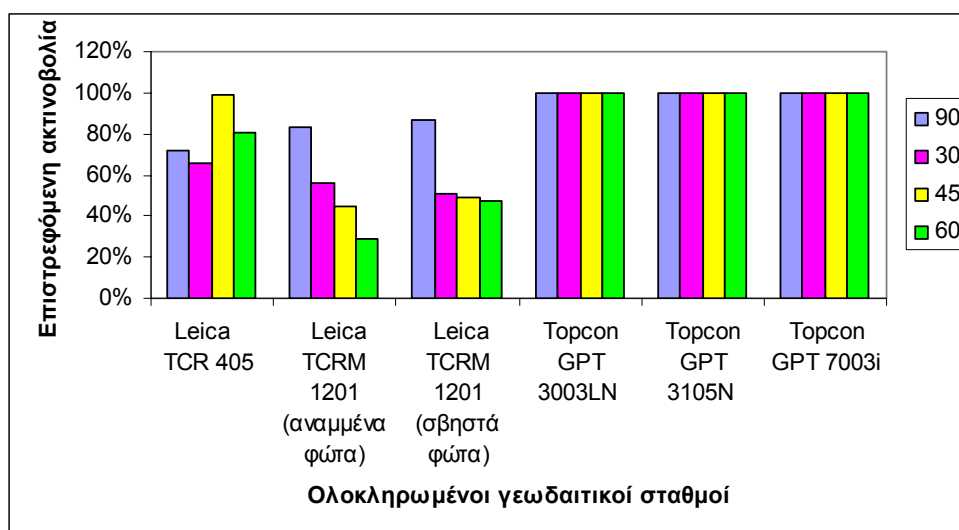
Διάγραμμα 3.23: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μαύρο χαρτόνι στα 50m



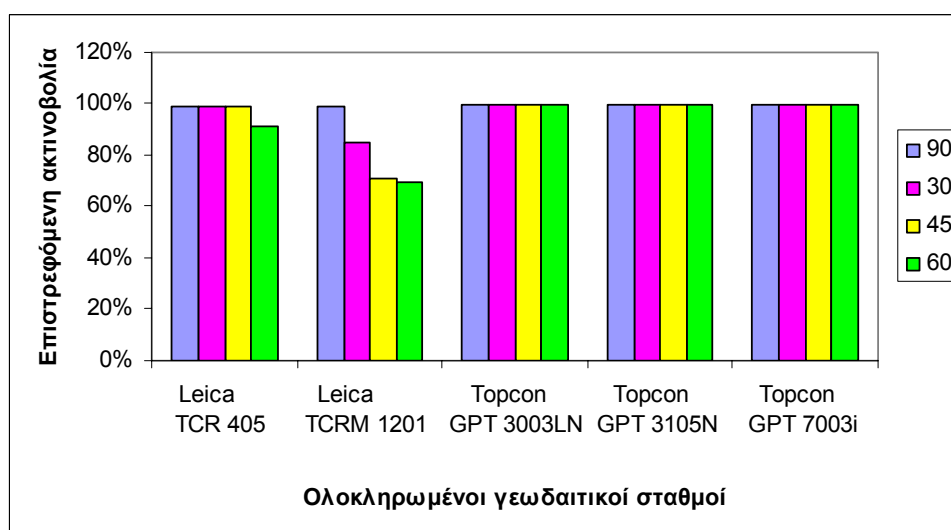
Διάγραμμα 3.24: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μαύρο χαρτόνι στα 15m

- Το μαύρο χαρτόνι εμφανίζει αποτελέσματα χαμηλής αξιοπιστίας με τα όργανα Leica, όμως παρουσιάζει εξαιρετικά αποτελέσματα στην περίπτωση των οργάνων Topcon. Το ότι τα πρώτα όργανα δεν εμφανίζουν τόσο καλά αποτελέσματα μπορεί να οφείλεται και στο μαύρο χρώμα του υλικού το οποίο απορροφά μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας.

8) Πλαστικό λευκό



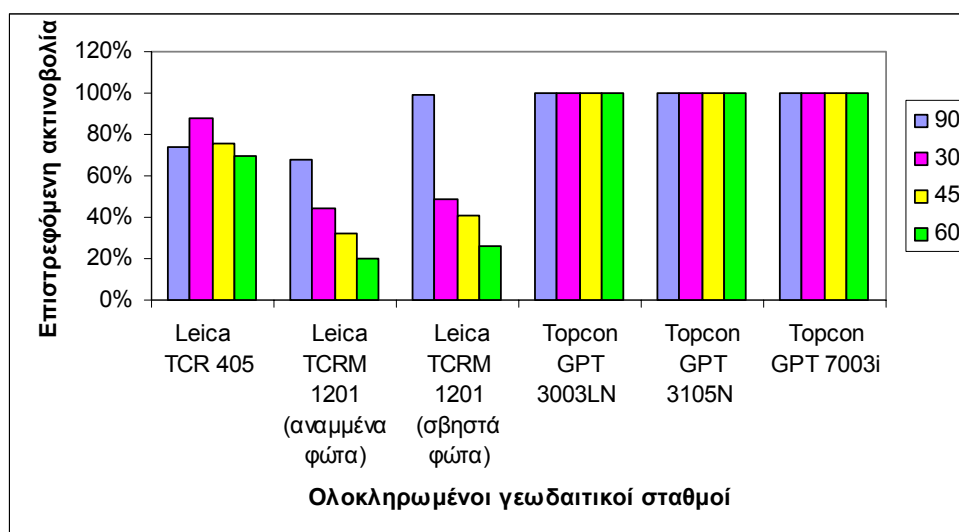
Διάγραμμα 3.25: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό πλαστικό στα 50m



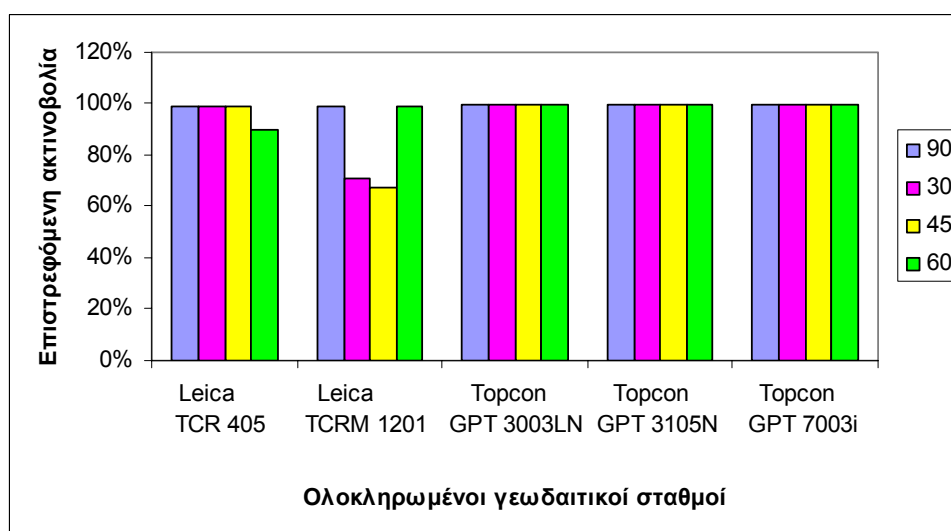
Διάγραμμα 3.26: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό πλαστικό στα 15m

- Το λευκό πλαστικό παρουσιάζει
 - ♦ εξαιρετικά αποτελέσματα στην περίπτωση των 15m και για τις δύο κατηγορίες οργάνων και
 - ♦ σχετικά καλά αποτελέσματα στην περίπτωση των 50m.
- Στα 50m με το όργανο Leica TCR 405, το διάγραμμα παρουσιάζει μια αιχμή στις 45° και στις 60°.

9) Πλαστικό κόκκινο



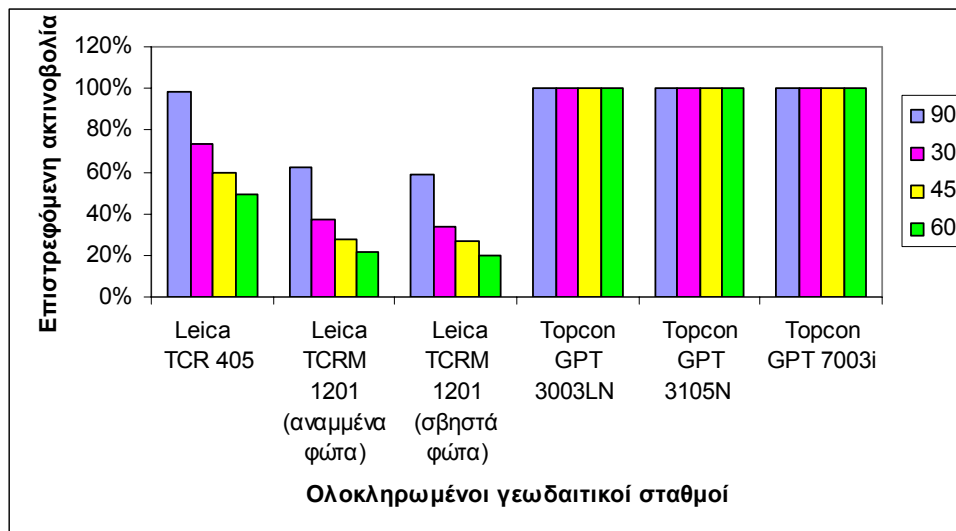
Διάγραμμα 3.27: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κόκκινο πλαστικό στα 50m



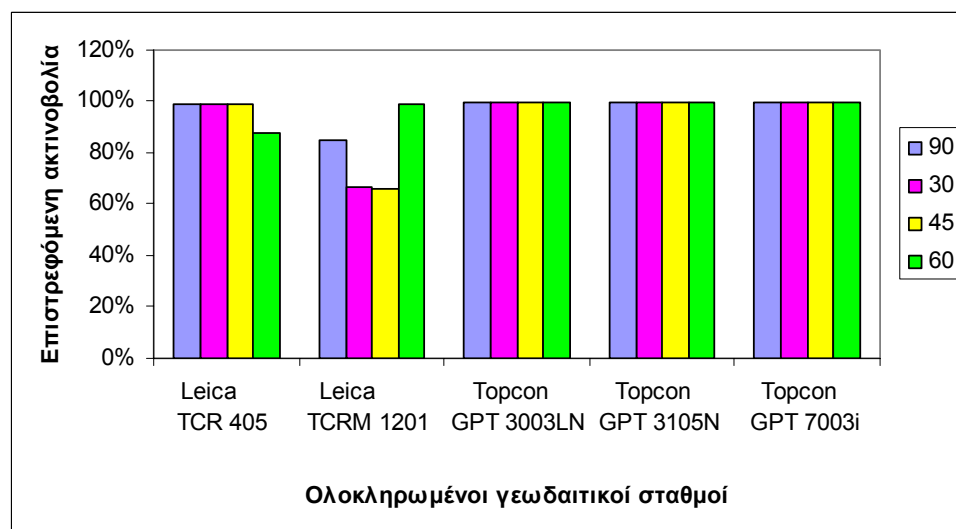
Διάγραμμα 3.28: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κόκκινο πλαστικό στα 15m

- Το κόκκινο πλαστικό εμφανίζει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην επιστρεφόμενη ακτινοβολία για τις αποστάσεις των 50 και των 15m.
- Στην περίπτωση των 50m, το όργανο Leica TCR 405 παρουσιάζει μια αιχμή στο διάγραμμα στις 30° και στα 15m ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TCRM 1201 στις 60°.

10) Πλακάκι γκρι



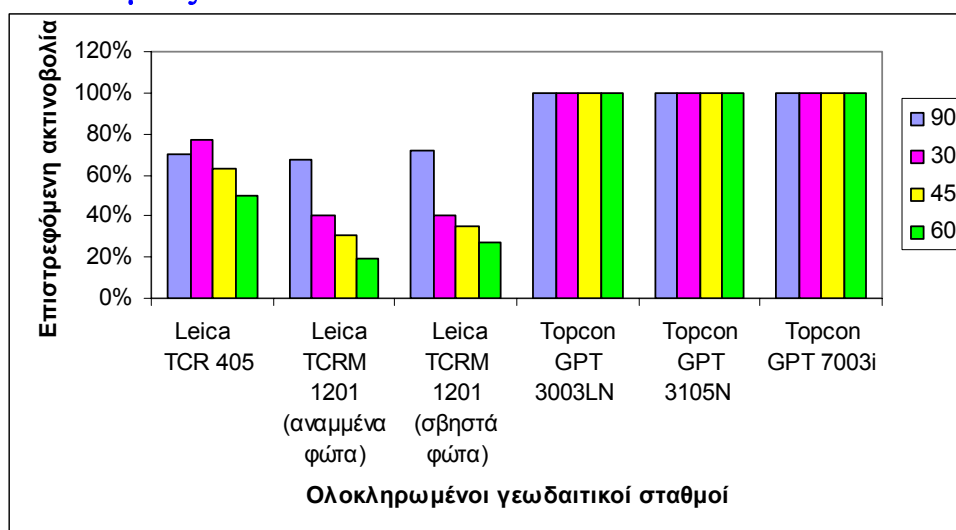
Διάγραμμα 3.29: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι πλακάκι στα 50m



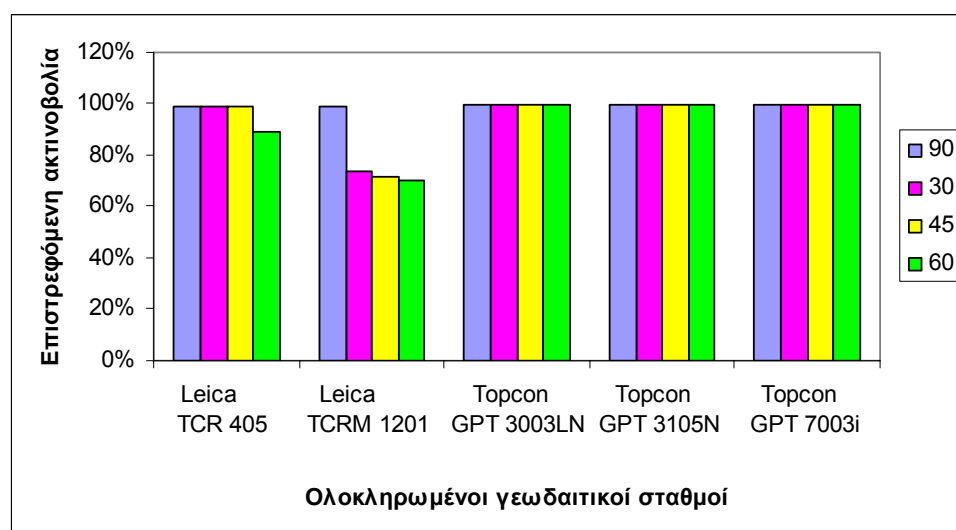
Διάγραμμα 3.30: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι πλακάκι στα 15m

- Τα αποτελέσματα της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι αρκετά υψηλά και ιδιαίτερα για την περίπτωση των 50m.
- Στα 15m μόνο με το όργανο Leica TCRM 1201 στις 60°, το διάγραμμα εμφανίζει μια αιχμή.

11) Πλακάκι μπεζ



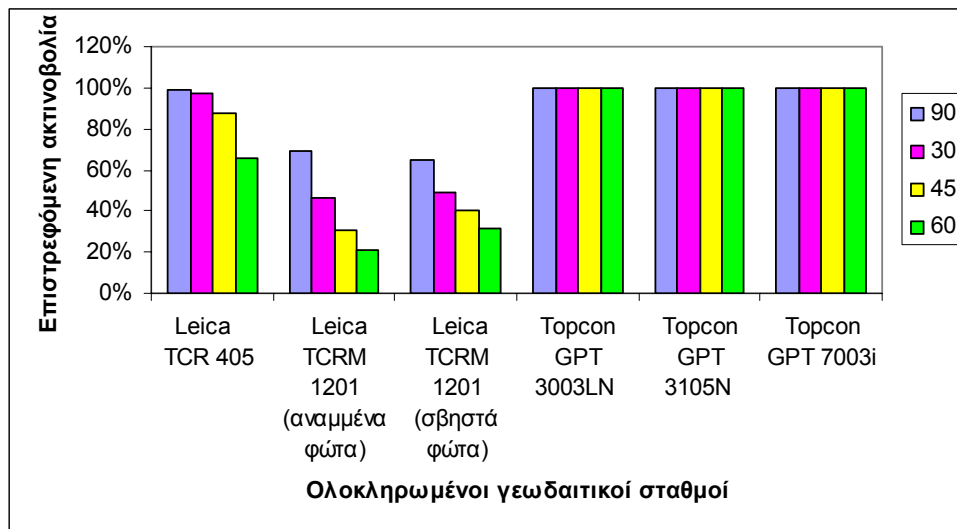
Διάγραμμα 3.31: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μπεζ πλακάκι στα 50m



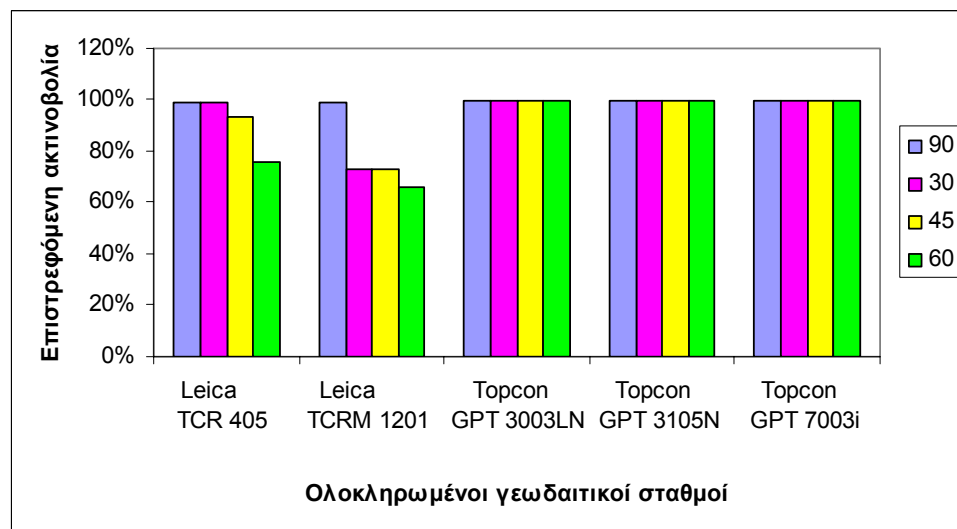
Διάγραμμα 3.32: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μπεζ πλακάκι στα 15m

- Για το μπεζ πλακάκι προκύπτουν μεγάλες τιμές επιστρεφόμενης ακτινοβολίας και για τις δύο αποστάσεις.

12) Αφρολέξ λευκό



Διάγραμμα 3.33: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό αφρολέξ στα 50m

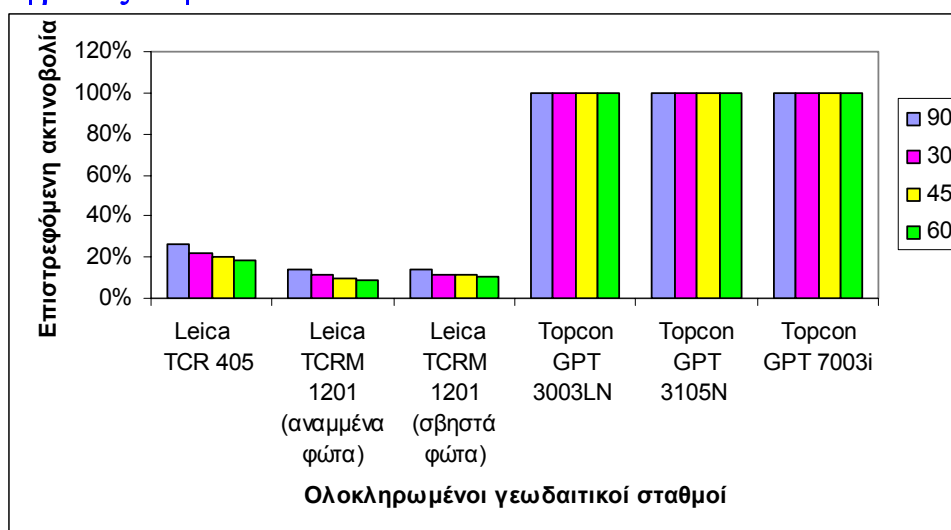


Διάγραμμα 3.34: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό αφρολέξ στα 15m

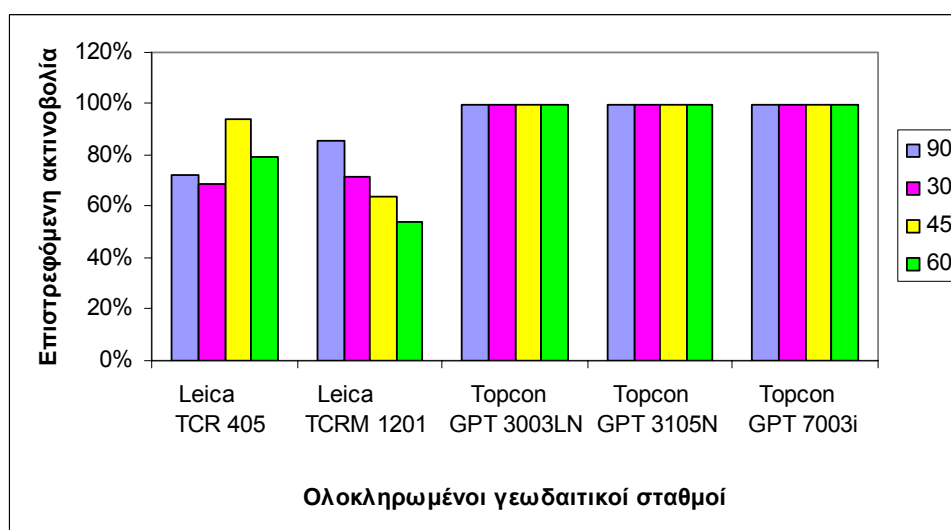
Το λευκό αφρολέξ εμφανίζει

- για την απόσταση των 15m ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας πάνω από 60% για όλα τα όργανα και σε όλες τις γωνίες και
- για την απόσταση των 50m πάνω από 60% για την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας.

13) Αφρολέξ καφέ



Διάγραμμα 3.35: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το καφέ αφρολέξ στα 50m

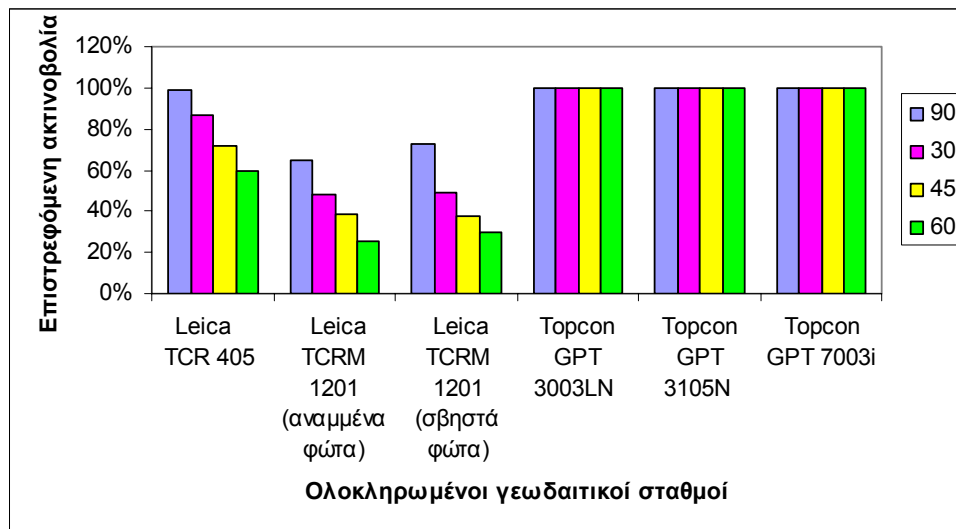


Διάγραμμα 3.36: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το καφέ αφρολέξ στα 15m

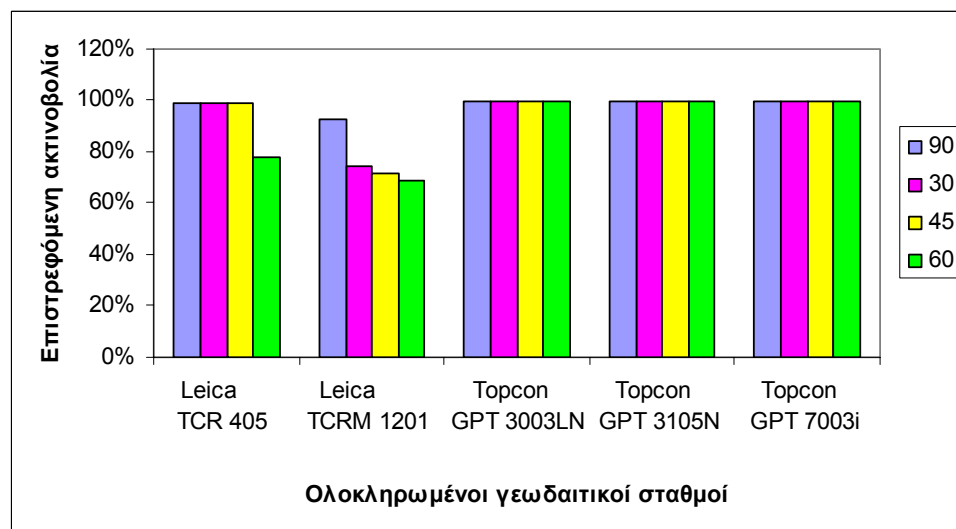
Το καφέ αφρολέξ παρουσιάζει

- στην περίπτωση των 50m ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για τα όργανα Leica,
- ενώ στα 15m τα αντίστοιχα ποσοστά αυξάνονται σημαντικά.

14) Μάρμαρο



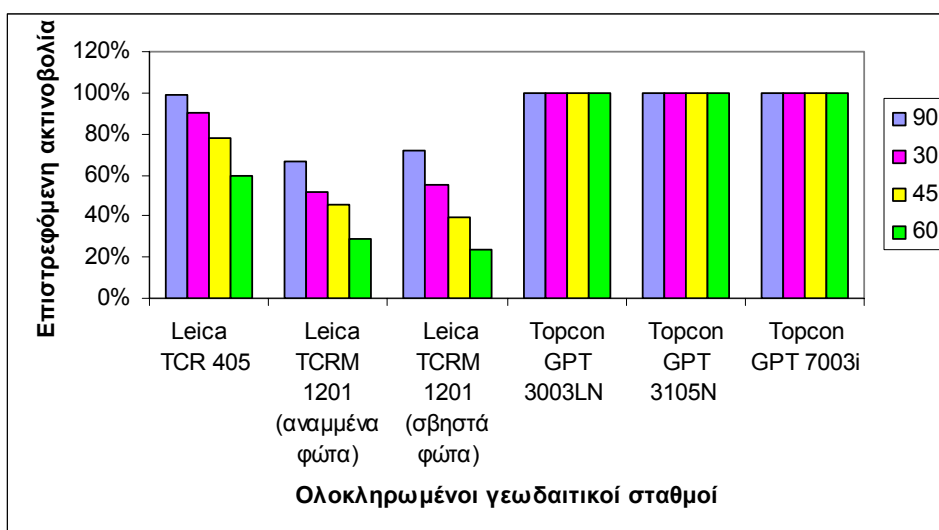
Διάγραμμα 3.37: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μάρμαρο στα 50m



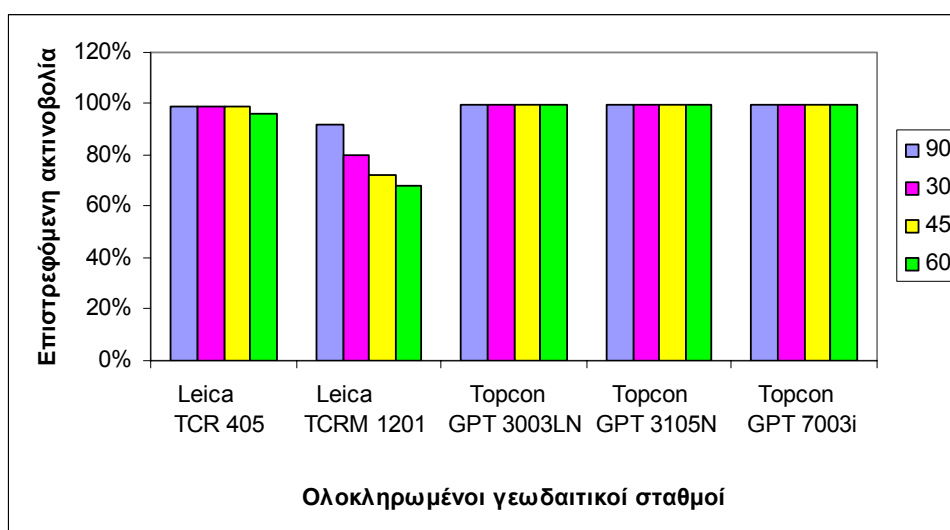
Διάγραμμα 3.38: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μάρμαρο στα 15m

- Το μάρμαρο παρουσιάζει υψηλή ανακλαστικότητα για όλες τις γωνίες και σε όλες τις αποστάσεις με χαμηλότερη τιμή 25% στην απόσταση των 50m και 69% στην απόσταση των 15m.

15) Ξύλο



Διάγραμμα 3.39: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το ξύλο στα 50m

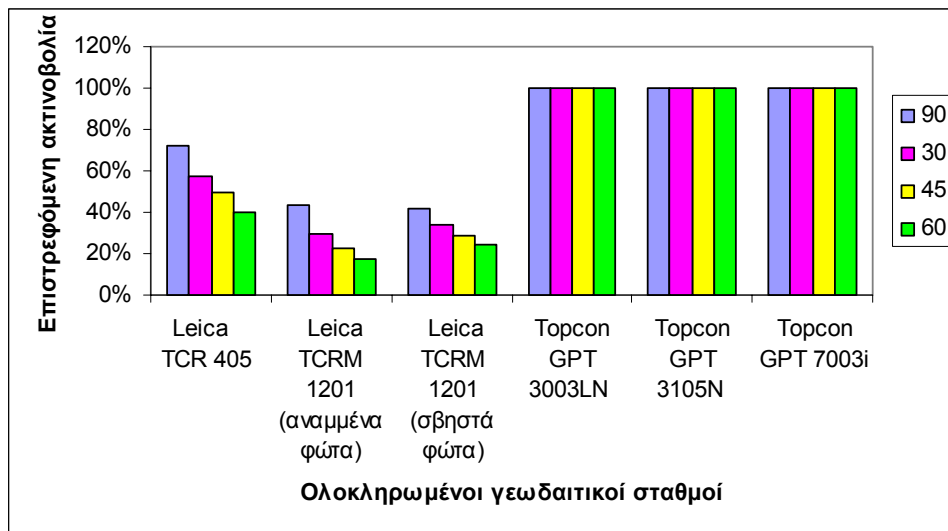


Διάγραμμα 3.40: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το ξύλο στα 15m

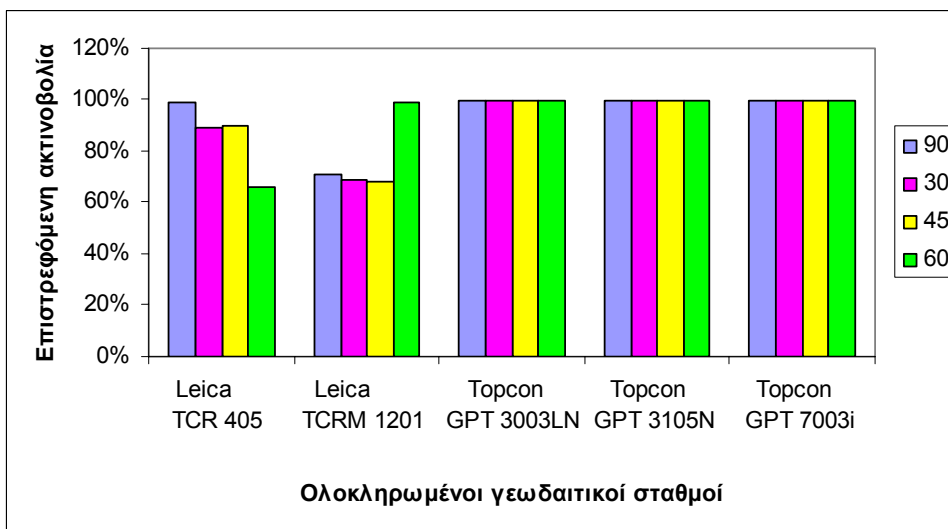
Το ξύλο παρουσιάζει

- υψηλά ποσοστά ανακλαστικότητας, βαθμιαία μειούμενα με την αύξηση της γωνίας πρόσπτωσης για τα Leica όργανα και
- σταθερά υψηλά ποσοστά για τα Topcon όργανα.

16) Νοβοπάν



Διάγραμμα 3.41: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το νοβοπάν στα 50m

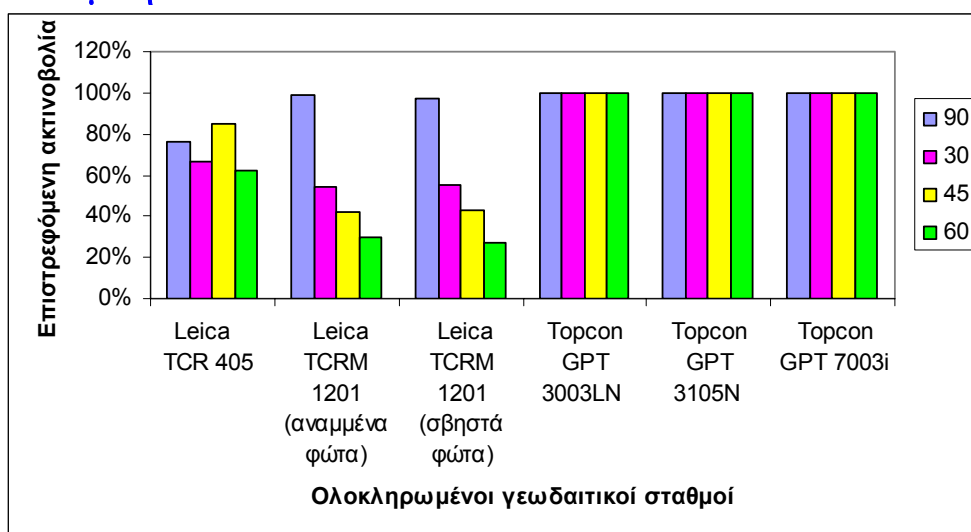


Διάγραμμα 3.42: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το νοβοπάν στα 15m

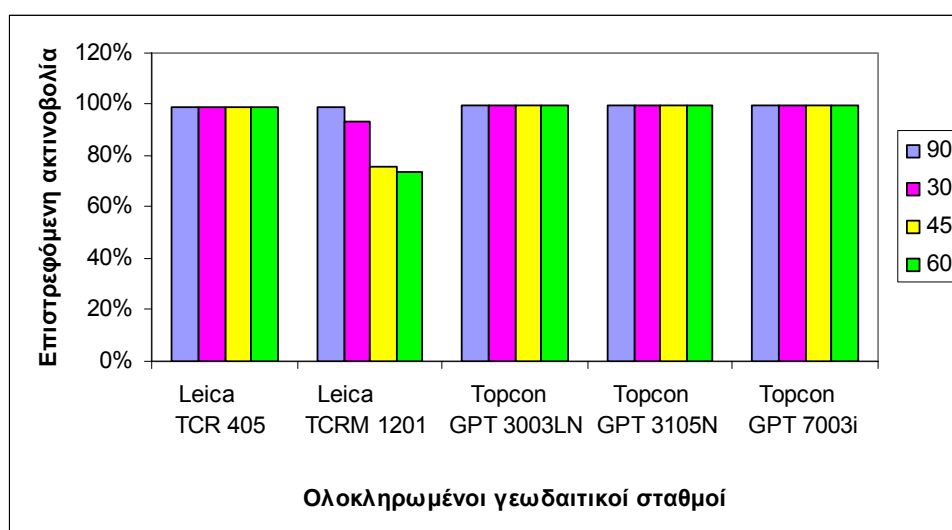
Το νοβοπάν στην απόσταση των 15m

- με το όργανο Leica TCRM 1201 στο διάγραμμα της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας, αντίθετα με τα αναμενόμενα αποτελέσματα, παρουσιάζει μια αιχμή στις 60°.

17) Μελαμίνη



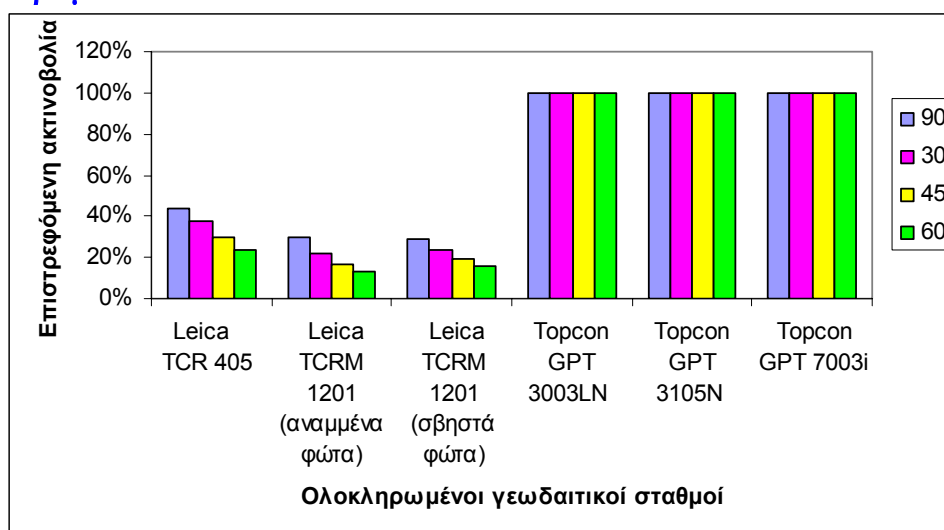
Διάγραμμα 3.43: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τη μελαμίνη στα 50m



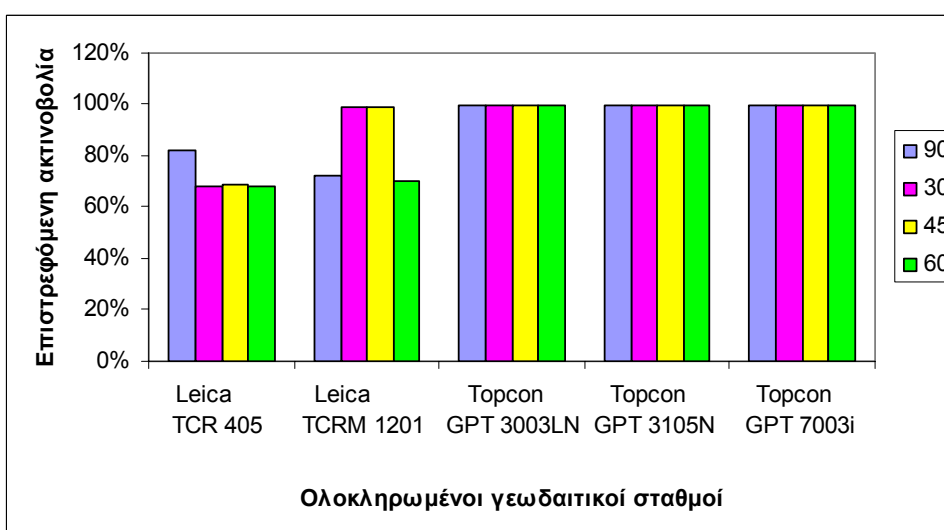
Διάγραμμα 3.44: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τη μελαμίνη στα 15m

Η μελαμίνη και για τις δύο αποστάσεις παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το νοβοπάν.

18) Κεραμίδι



Διάγραμμα 3.45: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κεραμίδι στα 50m

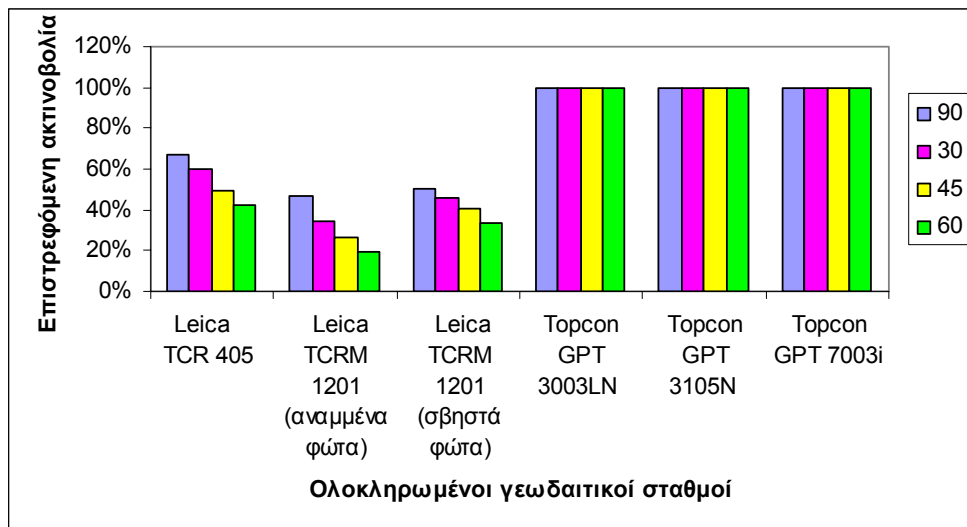


Διάγραμμα 3.46: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κεραμίδι στα 15m

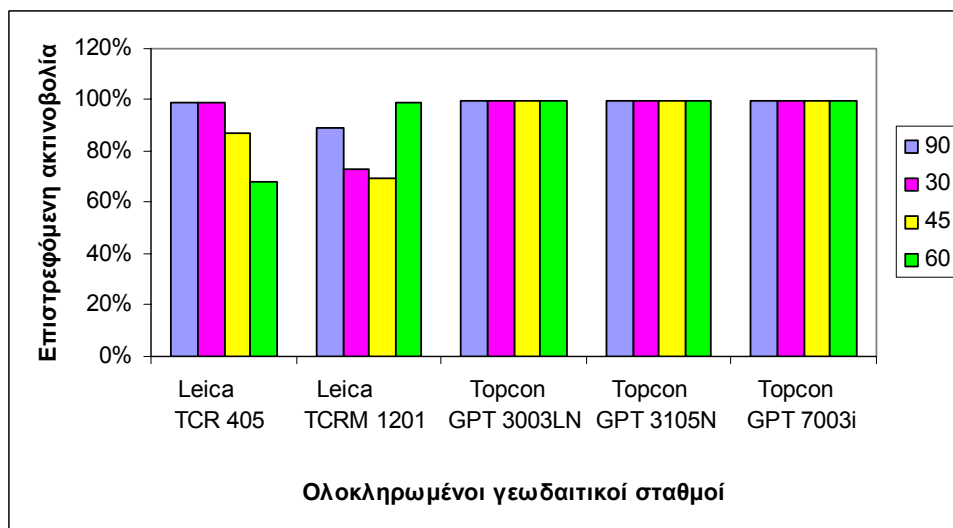
Το κεραμίδι παρουσιάζει

- στην απόσταση των 50m, ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας,
- ενώ στα 15m, τα αντίστοιχα ποσοστά αυξάνονται σημαντικά.

19) Ασφαλτος



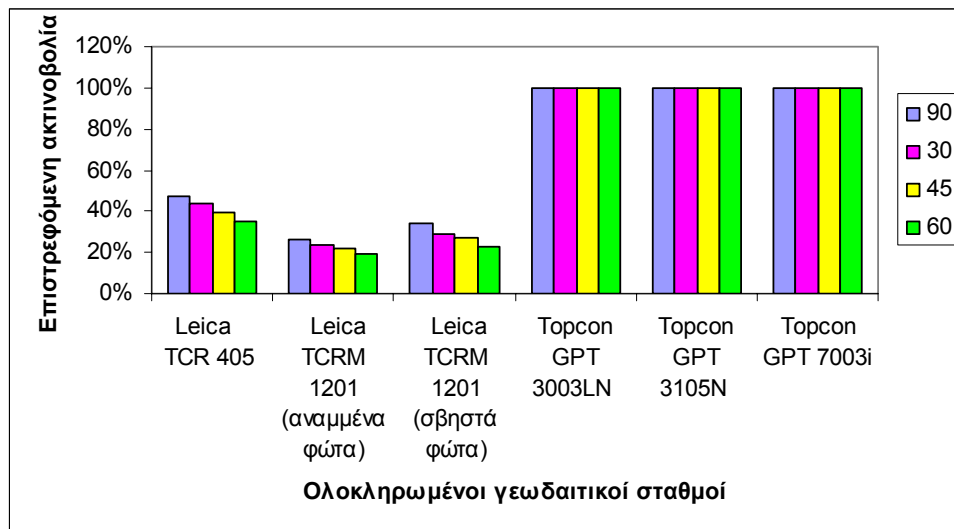
Διάγραμμα 3.47: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την ασφαλτο στα 50m



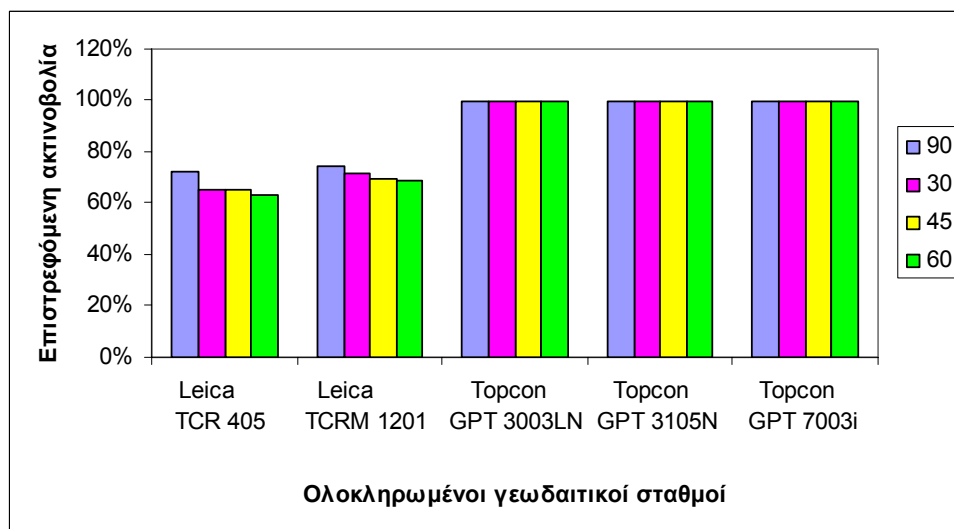
Διάγραμμα 3.48: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την ασφαλτο στα 15m

Στην απόσταση των 15m με το όργανο Leica TCRM 1201, το διάγραμμα εμφανίζει μια αιχμή στις 60°.

20) Βράχος



Διάγραμμα 3.49: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το βράχο στα 50m

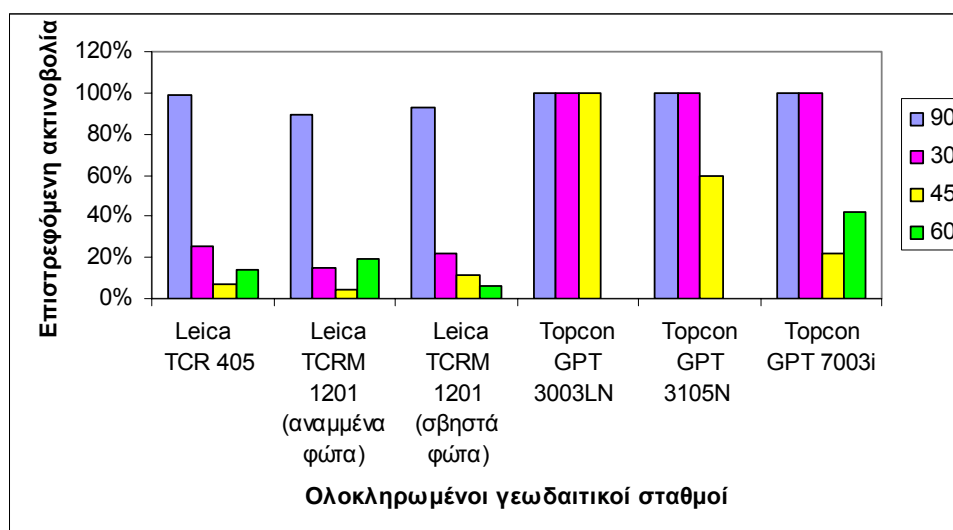


Διάγραμμα 3.50: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το βράχο στα 15m

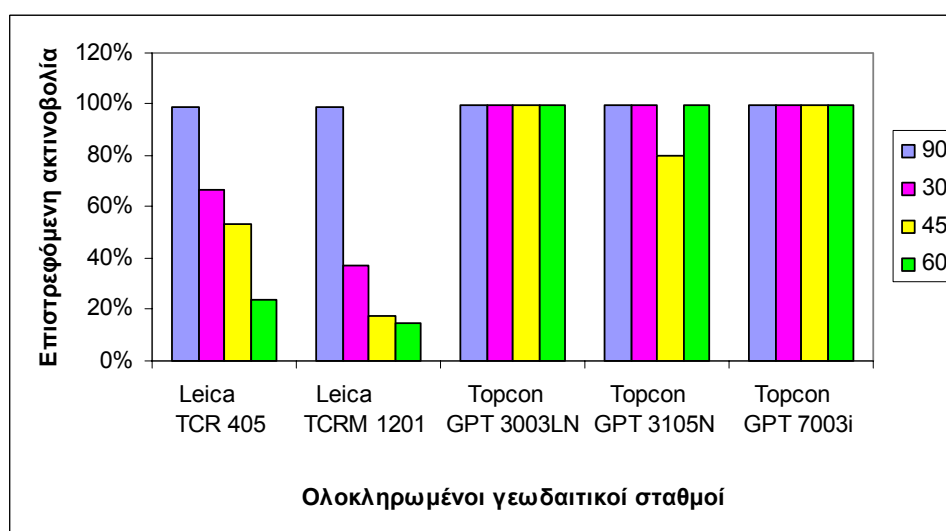
Ο βράχος παρουσιάζει

- μέτρια ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στην απόσταση των 50m
- ενώ στα 15m, τα αντίστοιχα ποσοστά είναι αυξημένα.

21) Γυαλί



Διάγραμμα 3.51: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γυαλί στα 50m

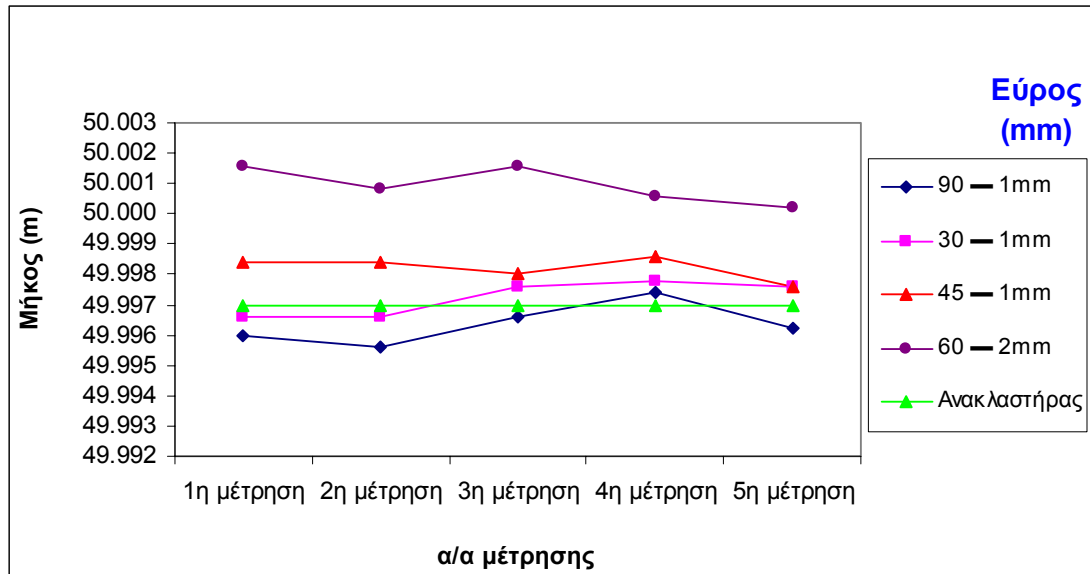


Διάγραμμα 3.52: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γυαλί στα 15m

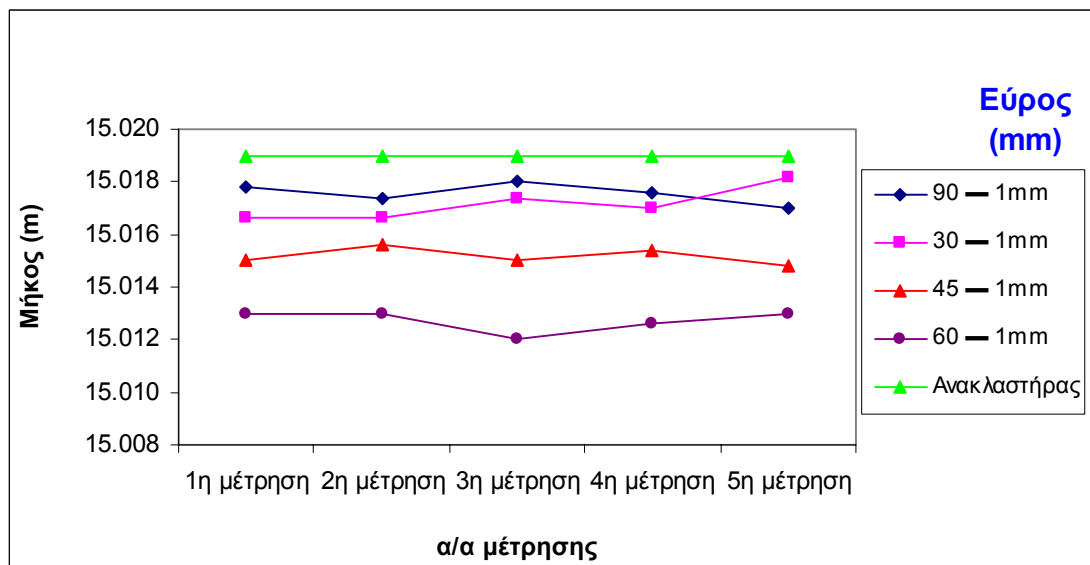
Το γυαλί χαρακτηρίζεται από μια ιδιαίτερη συμπεριφορά. Επειδή σχεδόν πάντα διαπερνάται, έχει ως άμεσο επακόλουθο να γίνεται στόχευση στο υλικό, το οποίο βρίσκεται πίσω από το γυαλί και είναι στην ίδια ευθεία με το σκοπευτικό άξονα του οργάνου. Για αυτό το λόγο το μήκος που μετράται μερικές φορές είναι πολύ μεγαλύτερο από το πραγματικό. Άρα και η επιστροφή της ακτινοβολίας εξαρτάται από το υλικό που είναι πίσω από το γυαλί.

3.2.7 Διερεύνηση της διασποράς των μετρήσεων με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

1) Kodak White Card

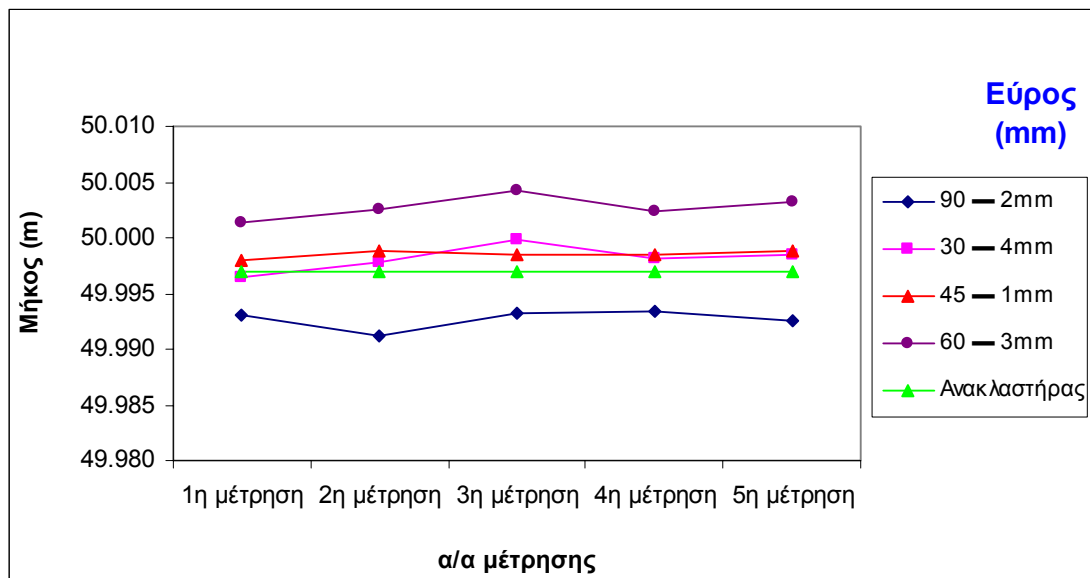


Διάγραμμα 3.53: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 50m

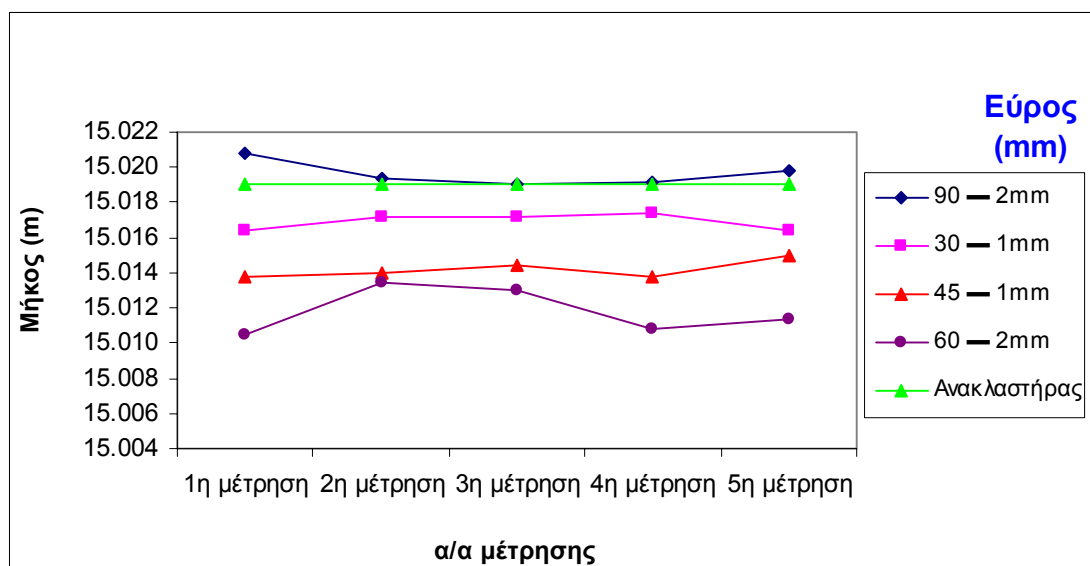


Διάγραμμα 3.54: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 15m

2) Kodak Gray Card

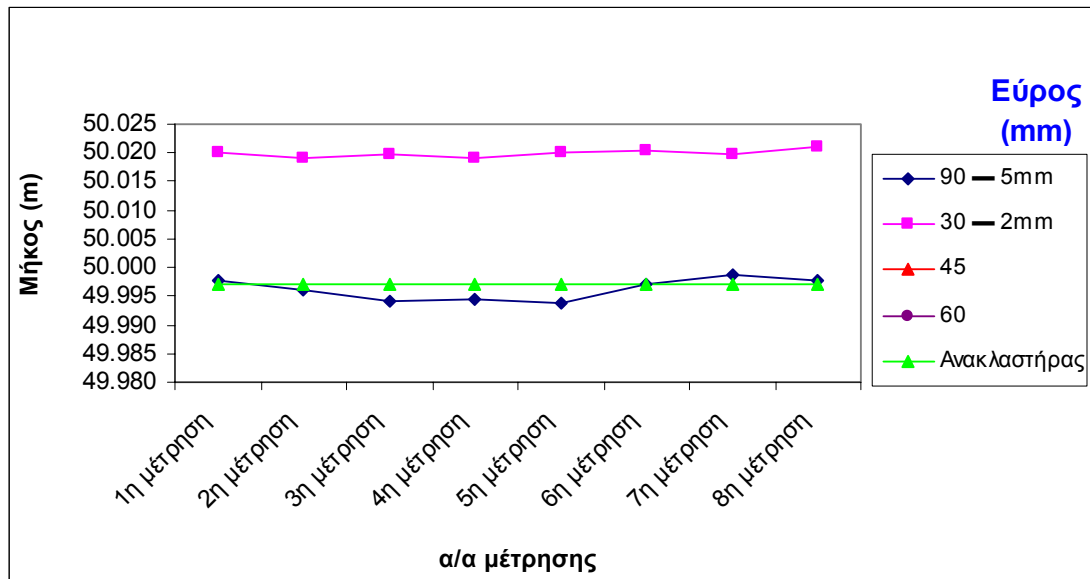


Διάγραμμα 3.55: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 50m

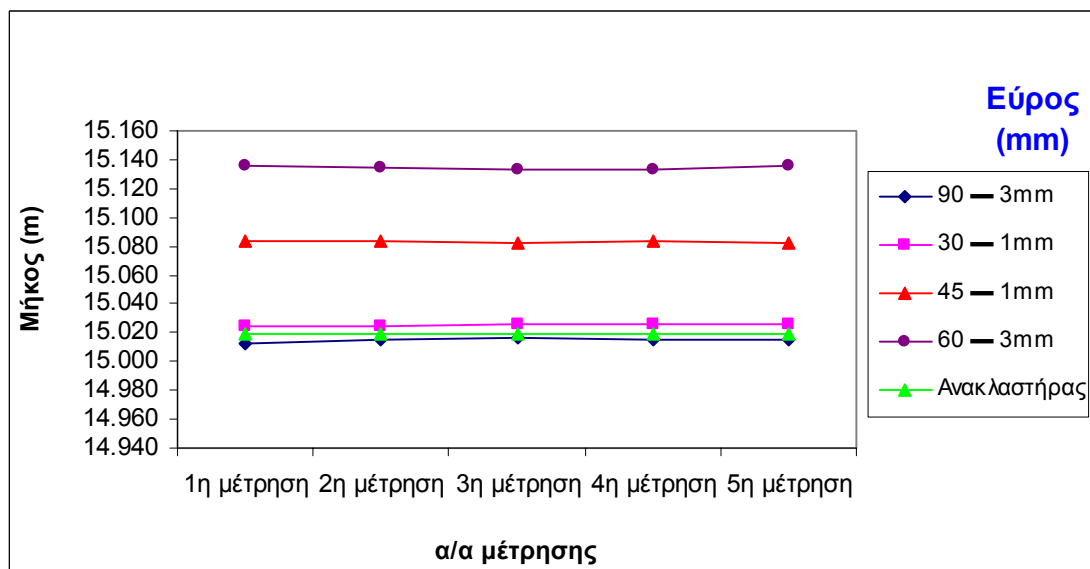


Διάγραμμα 3.56: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 15m

3) Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος

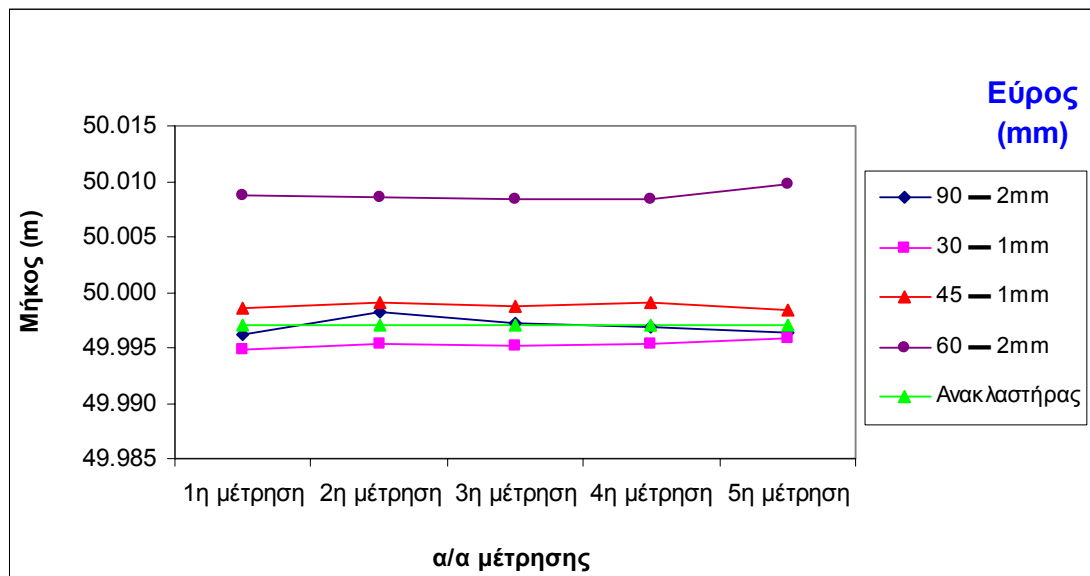


Διάγραμμα 3.57: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m

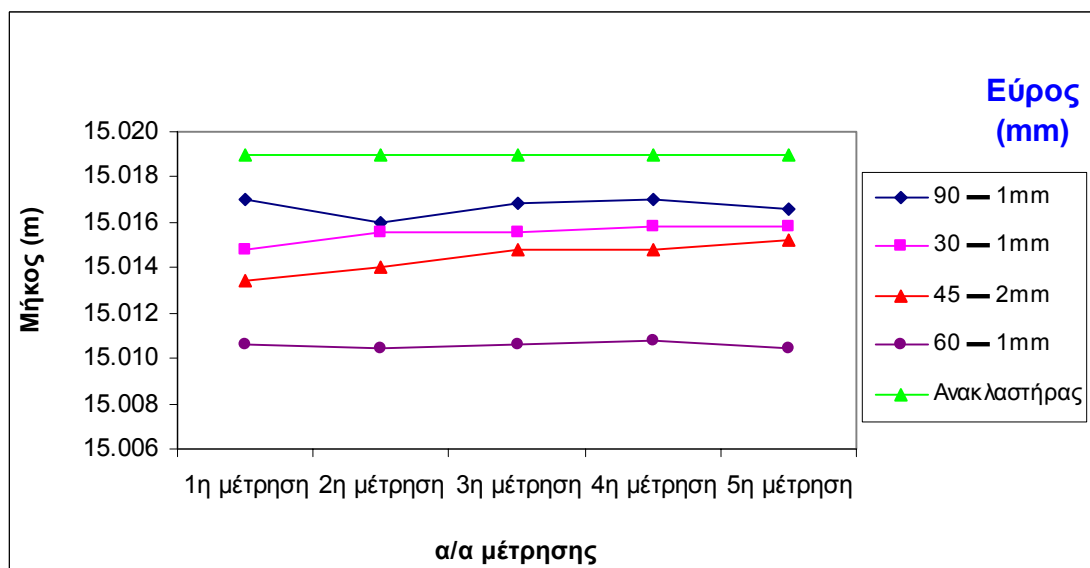


Διάγραμμα 3.58: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 15m

4) Τσιμέντο λευκό

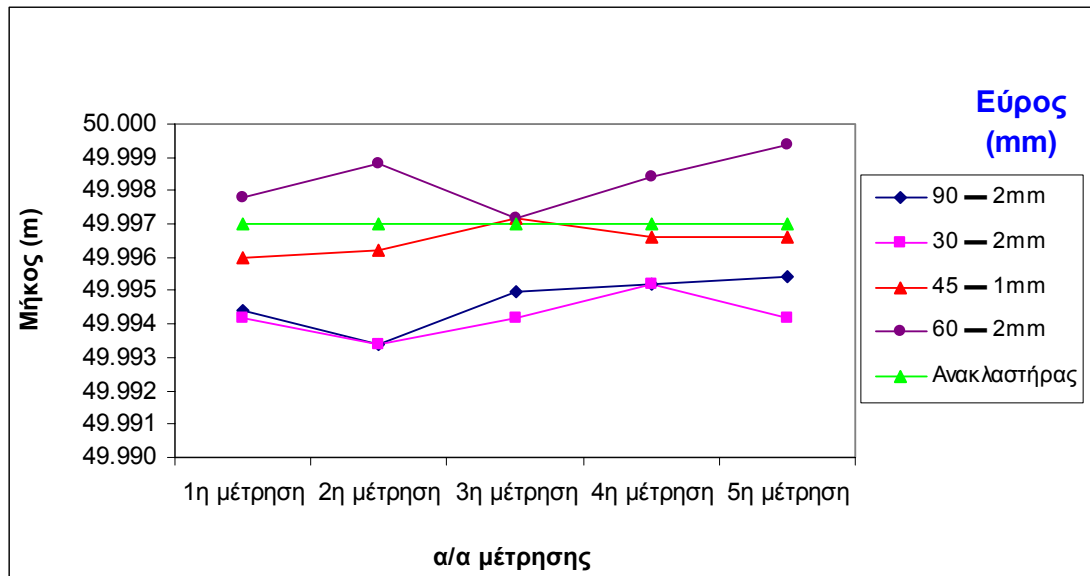


Διάγραμμα 3.59: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 50m

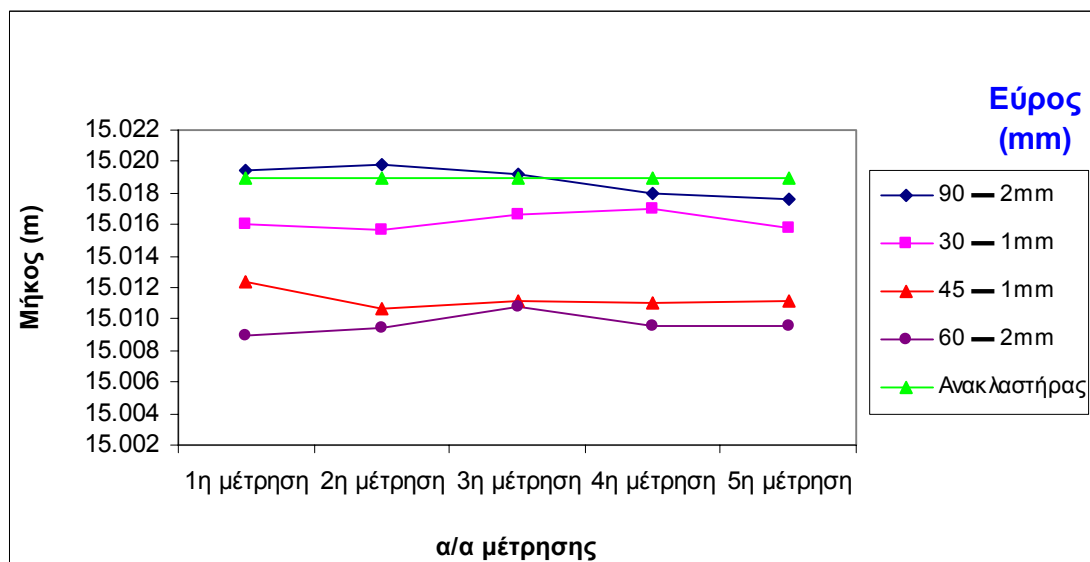


Διάγραμμα 3.60: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 15m

5) Τσιμέντο γκρι

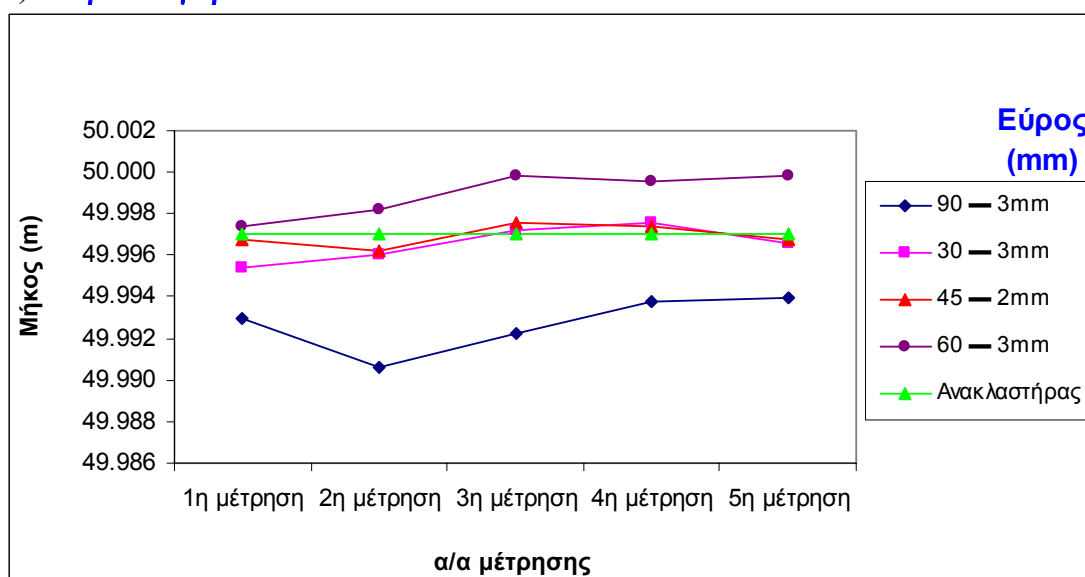


Διάγραμμα 3.61: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 50m

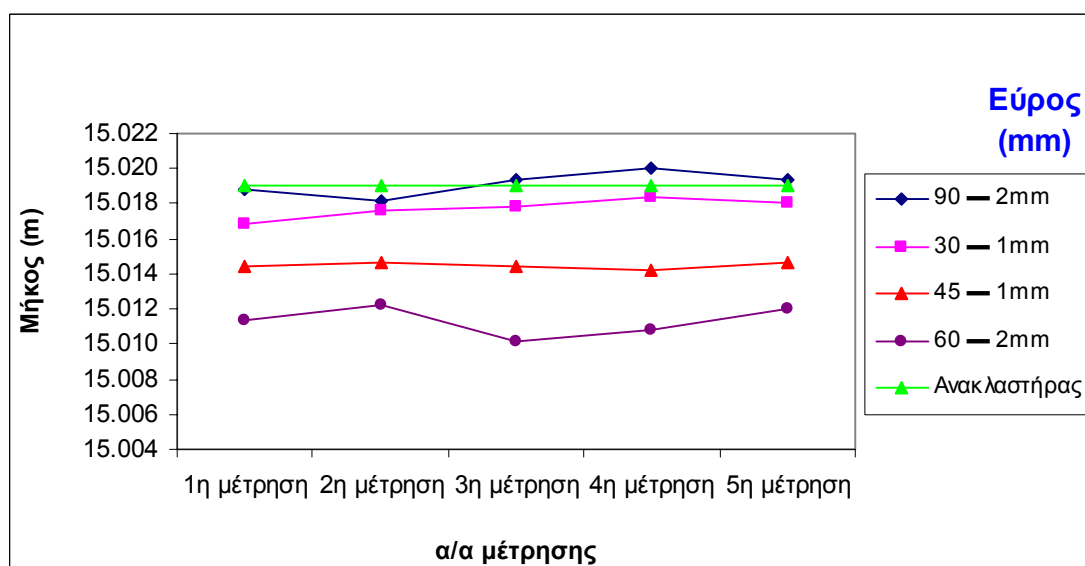


Διάγραμμα 3.62: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 15m

6) Χαρτόνι γκρι

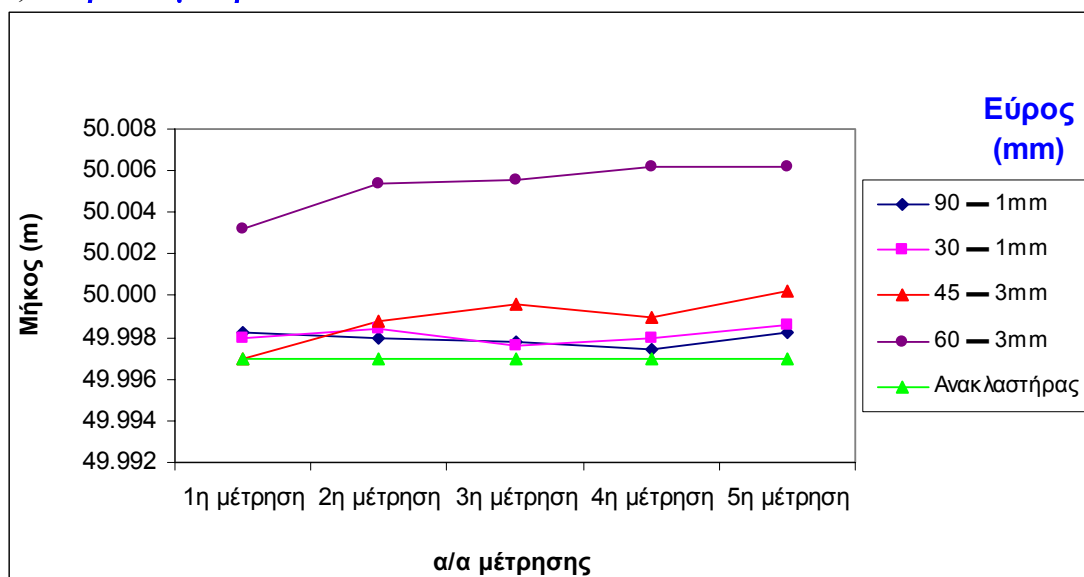


Διάγραμμα 3.63: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 50m

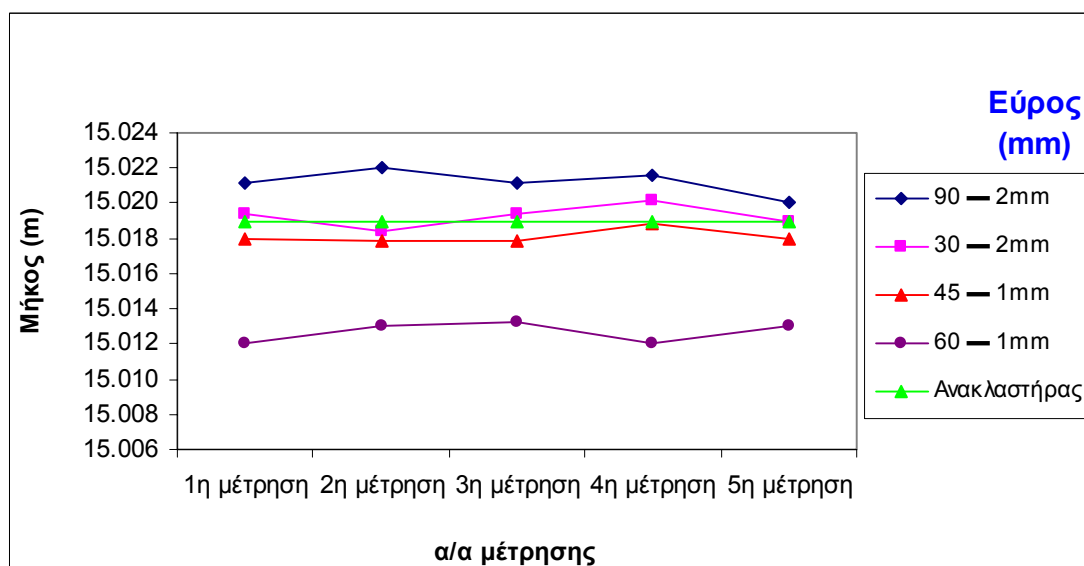


Διάγραμμα 3.64: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 15m

7) Χαρτόνι μαύρο

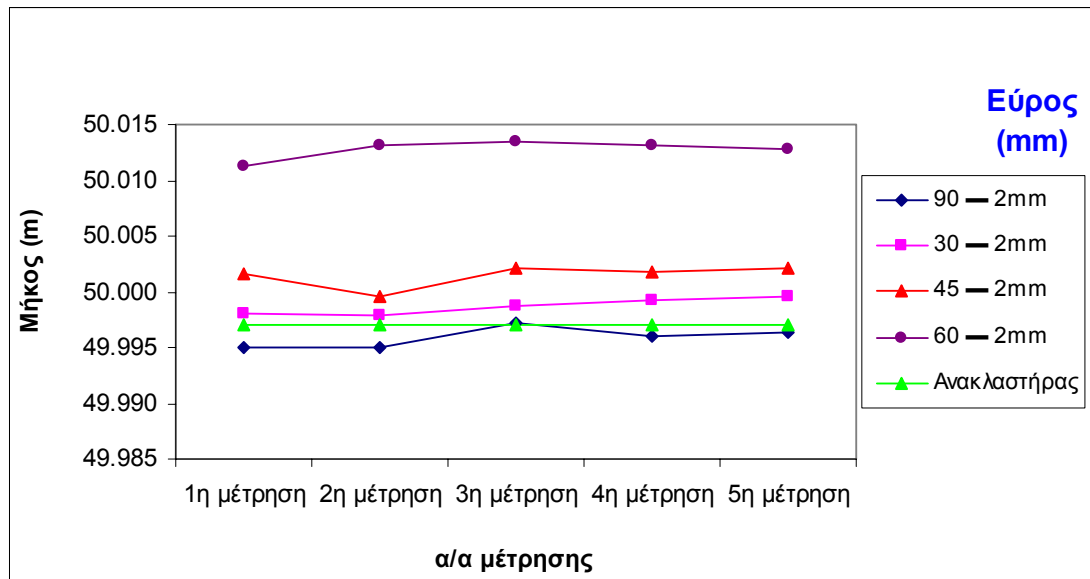


Διάγραμμα 3.65: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 50m

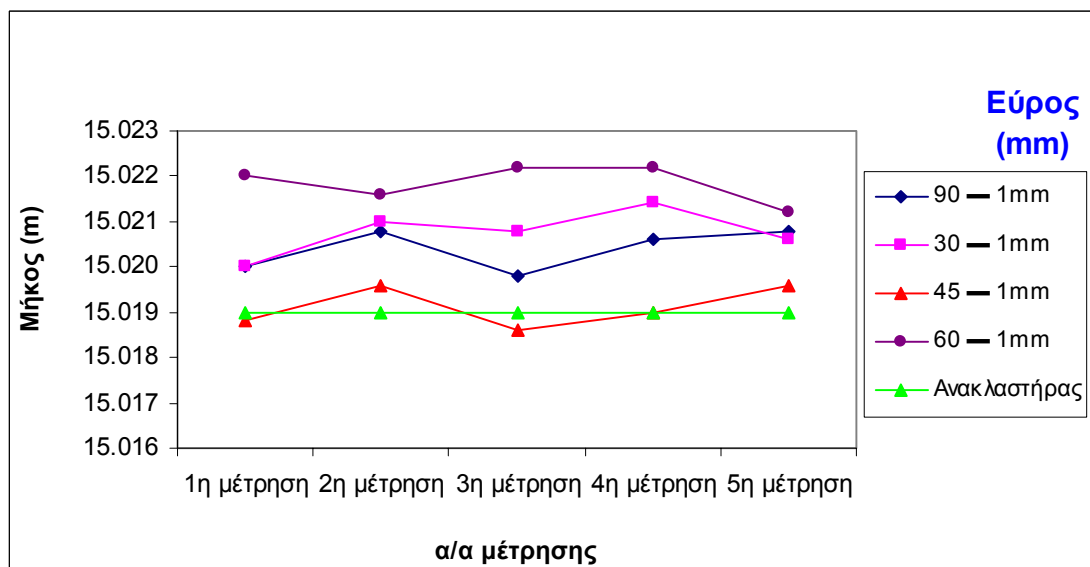


Διάγραμμα 3.66: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 15m

8) Πλαστικό λευκό

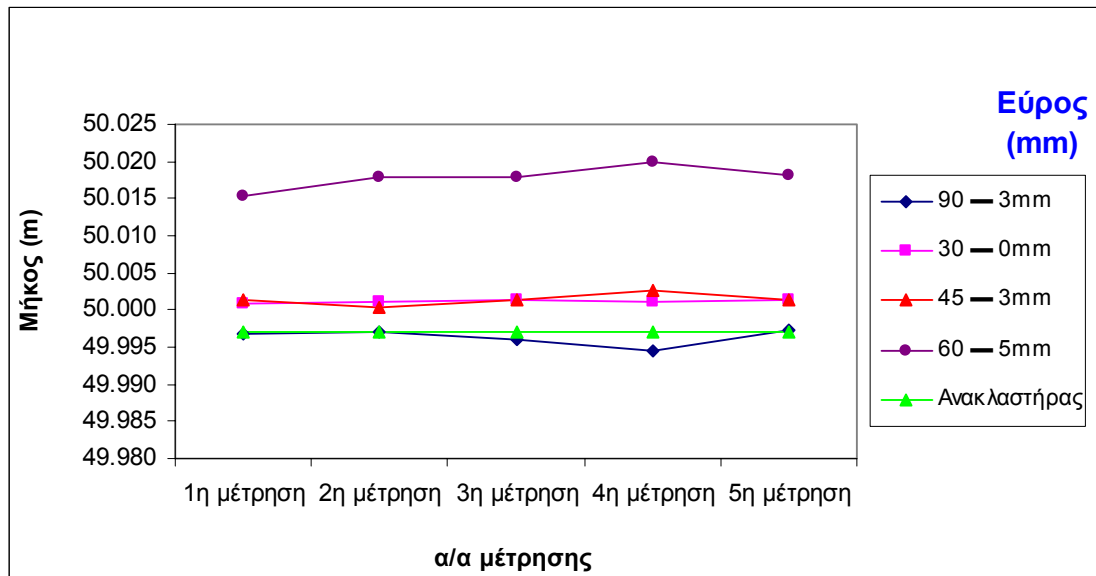


Διάγραμμα 3.67: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 50m

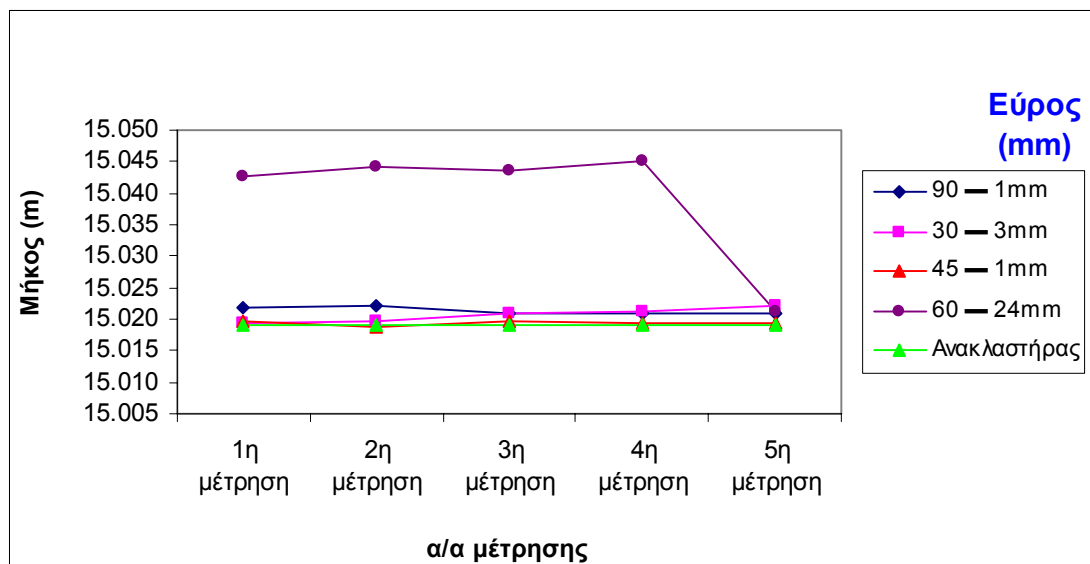


Διάγραμμα 3.68: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 15m

9) Πλαστικό κόκκινο

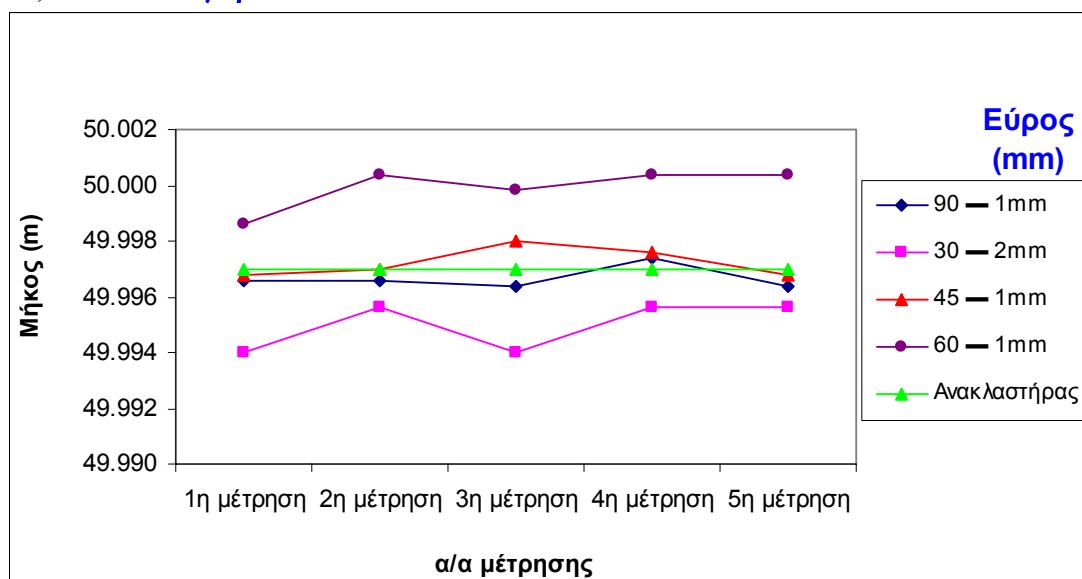


Διάγραμμα 3.69: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 50m

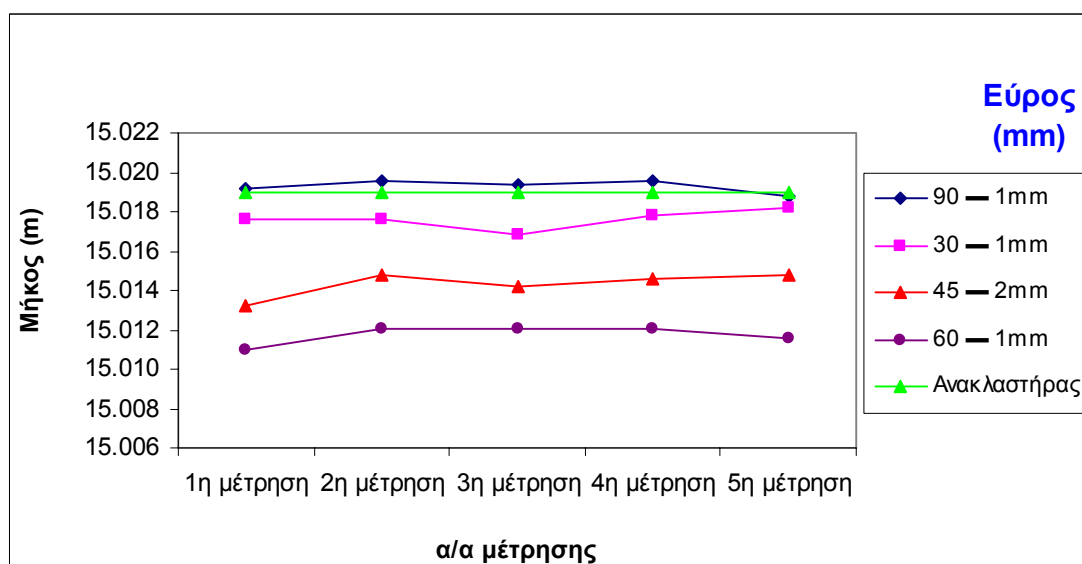


Διάγραμμα 3.70: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 15m

10) Πλακάκι γκρι

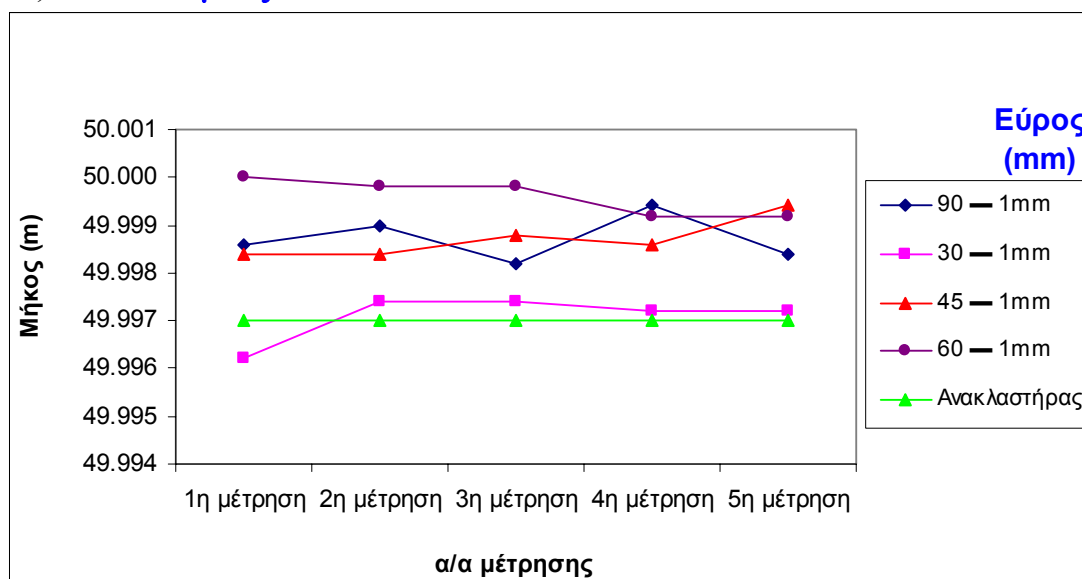


Διάγραμμα 3.71: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 50m

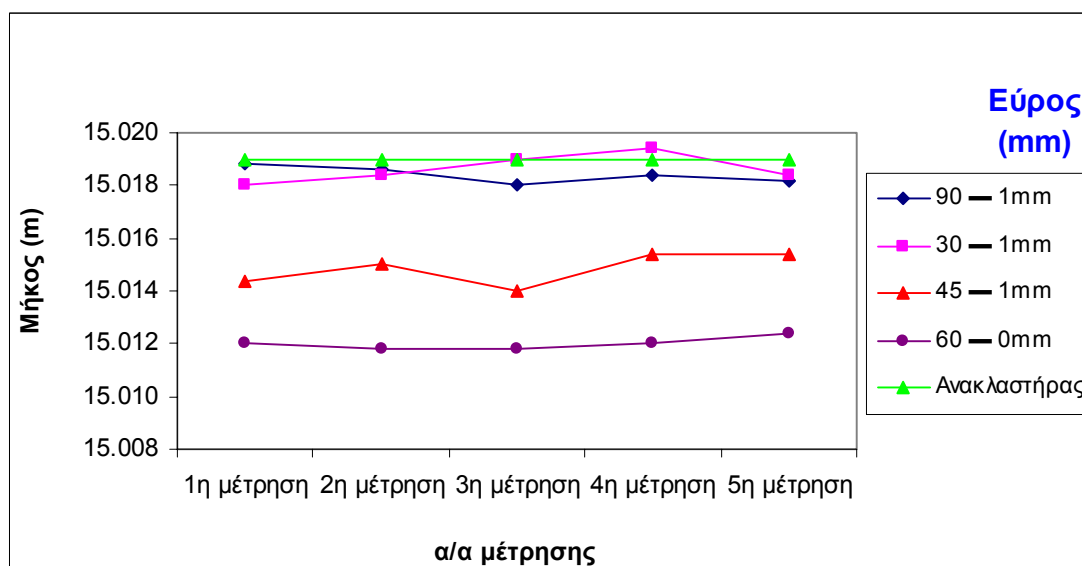


Διάγραμμα 3.72: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 15m

11) Πλακάκι μπεζ

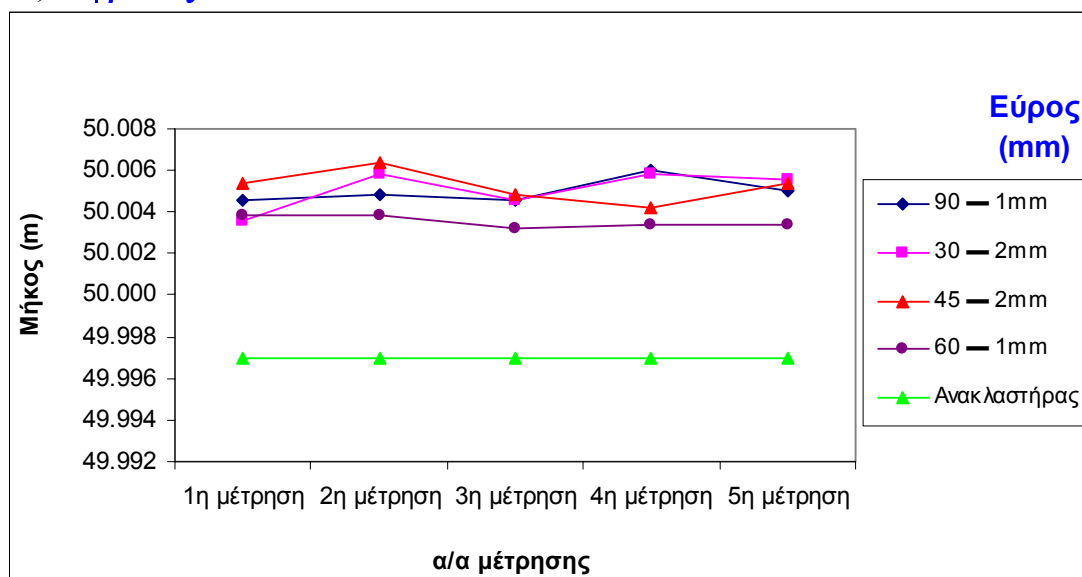


Διάγραμμα 3.73: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 50m

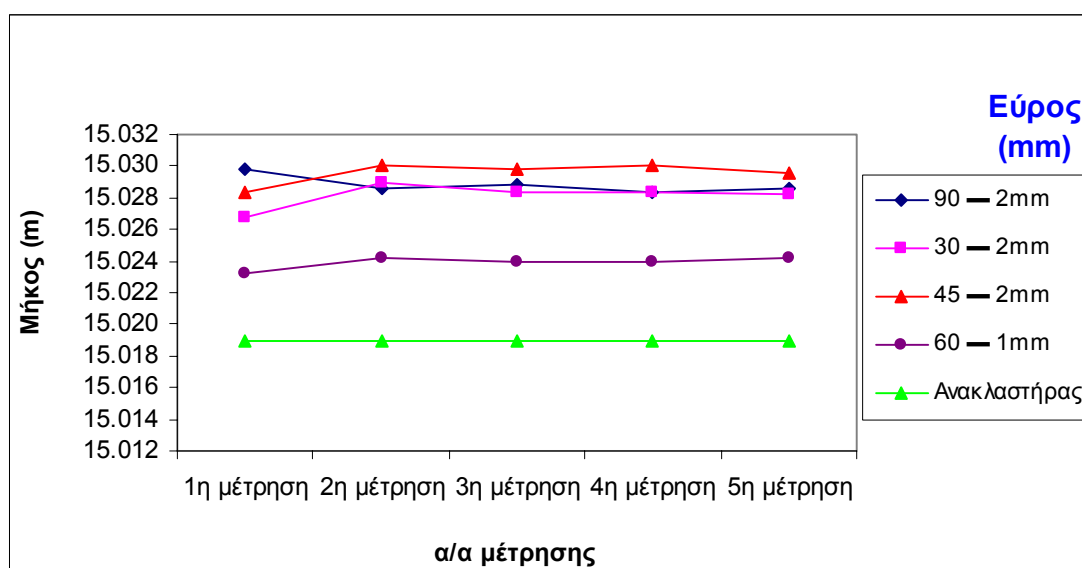


Διάγραμμα 3.74: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 15m

12) Αφρολέξ λευκό

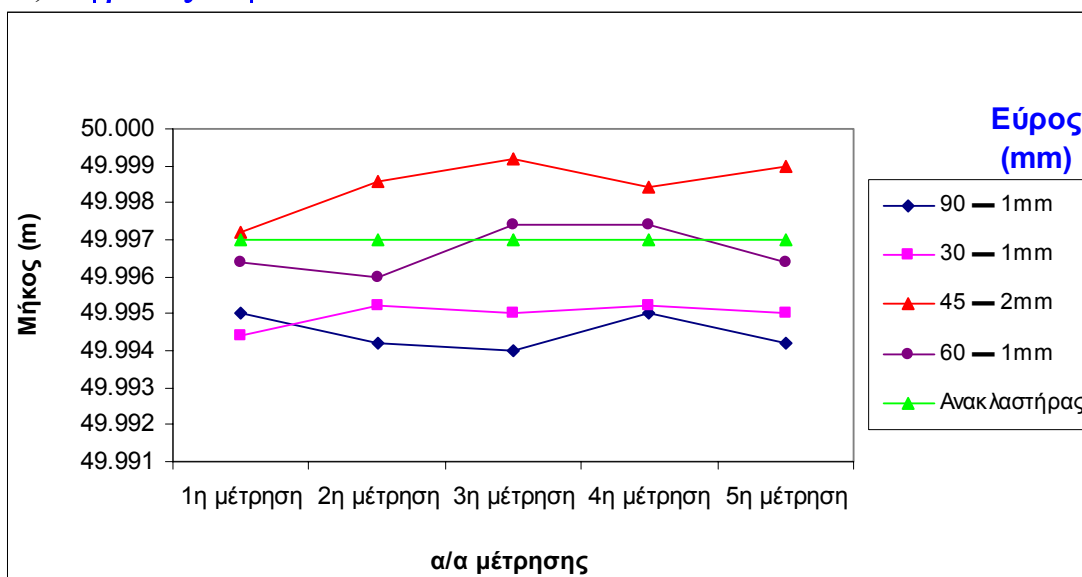


Διάγραμμα 3.75: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 50m

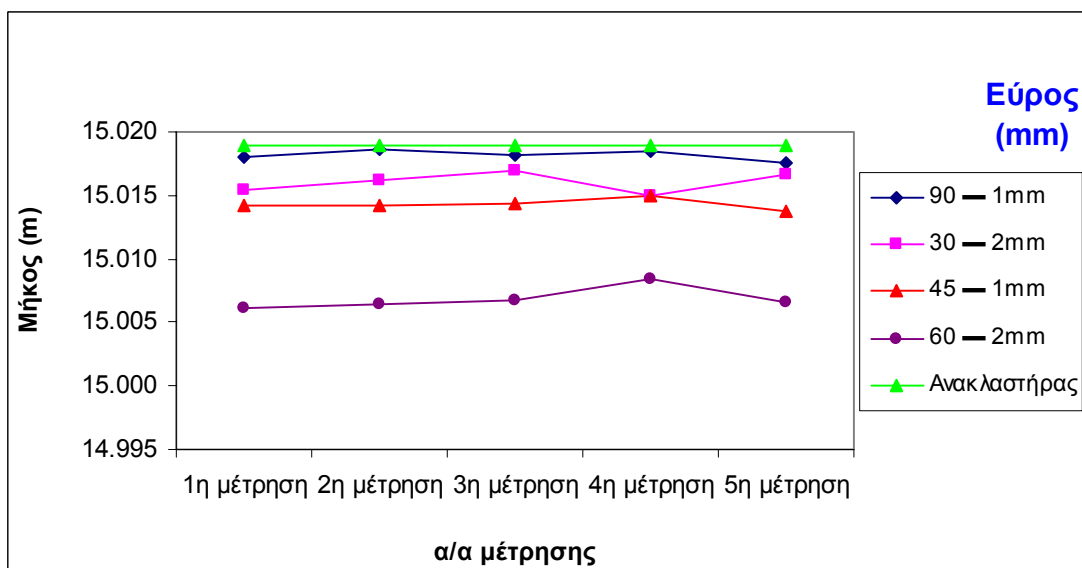


Διάγραμμα 3.76: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 15m

13) Αφρολέξ καφέ

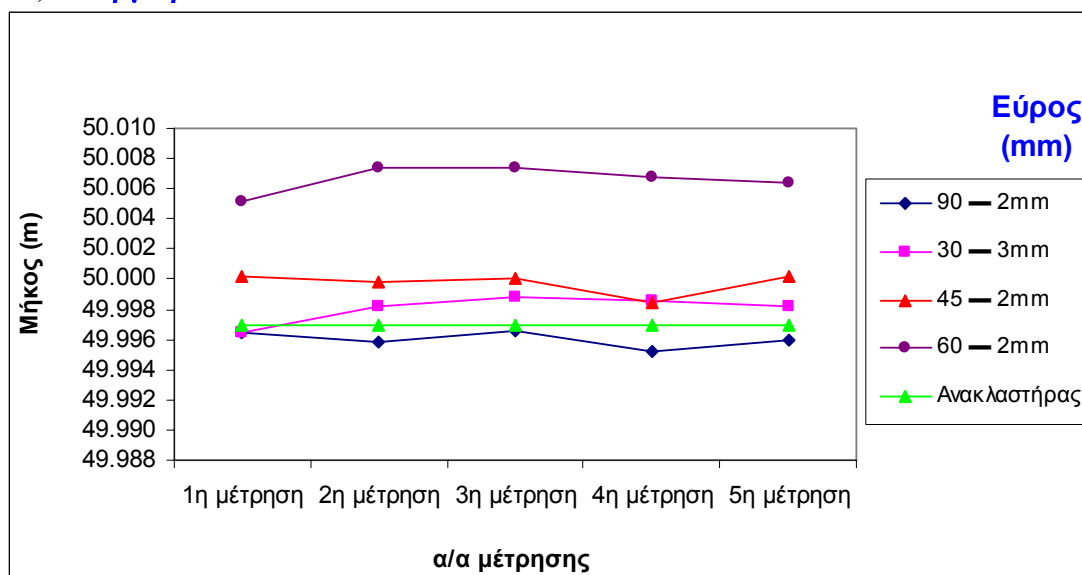


Διάγραμμα 3.77: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 50m

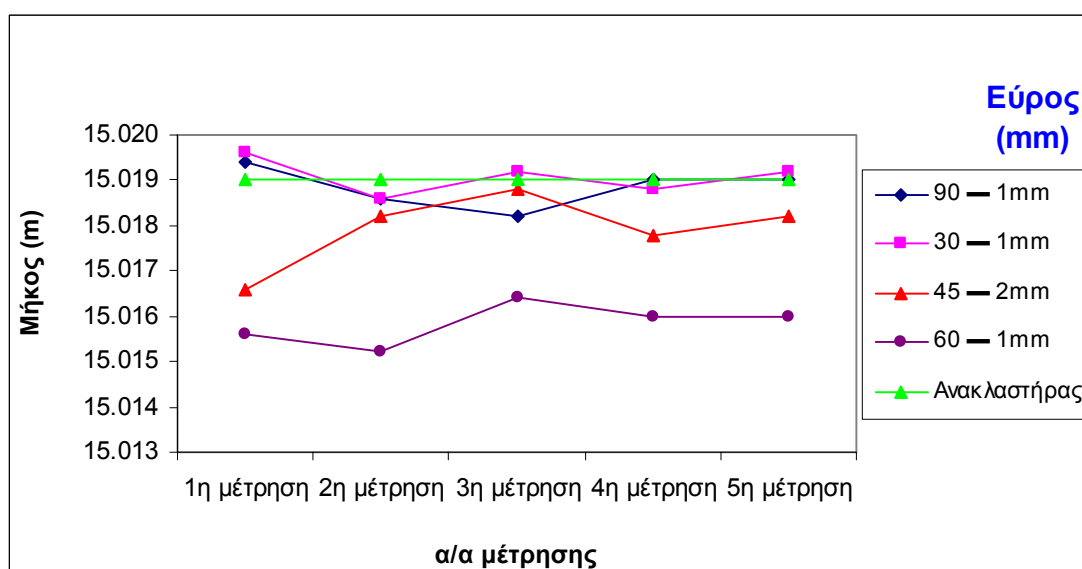


Διάγραμμα 3.78: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 15m

14) Μάρμαρο

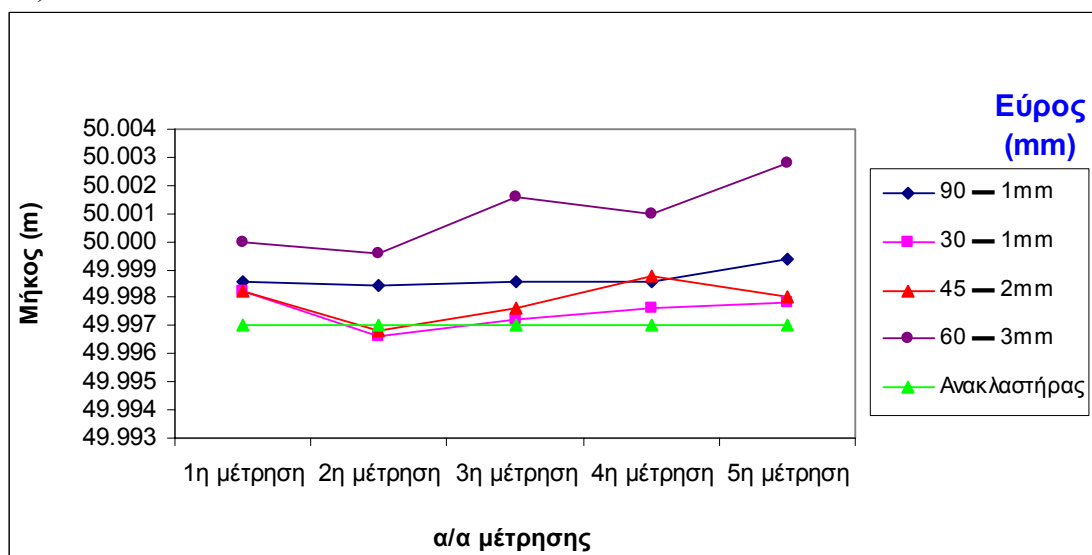


Διάγραμμα 3.79: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 50m

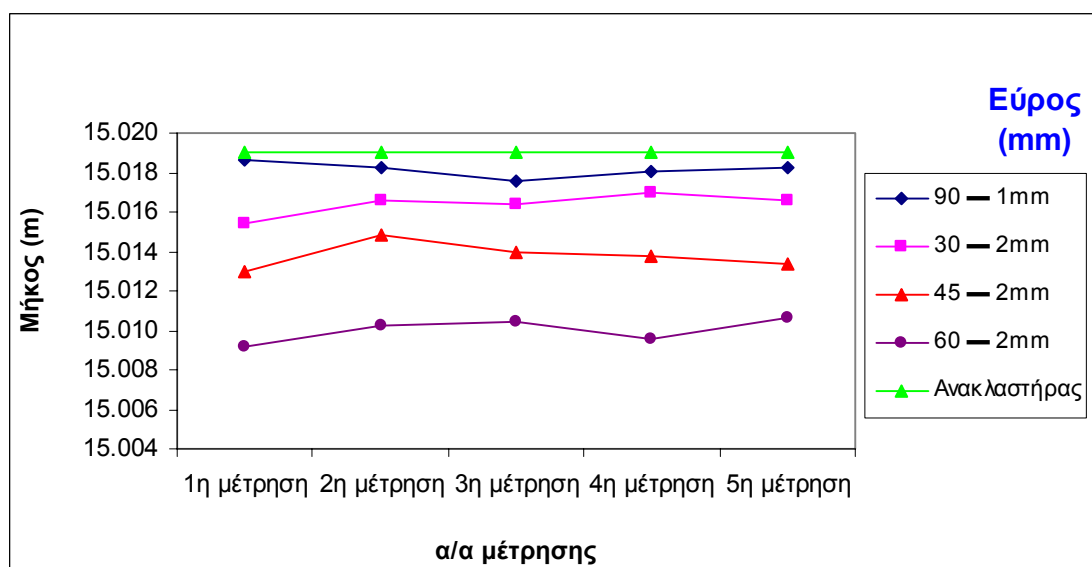


Διάγραμμα 3.80: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 15m

15) Ξύλο

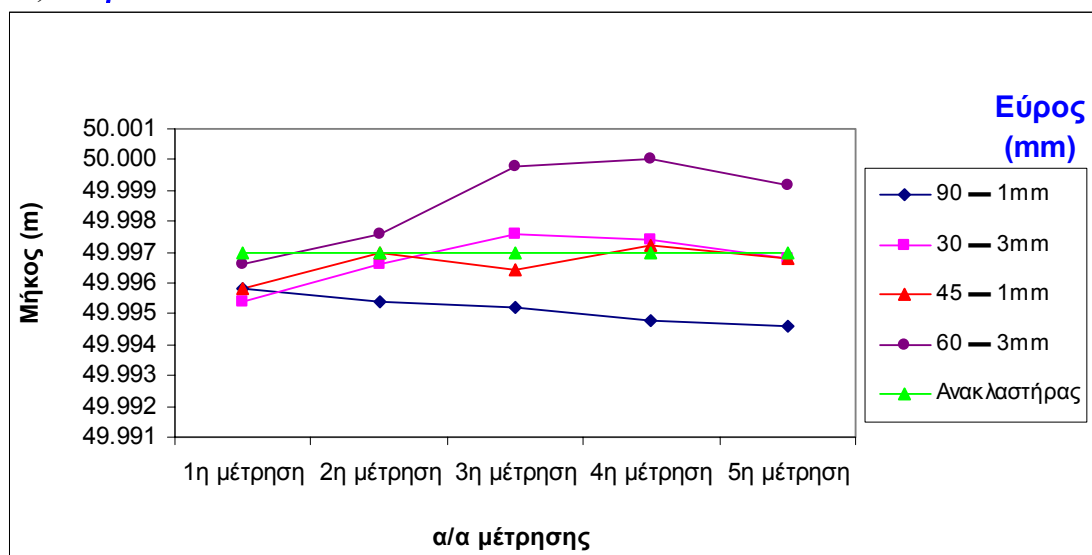


Διάγραμμα 3. 81: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 50m

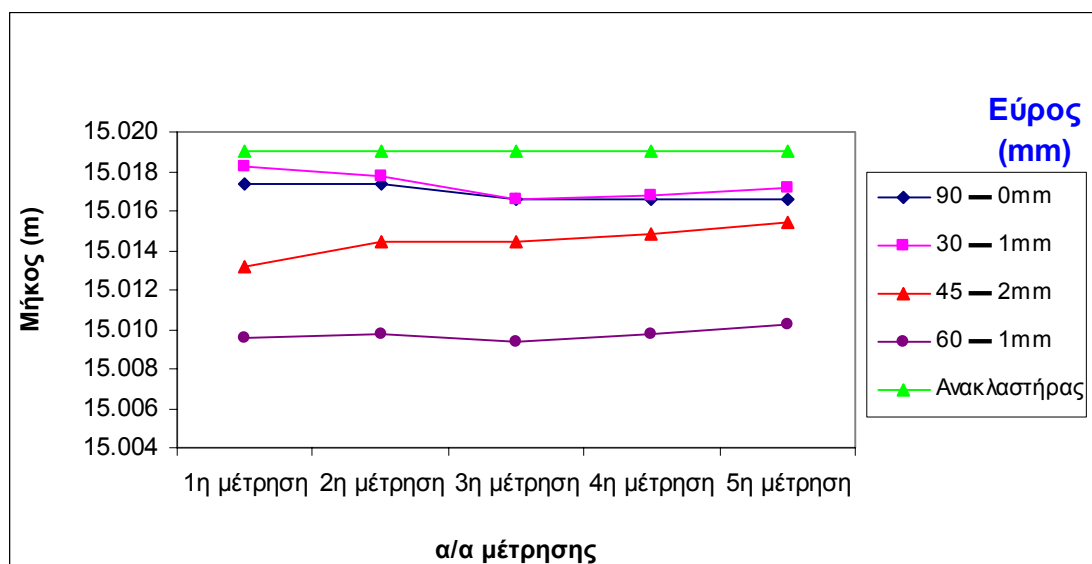


Διάγραμμα 3.82: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 15m

16) Νοβοπάν

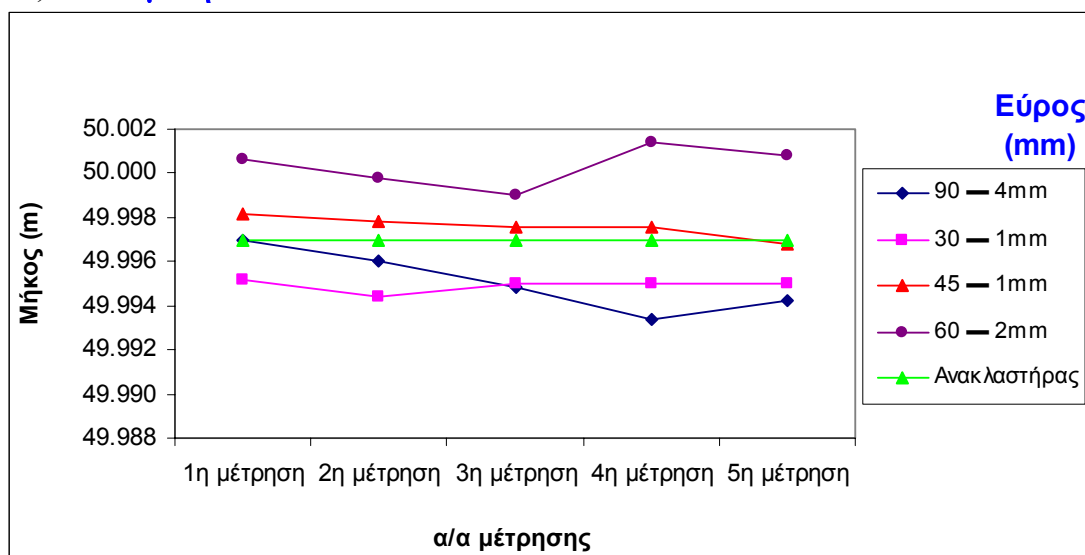


Διάγραμμα 3. 83: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 50m

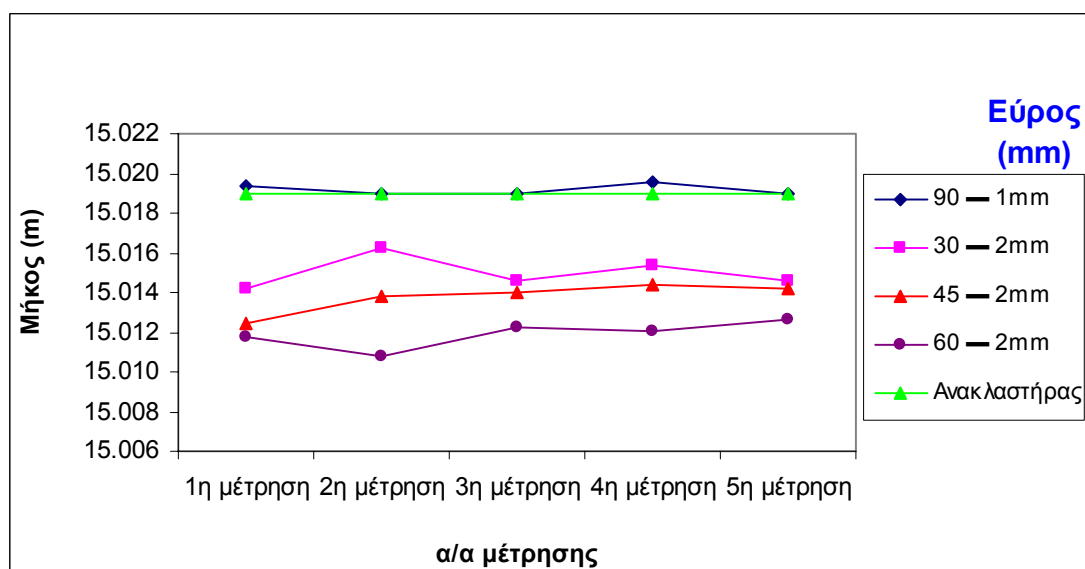


Διάγραμμα 3.84: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 15m

17) Μελαμίνη

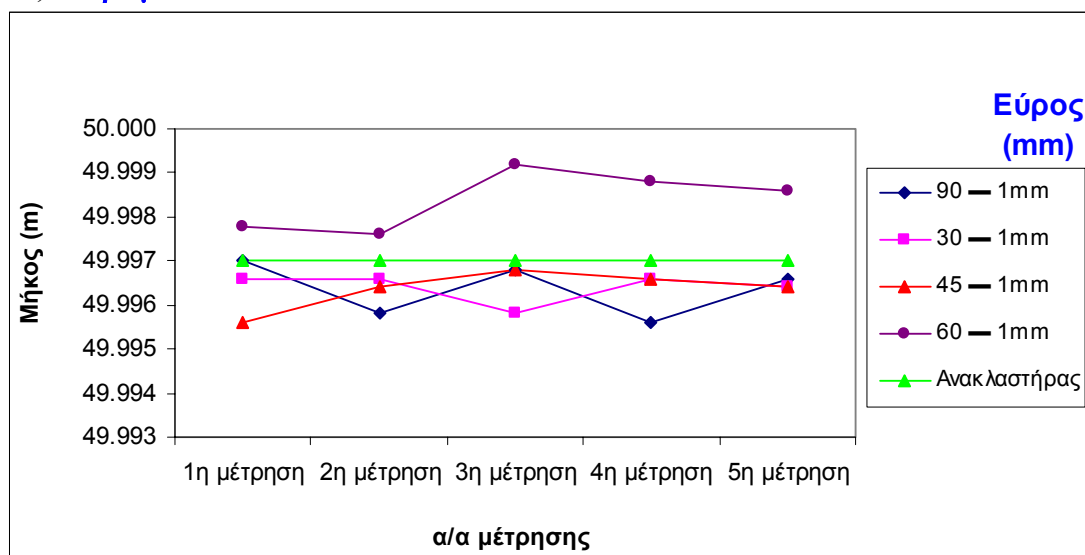


Διάγραμμα 3.85: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 50m

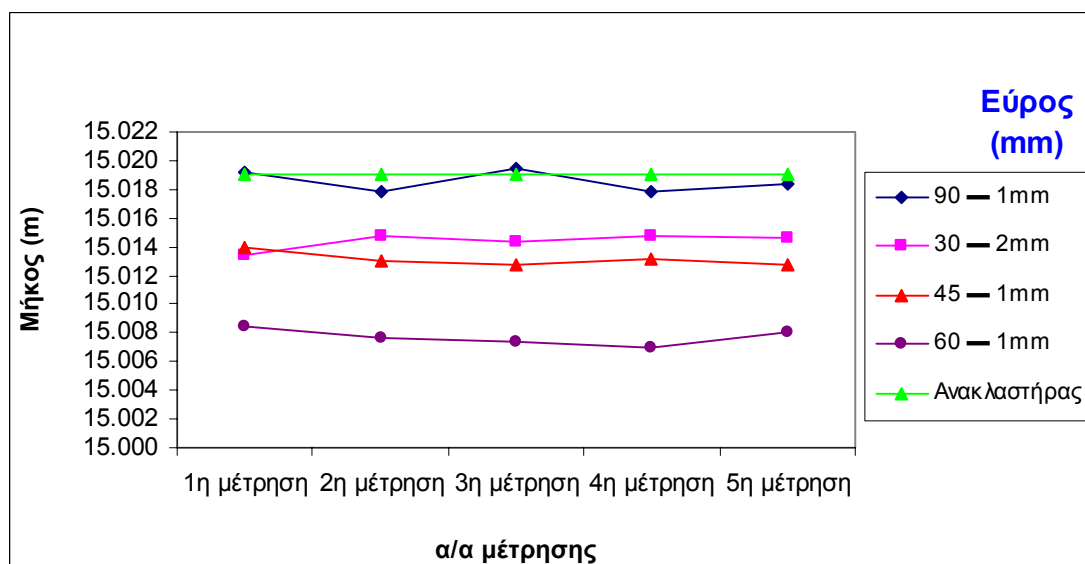


Διάγραμμα 3.86: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 15m

18) Κεραμίδι

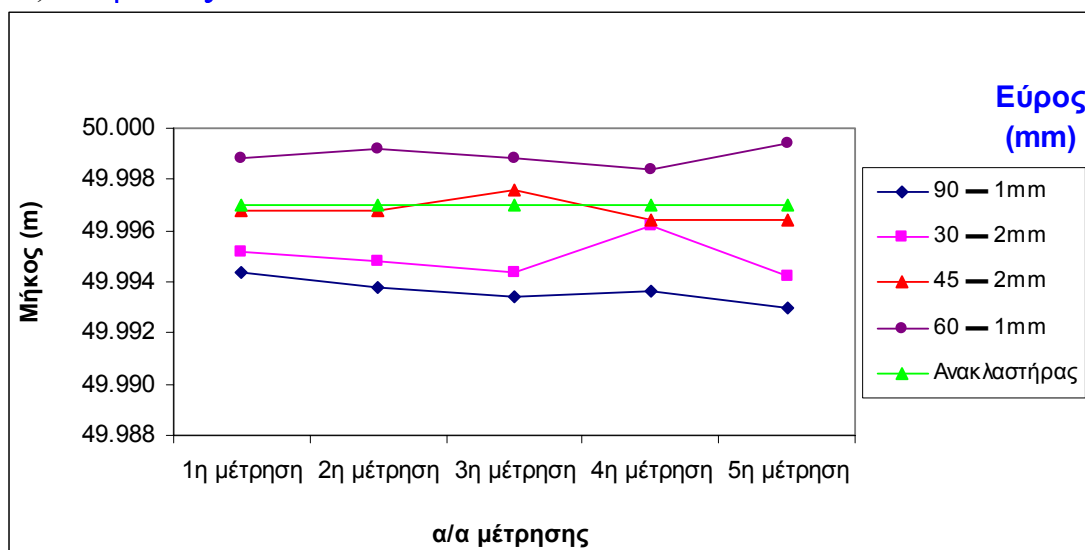


Διάγραμμα 3.87: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 50m

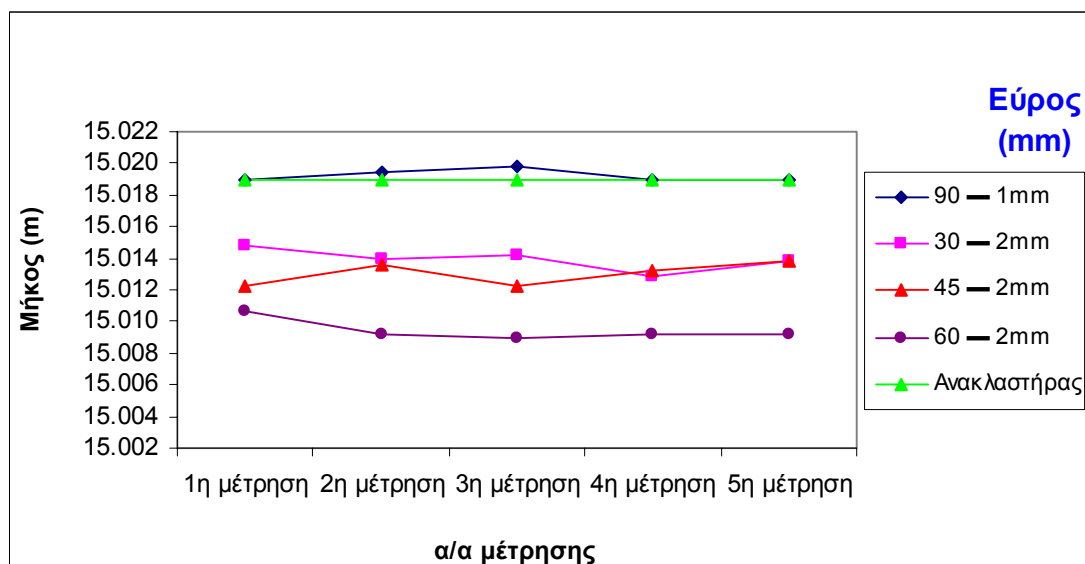


Διάγραμμα 3.88: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 15m

19) Ασφαλτος

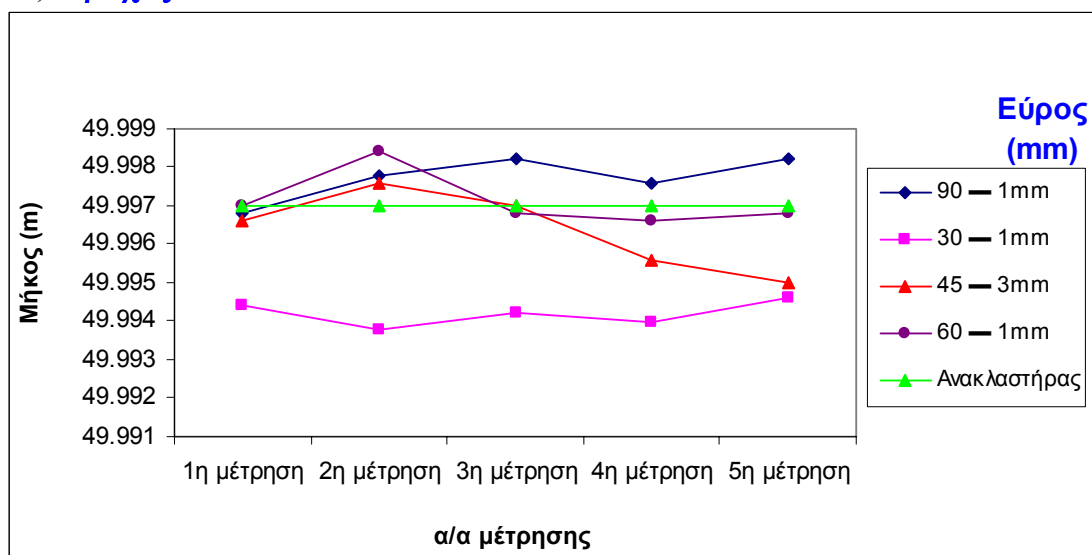


Διάγραμμα 3.89: Μετρήσεις μήκους στην ασφαλτο στα 50m

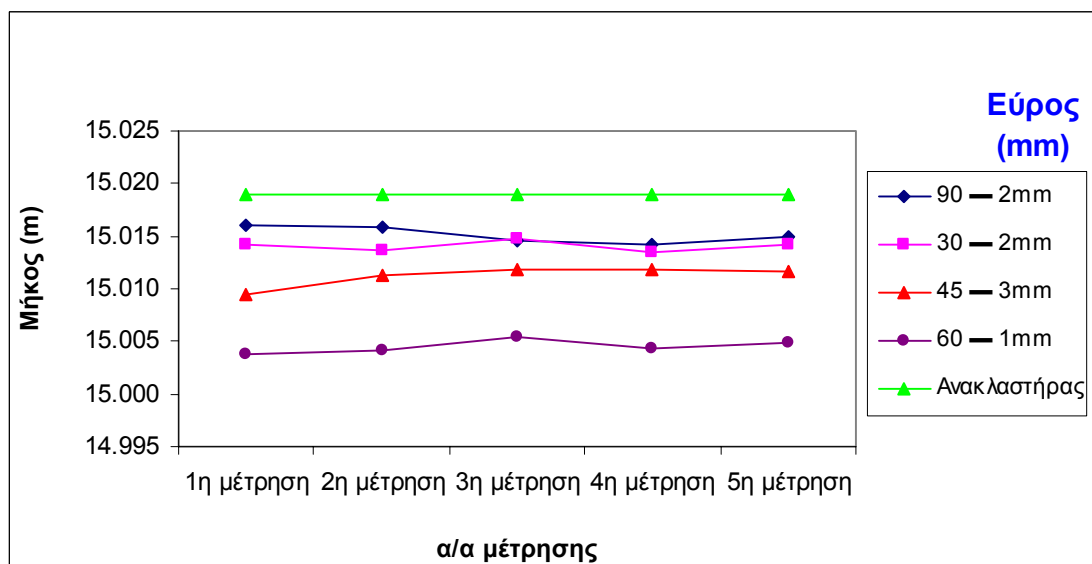


Διάγραμμα 3.90: Μετρήσεις μήκους στην ασφαλτο στα 15m

20) Βράχος

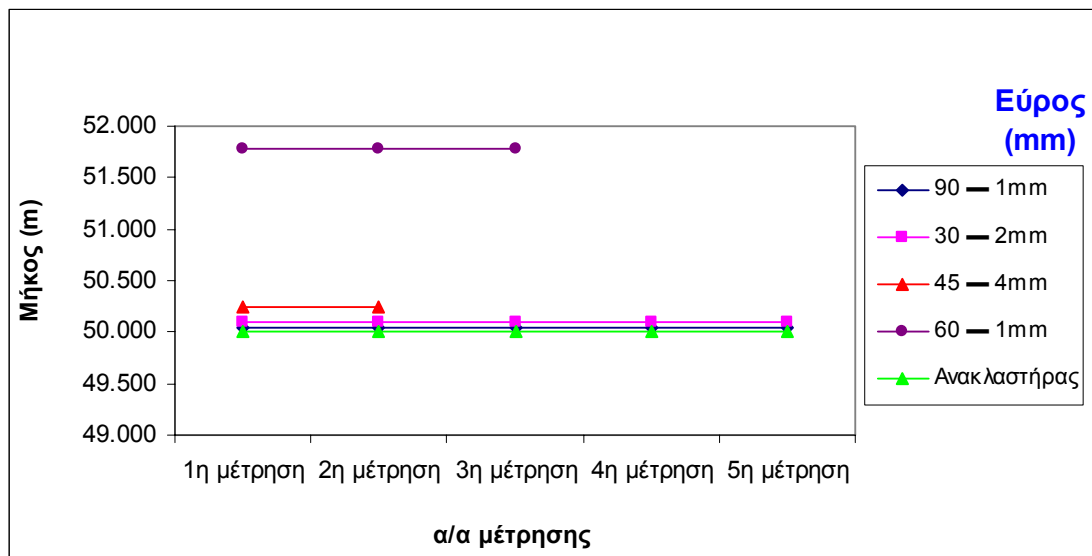


Διάγραμμα 3.91: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 50m

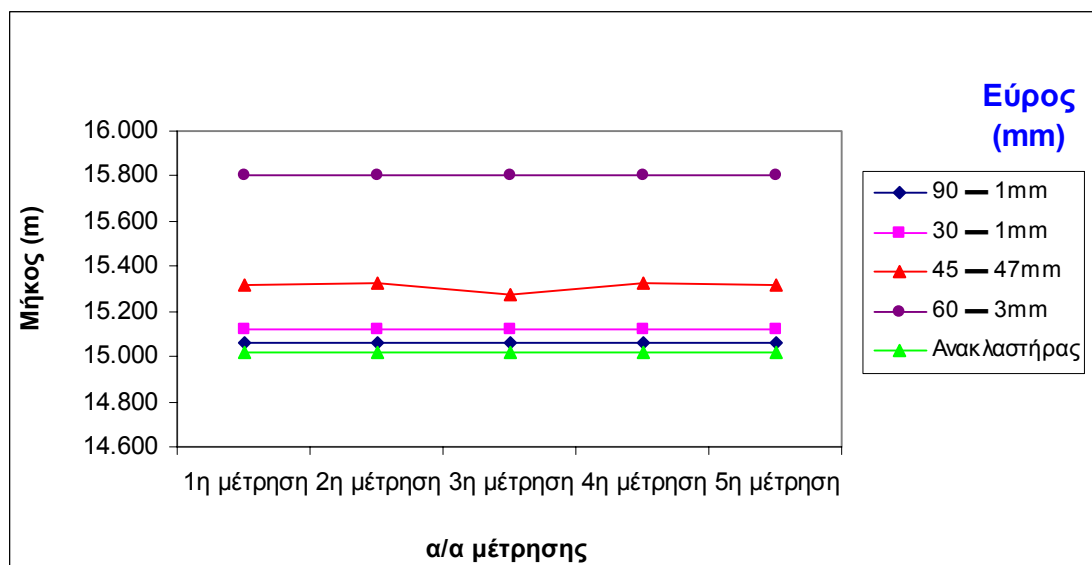


Διάγραμμα 3.92: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 15m

21) Γυαλί



Διάγραμμα 3.93: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 50m



Διάγραμμα 3.94: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 15m

Όπως παρουσιάζεται στα διαγράμματα 3.53 έως 3.94, οι μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i παρουσιάζουν γενικά μικρή διασπορά από 0mm έως 5mm για το ίδιο υλικό στην ίδια γωνία πρόσπτωσης και στις δύο αποστάσεις (15m και 50m). Πιο συγκεκριμένα, στην απόσταση των 50m το 48% των αποτελεσμάτων και στα 15m το 81% των αποτελεσμάτων έχει διασπορά έως και 2mm ($\leq 2\text{mm}$). Για αυτό το λόγο οι περισσότερες γραμμές στα διαγράμματα τείνουν να γίνουν ευθείες παράλληλες στον οριζόντιο άξονα. Εξάιρεση αποτελούν, στην απόσταση των 15m,

- το κόκκινο πλαστικό στη γωνία πρόσπτωσης των 60° , όπου το εύρος των τιμών είναι 24mm (από 15.021m έως 15.045m) και
- το γυαλί στη γωνία πρόσπτωσης των 45° , όπου το εύρος των τιμών είναι 47mm (από 15.278m έως 15.325m).

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η λήψη 5 μετρήσεων για το κάθε μήκος, για το κάθε υλικό και για την κάθε γωνία πρόσπτωσης. Σε κάποιες περιπτώσεις όμως δεν κατέστη δυνατή η λήψη και των 5 μετρήσεων κι έτσι έγιναν λιγότερες μετρήσεις από τον προκαθορισμένο αριθμό.

Στην απόσταση των 50m:

- σε γωνία πρόσπτωσης 45°
 - δε μέτρησε τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο και
 - πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις στο γυαλί
- σε γωνία πρόσπτωσης 60°
 - δε μέτρησε τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο και
 - πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις στο γυαλί.

Παρατηρήθηκε ότι στα 15m για τα περισσότερα υλικά μετρήθηκαν μήκη μικρότερα από αυτά στον ανακλαστήρα. Εξάιρεση σε αυτό τον κανόνα αποτελούν:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------|
| • ο αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος | • το λευκό πλαστικό |
| • το κόκκινο πλαστικό | • το λευκό αφρολέξ |
| • το γυαλί | |

στα οποία οι μετρήσεις ήταν μεγαλύτερες από τον ανακλαστήρα. Επιπλέον, το μαύρο χαρτόνι είχε μια ιδιαίτερη συμπεριφορά. Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στην επιφάνεια του υλικού και στη στροφή των 30° μετρήθηκαν μήκη μεγαλύτερα από ότι στον ανακλαστήρα, ενώ στη στροφή των 45° και των 60° μετρήθηκαν μικρότερα μήκη.

Στην απόσταση των 50m, μετρήθηκαν μήκη μεγαλύτερα από αυτά στον ανακλαστήρα για τα περισσότερα υλικά εκτός από:

- το γκρι τσιμέντο
- το καφέ αφρολέξ

όπου μετρήθηκαν μήκη μικρότερα από το αντίστοιχο στον ανακλαστήρα, ενώ για τα παρακάτω υλικά σημειώθηκαν και μεγαλύτερες και μικρότερες μετρήσεις από αυτές στον ανακλαστήρα:

- Kodak Gray Card
- Πλακάκι γκρι
- Μελαμίνη
- Άσφαλτος
- Χαρτόνι γκρι
- Νοβοπάν
- Κεραμίδι
- Βράχος

Στα 15m, για τα περισσότερα υλικά όσο αυξάνει η γωνία στροφής τόσο μειώνεται το μετρούμενο μήκος. Εξαίρεση αποτελούν:

- ο αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος
- το λευκό αφρολέξ
- το λευκό πλαστικό
- το κόκκινο πλαστικό

Στα 50m, για την πλειοψηφία των υλικών, όσο αυξάνει η γωνία στροφής, τόσο αυξάνεται το μετρούμενο μήκος. Αυτό όμως δε συμβαίνει μόνο στα εξής υλικά:

- το λευκό αφρολέξ
- το κεραμίδι
- το καφέ αφρολέξ
- το μπεζ πλακάκι
- το βράχο

3.3 Μετρήσεις σε εξωτερικό χώρο (ύπαιθρο)

Επιλέχθηκαν αποστάσεις της τάξης των 50 και των 200m. Τα 50m επιλέχθηκαν έτσι ώστε να υπάρχει μία σύγκριση μεταξύ του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας του κάθε υλικού σε εσωτερικό χώρο, με σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης σε αντίθεση με τον εξωτερικό χώρο, όπου οι συνθήκες δεν είναι σταθερές.

Τα 200m επιλέχθηκαν επειδή είναι μια μεγάλη απόσταση που είναι κοντά στο βεληνεκές των οργάνων και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διαπιστωθεί η αξιοπιστία και η ορθότητα των μετρήσεων σε αυτές τις αποστάσεις.

Οι πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν είναι ανάλογης επεξεργασίας με τους πίνακες και τα διαγράμματα των μετρήσεων που έγιναν στον εσωτερικό χώρο.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον ανακλαστήρα για κάθε όργανο είναι:

- $49.536\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Leica TCR 405
- $49.534\text{m} \pm 1\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201
- $49.537\text{m} \pm 3\text{mm}$ για το Topcon GPT 3003LN
- $53.917\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Topcon GPT 3105N
- $49.540\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Topcon GPT 7003i

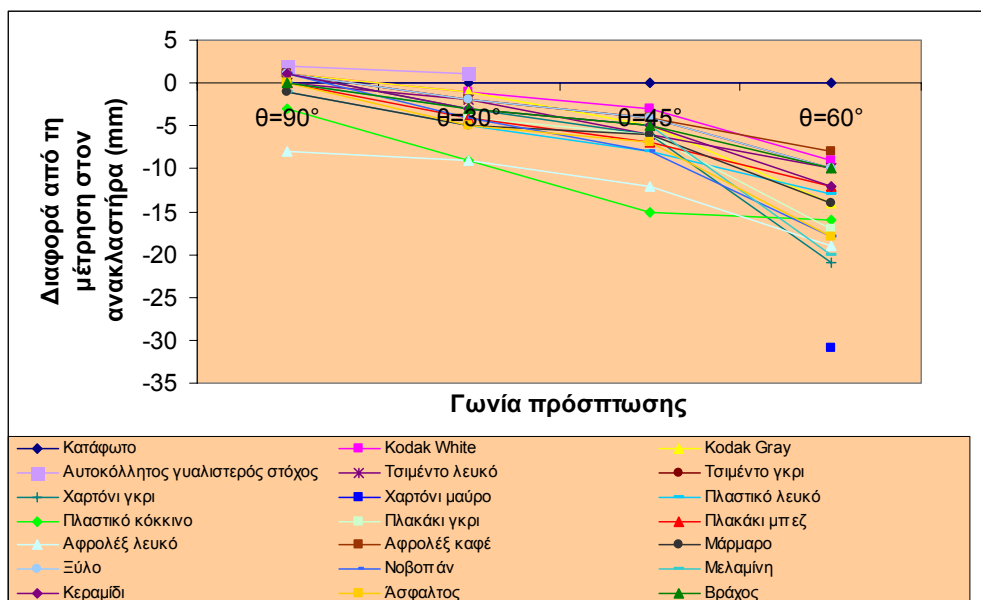
- $204.354\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Leica TCR 405
- $204.354\text{m} \pm 1\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201
- $204.361\text{m} \pm 3\text{mm}$ για το Topcon GPT 3003LN
- $200.966\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Topcon GPT 3105N
- $204.359\text{m} \pm 2\text{mm}$ για το Topcon GPT 7003i

Οι ακρίβειες των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε υλικό χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα για κάθε όργανο είναι:

- $\pm 2\text{mm}$ για το Leica TCR 405 με βεληνεκές $>400\text{ m}$
- $\pm 2\text{mm}$ για το Leica TCRM 1201 με βεληνεκές $>400\text{ m}$
- $\pm 5\text{mm}$ για το Topcon GPT 3003LN με βεληνεκές 250 m σε NP ή 1200 m σε LNP
- $\pm 3\text{mm}$ για το Topcon GPT 3105N με βεληνεκές 350m
- $\pm 5\text{mm}$ για το Topcon GPT 7003i με βεληνεκές 250m

3.3.1 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCR 405

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.536m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	1	-1	-3	-9
Kodak Gray Card	1	-1	-5	-14
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	2	1	—	—
Τσιμέντο λευκό	0	-2	-6	-10
Τσιμέντο γκρι	1	-2	-4	-10
Χαρτόνι γκρι	1	-3	-6	-21
Χαρτόνι μαύρο	1	—	—	-31
Πλαστικό λευκό	-1	-5	-8	-13
Πλαστικό κόκκινο	-3	-9	-15	-16
Πλακάκι γκρι	0	-4	-6	-17
Πλακάκι μπεζ	0	-4	-7	-12
Αφρολέξ λευκό	-8	-9	-12	-19
Αφρολέξ καφέ	1	-2	-4	-8
Μάρμαρο	-1	-5	-6	-14
Ξύλο	1	-2	-4	-10
Νοβοπάν	1	-4	-8	-18
Μελαμίνη	0	-3	-5	-20
Κεραμίδι	1	-3	-5	-12
Άσφαλτος	0	-5	-7	-18
Βράχος	0	-3	-5	-10
Γυαλί	-45	-38	—	-44



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 95: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 50m

Στον πίνακα 3.95 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m απόσταση και διαπιστώνεται ότι:

- Οι αποκλίσεις της μέτρησης μηκών με τη λειτουργία RL είναι κατά κανόνα στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) μικρότερες από το μήκος που μετρήθηκε με τη χρήση ανακλαστήρα, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες γωνίες, όπου τα μετρούμενα μήκη ήταν μεγαλύτερα από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα.
- Όσο μεγαλώνει η γωνία στροφής και αποκλίνει το υλικό από την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης, τόσο η απόκλιση της μέτρησης μηκών μεγαλώνει.
- Οι διαφορές που προκύπτουν στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) είναι ιδιαίτερα μικρές (με εξαίρεση το λευκό αφρολέξ και το γυαλί) και για αυτό θεωρούνται ιδιαίτερα θετικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν αφού αγγίζουν την τιμή του μετρημένου μήκους στον ανακλαστήρα.

Το διάγραμμα 3.95 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.95. Για τα περισσότερα υλικά, η κλίση των ευθειών είναι ομοιόμορφη και φθίνουσα.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης 90° :
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
 - Γυαλί (-45mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-9mm)
 - Πλαστικό κόκκινο(-9mm)
 - Γυαλί (-38mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Πλαστικό κόκκινο (-15mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Χαρτόνι μαύρο (-31mm)
 - Χαρτόνι γκρι (-21mm)
 - Μελαμίνη (-20mm)
 - Γυαλί (-44mm)

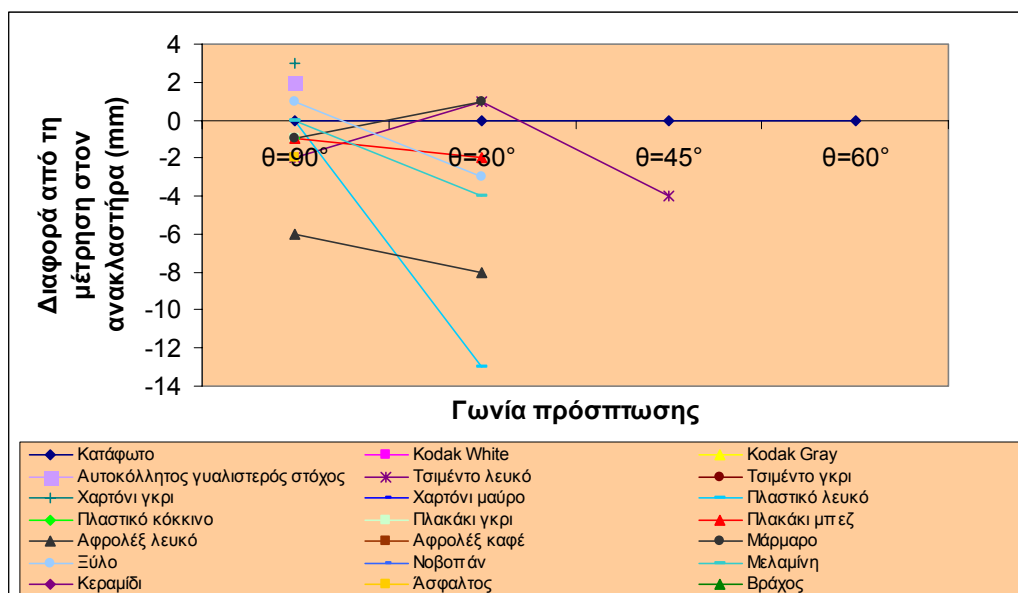
Γενικά στη γωνία πρόσπτωσης των 60° τα μήκη που έχουν μετρηθεί μέχρι τους στόχους διαφέρουν αρκετά από την αντίστοιχη μέτρηση που έχει γίνει στον ανακλαστήρα.

Ο γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR 405 στην απόσταση των 50m

- Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) μέτρησε σε όλα τα υλικά

- Στη γωνία πρόσπτωσης των 30° δε μέτρησε στο μαύρο χαρτόνι
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 45° δε μέτρησε στα εξής υλικά :
 - αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος
 - μαύρο χαρτόνι
 - γυαλί
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 60° δε μέτρησε:
 - στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 204.354m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)
Kodak White Card		2		—		—		—
Kodak Gray Card		—		—		—		—
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		2		—		—		—
Τσιμέντο λευκό		-2		1		-4		—
Τσιμέντο γκρι		—		—		—		—
Χαρτόνι γκρι		3		—		—		—
Χαρτόνι μαύρο		—		—		—		—
Πλαστικό λευκό		0		-13		—		—
Πλαστικό κόκκινο		-1		—		—		—
Πλακάκι γκρι		-1		—		—		—
Πλακάκι μπεζ		-1		-2		—		—
Αφρολέξ λευκό		-6		-8		—		—
Αφρολέξ καφέ		—		—		—		—
Μάρμαρο		-1		1		—		—
Ξύλο		1		-3		—		—
Νοβοπάν		—		—		—		—
Μελαμίνη		0		-4		—		—
Κεραμίδι		—		—		—		—
Άσφαλτος		-2		—		—		—
Βράχος		—		—		—		—
Γυαλί		-43		—		—		—



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 96: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 200m

Στον πίνακα 3.96 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 200m απόσταση και διαπιστώνεται ότι:

- Δεν πραγματοποιούνται πολλές μετρήσεις στις γωνίες πρόσπτωσης των 45° και των 60° και πιο συγκεκριμένα στη γωνία των 45° πραγματοποιείται μία μέτρηση στο λευκό τσιμέντο και στη γωνία των 60° καμία.
- Οι αποκλίσεις που εμφανίζονται όπου μετρήθηκε το μήκος είναι ιδιαίτερα μικρές εκτός βέβαια από το λευκό αφρολέξ, το οποίο εμφανίζει συστηματικά μια σημαντική απόκλιση από το μήκος στον ανακλαστήρα σε όλες τις γωνίες.

Το διάγραμμα 3.96 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.96 και διαπιστώνεται ότι οι καμπύλες που προκύπτουν από τις μετρήσεις δεν έχουν συστηματικότητα.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-6mm)
 - Γυαλί (-43mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30°:
 - Πλαστικό λευκό (-13mm)
 - Αφρολέξ λευκό (-8mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° πραγματοποιήθηκε μέτρηση μόνο στο:
 - Τσιμέντο λευκό (-4mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60°: δεν πραγματοποιήθηκε καμία μέτρηση

Στην απόσταση των 200m ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR 405

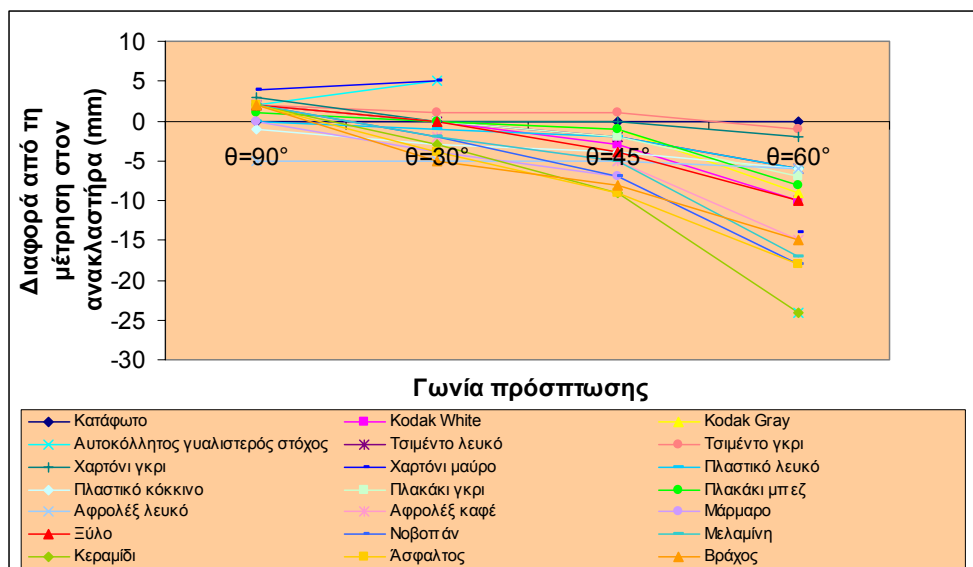
- Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) δε μέτρησε στα εξής υλικά:

• Kodak Gray Card	• Τσιμέντο γκρι
• Χαρτόνι μαύρο	• Αφρολέξ καφέ
• Νοβοπάν	• Κεραμίδι
• Βράχος	
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 30° μέτρησε στα εξής υλικά:

• Τσιμέντο λευκό	• Πλαστικό λευκό
• Πλακάκι μπεζ	• Αφρολέξ λευκό
• Μάρμαρο	• Ξύλο
• Μελαμίνη	
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 45° μέτρησε μόνο το λευκό τσιμέντο
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 60° σε κανένα υλικό δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση.

3.3.2 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.534m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	2	0	-3	-10
Kodak Gray Card	2	0	-1	-9
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	2	5	—	-24
Τσιμέντο λευκό	2	0	-2	-6
Τσιμέντο γκρι	2	1	1	-1
Χαρτόνι γκρι	3	0	0	-2
Χαρτόνι μαύρο	4	5	—	-14
Πλαστικό λευκό	0	-1	-2	-6
Πλαστικό κόκκινο	-1	-3	-4	-6
Πλακάκι γκρι	2	0	-2	-7
Πλακάκι μπεζ	1	0	-1	-8
Αφρολέξ λευκό	-5	-5	-5	-6
Αφρολέξ καφέ	2	-2	-5	-15
Μάρμαρο	0	-4	-7	-18
Ξύλο	2	0	-4	-10
Νοβοπάν	2	-2	-7	-18
Μελαμίνη	2	-2	-5	-17
Κεραμίδι	2	-3	-9	-24
Άσφαλτος	2	-4	-9	-18
Βράχος	2	-5	-8	-15
Γυαλί	-43	-44	—	-43



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 97: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m

Στον πίνακα 3.97 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m απόσταση και διαπιστώνεται ότι:

- Οι αποκλίσεις των μετρήσεων πάνω στα υλικά από το μετρημένο στον ανακλαστήρα μήκος που παρουσιάζονται είναι άλλες θετικές και άλλες αρνητικές. Οι διαφορές αυτές μεγαλώνουν αρκετά στη γωνία πρόσπτωσης των 60° .

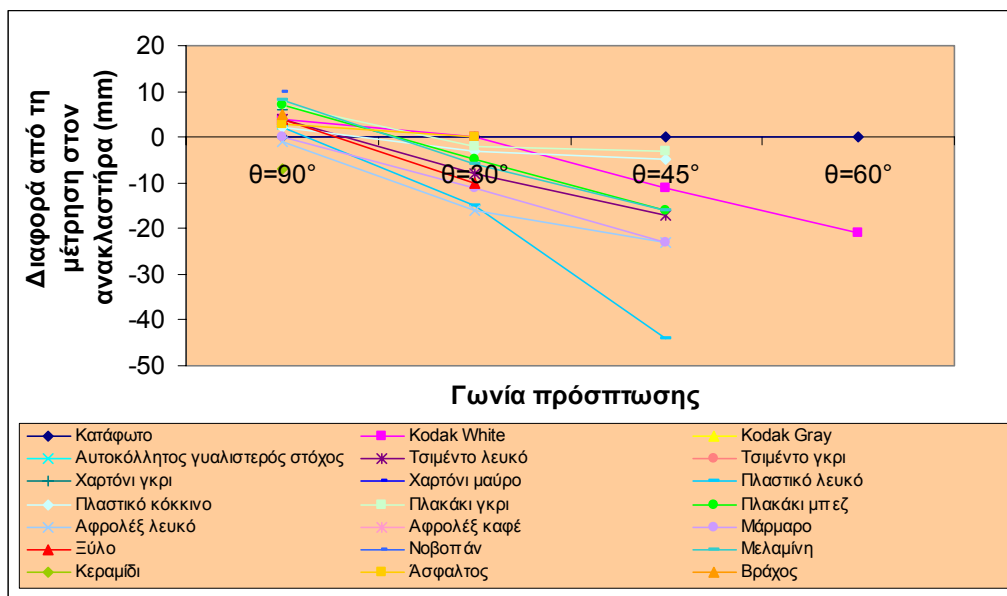
Το διάγραμμα 3.97 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.97 και για τα περισσότερα υλικά η κλίση των καμπύλων των διαφορών των μετρήσεων είναι ομοιόμορφη και έχει μια φθίνουσα πορεία.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Αφρολέξ λευκό (-5mm)
 - Γυαλί (-43mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (5mm)
 - Χαρτόνι μαύρο (5mm)
 - Αφρολέξ λευκό (-5mm)
 - Βράχος (-5mm)
 - Γυαλί (-44mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Κεραμίδι (-9mm)
 - Άσφαλτος (-9mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Κεραμίδι (-24mm)
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-24mm)
 - Γυαλί (-43mm)

Στην απόσταση των 50m με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 μετρήθηκαν όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο, το μαύρο χαρτόνι και το γυαλί στη γωνία των 45° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 204.354m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White Card	4	0	-11	-21		
Kodak Gray Card	—	—	—	—		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	3	—	—	—		
Τσιμέντο λευκό	4	-8	-17	—		
Τσιμέντο γκρι	3	—	—	—		
Χαρτόνι γκρι	6	—	—	—		
Χαρτόνι μαύρο	—	—	—	—		
Πλαστικό λευκό	2	-15	-44	—		
Πλαστικό κόκκινο	2	-3	-5	—		
Πλακάκι γκρι	7	-2	-3	—		
Πλακάκι μπεζ	7	-5	-16	—		
Αφρολέξ λευκό	-1	-16	-23	—		
Αφρολέξ καφέ	—	—	—	—		
Μάρμαρο	0	-11	-23	—		
Ξύλο	4	-10	—	—		
Νοβοπάν	10	—	—	—		
Μελαμίνη	8	-6	-16	—		
Κεραμίδι	-7	—	—	—		
Άσφαλτος	3	0	—	—		
Βράχος	5	—	—	—		
Γυαλί	-41	—	—	—		



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 98: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 200m

Στον πίνακα 3.98 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 200m απόσταση και όπως παρατηρείται και στο διάγραμμα 3.98

- Όσο μεγαλώνει η γωνία, τόσο μεγαλώνει και η διαφορά από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα.
- Όσο μεγαλώνει η γωνία στροφής τόσο πιο δύσκολη είναι η μέτρηση μηκών πάνω στα υλικά με τη reflectorless λειτουργία. Άλλωστε στη στροφή των 60°, μόνο σε ένα υλικό πραγματοποιήθηκε μέτρηση.

Το διάγραμμα 3.98 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.98 και η κλίση των ευθειών είναι φθίνουσα.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

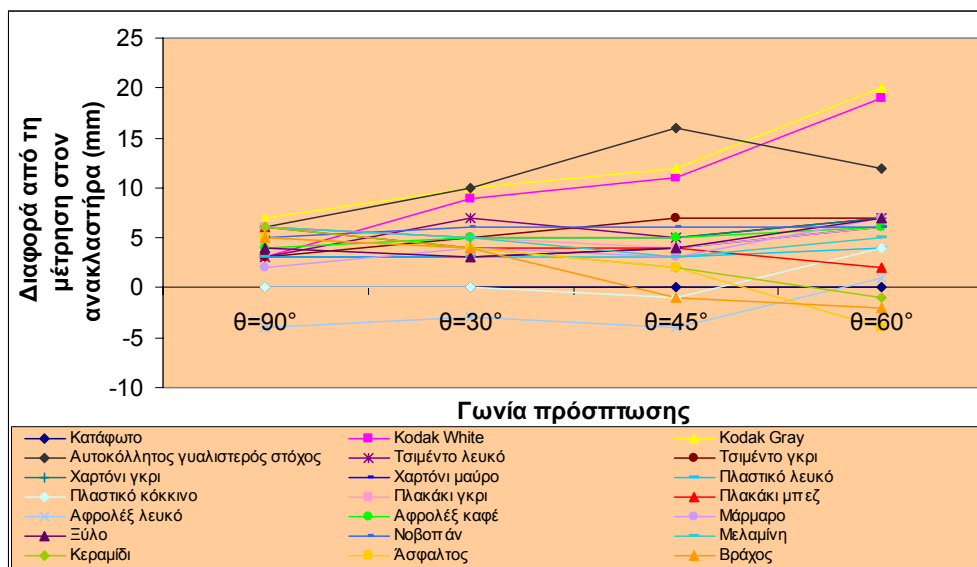
- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Νοβοπάν (10mm)
 - Γυαλί (-41mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30°:
 - Αφρολέξ λευκό (-16mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45°:
 - Πλαστικό λευκό (-44mm)
 - Αφρολέξ λευκό (-23mm)
 - Μάρμαρο (-23mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° πραγματοποιήθηκε μέτρηση μόνο για:
 - Kodak White Card (-21mm)

Το όργανο Leica TCRM 1201 στην απόσταση των 200m

- Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) δε μέτρησε στα εξής υλικά:
 - Kodak Gray Card
 - Χαρτόνι μαύρο
 - Αφρολέξ καφέ
- Στη γωνία των 30° δε μέτρησε στα εξής υλικά:
 - Kodak Gray Card
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος
 - Τσιμέντο γκρι
 - Χαρτόνι γκρι
 - Χαρτόνι μαύρο
 - Αφρολέξ καφέ
 - Νοβοπάν
 - Κεραμίδι
 - Βράχος
 - Γυαλί
- Στη γωνία των 45° μέτρησε στα εξής υλικά:
 - Kodak White Card
 - Τσιμέντο λευκό
 - Πλαστικό λευκό
 - Πλαστικό κόκκινο
 - Πλακάκι γκρι
 - Πλακάκι μπεζ
 - Αφρολέξ λευκό
 - Μάρμαρο
 - Μελαμίνη
- Στη γωνία των 60° δε μέτρησε κανένα υλικό εκτός από την Kodak White Card

3.3.3 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Torcon GPT 3003LN

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.537m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White Card	3	9	11	19		
Kodak Gray Card	7	10	12	20		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	6	10	16	12		
Τσιμέντο λευκό	3	7	5	7		
Τσιμέντο γκρι	3	5	7	7		
Χαρτόνι γκρι	6	5	5	7		
Χαρτόνι μαύρο	3	3	4	6		
Πλαστικό λευκό	3	3	3	4		
Πλαστικό κόκκινο	0	0	-1	4		
Πλακάκι γκρι	6	5	4	6		
Πλακάκι μπεζ	6	4	4	2		
Αφρολέξ λευκό	-4	-3	-4	1		
Αφρολέξ καφέ	4	5	5	6		
Μάρμαρο	2	4	3	7		
Ξύλο	4	3	4	7		
Νοβοπάν	5	6	6	6		
Μελαμίνη	6	5	3	5		
Κεραμίδι	6	4	2	-1		
Άσφαλτος	5	4	2	-4		
Βράχος	5	4	-1	-2		
Γυαλί	-43	-49	—	—		



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 99: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Torcon GPT 3003LN στα 50m

Στον πίνακα 3.99 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m απόσταση. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν δείχνουν ότι:

- Τα μετρούμενα μήκη πάνω στα υλικά είναι στην πλειοψηφία μικρότερα από αυτά που έχουν μετρηθεί στον ανακλαστήρα.
- Δεν υπάρχει ομοιομορφία στις μετρήσεις, δηλαδή τα ίδια υλικά δεν έχουν σε όλες τις γωνίες το ίδιο μήκος.

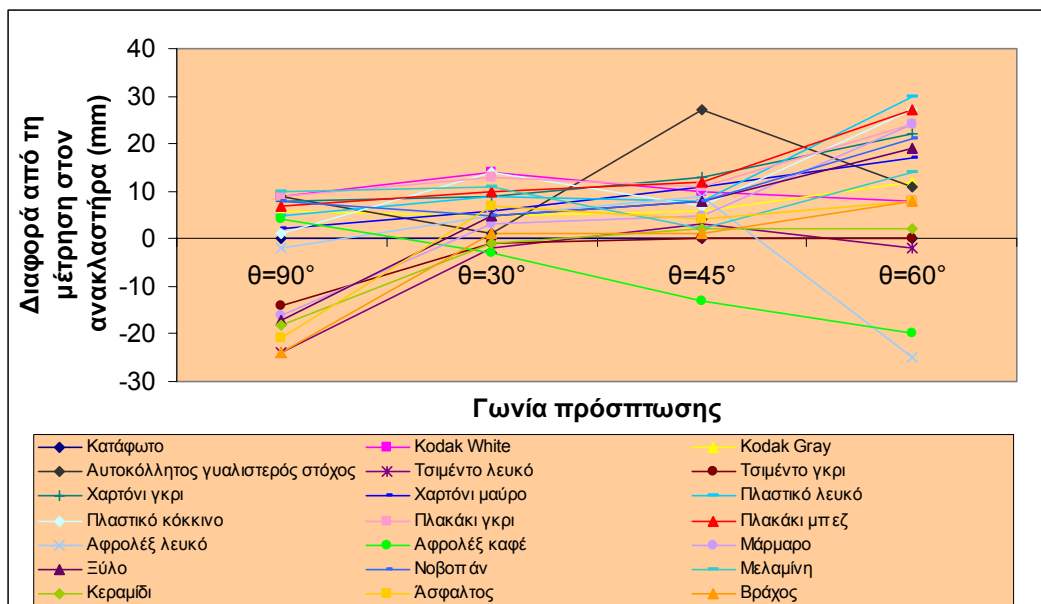
Το διάγραμμα 3.99 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.99 και στην πλειοψηφία των υλικών, οι καμπύλες των μετρήσεων των διαφορών παρουσιάζουν συστηματικότητα .

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Kodak Gray Card (7mm)
 - Γυαλί (-43mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Kodak Gray White (10mm)
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (10mm)
 - Γυαλί (-49mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (16mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Kodak Gray Card (20mm)

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 3003LN στην απόσταση των 50m μέτρησε όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από το γυαλί στη γωνία των 45° και των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 204.361m				
$\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	9	14	10	8 (LNP)
Kodak Gray Card	6 (LNP)	5 (LNP)	6 (LNP)	12 (LNP)
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	9	1 (LNP)	27 (LNP)	11 (LNP)
Τσιμέντο λευκό	-24	-2 (LNP)	3 (LNP)	-2 (LNP)
Τσιμέντο γκρι	-14	-1 (LNP)	0 (LNP)	0 (LNP)
Χαρτόνι γκρι	8	9	13 (LNP)	22 (LNP)
Χαρτόνι μαύρο	2 (LNP)	6 (LNP)	11 (LNP)	17 (LNP)
Πλαστικό λευκό	5	9	8 (LNP)	30 (LNP)
Πλαστικό κόκκινο	1	14	7 (LNP)	27 (LNP)
Πλακάκι γκρι	9	13 (LNP)	11 (LNP)	24 (LNP)
Πλακάκι μπεζ	7	10	12 (LNP)	27 (LNP)
Αφρολέξ λευκό	-2	5	9	-25 (LNP)
Αφρολέξ καφέ	4 (LNP)	-3 (LNP)	-13 (LNP)	-20 (LNP)
Μάρμαρο	-16	3 (LNP)	5 (LNP)	24 (LNP)
Ξύλο	-17	5 (LNP)	8 (LNP)	19 (LNP)
Νοβοπάν	8	5 (LNP)	8 (LNP)	21 (LNP)
Μελαμίνη	10	11	2 (LNP)	14 (LNP)
Κεραμίδι	-18	-1 (LNP)	2 (LNP)	2 (LNP)
Άσφαλτος	-21	7 (LNP)	4 (LNP)	8 (LNP)
Βράχος	-24	1 (LNP)	1 (LNP)	8 (LNP)
Γυαλί	-35	-29 (LNP)	-8 (LNP)	22 (LNP)



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 100: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 200m

Στον πίνακα 3.100 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 200m απόσταση. Παρατηρείται ότι:

- Παρόλο που η απόσταση είναι μεγάλη, σε όλα τα υλικά έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις. Το όργανο με τη λειτουργία NP έχει εμβέλεια 250m. Το μήκος που μετρήθηκε σε αυτό το πείραμα είναι περίπου 200m. Εξαιτίας όμως της αδυναμίας του οργάνου να πραγματοποιήσει πολλές μετρήσεις με τη λειτουργία NP, σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία LNP που έχει εμβέλεια 1200m.
- Οι διαφορές που προκύπτουν δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο κανόνα και επομένως δεν μπορούν να είναι προβλέψιμες.

Το διάγραμμα 3.100 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.100 και από αυτό προκύπτει ότι σχεδόν διπλάσιες αποκλίσεις εμφανίζονται στη στροφή των 60°.

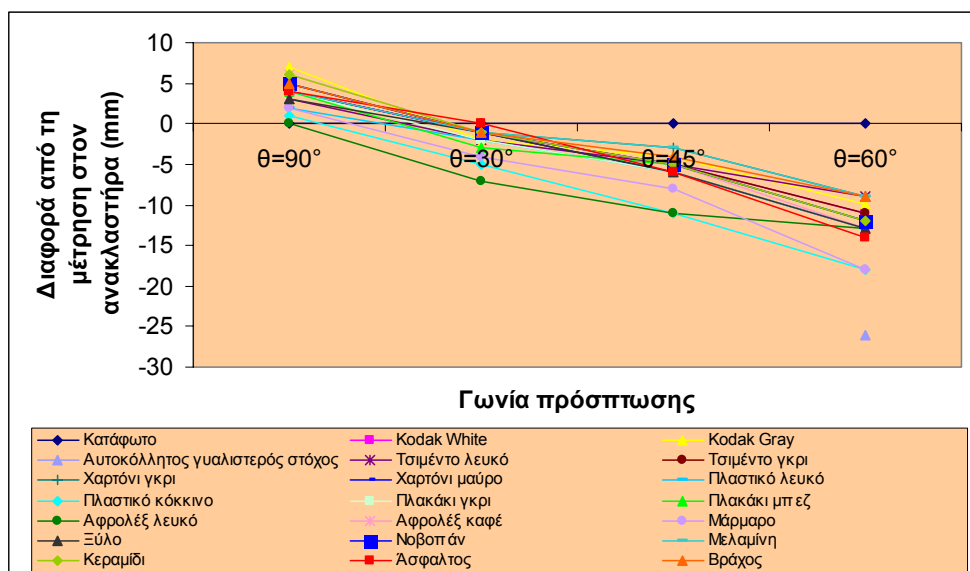
Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Τσιμέντο λευκό (-24mm)
 - Βράχος (-24mm)
 - Γυαλί (-35mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30°:
 - Kodak White Card (14mm)
 - Πλαστικό κόκκινο (14mm)
 - Γυαλί (-29mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45°:
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (27mm)
 - Γυαλί (-8mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60°:
 - Πλαστικό λευκό (30mm)
 - Γυαλί (22mm)

Το όργανο Topcon GPT 3003LN στην απόσταση των 200m μέτρησε όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες. Αρκετά υλικά μετρήθηκαν όχι με τη λειτουργία NP, αλλά με τη λειτουργία LNP.

3.3.4 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Torcon GPT 3105N

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 53.917m				
$\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White Card	4	-1	-5	-11
Kodak Gray Card	7	-2	-4	-10
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	5	—	—	-26
Τσιμέντο λευκό	3	-2	-5	-9
Τσιμέντο γκρι	4	-1	-5	-11
Χαρτόνι γκρι	5	-1	-3	-9
Χαρτόνι μαύρο	4	-1	-6	-13
Πλαστικό λευκό	2	-2	-6	-13
Πλαστικό κόκκινο	1	-5	-11	-18
Πλακάκι γκρι	4	-2	-6	-13
Πλακάκι μπεζ	4	-3	-5	-12
Αφρολέξ λευκό	0	-7	-11	-13
Αφρολέξ καφέ	6	-1	-5	-13
Μάρμαρο	2	-4	-8	-18
Ξύλο	3	-1	-6	-13
Νοβοπάν	5	-1	-5	-12
Μελαμίνη	4	-1	-3	-9
Κεραμίδι	6	-1	-5	-12
Άσφαλτος	4	0	-6	-14
Βράχος	5	-1	-4	-9
Γυαλί	-41	-42	-6	—



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 101: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Torcon GPT 3105N στα 50m

Στον πίνακα 3.101 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m απόσταση. Παρατηρείται ότι:

- Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στην επιφάνεια του υλικού οι διαφορές είναι θετικές.
- Στις υπόλοιπες γωνίες πρόσπτωσης όλες οι τιμές είναι αρνητικές.
- Στη γωνία των 60° οι αποκλίσεις μεγαλώνουν αρκετά.

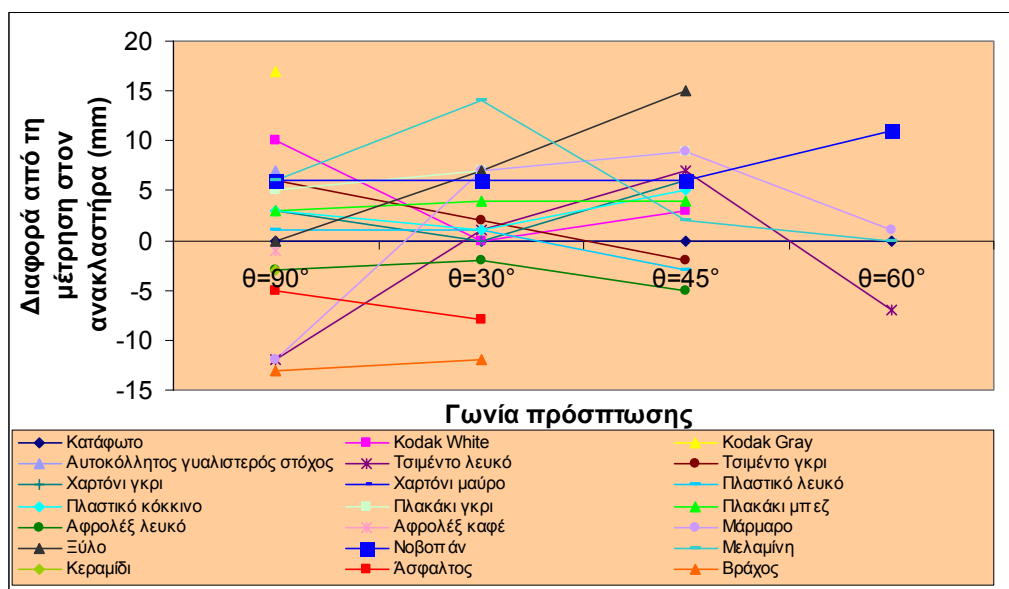
Το διάγραμμα 3.101 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.101 και η κλίση για τα περισσότερα υλικά είναι ομοιόμορφη και φθίνουσα.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Kodak Gray Card (7mm)
 - Γυαλί (-41mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αφρολέξ λευκό (-7mm)
 - Γυαλί (-42mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Πλαστικό κόκκινο (-11mm)
 - Αφρολέξ λευκό (-11mm)
 - Γυαλί (-6mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (-26mm)

Το όργανο Topcon GPT 3105N στην απόσταση των 50m μέτρησε σε όλα τα υλικά και σε όλες τις γωνίες εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στη γωνία πρόσπτωσης των 30° και των 45° και το γυαλί στη γωνία των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 200.966m						
$\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White Card	10	0	3	—		
Kodak Gray Card	17	—	—	—		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	7	—	—	—		
Τσιμέντο λευκό	-12	1	7	-7		
Τσιμέντο γκρι	6	2	-2	—		
Χαρτόνι γκρι	3	0	6	—		
Χαρτόνι μαύρο	—	—	—	—		
Πλαστικό λευκό	1	1	-3	—		
Πλαστικό κόκκινο	3	1	5	—		
Πλακάκι γκρι	5	7	9	—		
Πλακάκι μπεζ	3	4	4	—		
Αφρολέξ λευκό	-3	-2	-5	—		
Αφρολέξ καφέ	-1	—	—	—		
Μάρμαρο	-12	7	9	1		
Ξύλο	0	7	15	—		
Νοβοπάν	6	6	6	11		
Μελαμίνη	6	14	2	0		
Κεραμίδι	-3	—	—	—		
Άσφαλτος	-5	-8	—	—		
Βράχος	-13	-12	—	—		
Γυαλί	-30	—	—	—		



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 102: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 200m

Στον πίνακα 3.102 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 200m απόσταση. Παρατηρείται ότι:

- Δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε όλα τα υλικά.
- Οι διαφορές δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο κανόνα και ανταποκρίνονται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που έχει το κάθε υλικό.

Το διάγραμμα 3.102 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.102 και από αυτό προκύπτει ότι δεν υπάρχει συστηματικότητα ως προς την κλίση των ευθειών.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Kodak Gray Card (17mm)
 - Γυαλί (-30mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Μελαμίνη (14mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Ξύλο (15mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Νοβοπάν (11mm)

Το όργανο Topcon GPT 3105N στην απόσταση των 200m

- Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) δε μέτρησε στο:
 - Χαρτόνι μαύρο
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 30° δε μέτρησε στα εξής υλικά:

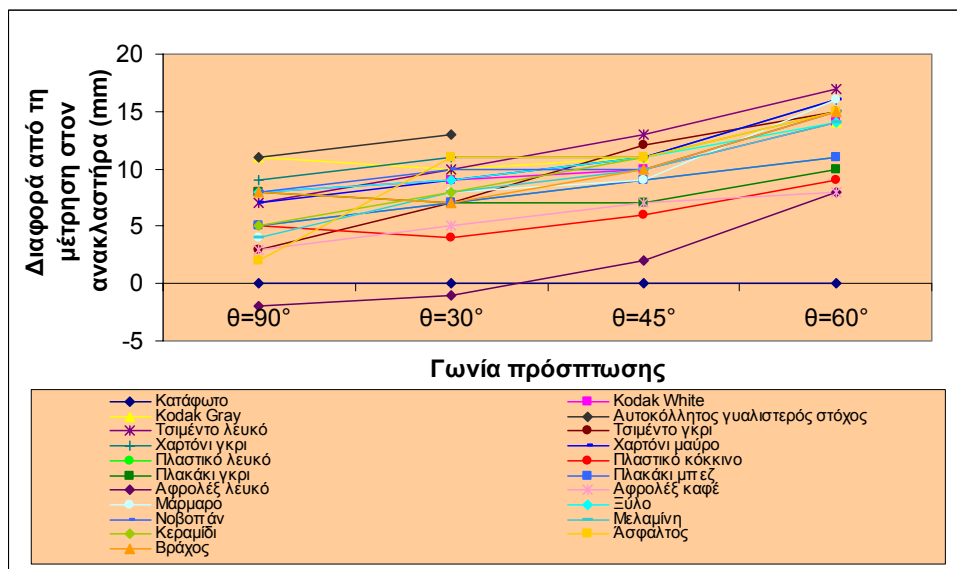
• Kodak Gray Card	• Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος
• Χαρτόνι μαύρο	• Αφρολέξ καφέ
• Κεραμίδι	• Γυαλί
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 45° δε μέτρησε στα εξής υλικά:

• Kodak Gray Card	• Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος
• Χαρτόνι μαύρο	• Αφρολέξ καφέ
• Κεραμίδι	• Άσφαλτος
• Βράχος	• Γυαλί
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 60° μέτρησε στα εξής υλικά:

• Τσιμέντο λευκό	• Μάρμαρο
• Νοβοπάν	• Μελαμίνη

3.3.5 Μετρήσεις μήκους με τον ΟΓΣ Torcon GPT 7003i

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 49.540m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$					
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	
Kodak White Card	8	9	10	14	
Kodak Gray Card	11	10	11	14	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	11	13	—	—	
Τσιμέντο λευκό	7	10	13	17	
Τσιμέντο γκρι	3	7	12	15	
Χαρτόνι γκρι	9	11	11	16	
Χαρτόνι μαύρο	7	9	11	16	
Πλαστικό λευκό	5	7	9	11	
Πλαστικό κόκκινο	5	4	6	9	
Πλακάκι γκρι	8	7	7	10	
Πλακάκι μπεζ	5	7	9	11	
Αφρολέξ λευκό	-2	-1	2	8	
Αφρολέξ καφέ	3	5	7	8	
Μάρμαρο	4	8	9	16	
Ξύλο	8	9	11	14	
Νοβοπάν	8	10	10	15	
Μελαμίνη	4	8	10	14	
Κεραμίδι	5	8	11	15	
Άσφαλτος	2	11	11	15	
Βράχος	8	7	10	15	
Γυαλί	-42	-47	-59	—	



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 103: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Torcon GPT 7003i στα 50m

Στον πίνακα 3.103 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 50m απόσταση. Παρατηρείται ότι:

- Οι περισσότερες μετρήσεις μηκών που έχουν γίνει είναι μικρότερες από το μήκος που έχει μετρηθεί στον ανακλαστήρα.
- Όσο μεγαλώνει η γωνία στροφής, τόσο μεγαλώνουν οι αποκλίσεις.

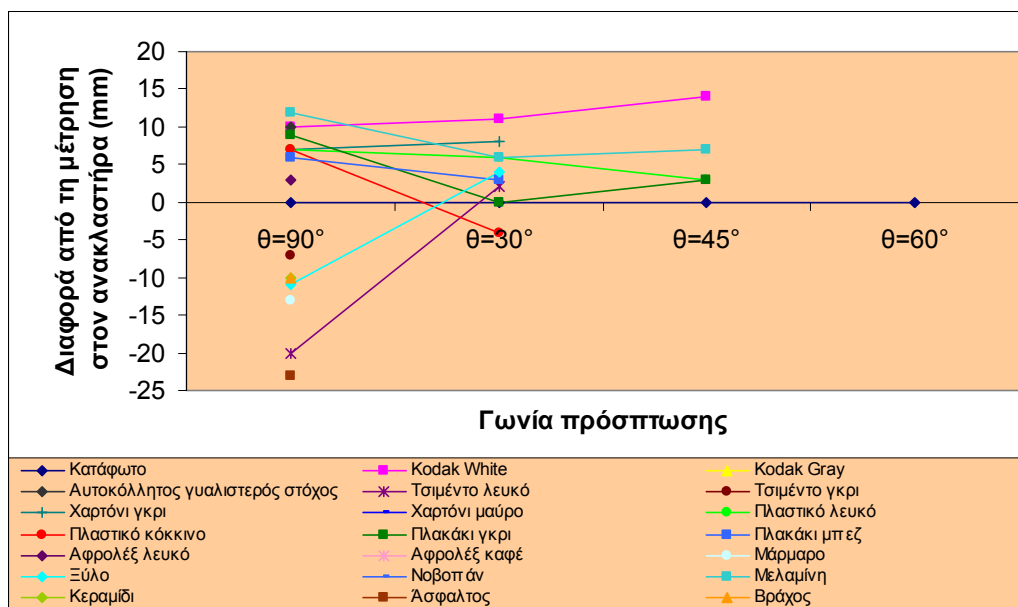
Το διάγραμμα 3.103 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.103 και από αυτό προκύπτει ότι υπάρχει συστηματικότητα και αύξουσα κλίση των ευθειών.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

- Για την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Kodak Gray Card (11mm)
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (11mm)
 - Γυαλί (-42mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος (13mm)
 - Γυαλί (-47mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Τσιμέντο λευκό (13mm)
 - Γυαλί (-59mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 60° :
 - Τσιμέντο λευκό (17mm)

Το όργανο Topcon GPT 7003i στην απόσταση των 50m μέτρησε όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στη γωνία πρόσπτωσης των 45° και των 60° και το γυαλί στη γωνία των 60° .

D (μήκος με ανακλαστήρα) = 204.359m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$					
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	
Kodak White Card	10	11	14	—	
Kodak Gray Card	—	—	—	—	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	10	—	—	—	
Τσιμέντο λευκό	-20	2	—	—	
Τσιμέντο γκρι	-7	—	—	—	
Χαρτόνι γκρι	7	8	—	—	
Χαρτόνι μαύρο	—	—	—	—	
Πλαστικό λευκό	7	6	3	—	
Πλαστικό κόκκινο	7	-4	—	—	
Πλακάκι γκρι	9	0	3	—	
Πλακάκι μπεζ	6	3	—	—	
Αφρολέξ λευκό	3	—	—	—	
Αφρολέξ καφέ	—	—	—	—	
Μάρμαρο	-13	—	—	—	
Ξύλο	-11	4	—	—	
Νοβοπάν	—	—	—	—	
Μελαμίνη	12	6	7	—	
Κεραμίδι	-10	—	—	—	
Άσφαλτος	-23	—	—	—	
Βράχος	-10	—	—	—	
Γυαλί	-32	—	—	—	



Πίνακας - Διάγραμμα 3. 104: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μήκος που μετράται στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 200m

Στον πίνακα 3.104 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις μετρήσεις στα 200m απόσταση. Παρατηρείται ότι:

- Σε πολλά υλικά τα οποία είχαν στραφεί αρκετά από την κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας στην επιφάνεια του υλικού δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση.

Το διάγραμμα 3.104 σχεδιάστηκε με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα 3.104 και από αυτό προκύπτει ότι δεν υπάρχει συστηματικότητα ως προς την κλίση των ευθειών.

Η μέγιστη διαφορά μέτρησης του μήκους στο στόχο από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα είναι :

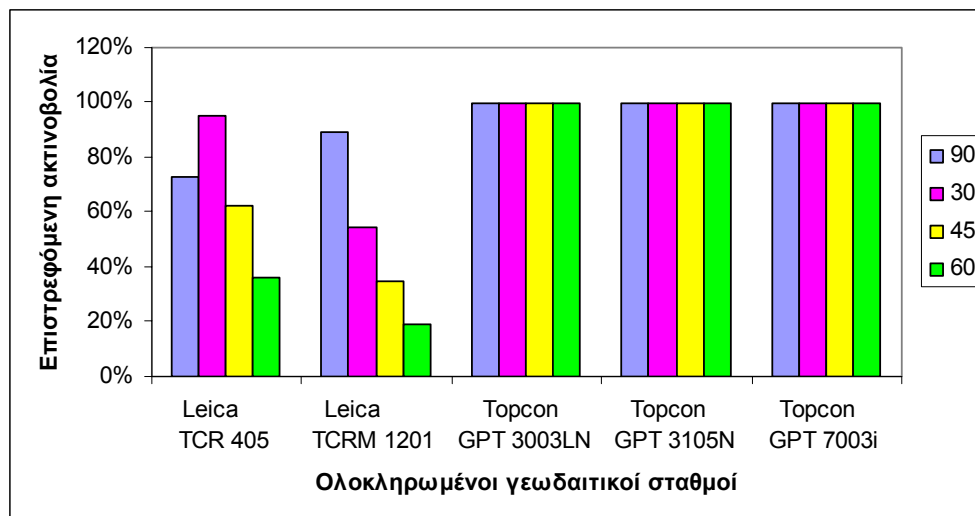
- Για κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°):
 - Ασφαλτος (-23 mm)
 - Γυαλί (-32mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 30° :
 - Kodak White Card (11mm)
- Για γωνία πρόσπτωσης 45° :
 - Kodak White Card (14mm)
- Σε γωνία πρόσπτωσης των 60° δεν πραγματοποιήθηκε καμία μέτρηση.

Το όργανο Topcon GPT 7003i στην απόσταση των 200m

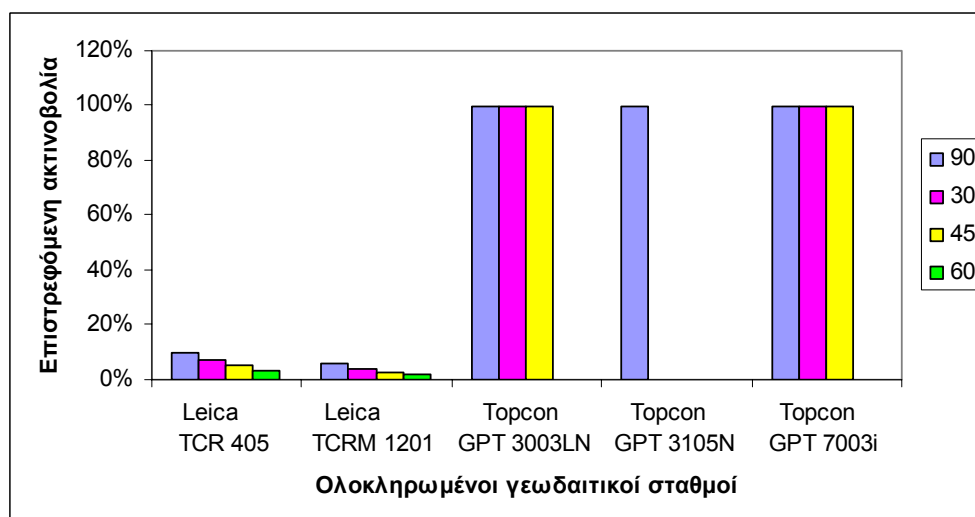
- Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) δε μέτρησε στα εξής υλικά:
 - Kodak Gray Card
 - Αφρολέξ καφέ
 - Χαρτόνι μαύρο
 - Νοβοπάν
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 30° μέτρησε στα εξής υλικά:
 - Kodak White Card
 - Χαρτόνι γκρι
 - Πλαστικό κόκκινο
 - Πλακάκι μπεζ
 - Μελαμίνη
 - Τσιμέντο λευκό
 - Πλαστικό λευκό
 - Πλακάκι γκρι
 - Ξύλο
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 45° μέτρησε στα εξής υλικά:
 - Kodak White Card
 - Πλακάκι γκρι
 - Πλαστικό λευκό
 - Μελαμίνη
- Στη γωνία πρόσπτωσης των 60° δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση σε κανένα υλικό

3.3.6 Μετρήσεις επιστρεφόμενης ακτινοβολίας με όλους τους ΟΓΣ

1) Kodak White Card



Διάγραμμα 3.105: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak White Card στα 50m

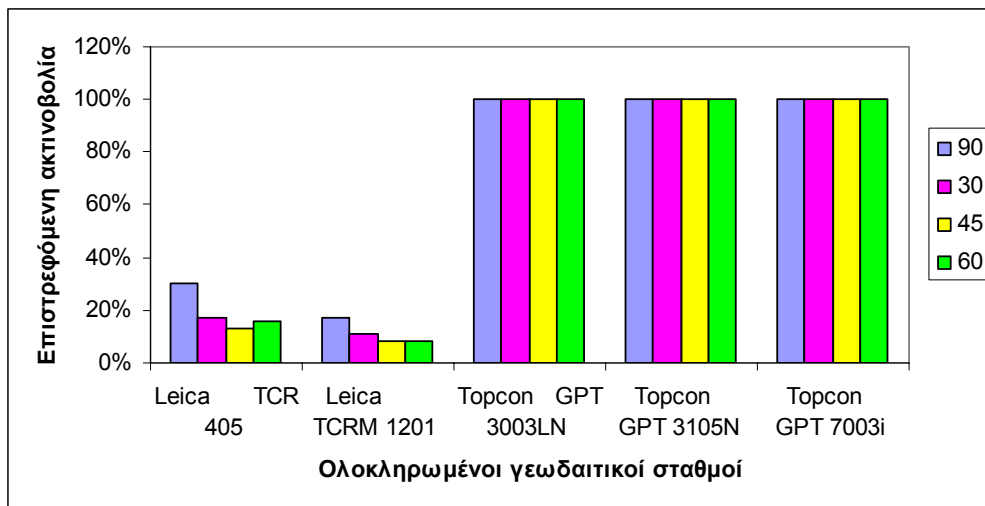


Διάγραμμα 3.106: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak White Card στα 200m

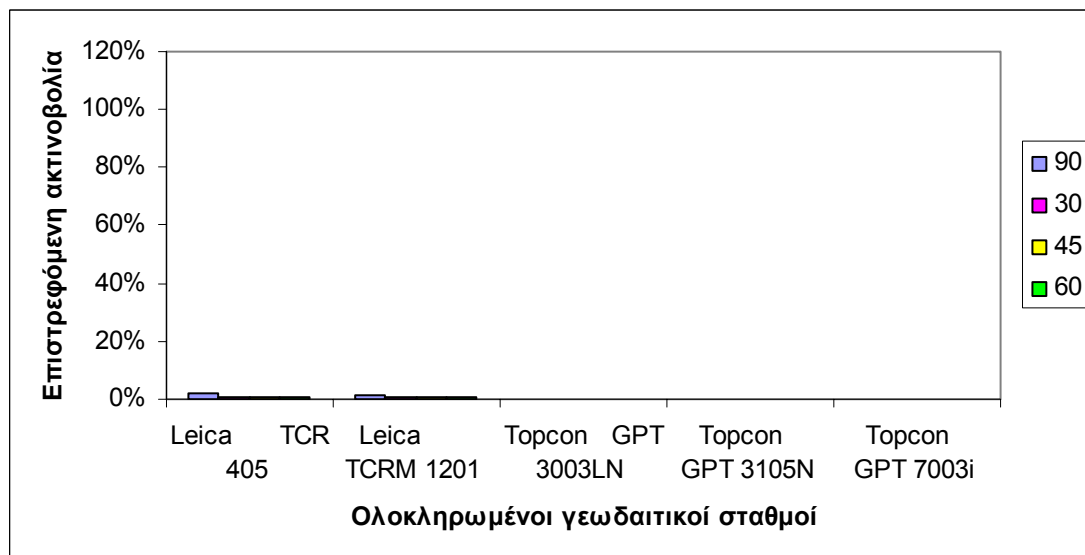
- Η Kodak White Card παρουσιάζει υψηλότερα ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στην απόσταση των 50m σε σχέση με την απόσταση των 200m.
- Στη μεγαλύτερη απόσταση τα ποσοστά της ακτινοβολίας ήταν ιδιαίτερα χαμηλά.
- Για τα όργανα της εταιρείας Topcon παρατηρείται ότι στη μικρότερη απόσταση η επιστροφή της ακτινοβολίας είναι μέγιστη, δηλαδή 100%, ενώ στη μεγαλύτερη απόσταση η επιστροφή αυτής είναι για κάποιες γωνίες 100% ενώ για κάποιες άλλες 0%.

- Επισημαίνεται ότι για τα 3 από τα 5 όργανα δεν υπάρχουν ενδιάμεσες τιμές, δηλαδή η επιστρεφόμενη ακτινοβολία ή είναι μέγιστη ή είναι μηδενική.
- Το διάγραμμα στην απόσταση των 50m με το όργανο Leica TCR 405 παρουσιάζει μια αιχμή στη γωνία των 30° .

2) Kodak Gray Card



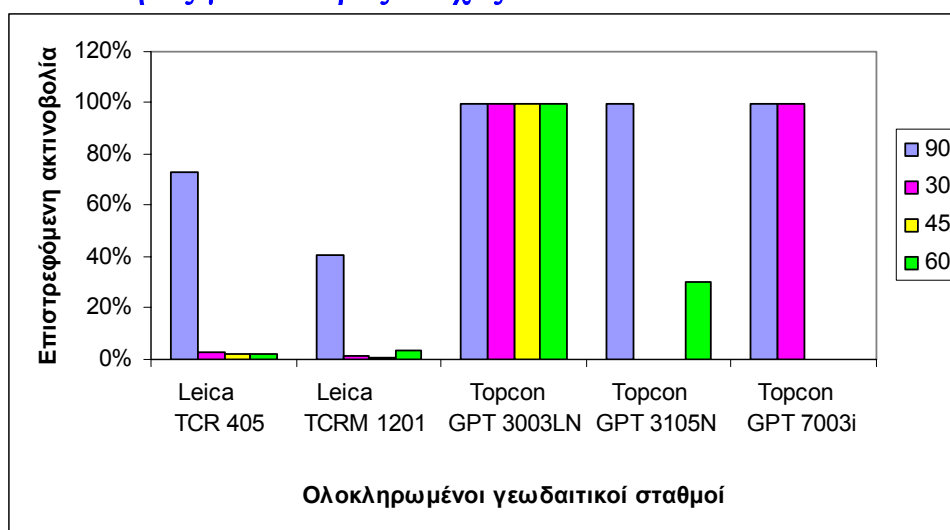
Διάγραμμα 3.107: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak Gray Card στα 50m



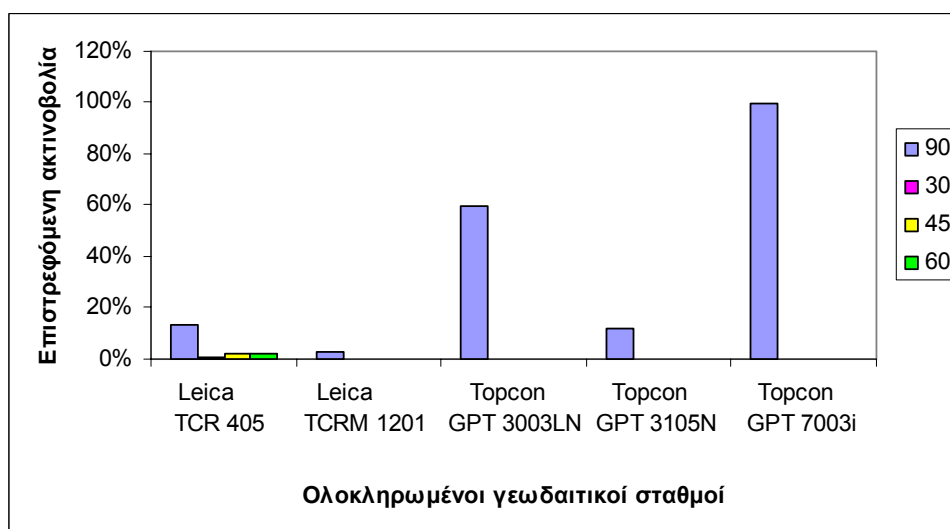
Διάγραμμα 3.108: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak Gray Card στα 200m

- Η Kodak Gray Card παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας και για τις δύο αποστάσεις.
- Παρουσιάζονται εξαιρετικά υψηλά ποσοστά ανακλαστικότητας για την περίπτωση των 50m και σχεδόν μηδενικά ποσοστά ανακλαστικότητας για την απόσταση των 200m.

3) Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος



Διάγραμμα 3.109: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m

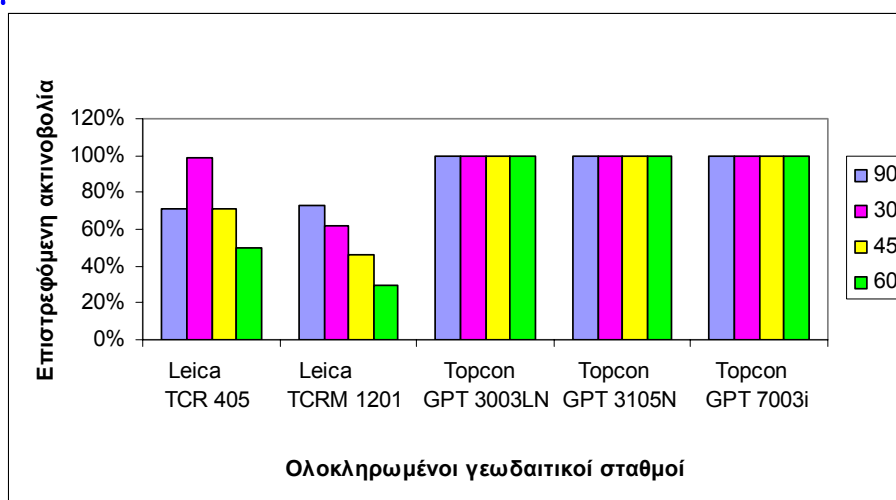


Διάγραμμα 3.110: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 200m

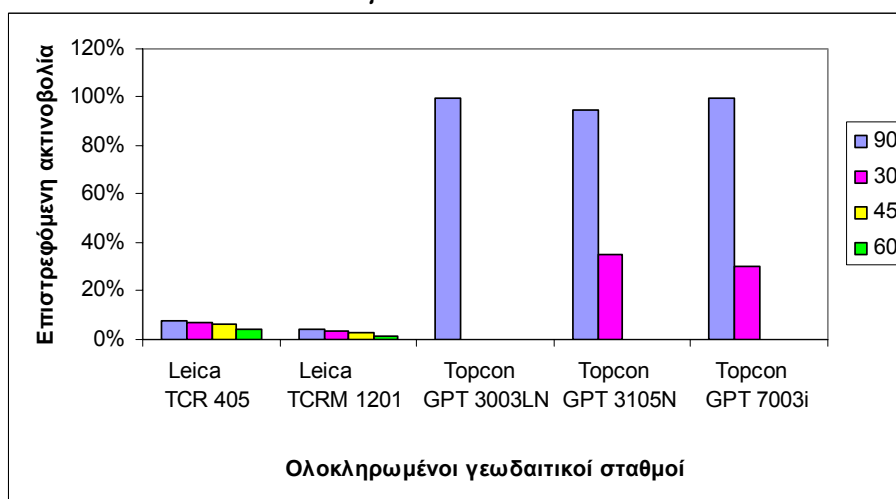
- Δύο από τα πέντε όργανα εμφανίζουν ικανοποιητικά αποτελέσματα μόνο για τη γωνία των 90° και στην απόσταση των 50m. Οι υπόλοιπες τιμές που προκύπτουν από το διάγραμμα για τη συγκεκριμένη απόσταση είναι πολύ μικρές και δεν μπορούν να αξιολογηθούν με σωστό τρόπο.
- Στη μέτρηση των 50m για γωνία 60° με τη χρήση του οργάνου Topcon GPT 3105N, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ήταν 30% στιγμιαία και όχι συνεχόμενα, για αυτό το λόγο είναι δύσκολη η αξιολόγηση του αποτελέσματος και συνεπώς της αξιοπιστίας της μέτρησης.

- Στην απόσταση των 200m υπάρχουν αποτελέσματα τα οποία θεωρούνται αξιόπιστα μόνο για τη γωνία των 90° και για τις δύο κατηγορίες οργάνων.
- Στις υπόλοιπες γωνίες, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι τόσο χαμηλό που δεν μπορεί να αξιολογηθεί σωστά.

4) Τσιμέντο λευκό



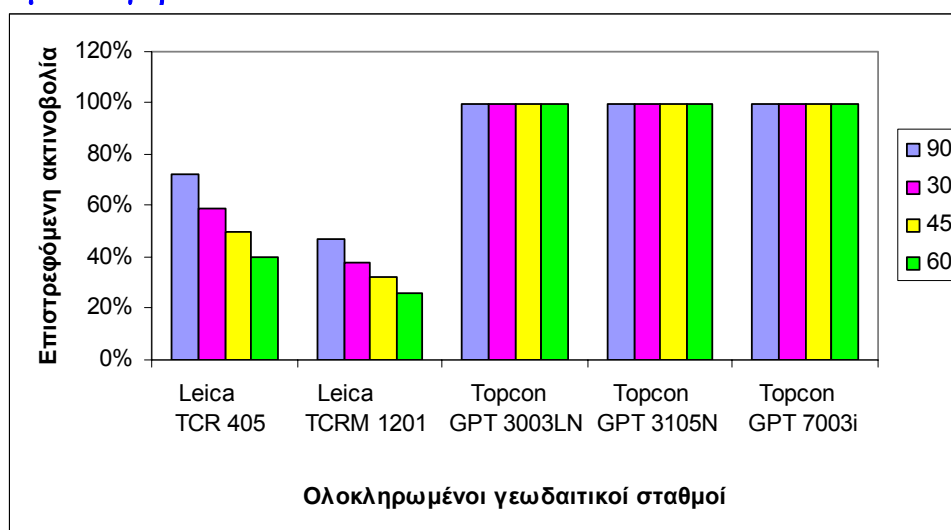
Διάγραμμα 3.111: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό τσιμέντο στα 50m



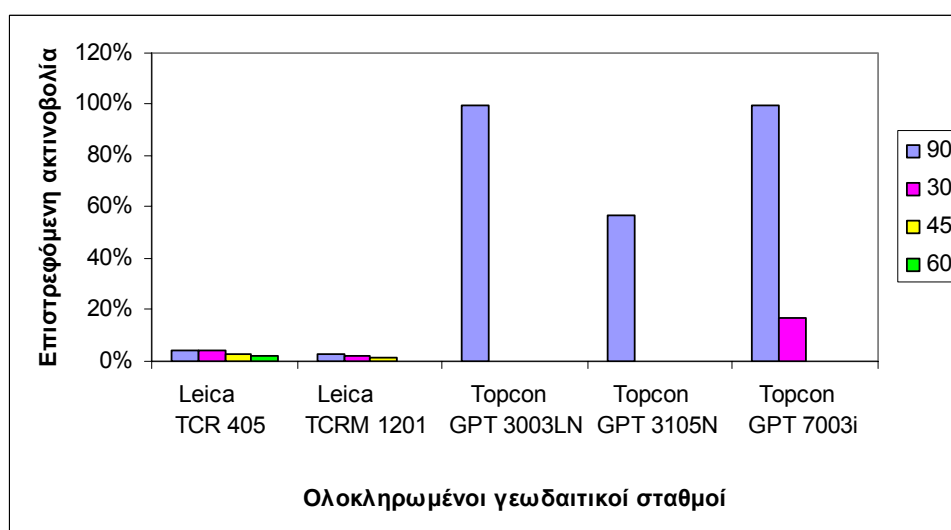
Διάγραμμα 3.112: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό τσιμέντο στα 200m

- Το λευκό τσιμέντο παρουσιάζει υψηλή ανακλαστικότητα με όλα τα όργανα στην απόσταση των 50m με χαμηλότερη τιμή 30%, σε αντίθεση με την απόσταση των 200m, όπου η ανακλαστικότητα είναι χαμηλή για τα όργανα Leica για όλες τις γωνίες και υψηλή για τη γωνία των 90° για τα Topcon όργανα.
- Σημαντική είναι η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για τα δύο τελευταία όργανα που παρουσιάζονται στο τελευταίο διάγραμμα στη γωνία των 30°.
- Το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στα 200m με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στη γωνία των 30° ήταν κυμαινόμενο από 19% έως 42% και επιλέχθηκε σαν τιμή για το διάγραμμα ο μέσος όρος αυτών των δύο τιμών.

5) Τσιμέντο γκρι



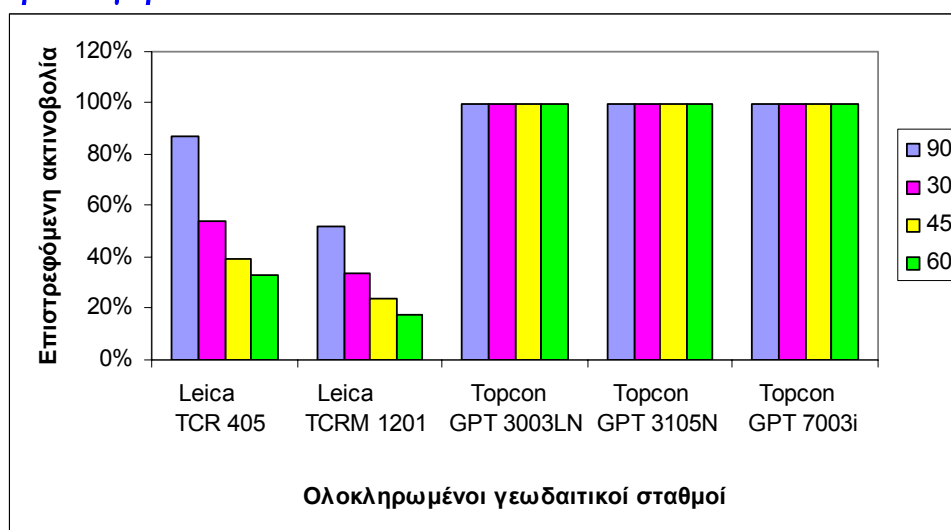
Διάγραμμα 3.113: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι τσιμέντο στα 50m



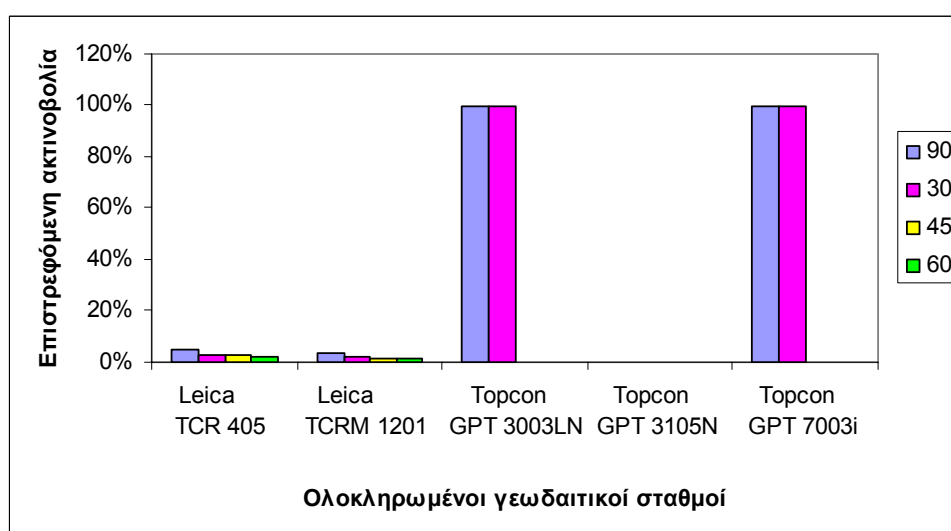
Διάγραμμα 3.114: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι τσιμέντο στα 200m

- Οι τιμές της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για τα 50m είναι υψηλές και αρκετά ικανοποιητικές.
- Τρία από τα πέντε όργανα επιστρέφουν το 100% της ακτινοβολίας που λαμβάνουν στην περίπτωση των 50m και στα 200m μόνο στην κάθετη γωνία επιστρέφει ικανοποιητικό ποσοστό αυτής.
- Στις μεγαλύτερες αποστάσεις, δηλαδή στα 200m, δύο όργανα δεν ανταποκρίνονται τόσο καλά στην επιστροφή της ακτινοβολίας.

6) Χαρτόνι γκρι



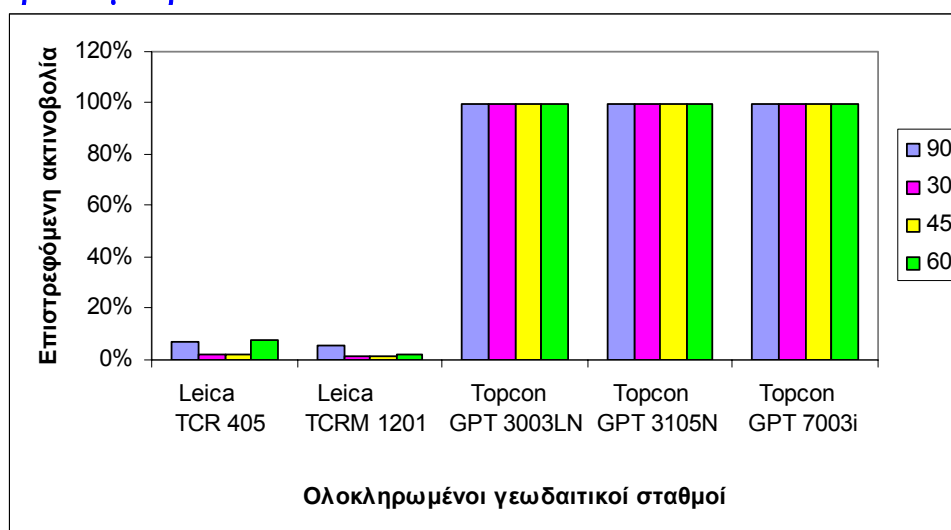
Διάγραμμα 3.115: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι χαρτόνι στα 50m



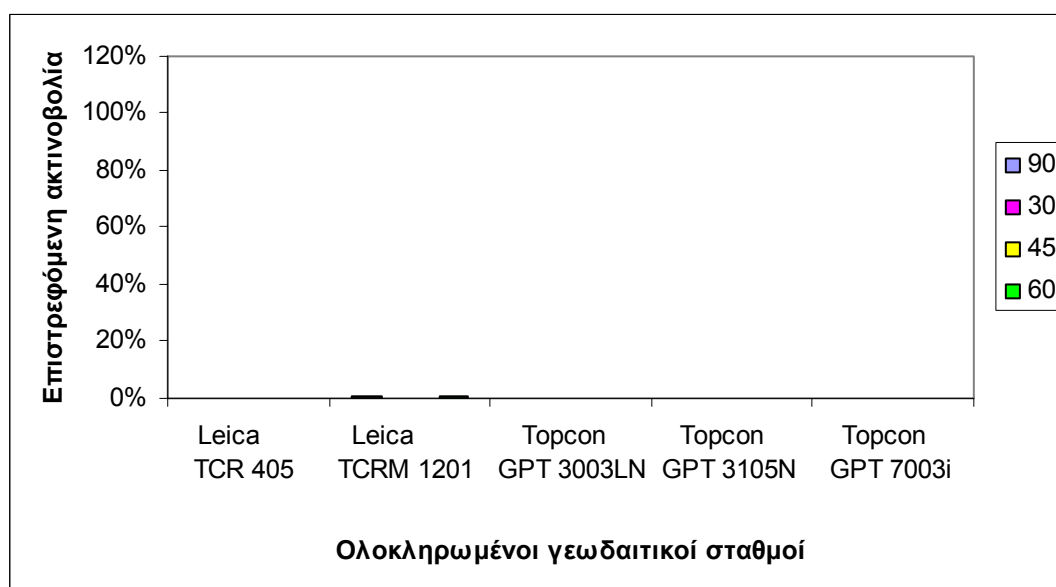
Διάγραμμα 3.116: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι χαρτόνι στα 200m

- Το γκρι χαρτόνι παρουσιάζει υψηλή ανακλαστικότητα για την απόσταση των 50m με όλα τα όργανα και στην απόσταση των 200m μόνο για δύο ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς της εταιρείας Topcon. Τα υπόλοιπα όργανα δεν παρουσιάζουν ανάλογα αποτελέσματα υψηλού ποσοστού επιστρεφόμενης ακτινοβολίας.

7) Χαρτόνι μαύρο



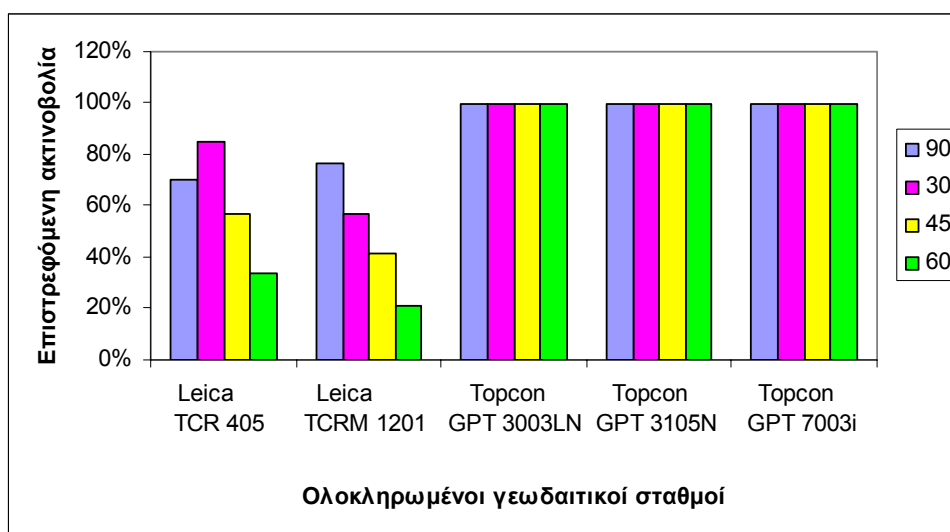
Διάγραμμα 3.117: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μαύρο χαρτόνι στα 50m



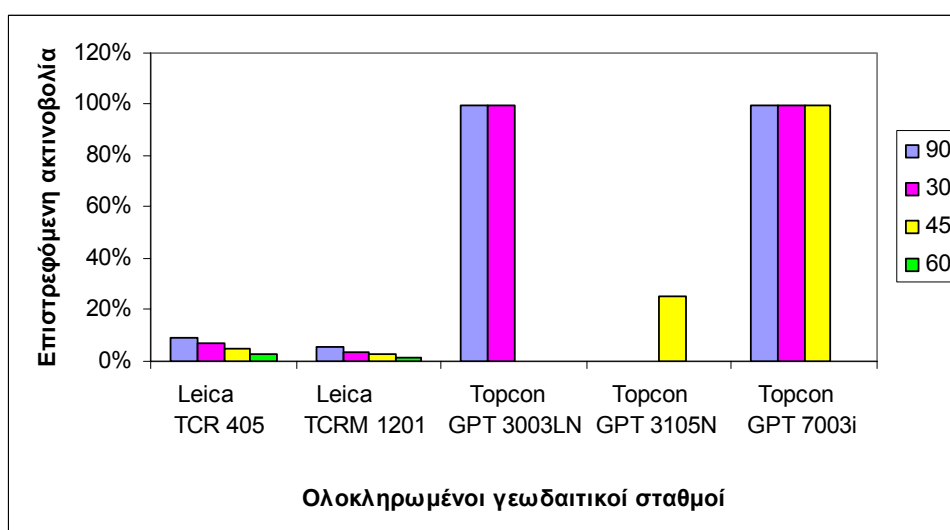
Διάγραμμα 3.118: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μαύρο χαρτόνι στα 200m

- Στα 50m, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι καλή μόνο για τα όργανα της εταιρείας Topcon και στα 200m κανένα όργανο δεν δίνει ικανοποιητική τιμή επιστρεφόμενης ακτινοβολίας.

8) Πλαστικό λευκό



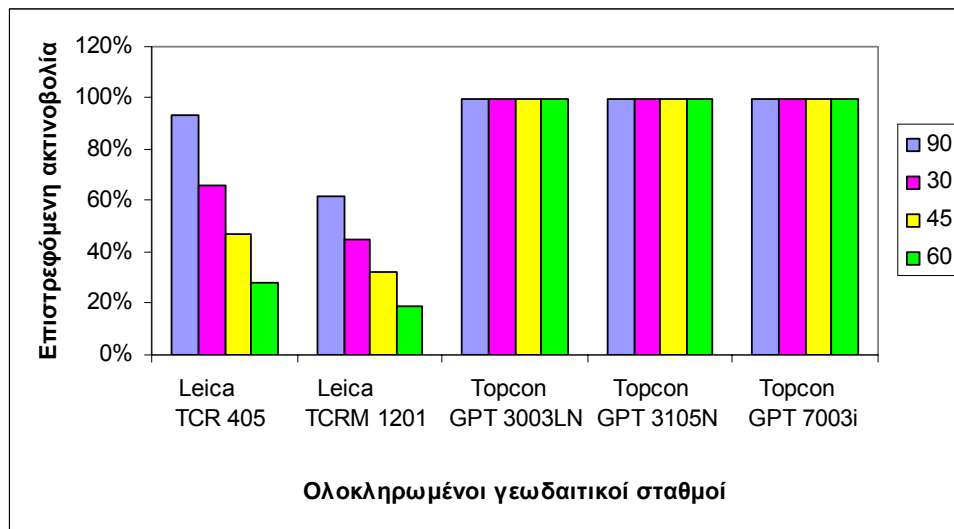
Διάγραμμα 3.119: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό πλαστικό στα 50m



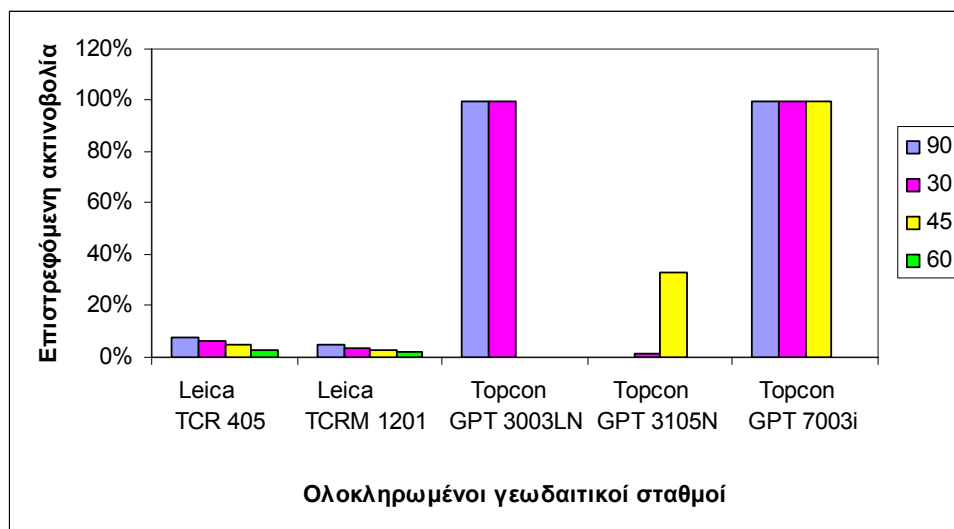
Διάγραμμα 3.120: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό πλαστικό στα 200m

- Το λευκό πλαστικό παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητικά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για την απόσταση των 50m.
- Η τιμή της για τα όργανα της εταιρείας Topcon είναι 100% και για τα Leica είναι λίγο χαμηλότερη.
- Στην απόσταση των 200m μόνο κάποιοι γεωδαιτικοί σταθμοί δίνουν ικανοποιητικές τιμές για την ακτινοβολία για τις γωνίες των 90°, 30° και 45°.

9) Πλαστικό κόκκινο



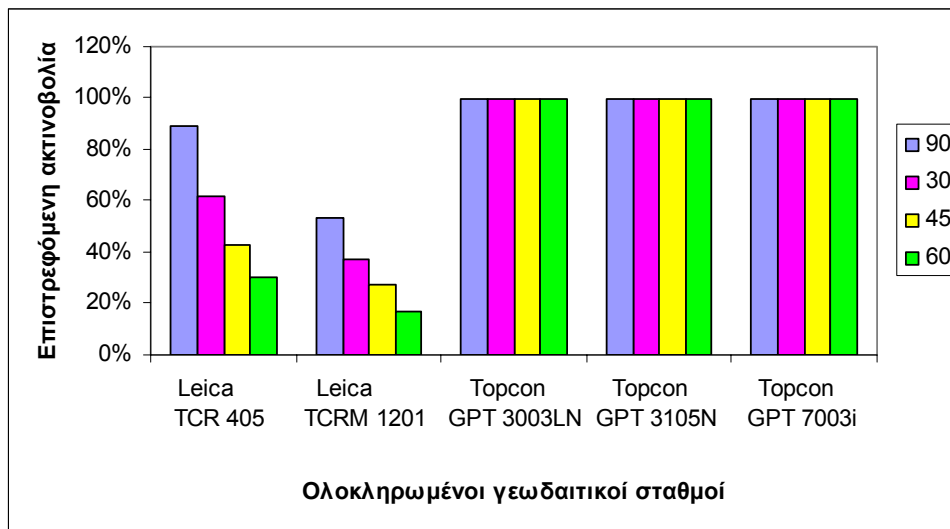
Διάγραμμα 3.121: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κόκκινο πλαστικό στα 50m



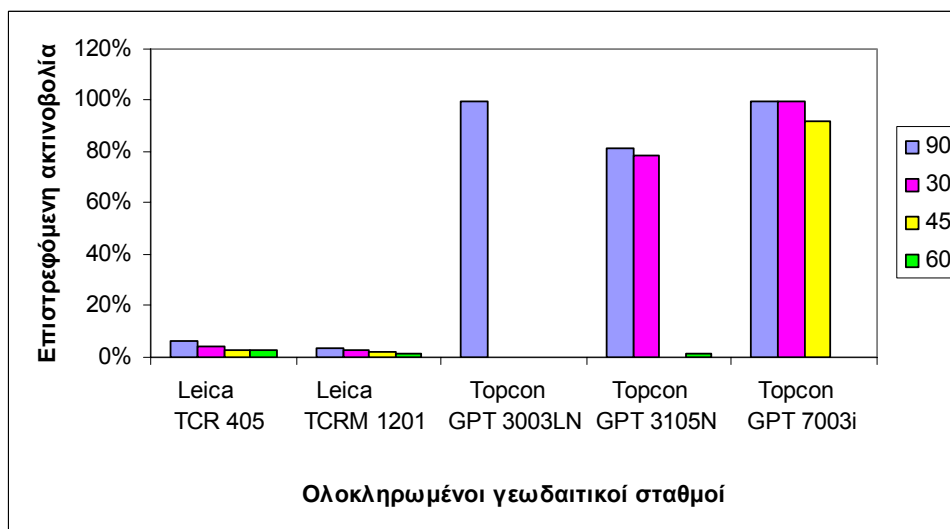
Διάγραμμα 3.122: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κόκκινο πλαστικό στα 200m

- Το κόκκινο πλαστικό δίνει χαμηλότερες τιμές ανακλαστικότητας από το λευκό πλαστικό, όμως οι μετρήσεις είναι αρκετά ικανοποιητικές (σε σχέση με τις αντίστοιχες προηγούμενες).

10) Πλακάκι γκρι



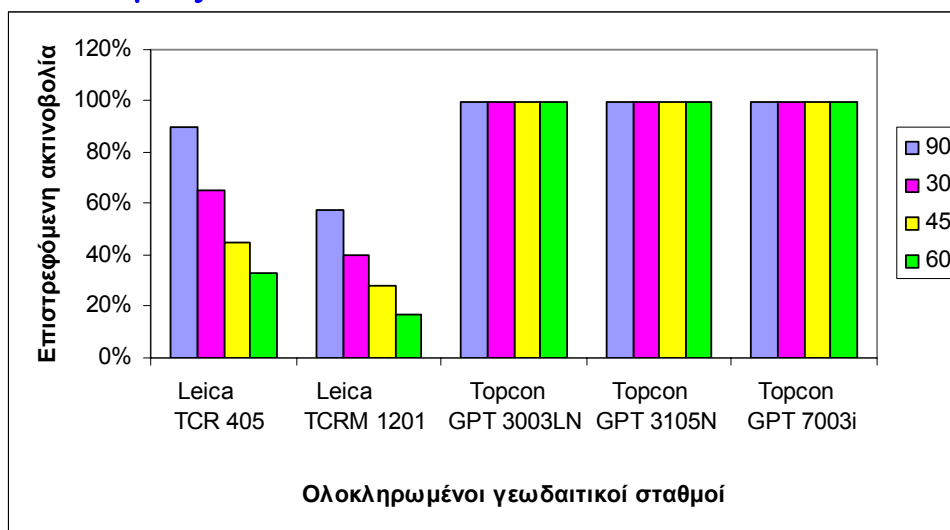
Διάγραμμα 3.123: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι πλακάκι στα 50m



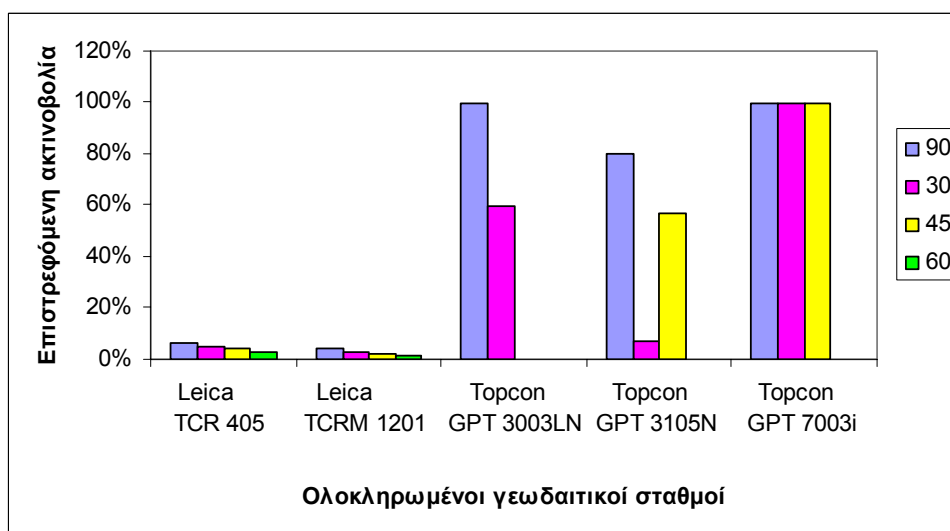
Διάγραμμα 3.124: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γκρι πλακάκι στα 200m

- Το γκρι πλακάκι εμφανίζει υψηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας, με χαμηλότερη τιμή 18% για την απόσταση των 50m.
- Η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για τα όργανα της εταιρείας Topcon είναι 100% και για τα Leica είναι λίγο χαμηλότερη.
- Στην απόσταση των 200m μόνο κάποιοι γεωδαιτικοί σταθμοί δίνουν ικανοποιητικές τιμές για την επιστροφή της ακτινοβολίας για τις γωνίες των 90°, 30° και 45°.

11) Πλακάκι μπεζ



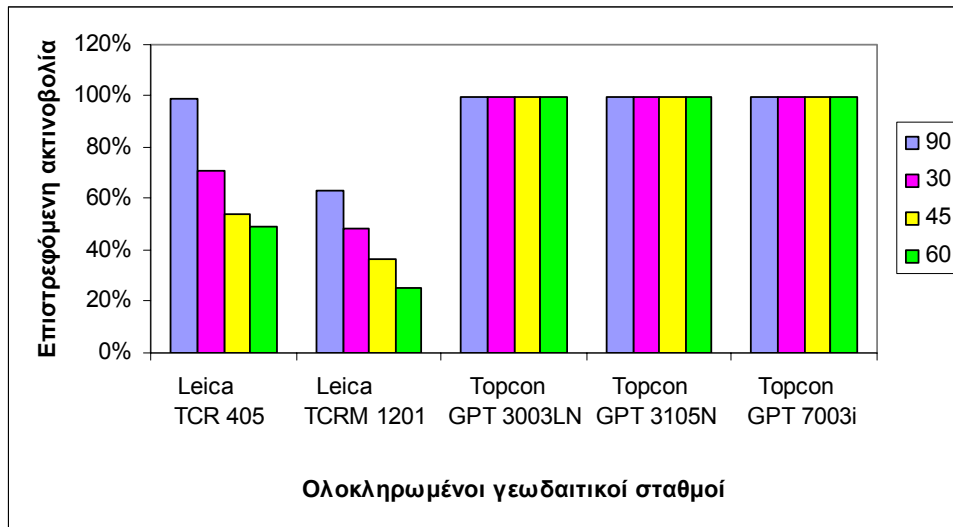
Διάγραμμα 3.125: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μπεζ πλακάκι στα 50m



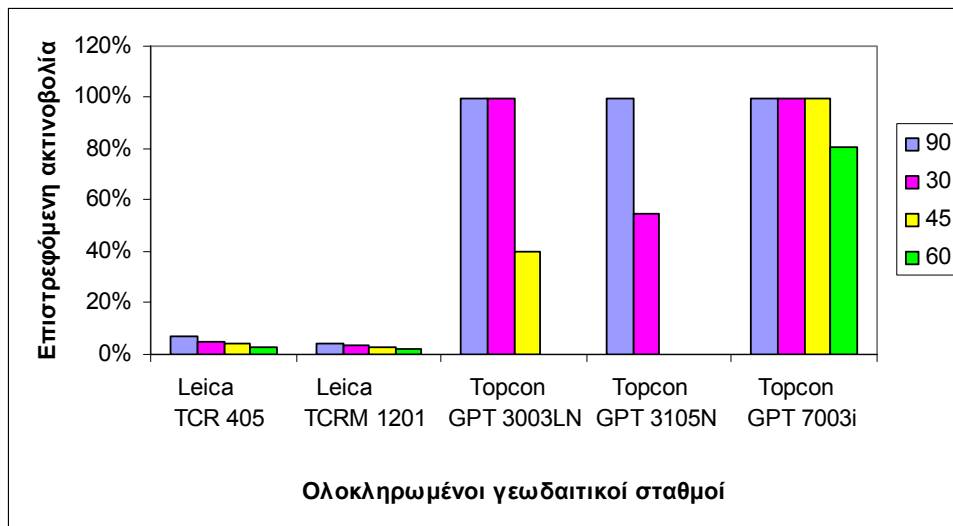
Διάγραμμα 3.126: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μπεζ πλακάκι στα 200m

- Για το μπεζ πλακάκι προκύπτουν αποτελέσματα με μεγάλες τιμές επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για την απόσταση των 50m. Κάτι αντίστοιχο δεν συμβαίνει για τα 200m.

12) Αφρολέξ λευκό



Διάγραμμα 3.127: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό αφρολέξ στα 50m

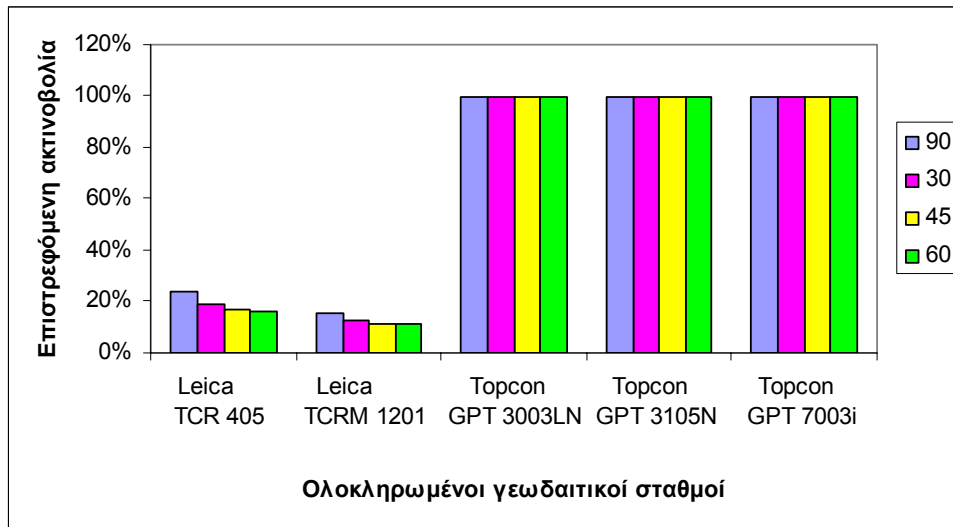


Διάγραμμα 3.128: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό αφρολέξ στα 200m

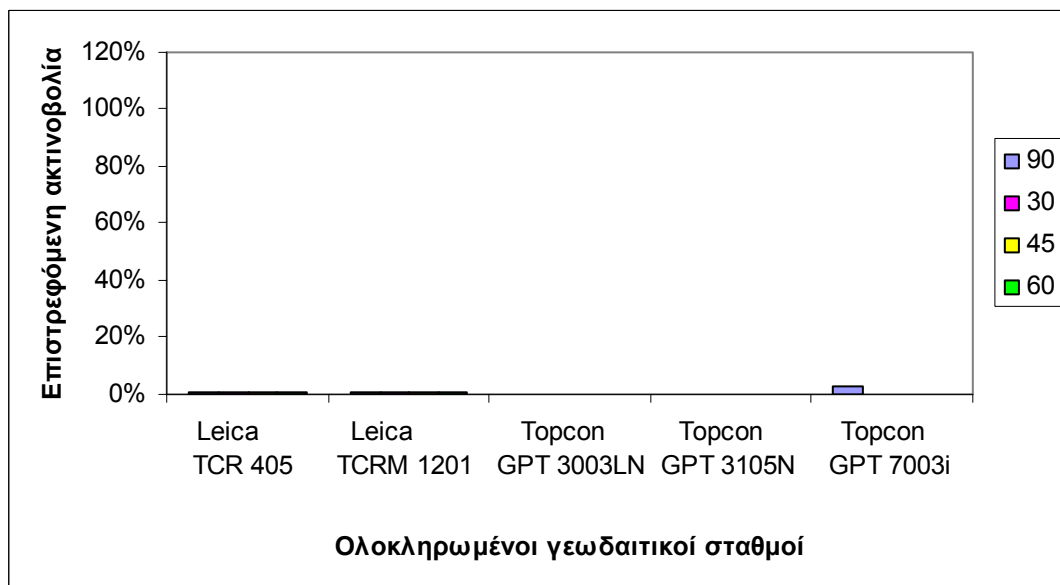
- Στα 50m παρουσιάζει υψηλά ποσοστά ανακλαστικότητας, βαθμιαία μειούμενα με την αύξηση της γωνίας πρόσπτωσης για δύο όργανα και σταθερά υψηλά ποσοστά για τα υπόλοιπα τρία όργανα.
- Στα 200m οι δυνατότητες των οργάνων της εταιρείας Topcon είναι υψηλές για τις περισσότερες γωνίες πρόσπτωσης.
- Στην απόσταση των 200m με το όργανο Topcon GPT 7003i στη γωνία των 60°, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας δεν ήταν σταθερή και κυμαινόταν από 69% έως 92% και σαν τιμή στο διάγραμμα επιλέχθηκε ο μέσος όρος των δύο αυτών τιμών.

- Στην απόσταση των 200m, στις τρεις τελευταίες γωνίες πρόσπτωσης, με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i παρόλο που υπήρχε ικανοποιητικό ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας, δεν μπορούσε το όργανο να πραγματοποιήσει μέτρηση στο υλικό.
- Στη γωνία των 45° στα 200m, το όργανο Topcon GPT 3105N μετρούσε μήκος πάνω στο υλικό, παρόλο που το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ήταν μηδενικό.

13) Αφρολέξ καφέ



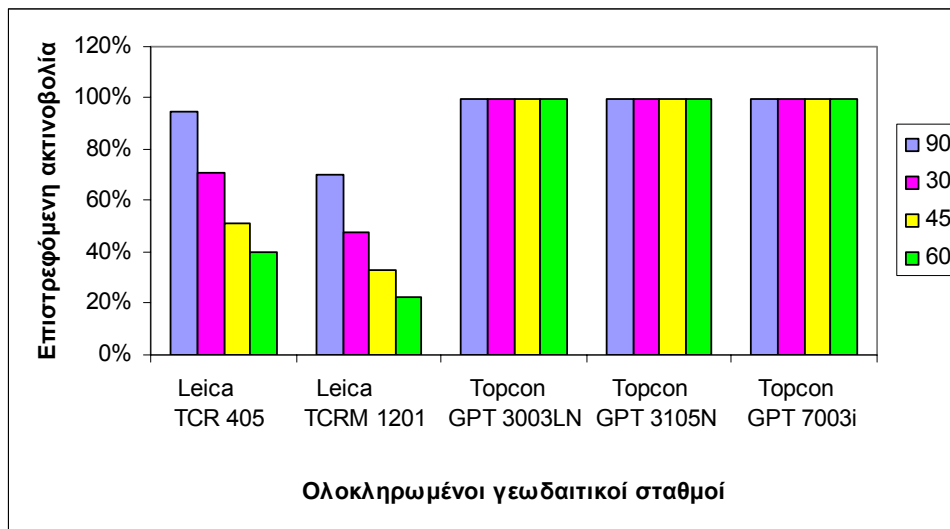
Διάγραμμα 3.129: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το καφέ αφρολέξ στα 50m



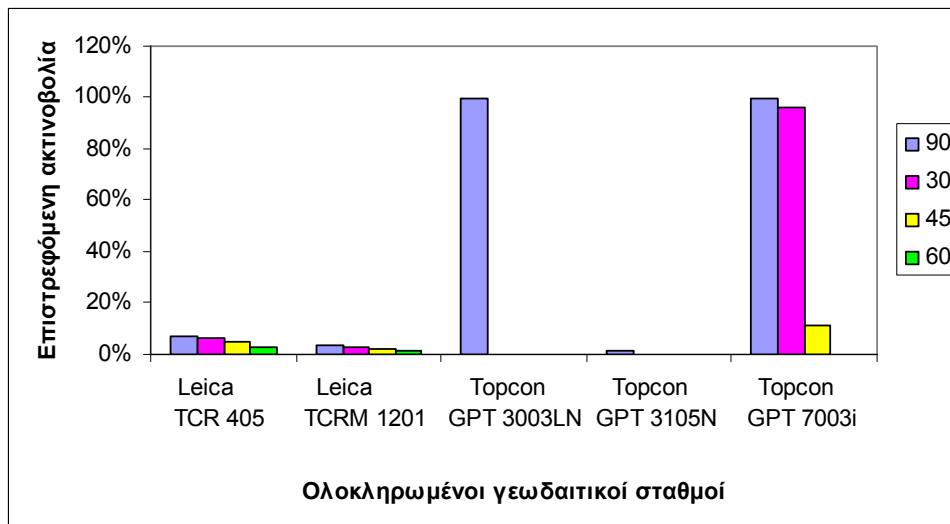
Διάγραμμα 3.130: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το καφέ αφρολέξ στα 200m

- Το καφέ αφρολέξ εμφανίζει αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για 3 όργανα και μόνο στην απόσταση των 50m.
- Στην απόσταση των 200m, στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας, το όργανο Topcon GPT 3105N μετράει μήκος πάνω στο υλικό, παρόλο που το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι μηδενικό.

14) Μάρμαρο



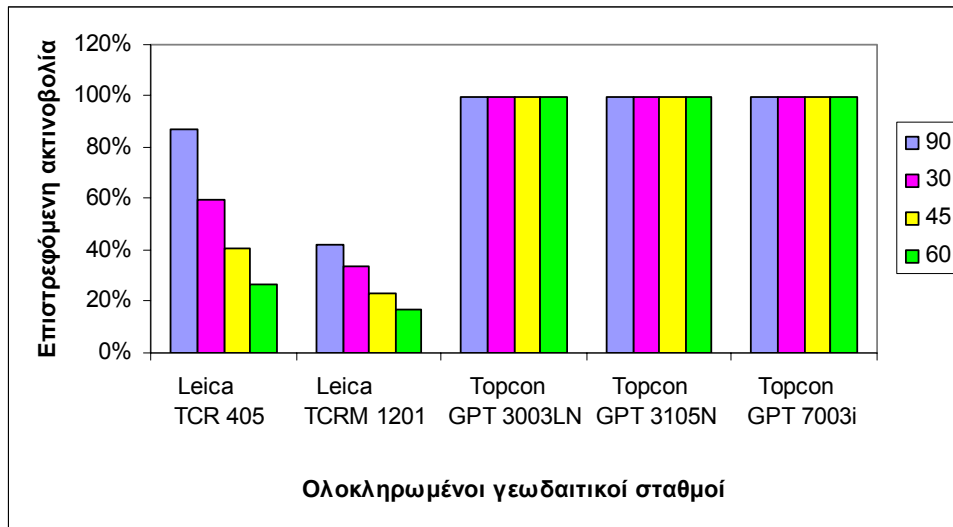
Διάγραμμα 3.131: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μάρμαρο στα 50m



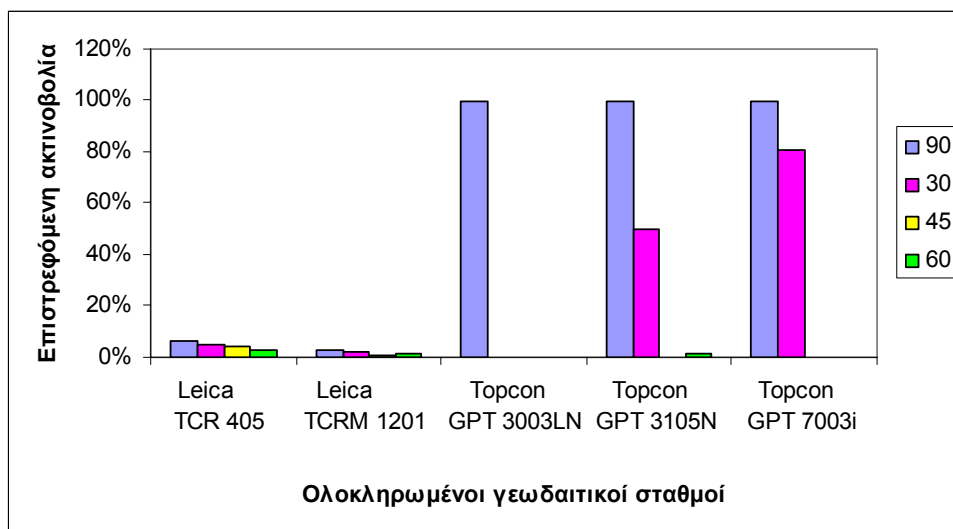
Διάγραμμα 3.132: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μάρμαρο στα 200m

- Το μάρμαρο παρουσιάζει υψηλή ανακλαστικότητα με όλα τα όργανα και σε όλες τις γωνίες στα 50m, με χαμηλότερη τιμή 22.4%.
- Στα 200m είναι ικανοποιητική η επιστροφή της ακτινοβολίας μόνο για κάποιους γεωδαιτικούς σταθμούς και για μερικές γωνίες συγκεκριμένες.
- Στην απόσταση των 200m με το όργανο Topcon GPT 7003i στη γωνία των 30°, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ήταν κυμαινόμενη από 92% έως 100% και σαν τιμή στο διάγραμμα επιλέχθηκε ο μέσος όρος αυτών των δύο τιμών.

15) Ξύλο



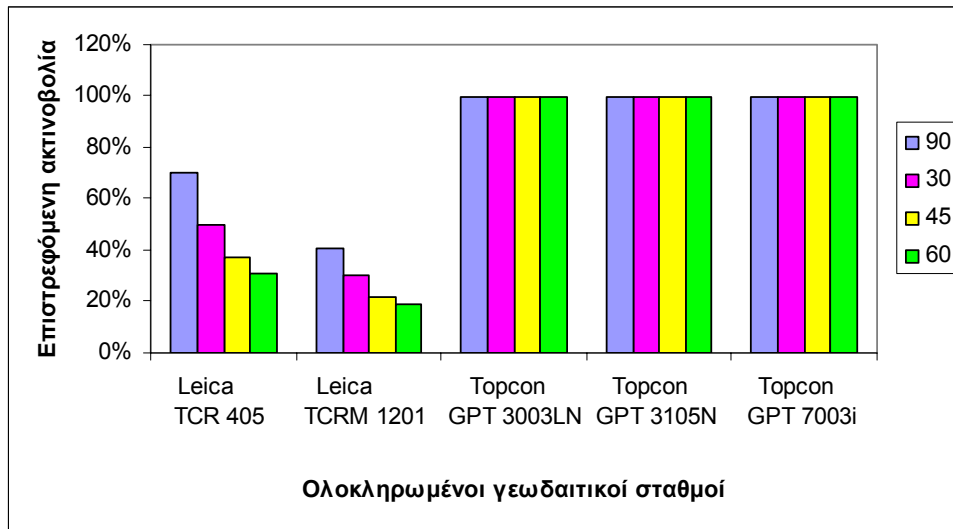
Διάγραμμα 3.133: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το ξύλο στα 50m



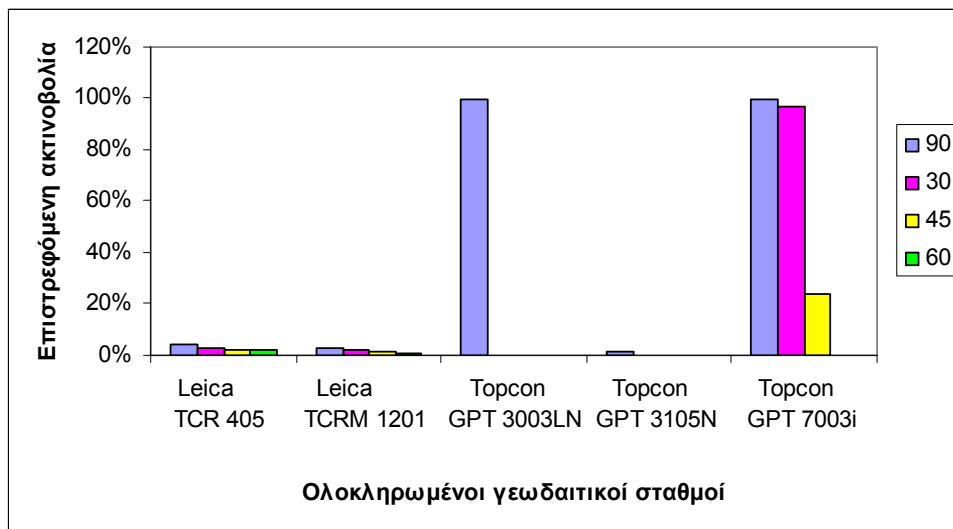
Διάγραμμα 3.134: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το ξύλο στα 200m

- Εμφανίζει αρκετά ικανοποιητικά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για την απόσταση των 50m.
- Στα 200m λίγοι γεωδαιτικοί σταθμοί ανταποκρίνονται σε υψηλά ποσοστά ακτινοβολίας και σε λίγες γωνίες.
- Στην απόσταση των 200m με το όργανο Topcon GPT 7003i στη γωνία των 30°, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ήταν κυμαινόμενη από 72% έως 89% και σαν τιμή στο διάγραμμα επιλέχθηκε να μπει ο μέσος όρος αυτών των δύο τιμών.

16) Νοβοπάν



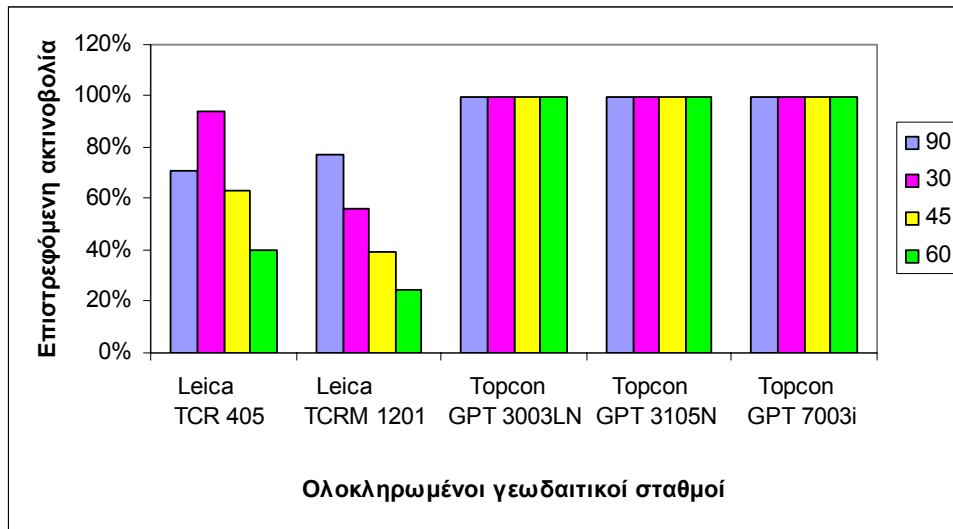
Διάγραμμα 3.135: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το νοβοπάν στα 50m



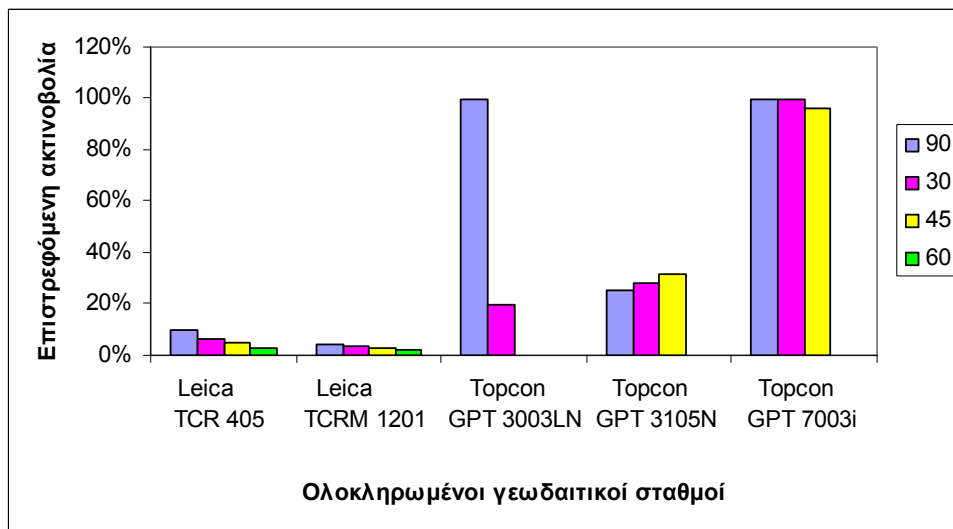
Διάγραμμα 3.136: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το νοβοπάν στα 200m

- Ικανοποιητικά αποτελέσματα εμφανίζονται για την απόσταση των 50m και για τις δύο κατηγορίες οργάνων.
- Για τα 200m εμφανίζει υψηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 3003LN για τη γωνία των 90° και ο ολοκληρωμένος εικονογεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT 7003i για τις γωνίες 90°, 30° και 45°.

17) Μελαμίνη



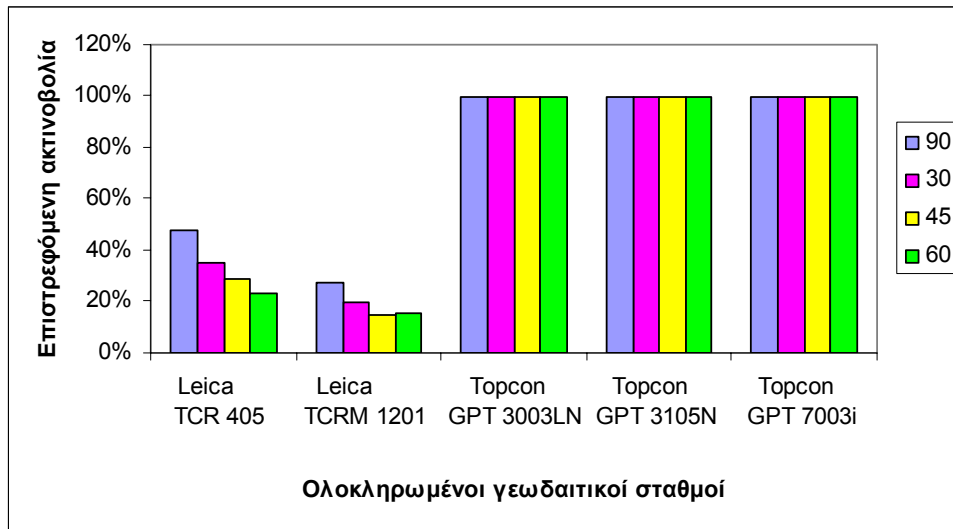
Διάγραμμα 3.137: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τη μελαμίνη στα 50m



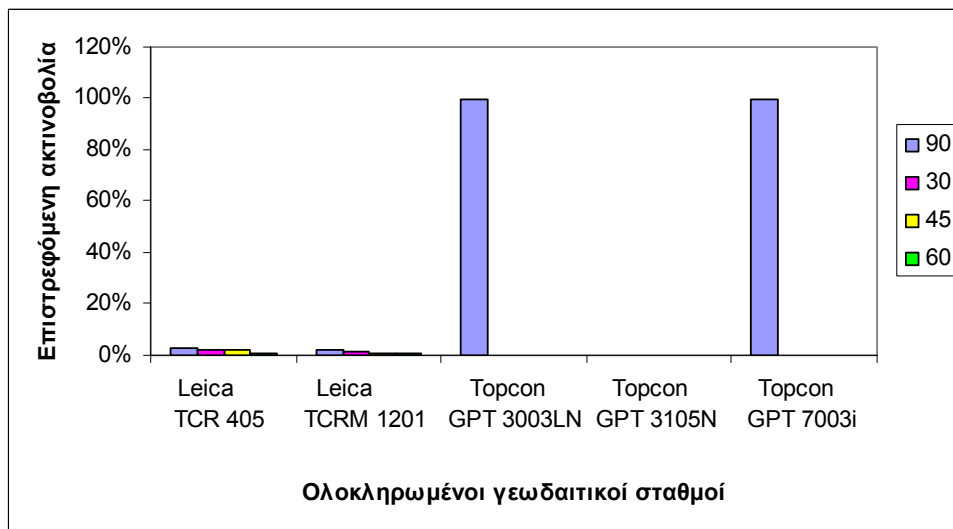
Διάγραμμα 3.138: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τη μελαμίνη στα 200m

- Στην απόσταση των 200m με το όργανο Topcon GPT 7003i στη γωνία των 45°, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ήταν κυμαινόμενη από 92% έως 100% και σαν τιμή στο διάγραμμα επιλέχθηκε ο μέσος όρος αυτών των δύο τιμών.

18) Κεραμίδι



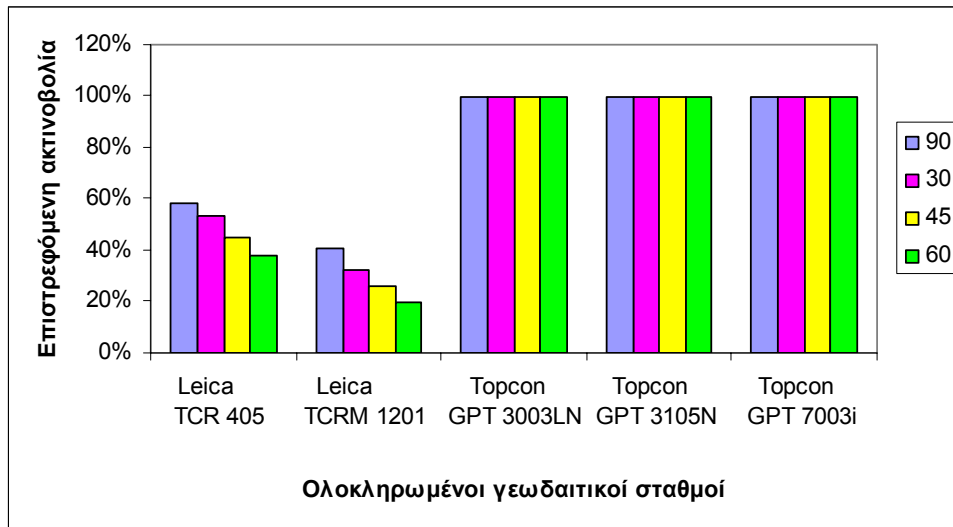
Διάγραμμα 3.139: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κεραμίδι στα 50m



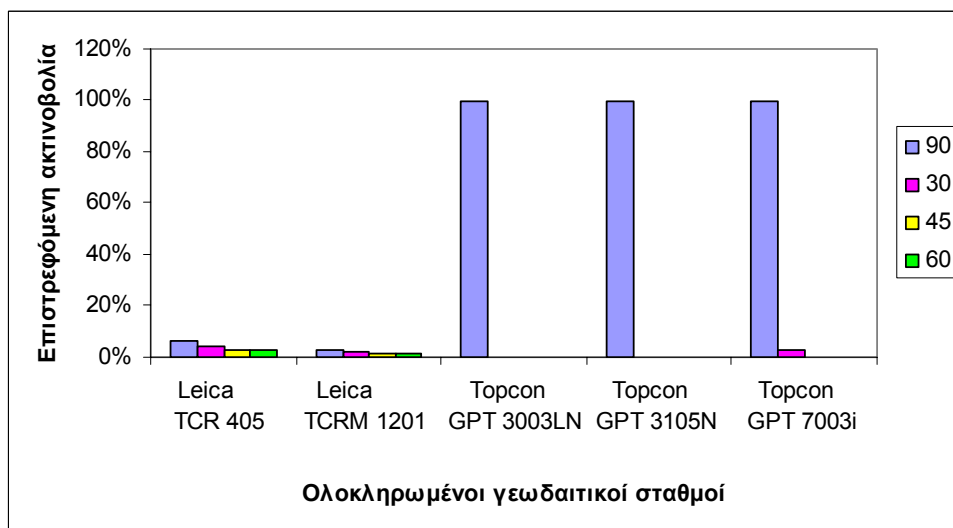
Διάγραμμα 3.140: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κεραμίδι στα 200m

- Ικανοποιητικά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας εμφανίζονται για την απόσταση των 50m και για τις δύο κατηγορίες οργάνων.
- Στην απόσταση των 200m μόνο τα δύο Topcon όργανα στη γωνία των 90° εμφανίζουν τη μέγιστη επιστρεφόμενη ακτινοβολία.

19) Ασφαλτος



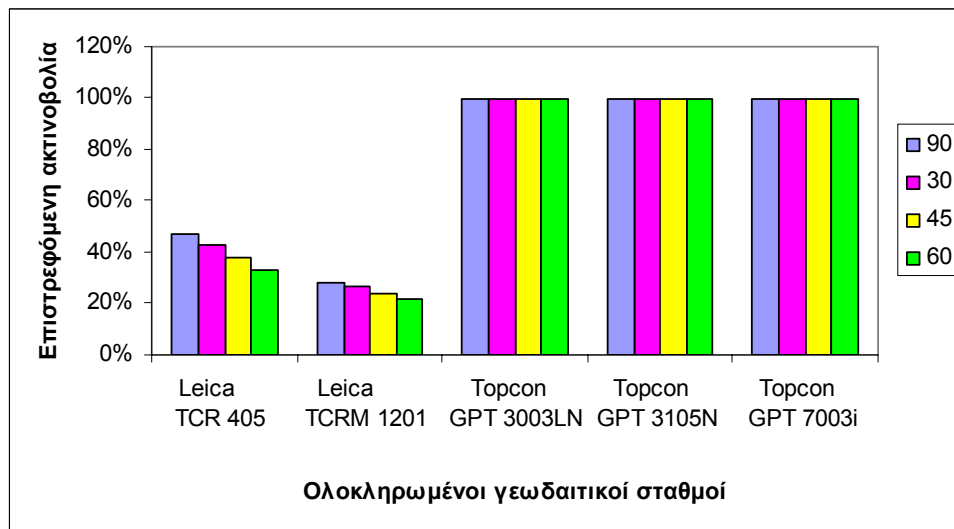
Διάγραμμα 3.141: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την ασφαλτο στα 50m



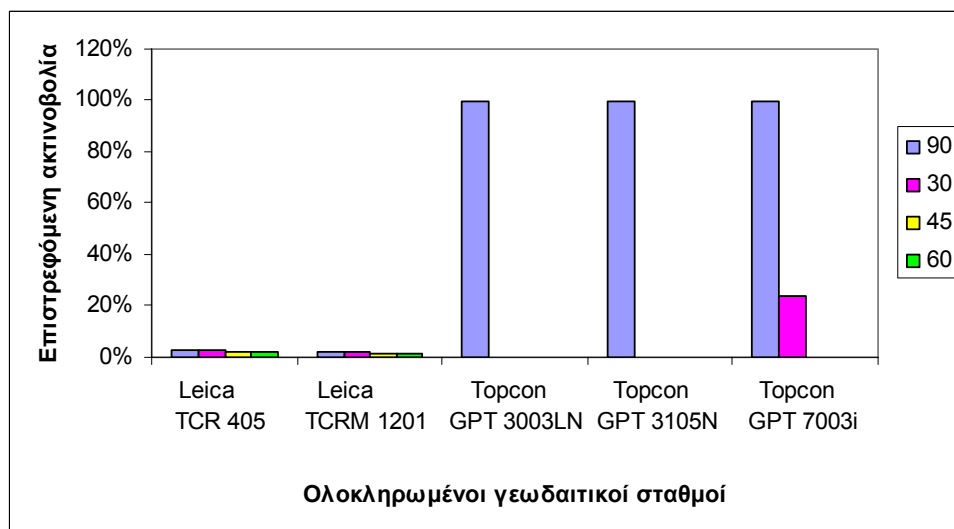
Διάγραμμα 3.142: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την ασφαλτο στα 200m

- Η ασφαλτος εμφανίζει υψηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για την απόσταση των 50m και για τις δύο κατηγορίες οργάνων.
- Στην απόσταση των 200m μόνο τα όργανα Topcon στη γωνία των 90° παρουσιάζουν τη μέγιστη ακτινοβολία.

20) Βράχος



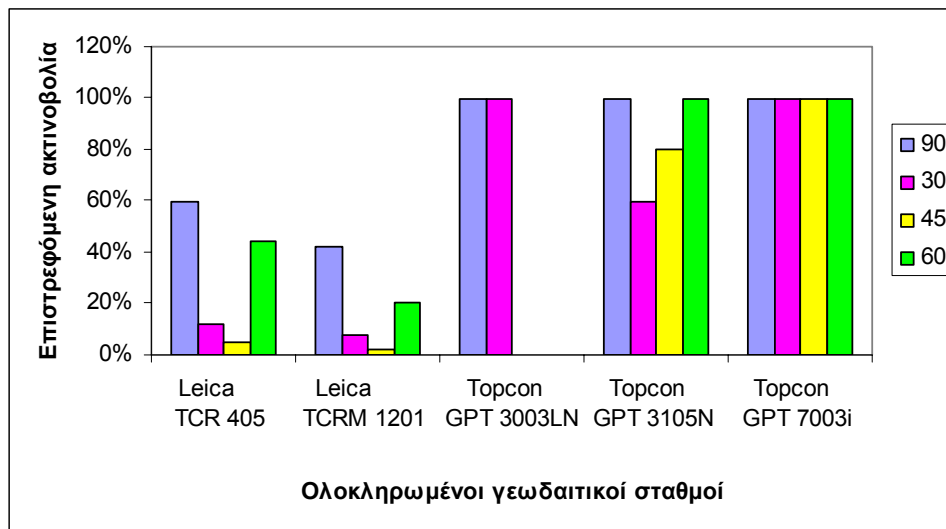
Διάγραμμα 3.143: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το βράχο στα 50m



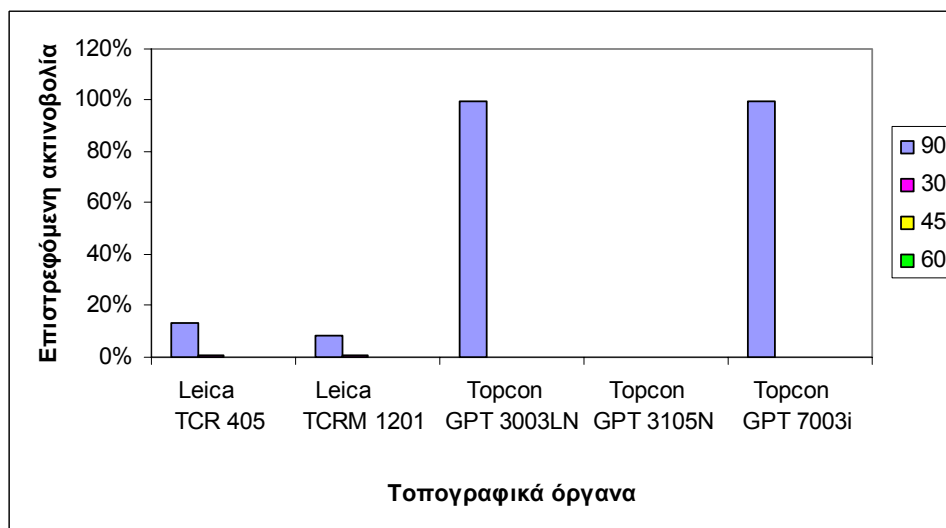
Διάγραμμα 3.144: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το βράχο στα 200m

- Ο βράχος παρουσιάζει μεσαίες τιμές ανακλαστικότητας για τα Leica όργανα και υψηλές τιμές για τα Topcon όργανα στην απόσταση των 50m.
- Τα Topcon όργανα ανταποκρίνονται καλύτερα στην επιστροφή της ακτινοβολίας στην απόσταση των 200m στη γωνία των 90°.

21) Γυαλί



Διάγραμμα 3.145: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γυαλί στα 50m

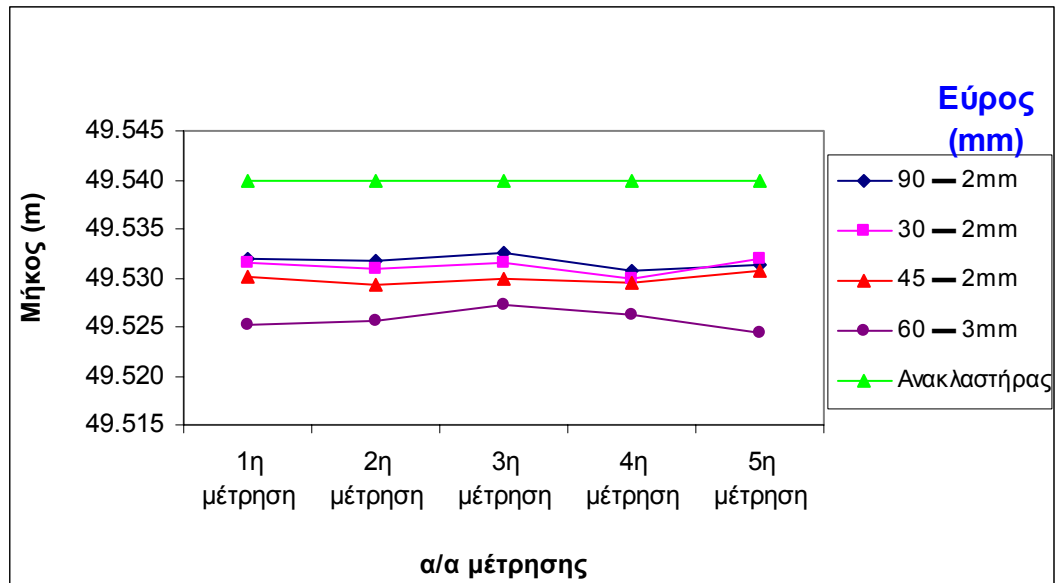


Διάγραμμα 3.146: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γυαλί στα 200m

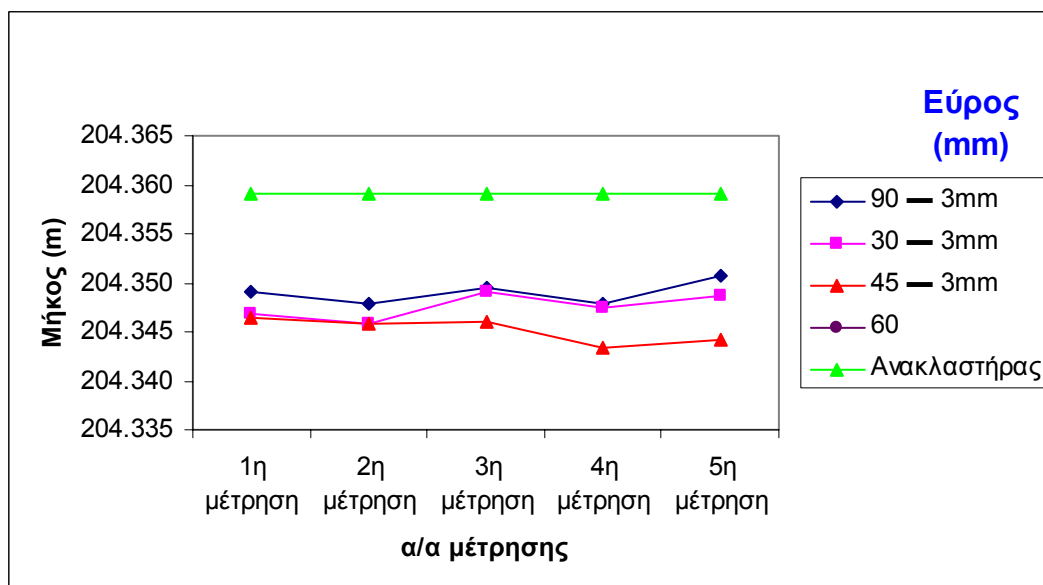
- Το γυαλί, όπως αναφέρθηκε έχει μια ιδιόμορφη συμπεριφορά. Επειδή διαπερνάται, η επιστροφή γίνεται ουσιαστικά από το υλικό το οποίο βρίσκεται πίσω από το γυαλί.
- Στην απόσταση των 200m υπάρχουν μετρήσεις επιστρεφόμενης ακτινοβολίας μόνο για τη γωνία των 90°.

3.3.7 Διερεύνηση της διασποράς των μετρήσεων με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

1) Kodak White Card

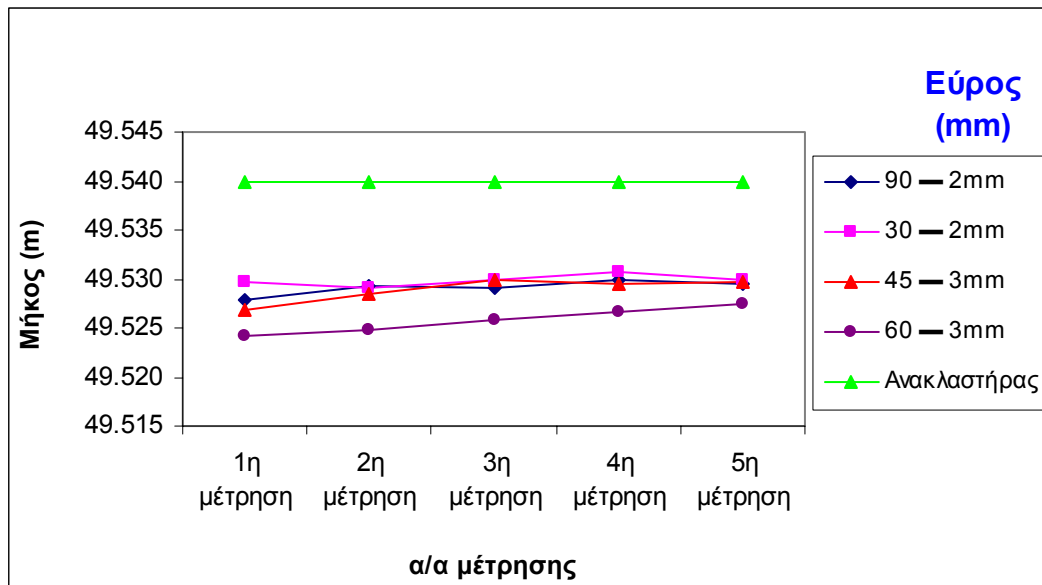


Διάγραμμα 3.147: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 50m

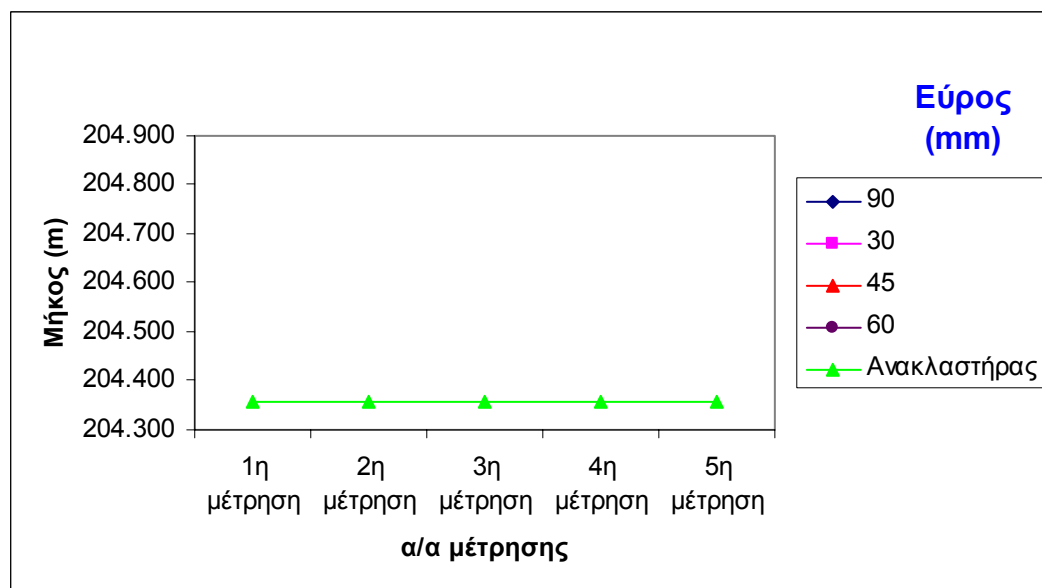


Διάγραμμα 3.148: Μετρήσεις μήκους στην Kodak White Card στα 200m

2) Kodak Gray Card

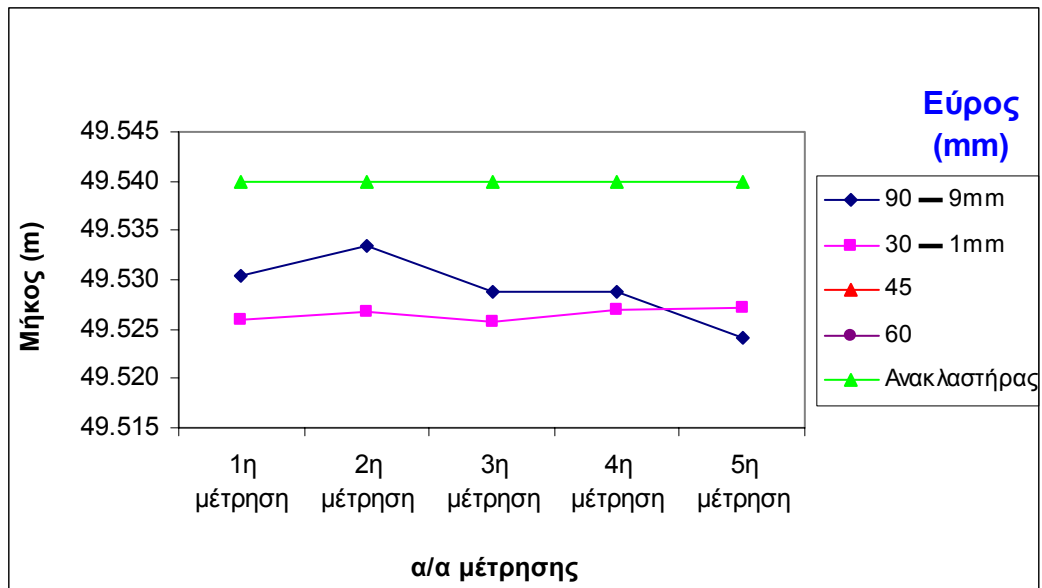


Διάγραμμα 3.149: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 50m

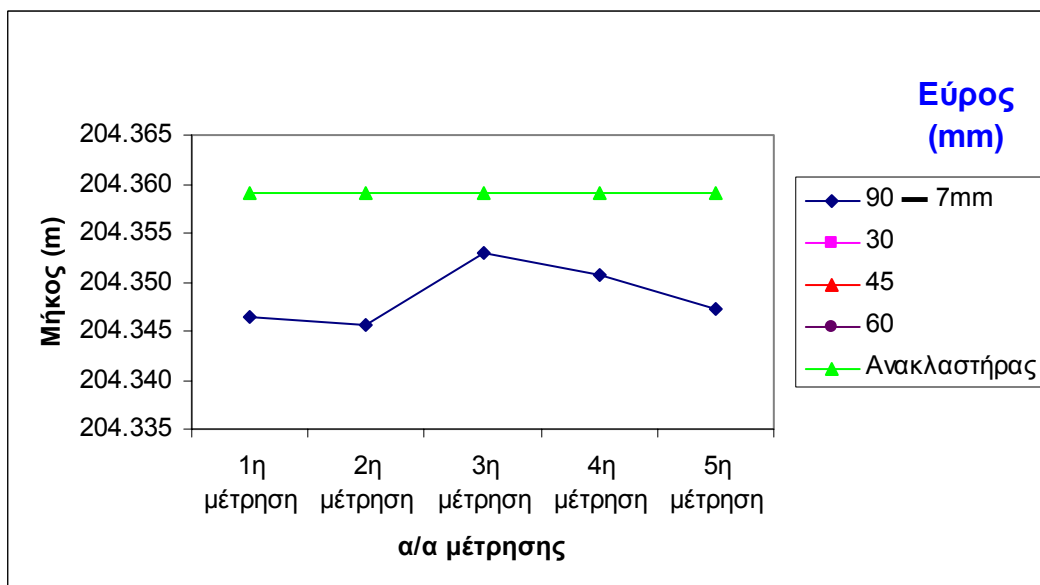


Διάγραμμα 3.150: Μετρήσεις μήκους στην Kodak Gray Card στα 200m

3) Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος

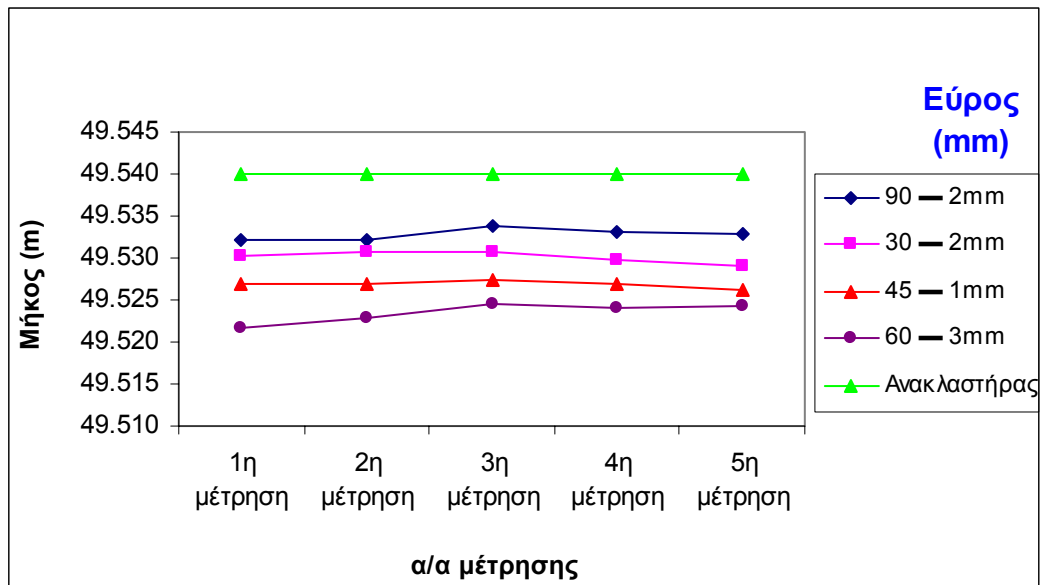


Διάγραμμα 3.151: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m

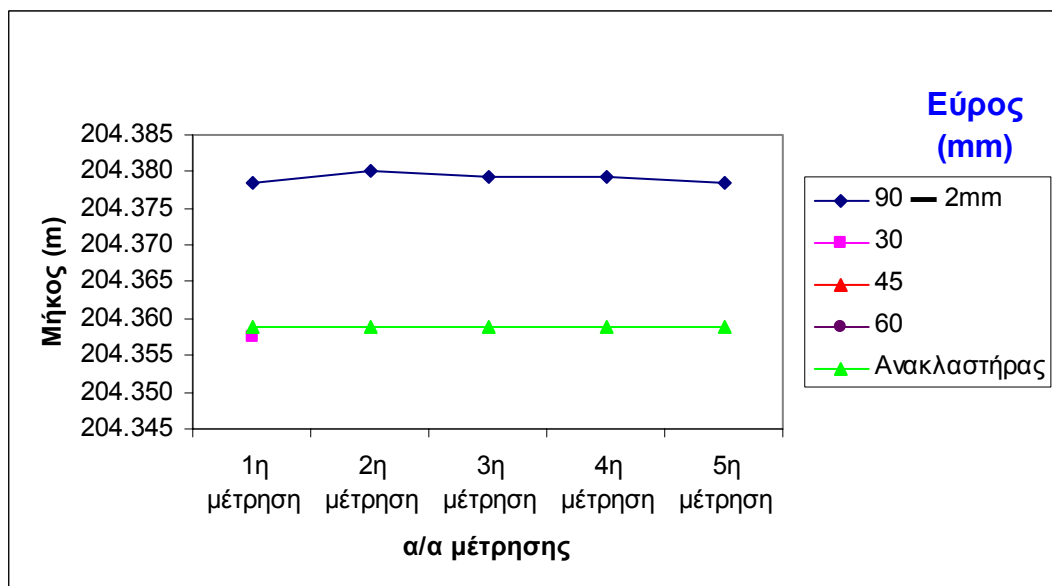


Διάγραμμα 3.152: Μετρήσεις μήκους στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 200m

4) Τσιμέντο λευκό

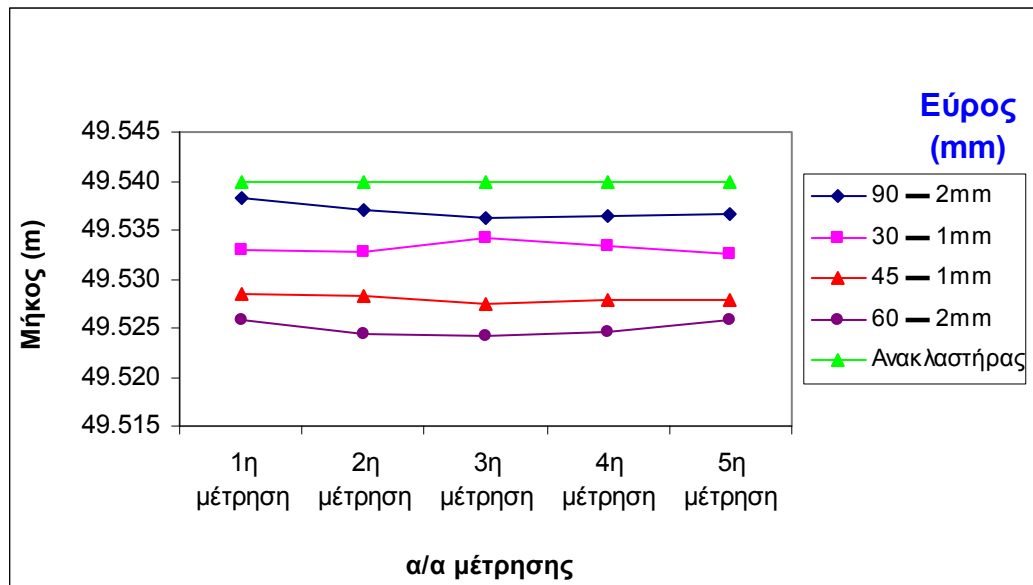


Διάγραμμα 3.153: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 50m

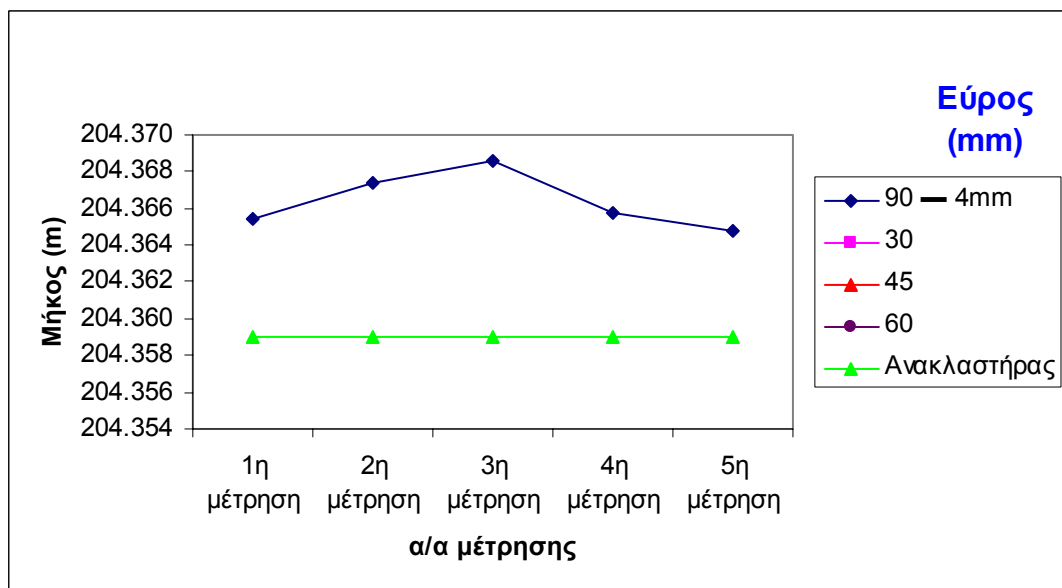


Διάγραμμα 3.154: Μετρήσεις μήκους στο λευκό τσιμέντο στα 200m

5) Τσιμέντο γκρι

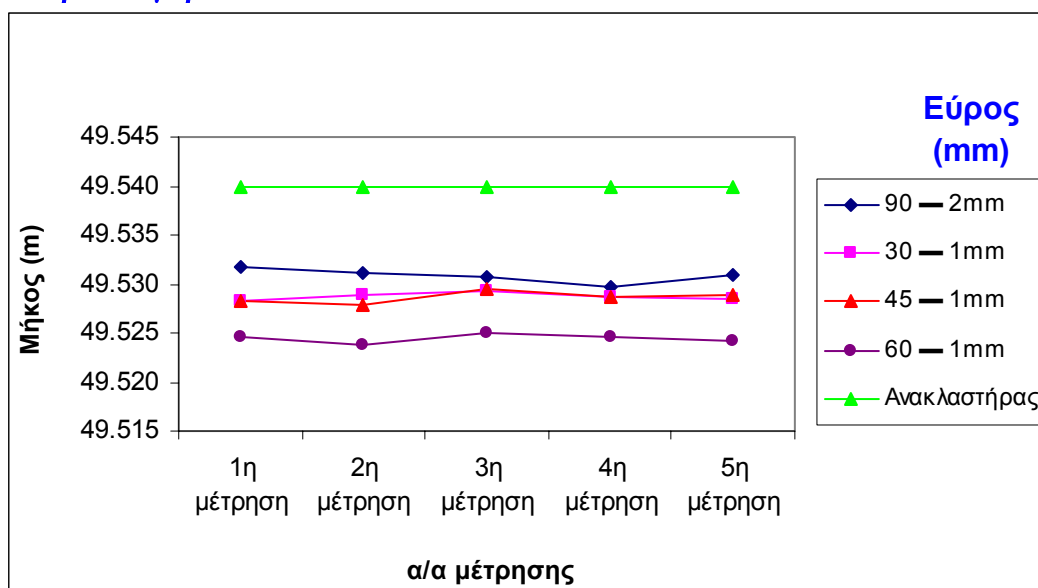


Διάγραμμα 3.155: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 50m

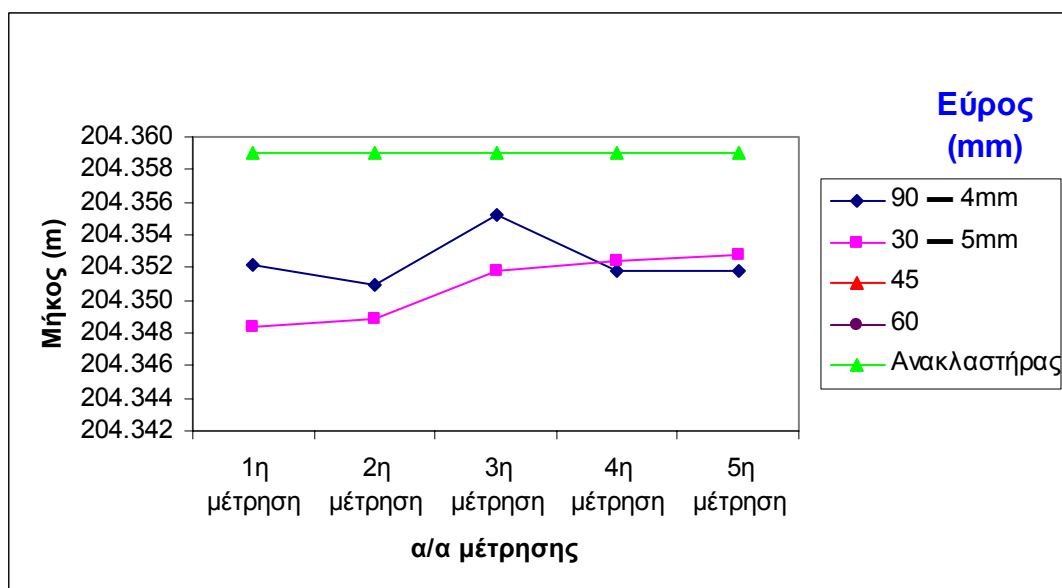


Διάγραμμα 3.156: Μετρήσεις μήκους στο γκρι τσιμέντο στα 200m

6) Χαρτόνι γκρι

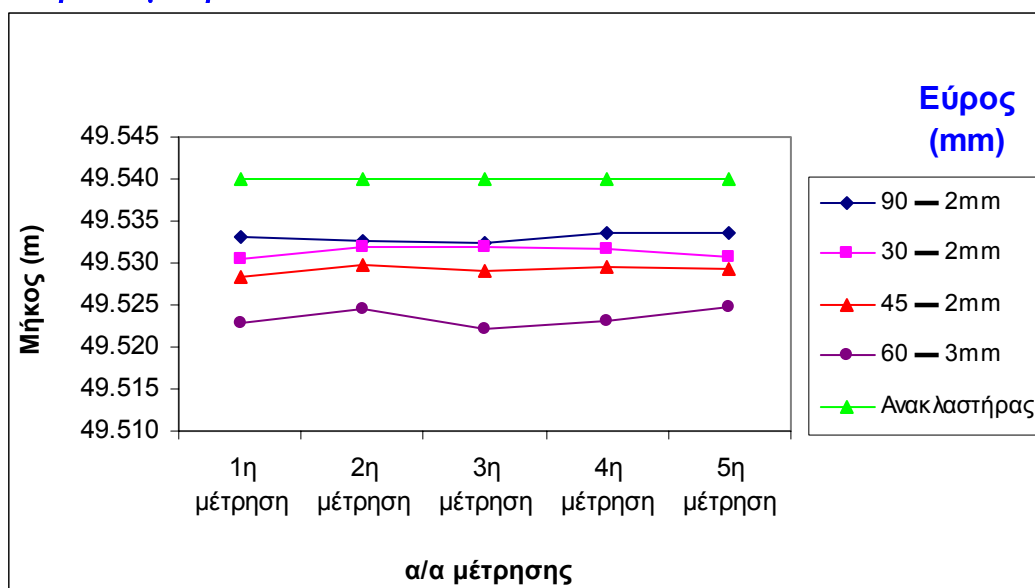


Διάγραμμα 3.157: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 50m

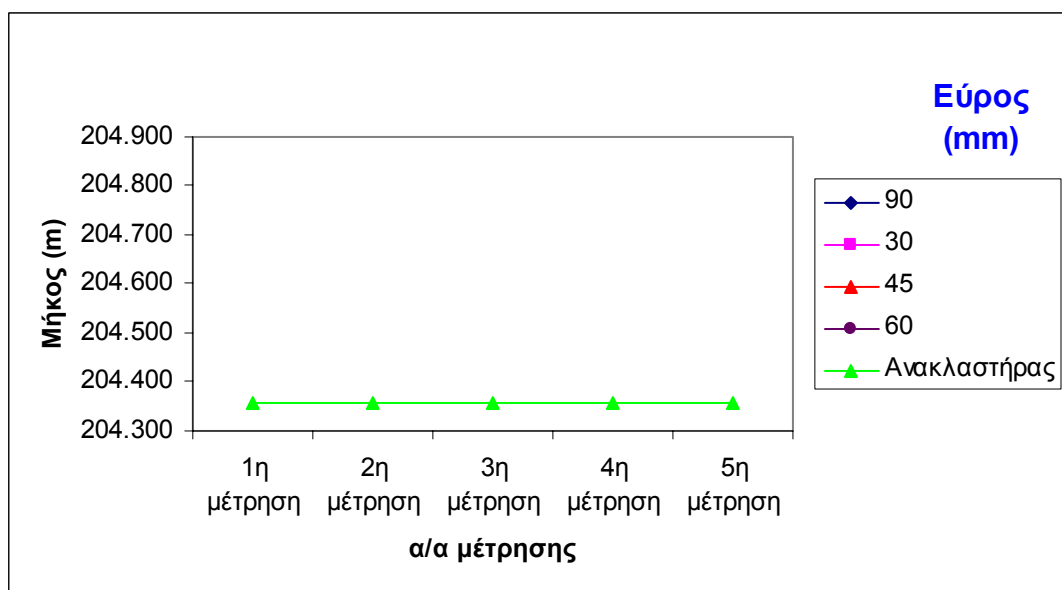


Διάγραμμα 3.158: Μετρήσεις μήκους στο γκρι χαρτόνι στα 200m

7) Χαρτόνι μαύρο

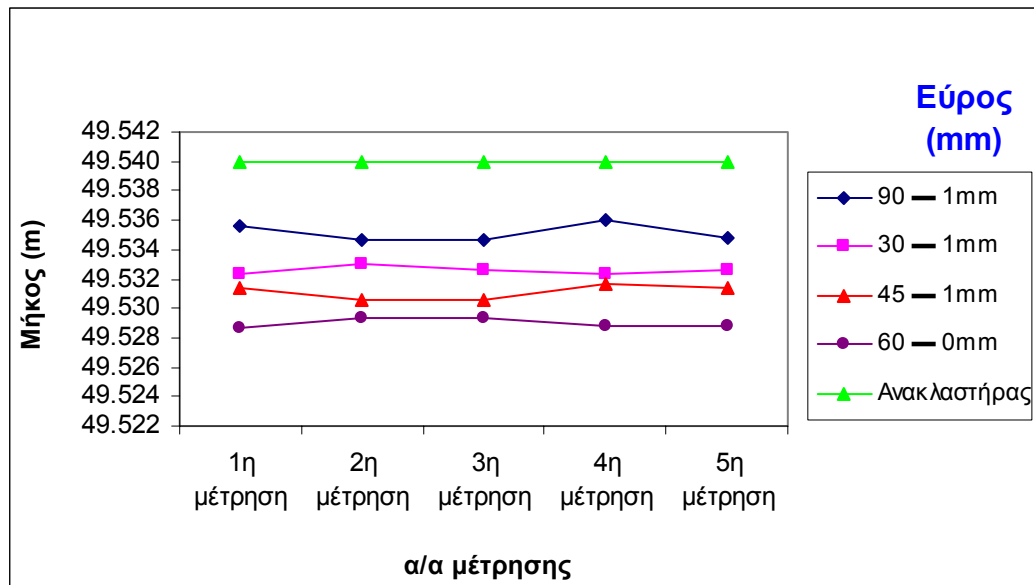


Διάγραμμα 3.159: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 50m

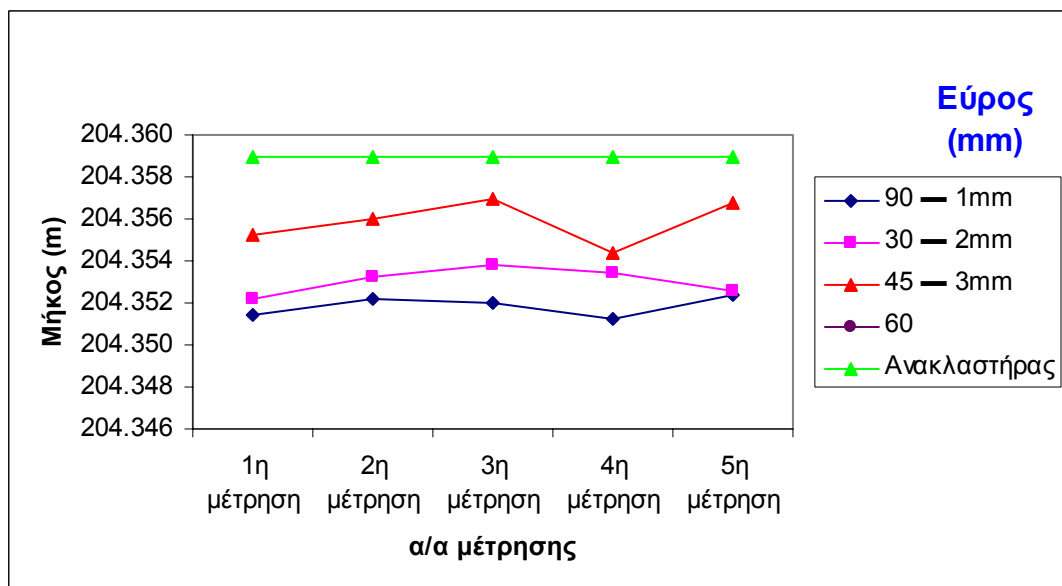


Διάγραμμα 3.160: Μετρήσεις μήκους στο μαύρο χαρτόνι στα 200m

8) Πλαστικό λευκό

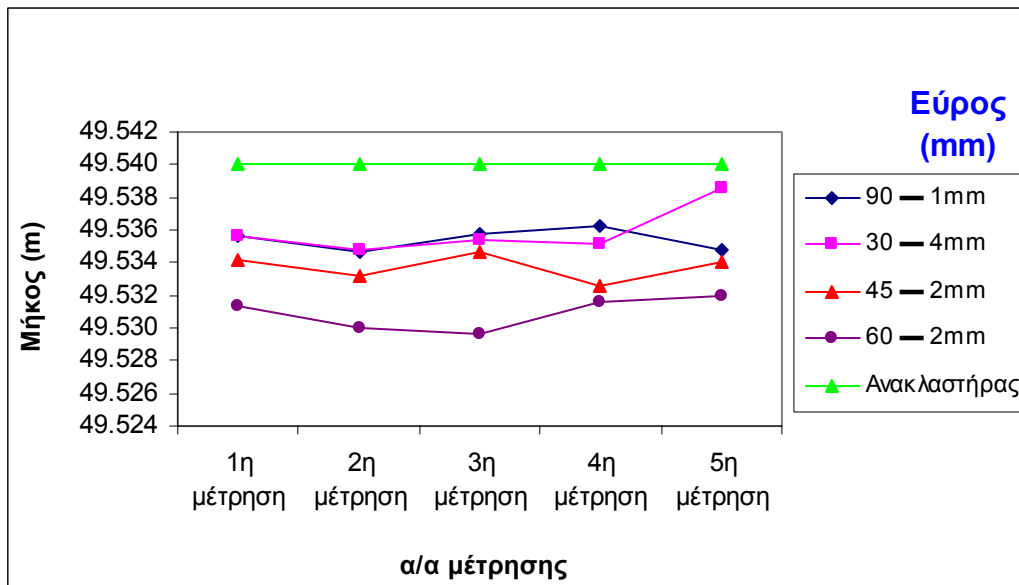


Διάγραμμα 3.161: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 50m

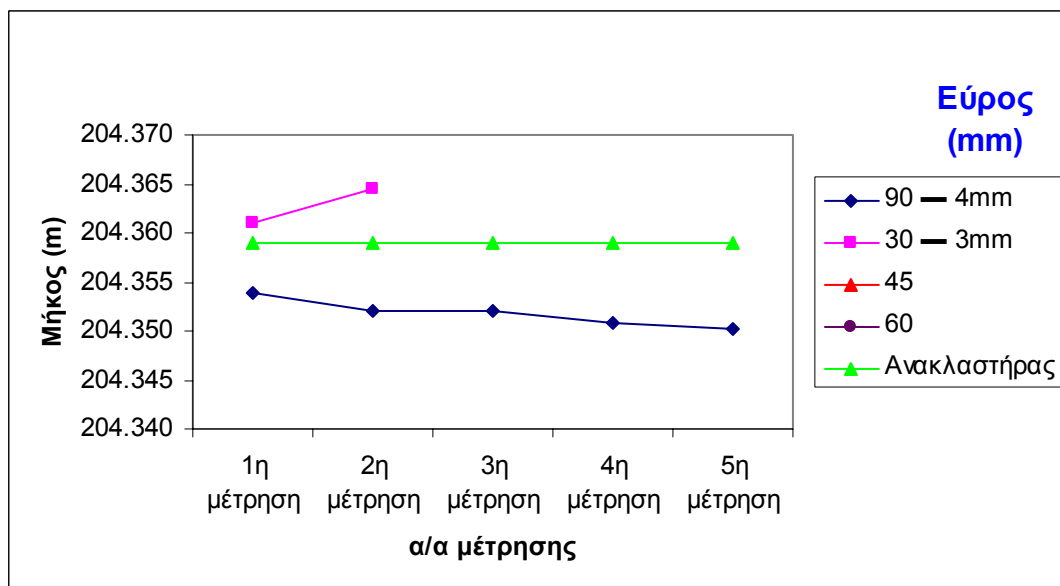


Διάγραμμα 3.162: Μετρήσεις μήκους στο λευκό πλαστικό στα 200m

9) Πλαστικό κόκκινο

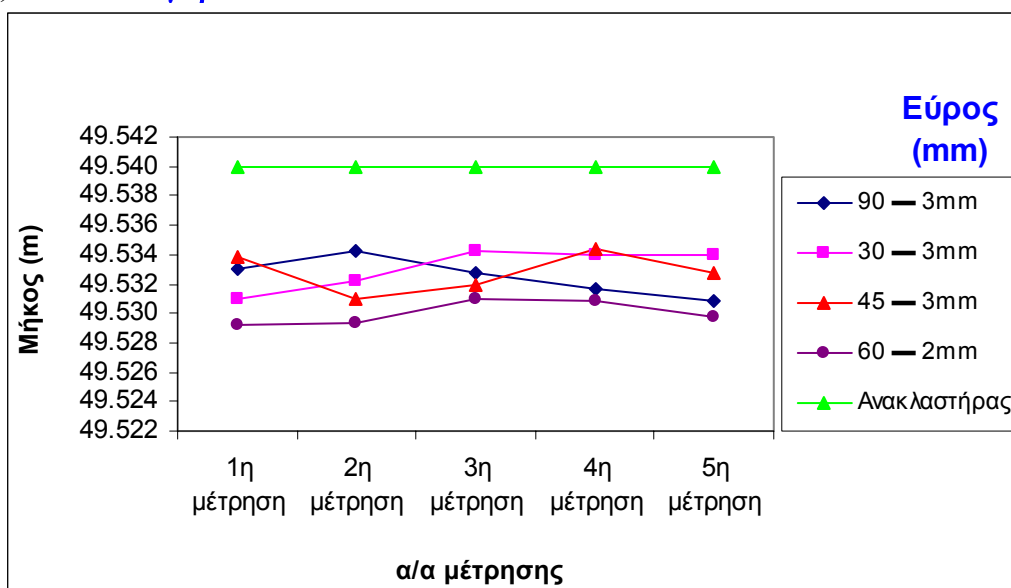


Διάγραμμα 3.163: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 50m

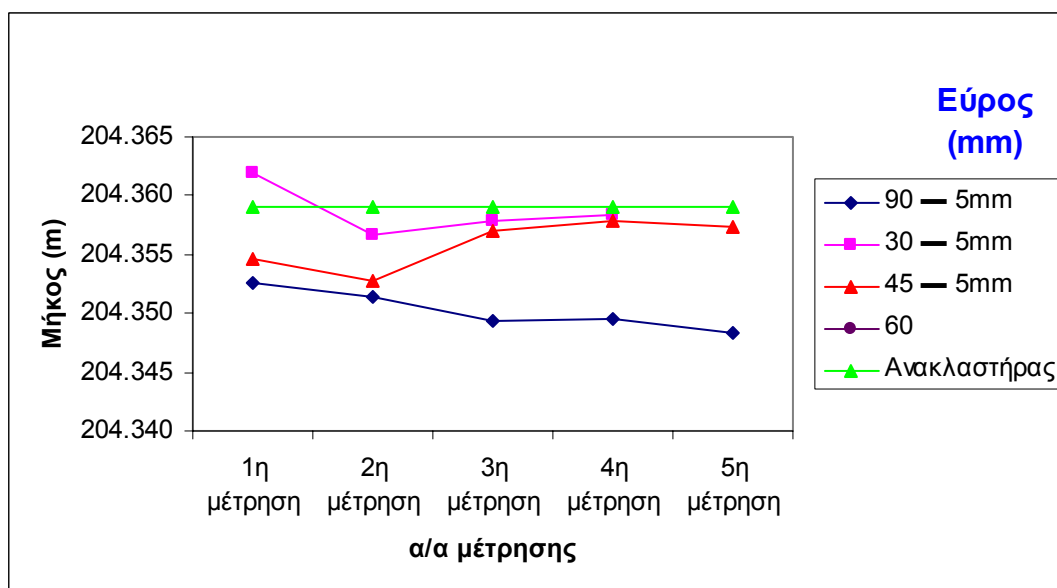


Διάγραμμα 3.164: Μετρήσεις μήκους στο κόκκινο πλαστικό στα 200m

10) Πλακάκι γκρι

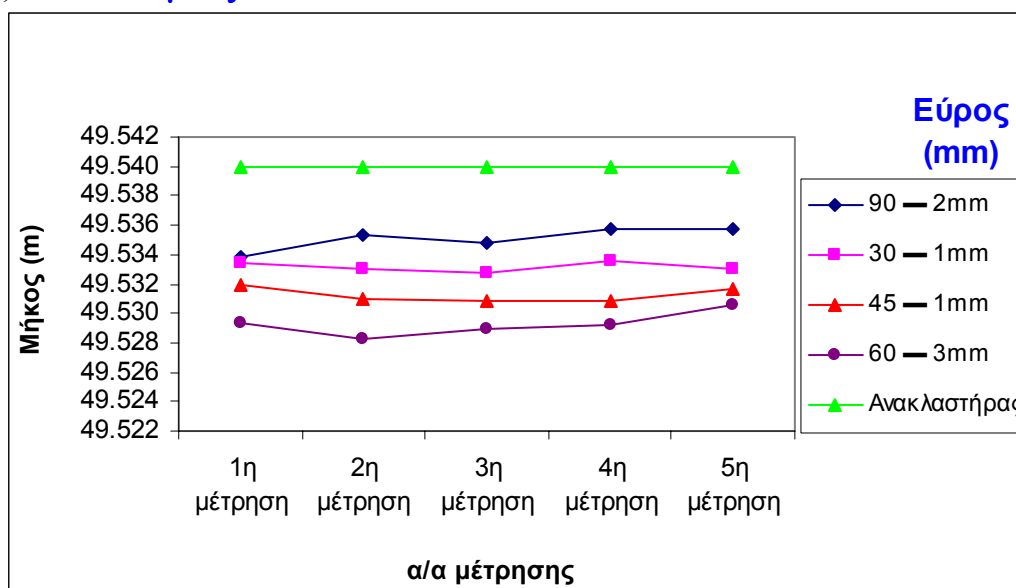


Διάγραμμα 3.165: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 50m

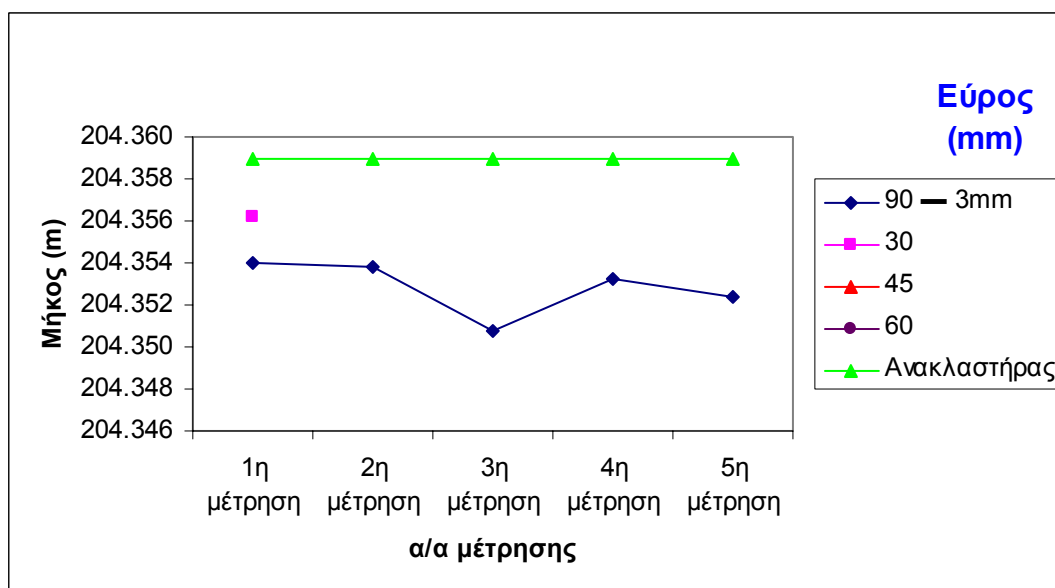


Διάγραμμα 3.166: Μετρήσεις μήκους στο γκρι πλακάκι στα 200m

11) Πλακάκι μπεζ

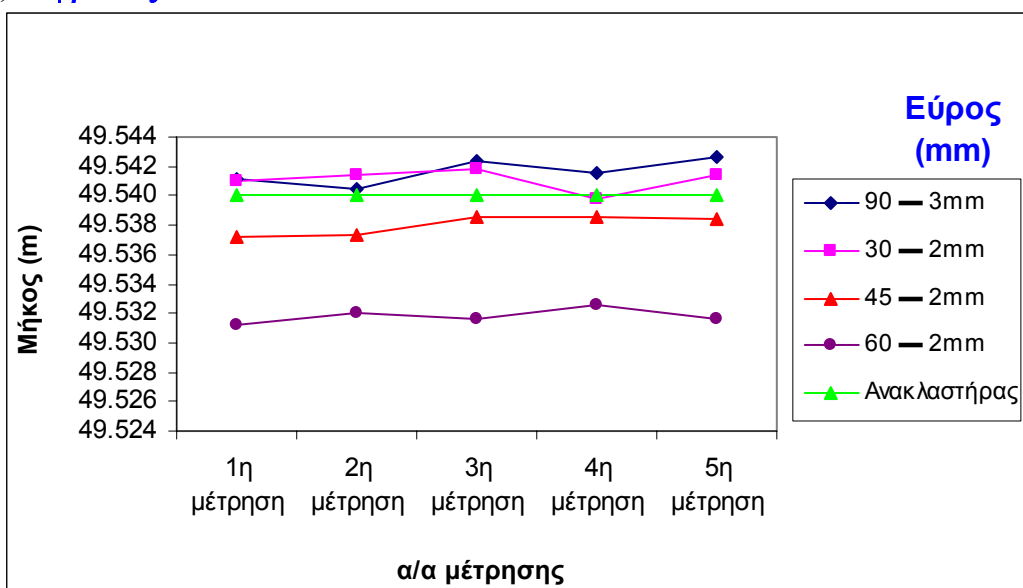


Διάγραμμα 3.167: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 50m

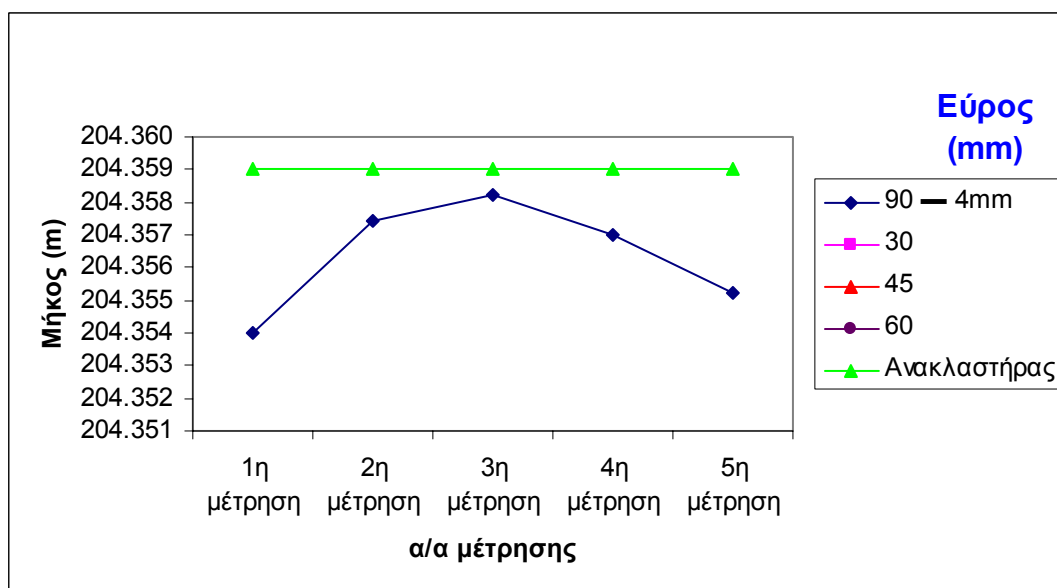


Διάγραμμα 3.168: Μετρήσεις μήκους στο μπεζ πλακάκι στα 200m

12) Αφρολέξ λευκό

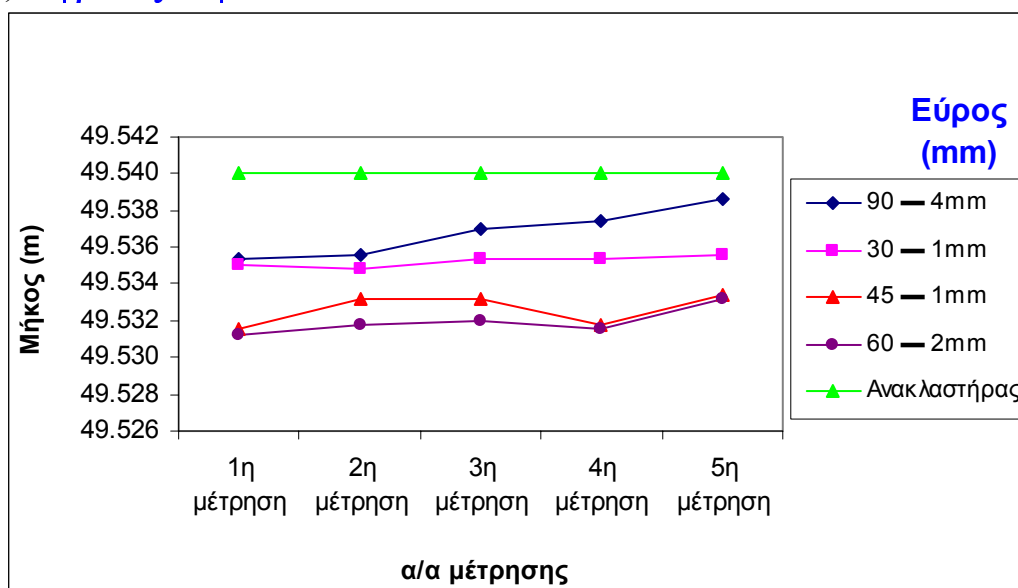


Διάγραμμα 3.169: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 50m

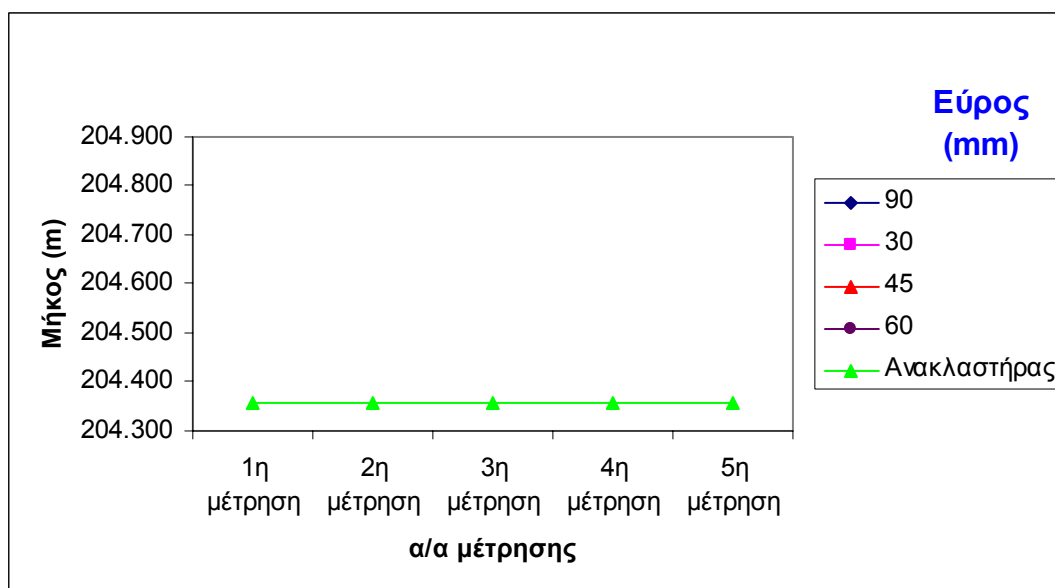


Διάγραμμα 3.170: Μετρήσεις μήκους στο λευκό αφρολέξ στα 200m

13) Αφρολέξ καφέ

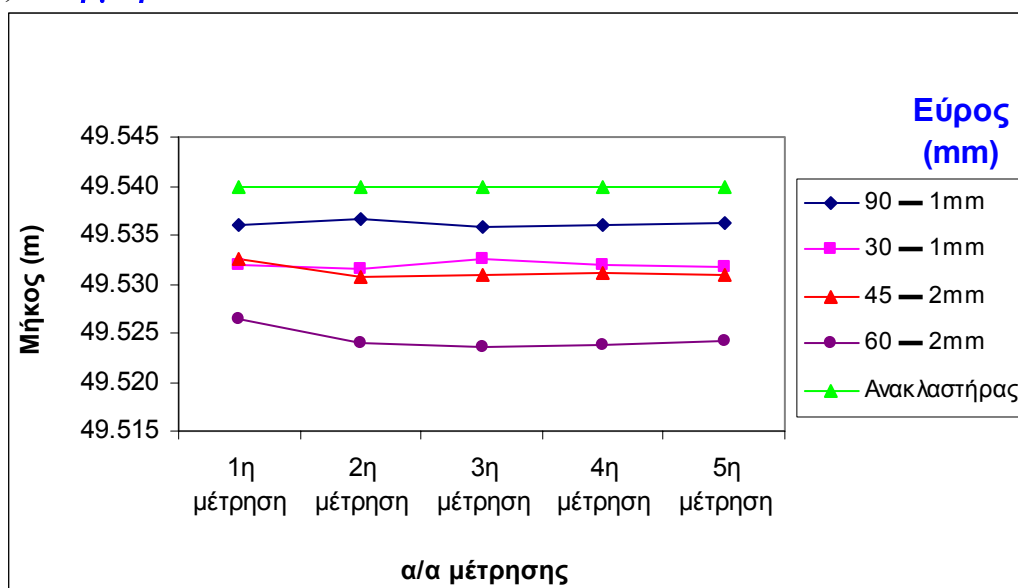


Διάγραμμα 3.171: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 50m

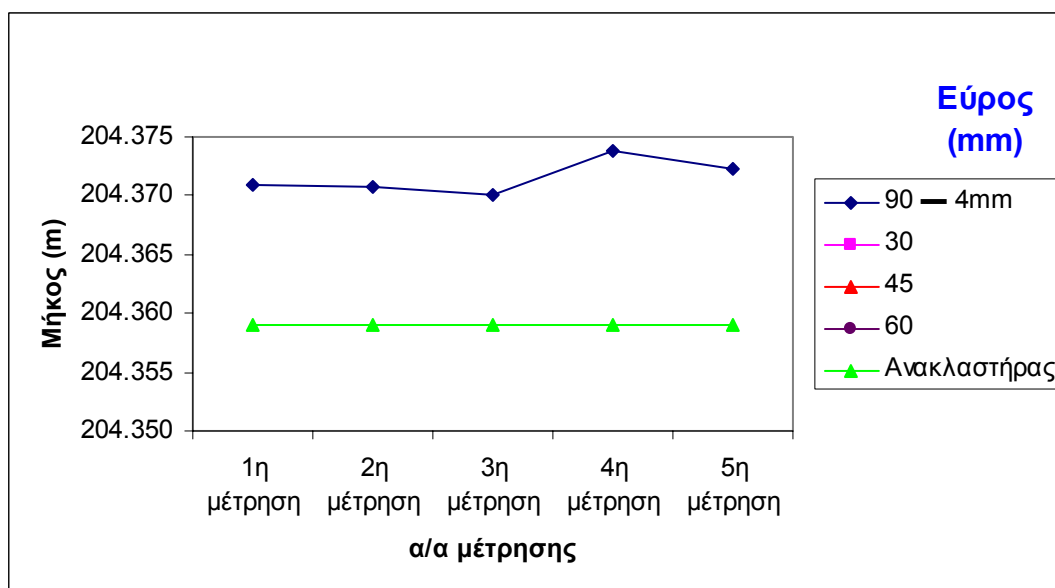


Διάγραμμα 3.172: Μετρήσεις μήκους στο καφέ αφρολέξ στα 200m

14) Μάρμαρο

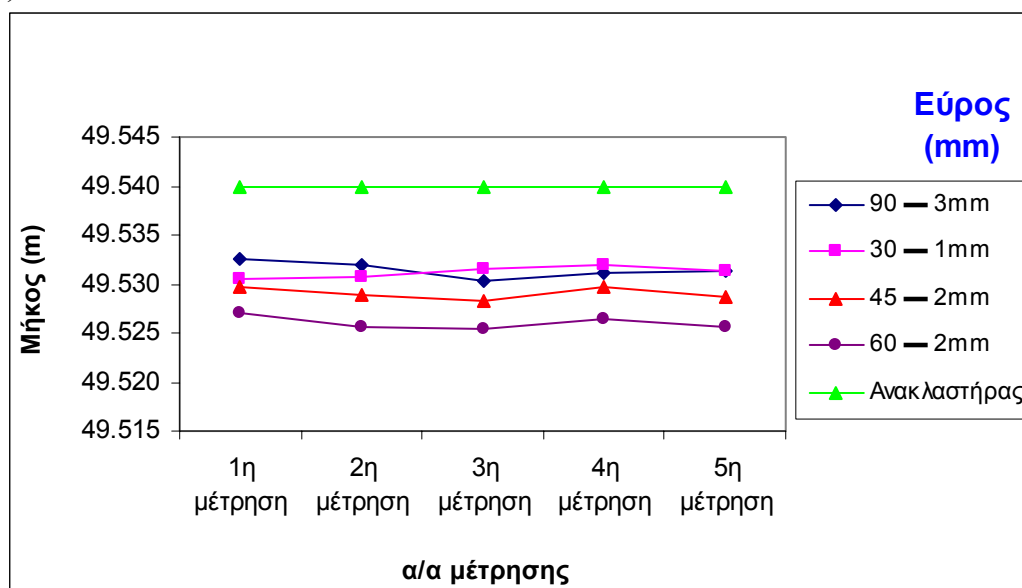


Διάγραμμα 3.173: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 50m

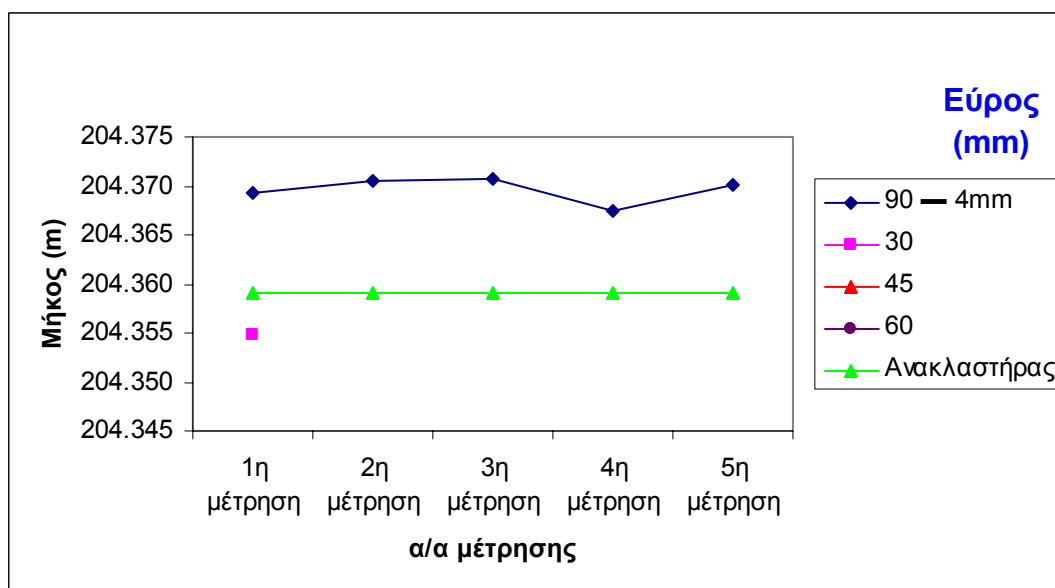


Διάγραμμα 3.174: Μετρήσεις μήκους στο μάρμαρο στα 200m

15) Ξύλο

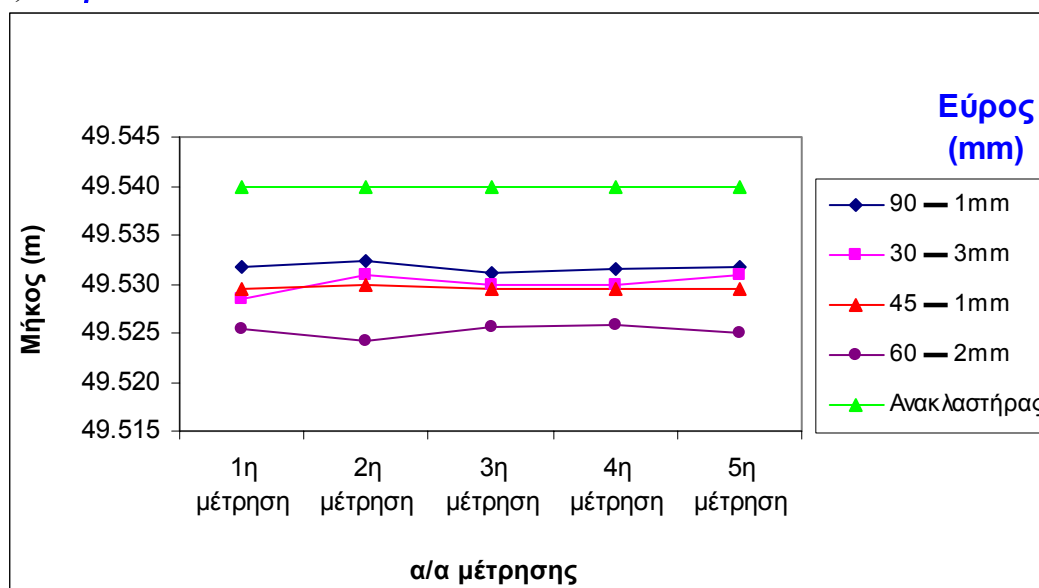


Διάγραμμα 3.175: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 50m

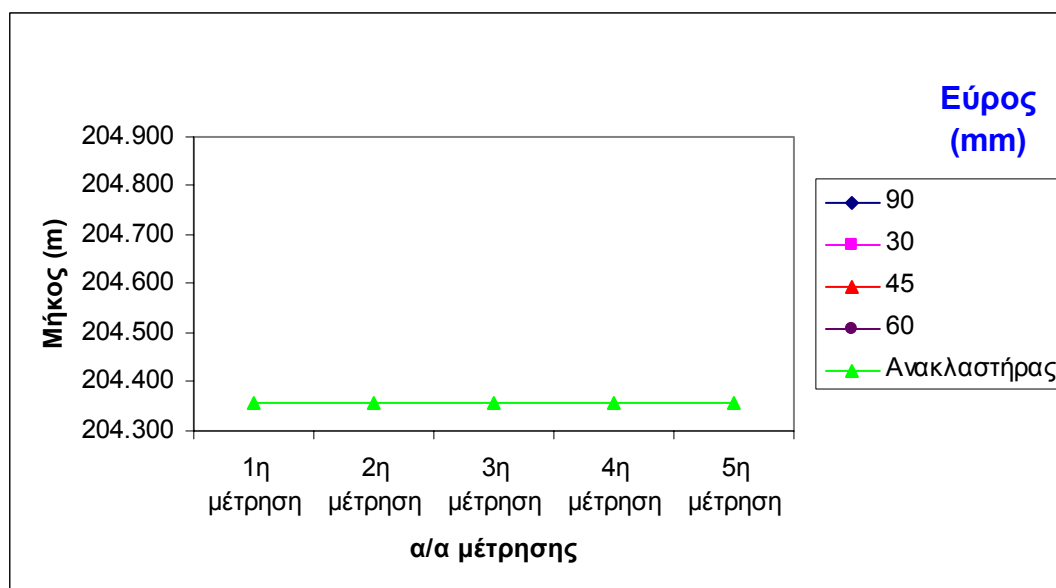


Διάγραμμα 3.176: Μετρήσεις μήκους στο ξύλο στα 200m

16) Νοβοπάν

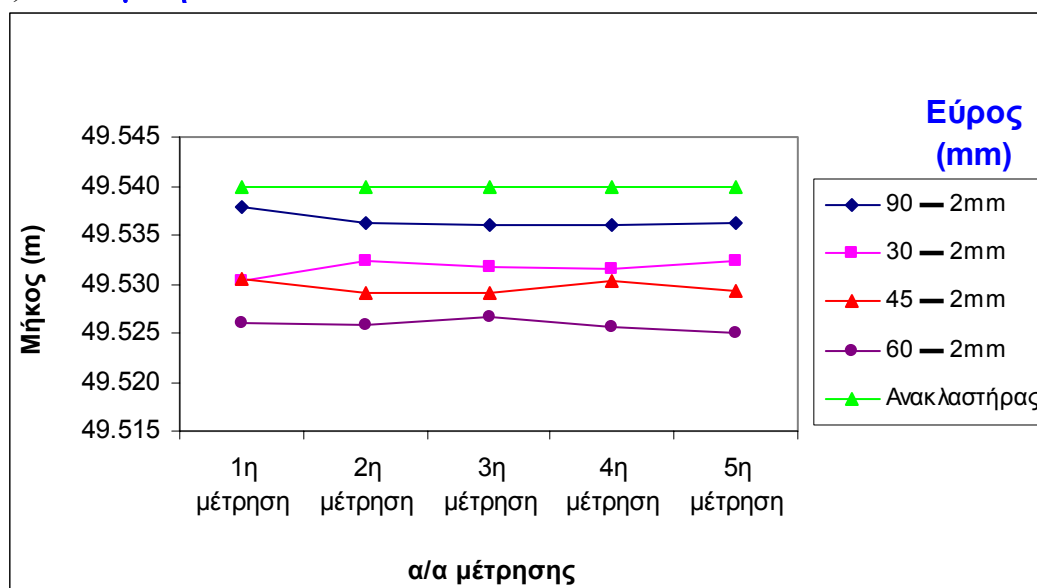


Διάγραμμα 3.177: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 50m

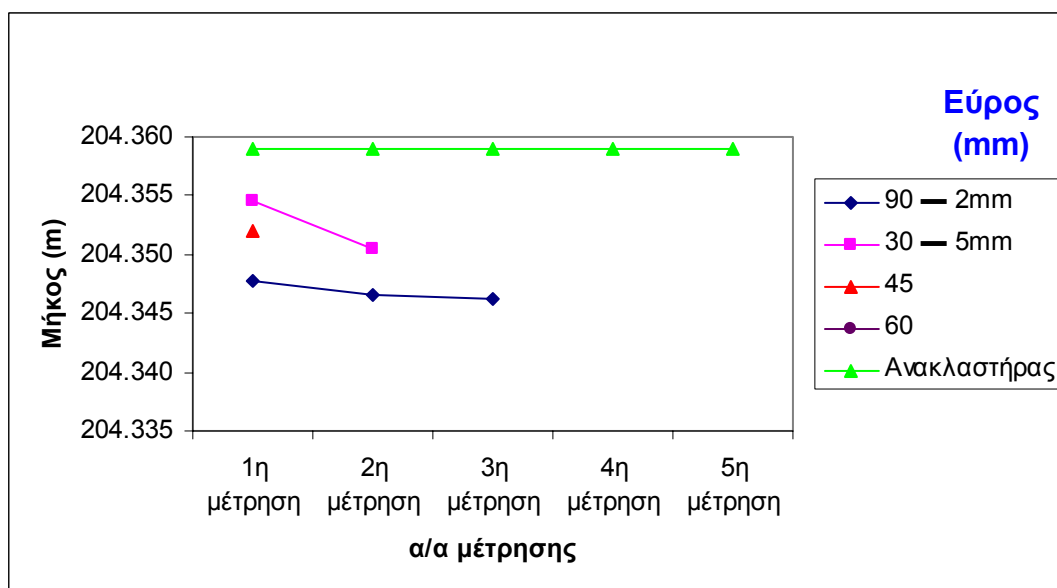


Διάγραμμα 3.178: Μετρήσεις μήκους στο νοβοπάν στα 200m

17) Μελαμίνη

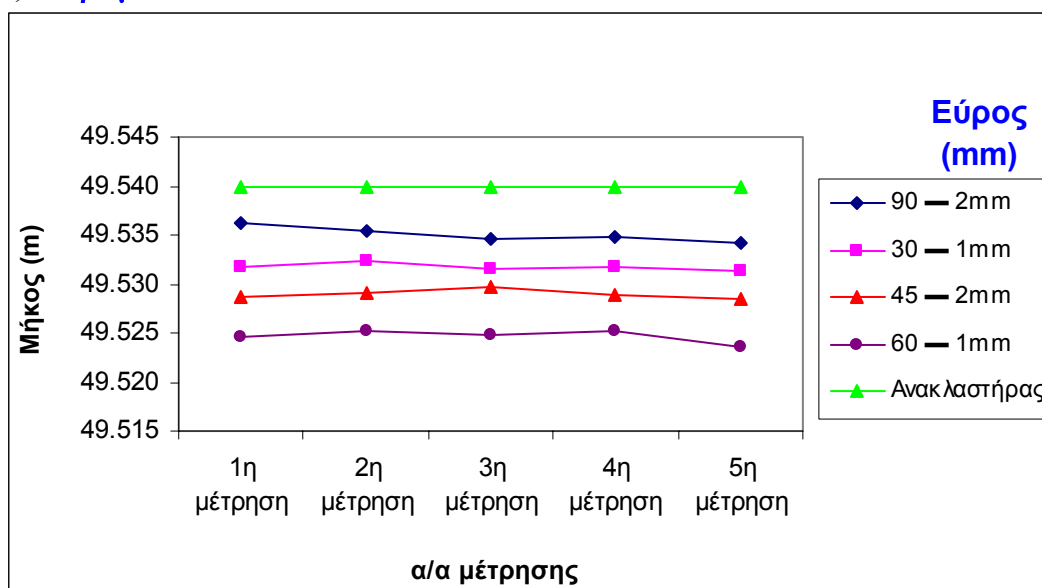


Διάγραμμα 3.179: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 50m

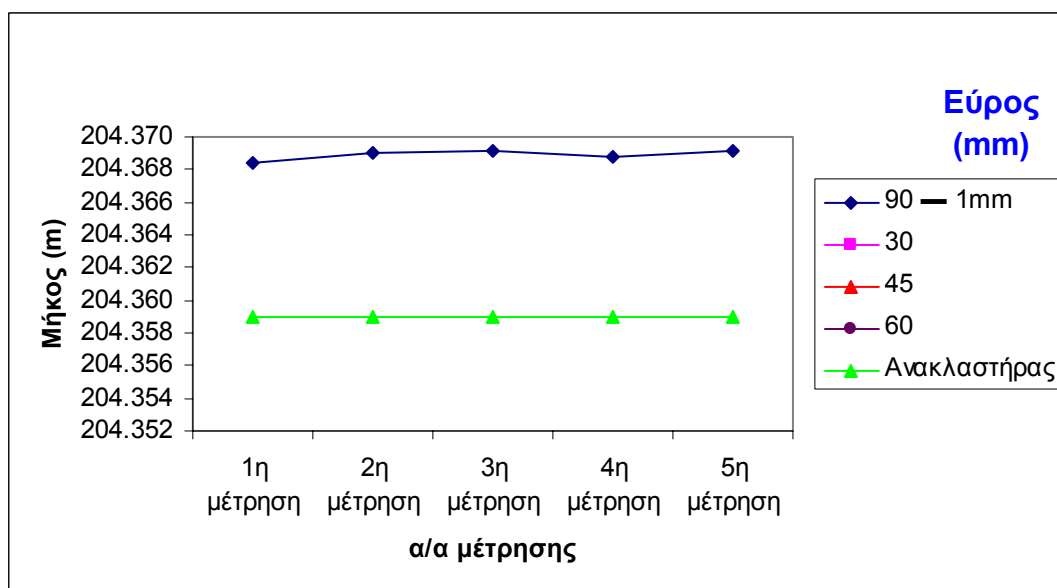


Διάγραμμα 3.180: Μετρήσεις μήκους στη μελαμίνη στα 200m

18) Κεραμίδι

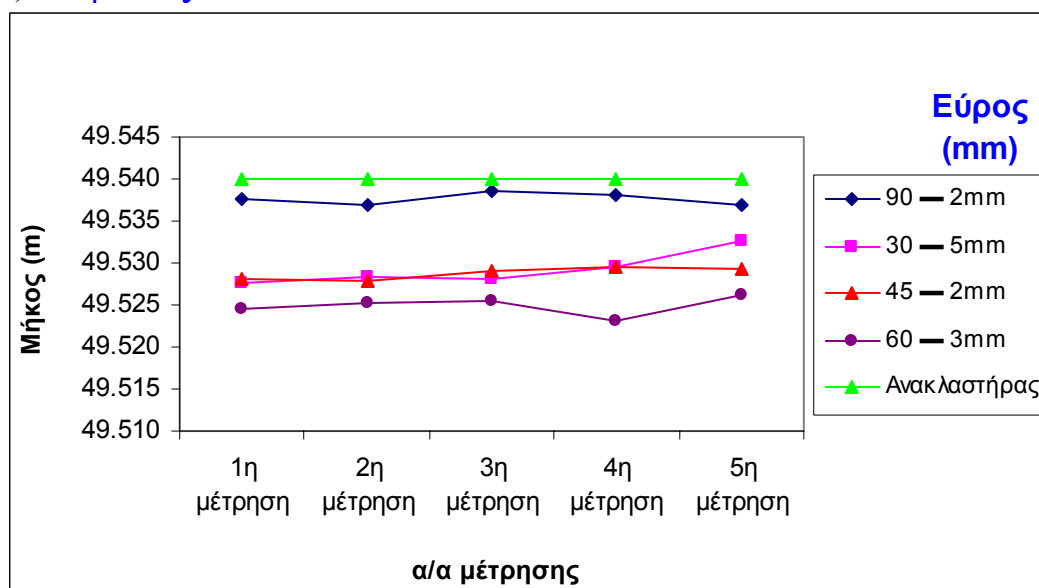


Διάγραμμα 3.181: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 50m

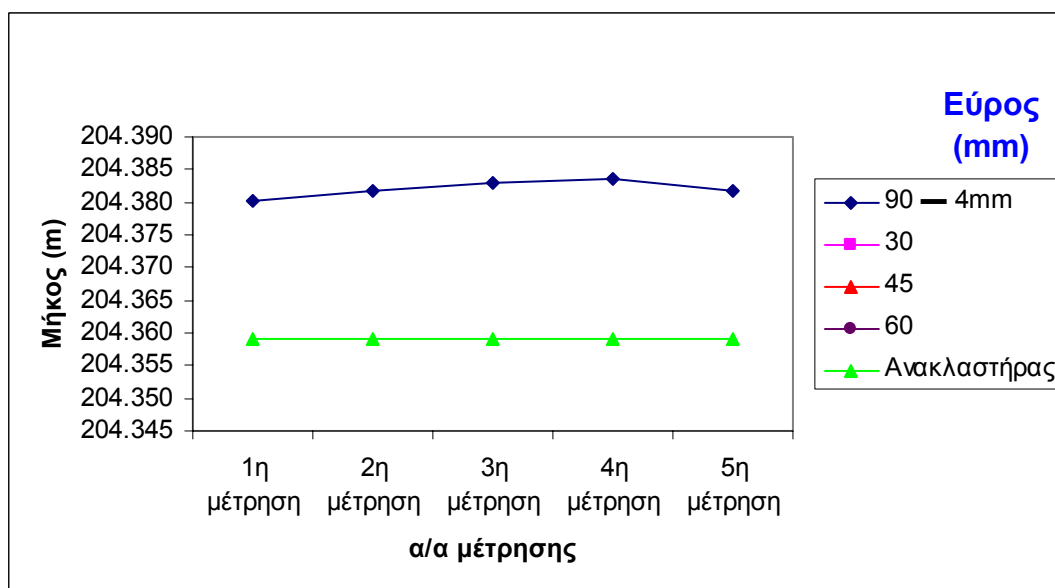


Διάγραμμα 3.182: Μετρήσεις μήκους στο κεραμίδι στα 200m

19) Ασφαλτος

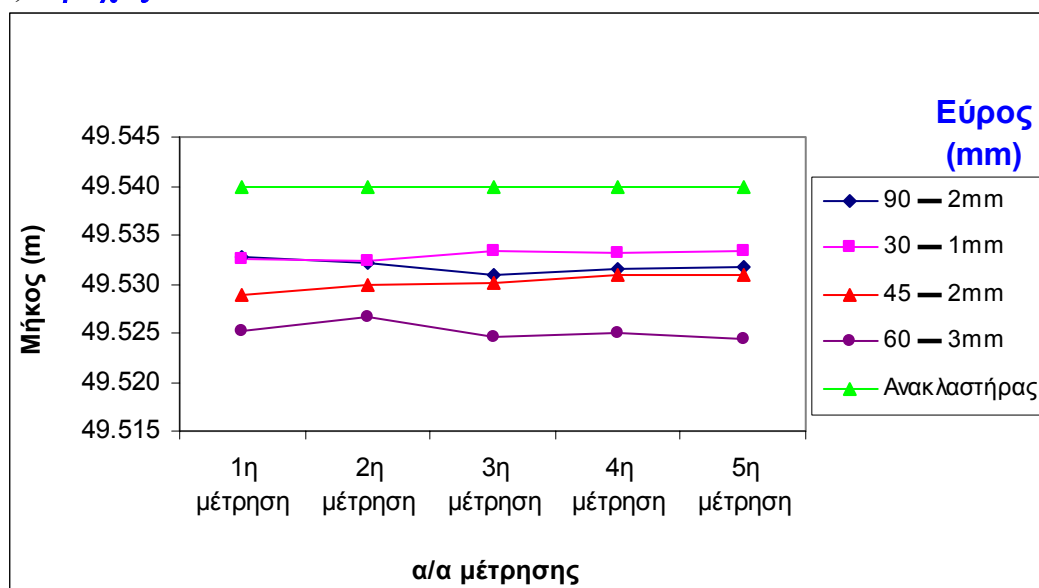


Διάγραμμα 3.183: Μετρήσεις μήκους στην ασφαλτο στα 50m

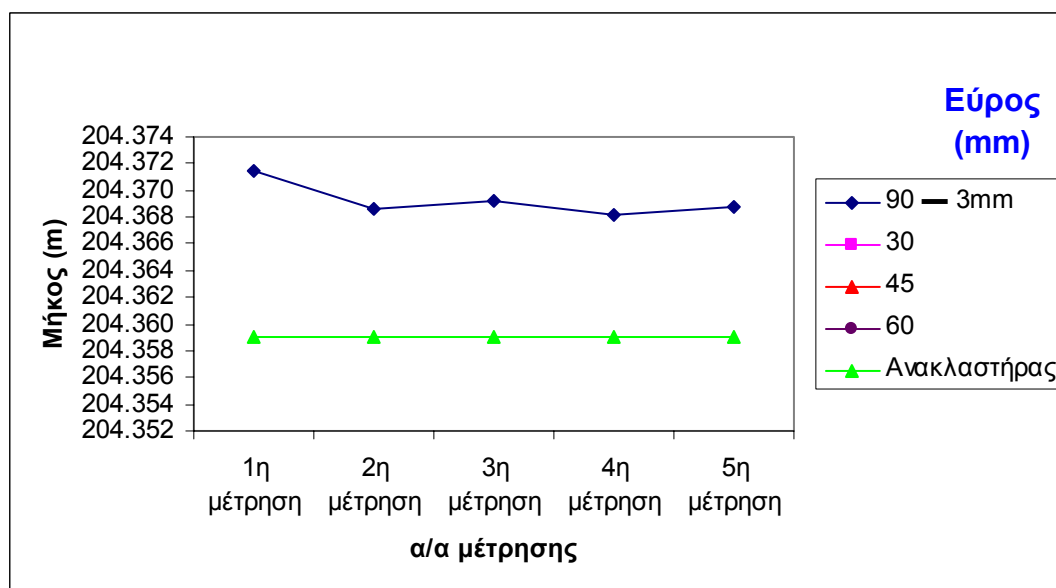


Διάγραμμα 3.184: Μετρήσεις μήκους στην ασφαλτο στα 200m

20) Βράχος

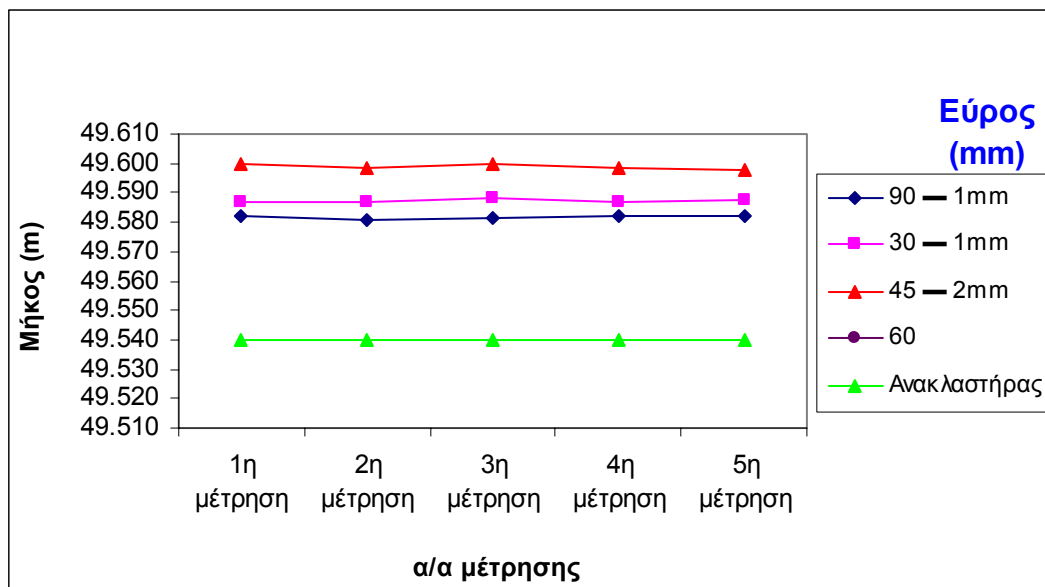


Διάγραμμα 3.185: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 50m

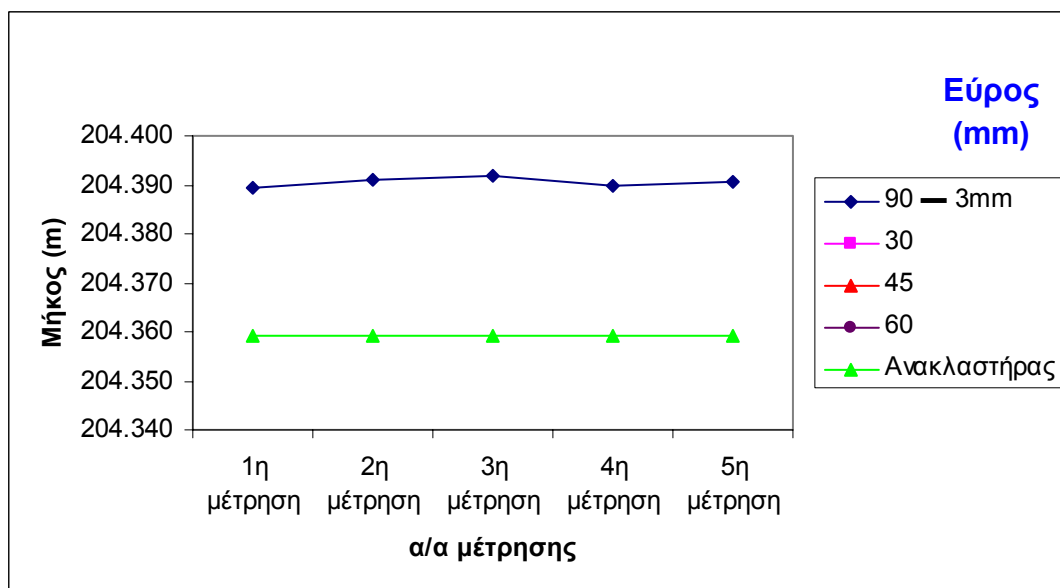


Διάγραμμα 3.186: Μετρήσεις μήκους στο βράχο στα 200m

21) Γυαλί



Διάγραμμα 3.187: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 50m



Διάγραμμα 3.188: Μετρήσεις μήκους στο γυαλί στα 200m

Όπως παρουσιάζεται στα διαγράμματα 3.147 έως 3.188, οι μετρήσεις με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i παρουσιάζουν διασπορά των μετρήσεων από 1mm έως 9mm στα 50m, ενώ από 1mm έως 7mm στα 200m για το ίδιο υλικό στην ίδια γωνία πρόσπτωσης και στις δύο αποστάσεις (50m και 200m), όπου έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, στην απόσταση των 50m το 29% των αποτελεσμάτων και στα 200m 0% των αποτελεσμάτων έχει διασπορά έως και 2mm ($\leq 2\text{mm}$). Για αυτό το λόγο οι γραμμές στα διαγράμματα τείνουν να γίνουν ευθείες παράλληλες στον οριζόντιο άξονα.

Η λήψη 5 μετρήσεων για το κάθε μήκος, για το κάθε υλικό και για την κάθε γωνία πρόσπτωσης δεν κατέστη δυνατή σε πολλά υλικά και σε αρκετές γωνίες πρόσπτωσης, ιδιαίτερα στα 200m.

Στην απόσταση των 50m δε μέτρησε:

- σε γωνία πρόσπτωσης των 45°
 - τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο
- σε γωνία πρόσπτωσης των 60°
 - τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο
 - το γυαλί.

Στην απόσταση των 200m:

- στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας στην επιφάνεια του υλικού δε μέτρησε στα εξής υλικά:
 - Kodak Gray Card
 - Μαύρο χαρτόνι
 - Καφέ αφρολέξ
 - Νοβοπάν
 - Μελαμίνη (πραγματοποιήθηκαν 3 από τις 5 μετρήσεις, που ήταν ο προκαθορισμένος αριθμός)
- στη γωνία πρόσπτωσης των 30° μέτρησε:
 - Kodak White Card
 - Γκρι χαρτόνι
 - Λευκό πλαστικό
 - Λευκό τσιμέντο (πραγματοποιήθηκε μόνο 1 μέτρηση)
 - Πλαστικό κόκκινο (πραγματοποιήθηκαν μόνο 2 μετρήσεις)
 - Γκρι πλακάκι (πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις)
 - Μπεζ πλακάκι (πραγματοποιήθηκε μόνο μία μέτρηση)
 - Ξύλο (πραγματοποιήθηκε μόνο 1 μέτρηση)
 - Μελαμίνη (πραγματοποιήθηκαν μόνο 2 μετρήσεις)
- στη γωνία πρόσπτωσης των 45° μέτρησε:
 - Kodak White Card
 - Λευκό πλαστικό
 - Γκρι πλακάκι

- Μελαμίνη (πραγματοποιήθηκε μόνο 1 μέτρηση)
- στη γωνία πρόσπτωσης των 60° δεν πραγματοποιήθηκε καμία μέτρηση

Παρατηρήθηκε ότι στα 50m για τα περισσότερα υλικά μετρήθηκαν μήκη μικρότερα από αυτά στον ανακλαστήρα. Εξαίρεση αποτελεί μόνο:

- το γυαλί
- στο οποίο οι μετρήσεις ήταν μεγαλύτερες από τον ανακλαστήρα.

Στην απόσταση των 200m, μετρήθηκαν μήκη μικρότερα από αυτά στον ανακλαστήρα για τα περισσότερα υλικά. Εξαίρεση αποτελούν τα εξής υλικά:

- | | |
|------------------|-----------------|
| • Λευκό τσιμέντο | • Γκρι τσιμέντο |
| • Μάρμαρο | • Ξύλο |
| • Κεραμίδι | • Άσφαλτος |
| • Βράχος | • Γυαλί |

όπου μετρήθηκαν μήκη μεγαλύτερα από το αντίστοιχο στον ανακλαστήρα, ενώ για τα παρακάτω υλικά δεν πραγματοποιήθηκε καμία μέτρηση:

- | | |
|-------------------|-----------------|
| • Kodak Gray Card | • Μαύρο χαρτόνι |
| • Καφέ αφρολέξ | • Νοβοπάν |

Στα 50m, για τα περισσότερα υλικά όσο αυξάνει η γωνία στροφής τόσο μειώνεται το μετρούμενο μήκος. Εξαίρεση αποτελεί μόνο:

- το γυαλί

3.4 Προβλήματα - Επισημάνσεις

- Η ποικιλία των περιβαλλοντικών συνθηκών κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων, όπως υψηλές θερμοκρασίες, δυνατός αέρας αλλά και βροχή επηρέασαν κάποιες μετρήσεις και οδήγησαν σε επανάληψη αυτών προς αποφυγή εξαγωγής εσφαλμένων συμπερασμάτων. Ένα σοβαρό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε στο ύπαιθρο είναι η αποκόλληση των στόχων από το έδαφος λόγω των δύσκολων καιρικών συνθηκών, όπως βροχή. Για αυτό ακριβώς το λόγο, οι αποστάσεις στο ύπαιθρο δεν είναι ακριβώς ίδιες για όλα τα όργανα.
- Στην περίπτωση των οργάνων της εταιρείας Torcon τα ποσοστά της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας δε διαφοροποιούνται ανάλογα με τη γωνία και η τιμή τους είναι 100% και για τις δύο αποστάσεις στον εσωτερικό χώρο. Αυτό πιθανόν οφείλεται στο γεγονός ότι τα όργανα Torcon δε δείχνουν ακριβή ένδειξη για την τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας, όπως τα Leica, αλλά δείχνουν 5 παύλες, οι οποίες αντιστοιχούν στο 100% της ακτινοβολίας. Αν δηλαδή κάποιο υλικό έχει για παράδειγμα ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας 90% θα δείξει η οθόνη 5 παύλες, οπότε ο παρατηρητής θα συμπεράνει ότι το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι 100%. Αυτό ισχύει για τα Torcon GPT 3003LN και Torcon GPT 3105N. Στην περίπτωση του οργάνου Torcon GPT 7003i, δεν υπάρχουν 5 παύλες, αλλά μια μπάρα η οποία έχει μήκος 3.6cm στην οθόνη του οργάνου και αυτό αντιστοιχεί στο 100%. Για να υπολογίσει κανείς το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για κάθε υλικό μετράει το μήκος της κόκκινης γραμμής πάνω στη μπάρα και το διαιρεί με το 3.6 και αυτό που προκύπτει το πολλαπλασιάζει με το 100.
- Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Torcon GPT 3105N, δεν ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία υπολογισμού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στον εσωτερικό και στον εξωτερικό χώρο. Στο τούνελ μετρήθηκε η ακτινοβολία με τις παύλες, όπου η αντίστοιχη θεωρία αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Στο ύπαιθρο η ακτινοβολία υπολογίστηκε από διαφορετικό μενού, όπου η οθόνη του οργάνου έδειχνε μια τιμή, της οποίας η μέγιστη ένδειξη πρέπει να είναι 60. Αυτή η τιμή ισοδυναμεί με το 100%. Για να υπολογιστεί πόση ακτινοβολία επιστρέφει κάθε φορά, η τιμή που αναγράφεται στην οθόνη διαιρείται με το 60 (που είναι η μέγιστη ένδειξη) και το ποσό που προκύπτει πολλαπλασιάζεται με 100. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από ότι με τον άλλο τρόπο ο οποίος είχε διαβάθμιση ανά 20%.

- Το όργανο Topcon GPT 3105N μέτρησε αρκετά υλικά στις τρεις πρώτες γωνίες ενώ στην τέταρτη γωνία μέτρησε μόνο τέσσερα υλικά. Το πρόβλημα ήταν ότι παρόλο που μετρούσε απόσταση σε μερικές περιπτώσεις δεν μετρούσε την επιστρεφόμενη ακτινοβολία αφού έβγαζε την τιμή 0. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι στην επιστρεφόμενη ακτινοβολία εμφανιζόταν μια τιμή στιγμιαία και μετά η τιμή γινόταν αμέσως μηδέν. Μόνο στην περίπτωση του βράχου, στις 90° το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ήταν σταθερό και δεν μηδενιζόταν αυτόματα, όπως στα υπόλοιπα υλικά και τις άλλες γωνίες.
- Στην απόσταση των 200m, το όργανο Topcon GPT 7003i μέτρησε 17 υλικά (που ισοδυναμεί με το 81% των υλικών) στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης. Όσο μεγάλωνε η γωνία στροφής, τόσο λιγότερα υλικά μπορούσε να μετρήσει. Στη στροφή των 60° δε μέτρησε κανένα υλικό. Παρατηρήθηκε με το συγκεκριμένο όργανο ότι μερικές φορές μετρούσε μεγάλο ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ενώ δεν μετρούσε καθόλου απόσταση.
- Με τον γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i σε ορισμένα υλικά όπως:
 - λευκό τσιμέντο στη στροφή των 30°
 - γκρι τσιμέντο στη στροφή των 30°
 - λευκό αφρολέξ στη στροφή των 60°
 - μάρμαρο στη στροφή των 30°
 - ξύλο στη στροφή των 30°
 - νοβοπάν στη στροφή των 30° και των 45°
 - ασφαλτος στη στροφή των 30°
 - βράχος στη στροφή των 30°
 στην απόσταση των 200m, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ήταν κυμαινόμενη και σαν τιμή στο διάγραμμα της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας επιλέχθηκε να μπει ο μέσος όρος αυτών των δύο τιμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων μέτρησης μήκους στα 50m στον εσωτερικό (τούνελ) και τον εξωτερικό χώρο (ύπαιθρο)

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μήκους με όλους τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς στα 50m στον εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο, για να διαπιστωθεί αν αυτοί ανταποκρίνονται με τον ίδιο τρόπο, στην ίδια περίπου απόσταση, αλλά σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος. Στην πρώτη περίπτωση, οι συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας και φωτισμού ήταν σταθερές, ενώ στην άλλη περίπτωση οι συνθήκες ήταν μεταβλητές. Για αυτό το λόγο έγινε σύγκριση μεταξύ των αποκλίσεων των μετρήσεων απευθείας πάνω στα υλικά από τη μέτρηση στον ανακλαστήρα, στο τούνελ και στο ύπαιθρο, για κάθε γωνία πρόσπτωσης και για κάθε υλικό.

4.1.1 Από τον ΟΓΣ Leica TCR 405

$D(\text{μήκος με ανακλαστήρα, τούνελ}) = 49.997\text{m}$ $D(\text{μήκος με ανακλαστήρα, ύπαιθρο}) = 49.536\text{m}$ $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$								
Υλικό	$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$	
	$\Delta D \text{ (mm)}$		$\Delta D \text{ (mm)}$		$\Delta D \text{ (mm)}$		$\Delta D \text{ (mm)}$	
	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο
Kodak White Card	-3	1	-5	-1	-7	-3	-10	-9
Kodak Gray Card	-3	1	-6	-1	-6	-5	-7	-14
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	2	0	1	-2	—	-8	—
Τσιμέντο λευκό	-2	0	-4	-2	-6	-6	-8	-10
Τσιμέντο γκρι	-3	1	-4	-2	-5	-4	-7	-10
Χαρτόνι γκρι	-2	1	-2	-3	-4	-6	-5	-21
Χαρτόνι μαύρο	-1	1	-3	—	-5	—	-7	-31
Πλαστικό λευκό	-3	-1	-5	-5	-6	-8	-7	-13
Πλαστικό κόκκινο	-3	-3	-7	-9	-8	-15	-8	-16
Πλακάκι γκρι	-2	0	-3	-4	-5	-6	-6	-17
Πλακάκι μπεζ	-2	0	-4	-4	-6	-7	-7	-12
Αφρολέξ λευκό	-9	-8	-11	-9	-12	-12	-13	-19
Αφρολέξ καφέ	-3	1	-5	-2	-6	-4	-6	-8
Μάρμαρο	-3	-1	-4	-5	-5	-6	-6	-14
Ξύλο	-1	1	-3	-2	-4	-4	-5	-10
Νοβοπάν	-2	1	-3	-4	-4	-8	-6	-18
Μελαμίνη	-2	0	-4	-3	-5	-5	-6	-20
Κεραμίδι	-2	1	-3	-3	-5	-5	-8	-12
Άσφαλτος	0	0	-2	-5	-2	-7	-2	-18
Βράχος	-2	0	-4	-3	-4	-5	-6	-10
Γυαλί	-46	-45	-48	-38	—	—	—	-44

Πίνακας 4.1: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCR 405

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις των μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Leica TCR 405.

Παρατηρείται ότι:

- Οι αποκλίσεις των μετρήσεων των μηκών απευθείας πάνω στα υλικά από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα αυξάνονται κατά απόλυτη τιμή όσο μεγαλώνει η γωνία στροφής του υλικού.
- Τα σφάλματα είναι της ίδιας τάξης μεγέθους και δεν επηρεάζονται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, απλά μεγαλώνουν όσο μεγαλώνει η γωνία. Εξαιρέση αποτελεί η γωνία των 60° , όπου οι αποκλίσεις στο ύπαιθρο γίνονται μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες στο τούνελ.

4.1.2 Από τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201

$D(\text{μήκος με ανακλαστήρα, τούνελ}) = 49.999\text{m}$ $D(\text{μήκος με ανακλαστήρα, ύπαιθρο}) = 49.534\text{m}$ $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$								
Υλικό	$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$	
	$\Delta D \text{ (mm)}$		$\Delta D \text{ (mm)}$		$\Delta D \text{ (mm)}$		$\Delta D \text{ (mm)}$	
	Τούνελ (με τεχνητό φωτισμό)	Ύπαιθρο	Τούνελ (με τεχνητό φωτισμό)	Ύπαιθρο	Τούνελ (με τεχνητό φωτισμό)	Ύπαιθρο	Τούνελ (με τεχνητό φωτισμό)	Ύπαιθρο
Kodak White Card	-1	2	-1	0	-1	-3	-2	-10
Kodak Gray Card	-1	2	-1	0	-2	-1	-3	-9
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-1	2	-2	5	—	—	—	-24
Τσιμέντο λευκό	-2	2	-2	0	-2	-2	-2	-6
Τσιμέντο γκρι	0	2	-1	1	-2	1	-2	-1
Χαρτόνι γκρι	-1	3	-1	0	-2	0	-3	-2
Χαρτόνι μαύρο	0	4	-2	5	—	—	—	-14
Πλαστικό λευκό	-3	0	-4	-1	-4	-2	-5	-6
Πλαστικό κόκκινο	-4	-1	-5	-3	-5	-4	-5	-6
Πλακάκι γκρι	-1	2	-2	0	-3	-2	-4	-7
Πλακάκι μπεζ	-1	1	-3	0	-3	-1	-5	-8
Αφρολέξ λευκό	-7	-5	-9	-5	-7	-5	-8	-6
Αφρολέξ καφέ	-1	2	-1	-2	-2	-5	-3	-15
Μάρμαρο	-1	0	-2	-4	-3	-7	-2	-18
Ξύλο	0	2	0	0	-1	-4	-1	-10
Νοβοπάν	-1	2	-1	-2	-2	-7	-4	-18
Μελαμίνη	-1	2	-2	-2	-3	-5	-3	-17
Κεραμίδι	-1	2	-2	-3	-3	-9	-4	-24
Άσφαλτος	-2	2	-2	-4	-3	-9	-4	-18
Βράχος	-3	2	-3	-5	-4	-8	-5	-15
Γυαλί	-43	-43	-66	-44	—	—	-2016	-43

Πίνακας 4.2: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις των μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Leica TCRM 1201.

Παρατηρείται ότι:

- Όσο αυξάνει η γωνία στροφής (πρόσπτωσης), τόσο μεγαλύτερη είναι η αλγεβρική τιμή της απόκλισης του μήκους απευθείας πάνω στα υλικά από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα στον εσωτερικό χώρο σε σχέση με την απόκλιση στον εξωτερικό χώρο.

4.1.3 Από τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN

D(μήκος με ανακλαστήρα, τούνελ) = 49.997m D(μήκος με ανακλαστήρα, ύπαιθρο) = 49.537m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL υλικού}}$								
Υλικό	$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)	
	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο
Kodak White Card	0	3	1	9	1	11	4	19
Kodak Gray Card	-2	7	0	10	1	12	5	20
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-1	6	-15	10	—	16	—	12
Τσιμέντο λευκό	-4	3	0	7	-1	5	-12	7
Τσιμέντο γκρι	0	3	0	5	2	7	5	7
Χαρτόνι γκρι	-1	6	0	5	2	5	3	7
Χαρτόνι μαύρο	-2	3	-2	3	0	4	3	6
Πλαστικό λευκό	-1	3	-1	3	-1	3	-8	4
Πλαστικό κόκκινο	-2	0	-3	0	-2	-1	1	4
Πλακάκι γκρι	1	6	1	5	3	4	7	6
Πλακάκι μπεζ	-1	6	0	4	2	4	6	2
Αφρολέξ λευκό	-9	-4	-7	-3	-5	-4	2	1
Αφρολέξ καφέ	0	4	2	5	5	5	8	6
Μάρμαρο	-2	2	-2	4	0	3	3	7
Ξύλο	0	4	1	3	1	4	6	7
Νοβοπάν	0	5	1	6	3	6	6	6
Μελαμίνη	2	6	1	5	3	3	3	5
Κεραμίδι	0	6	1	4	1	2	2	-1
Άσφαλτος	0	5	1	4	2	2	5	-4
Βράχος	-1	5	2	4	2	-1	3	-2
Γυαλί	-48	-43	-118	-49	-320	—	—	—

Πίνακας 4.3: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις των μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Topcon GPT 3003LN.

Διαπιστώνεται ότι:

- Όσο αυξάνεται η γωνία στροφής του υλικού, τόσο μεγαλύτερη είναι η αλγεβρική τιμή της απόκλισης του μήκους απευθείας πάνω στα υλικά από το μήκος στον ανακλαστήρα στον εσωτερικό χώρο σε σχέση με την απόκλιση στον εξωτερικό χώρο
- ❖ με εξαίρεση τα εξής υλικά:
 - Kodak White Card
 - Kodak Gray Card
 - Τσιμέντο λευκό

- Πλαστικό λευκό
- Γυαλί
- Στο ύπαιθρο έχουμε μεγαλύτερες διαφορές από ότι στο τούνελ για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης.
- Οι αποκλίσεις είναι της ίδιας τάξης μεγέθους για όλα τα υλικά στον ίδιο χώρο και στην ίδια γωνία.

4.1.4 Από τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N

D(μήκος με ανακλαστήρα, τούνελ) = 49.998m D(μήκος με ανακλαστήρα, ύπαιθρο) = 53.917m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$								
Υλικό	$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)	
	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο
Kodak White Card	-1	4	-1	-1	0	-5	1	-11
Kodak Gray Card	0	7	0	-2	1	-4	3	-10
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	0	5	2	—	-1	—	6	-26
Τσιμέντο λευκό	-1	3	0	-2	1	-5	3	-9
Τσιμέντο γκρι	-2	4	0	-1	2	-5	3	-11
Χαρτόνι γκρι	-1	5	1	-1	2	-3	2	-9
Χαρτόνι μαύρο	-1	4	0	-1	1	-6	3	-13
Πλαστικό λευκό	-2	2	-3	-2	-2	-6	0	-13
Πλαστικό κόκκινο	-3	1	-3	-5	-2	-11	12	-18
Πλακάκι γκρι	-2	4	0	-2	1	-6	2	-13
Πλακάκι μπεζ	-2	4	-1	-3	0	-5	1	-12
Αφρολέξ λευκό	-8	0	-7	-7	-5	-11	-3	-13
Αφρολέξ καφέ	0	6	0	-1	1	-5	2	-13
Μάρμαρο	-3	2	-2	-4	-1	-8	1	-18
Ξύλο	-2	3	1	-1	4	-6	6	-13
Νοβοπάν	-3	5	0	-1	1	-5	3	-12
Μελαμίνη	0	4	2	-1	2	-3	6	-9
Κεραμίδι	1	6	3	-1	4	-5	5	-12
Άσφαλτος	1	4	4	0	7	-6	13	-14
Βράχος	1	5	1	-1	3	-4	6	-9
Γυαλί	-41	-41	-47	-42	-50	-6	—	—

Πίνακας 4.4: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 3105N

Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις των μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Topcon GPT 3105N.

Παρατηρείται ότι:

- Όσο αυξάνει η γωνία στροφής, τόσο μεγαλύτερη είναι η αλγεβρική τιμή της απόκλισης του μήκους απευθείας πάνω στα υλικά από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα στον εσωτερικό χώρο σε σχέση με την απόκλιση στον εξωτερικό χώρο.
- Αξιοσημείωτες διαφορές παρουσιάζονται στη γωνία των 60° στο ύπαιθρο σε σχέση με τον εσωτερικό χώρο.

4.1.5 Από τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

D(μήκος με ανακλαστήρα, τούνελ) = 49.997m D(μήκος με ανακλαστήρα, ύπαιθρο) = 49.540m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$								
Υλικό	$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)	
	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο	Τούνελ	Ύπαιθρο
Kodak White Card	1	8	0	9	-1	10	-4	14
Kodak Gray Card	4	11	-1	10	-1	11	-6	14
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	11	-23	13	—	—	—	—
Τσιμέντο λευκό	0	7	2	10	-2	13	-12	17
Τσιμέντο γκρι	2	3	3	7	0	12	-1	15
Χαρτόνι γκρι	4	9	0	11	0	11	-2	16
Χαρτόνι μαύρο	-1	7	-1	9	-2	11	-8	16
Πλαστικό λευκό	1	5	-2	7	-4	9	-16	11
Πλαστικό κόκκινο	1	5	-4	4	-4	6	-21	9
Πλακάκι γκρι	0	8	2	7	0	7	-3	10
Πλακάκι μπεζ	-2	5	0	7	-2	9	-3	11
Αφρολέξ λευκό	-8	-2	-8	-1	-8	2	-7	8
Αφρολέξ καφέ	3	3	2	5	-1	7	0	8
Μάρμαρο	1	4	-1	8	-3	9	-10	16
Ξύλο	-2	8	0	9	-1	11	-4	14
Νοβοπάν	2	8	0	10	0	10	-2	15
Μελαμίνη	2	4	2	8	-1	10	-3	14
Κεραμίδι	1	5	1	8	1	11	-1	15
Άσφαλτος	3	2	2	11	0	11	-2	15
Βράχος	-1	8	3	7	1	10	0	15
Γυαλί	-41	-42	-93	-47	-251	-59	-1779	—

Πίνακας 4.5: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

Στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις των μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ και το ύπαιθρο με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Topcon GPT 7003i.

Παρατηρείται ότι:

- Στο ύπαιθρο σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης, οι αποκλίσεις των μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα είναι μεγάλες, σε αντίθεση με το τούνελ, όπου οι αποκλίσεις είναι μικρές για τις τρεις πρώτες γωνίες.
- Όσο αυξάνεται η γωνία πρόσπτωσης, τόσο μεγαλώνουν οι αποκλίσεις, τόσο στο ύπαιθρο όσο και στο τούνελ.

4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων μέτρησης μήκους στον εσωτερικό χώρο στα 50m από τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό

D(μήκος με ανακλαστήρα, με τεχνητό φωτισμό)=49.999m D(μήκος με ανακλαστήρα, χωρίς φωτισμό)=49.998m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$								
Υλικό	$\theta=90^\circ$		$\theta=30^\circ$		$\theta=45^\circ$		$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)	
	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό	Τεχνητός φωτισμός	Χωρίς φωτισμό
Kodak White Card	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-1
Kodak Gray Card	-1	-2	-1	-2	-2	-1	-3	-1
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-1	-2	-2	-2	—	—	—	—
Τσιμέντο λευκό	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Τσιμέντο γκρι	0	-2	-1	-1	-2	-1	-2	-1
Χαρτόνι γκρι	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-1
Χαρτόνι μαύρο	0	-2	-2	-2	—	—	—	—
Πλαστικό λευκό	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-5	-4
Πλαστικό κόκκινο	-4	-3	-5	-5	-5	-4	-5	-3
Πλακάκι γκρι	-1	-2	-2	-2	-3	-2	-4	-2
Πλακάκι μπεζ	-1	-2	-3	-3	-3	-2	-5	-2
Αφρολέξ λευκό	-7	-10	-9	-10	-7	-9	-8	-8
Αφρολέξ καφέ	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-3	-2
Μάρμαρο	-1	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2
Ξύλο	0	-1	0	-1	-1	0	-1	1
Νοβοπάν	-1	-2	-1	-1	-2	-1	-4	-2
Μελαμίνη	-1	-1	-2	-2	-3	-1	-3	-1
Κεραμίδι	-1	-2	-2	-3	-3	-2	-4	-1
Άσφαλτος	-2	4	-2	4	-3	5	-4	5
Βράχος	-3	0	-3	0	-4	-1	-5	0
Γυαλί	-43	-43	-66	-47	—	-51	-2016	-55

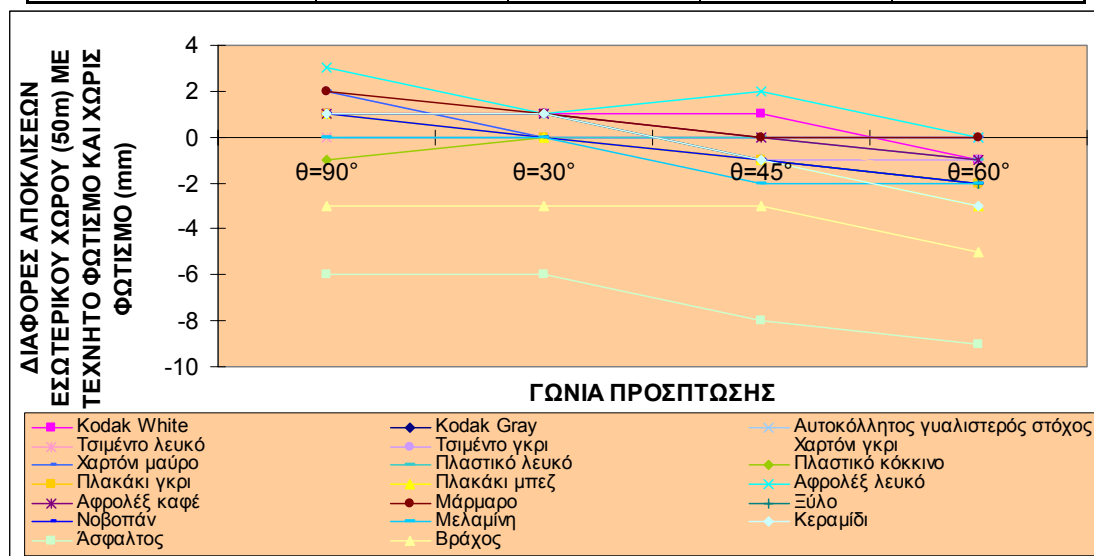
Πίνακας 4.6: Αποκλίσεις μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό, στο τούνελ) στα 50m

Στον πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις των μετρήσεων από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα για το τούνελ (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό) με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Leica TCRM 1201.

Στον πίνακα – διάγραμμα 4.7 παρουσιάζονται οι διαφορές των αποκλίσεων των μετρήσεων από το μήκος στον ανακλαστήρα στον εσωτερικό χώρο (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό) με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Leica TCRM 1201, για όλα τα υλικά και για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης, οι οποίες υπολογίζονται από τη σχέση 4.1.

$$\Delta D = ((D_{\text{ανακλ}} - D_{\text{RL,υλικ}})(\text{με τεχνητό φωτισμό})) - ((D_{\text{ανακλ}} - D_{\text{RL,υλικ}})(\text{χωρίς φωτισμό})) \quad (4.1)$$

D(μήκος με ανακλαστήρα, με τεχνητό φωτισμό)=49.999m D(μήκος με ανακλαστήρα, χωρίς φωτισμό)=49.998m $\Delta D = ((D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}})(\text{με τεχνητό φωτισμό})) - ((D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}})(\text{χωρίς φωτισμό}))$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White	1	1	1	-1
Kodak Gray	1	1	-1	-2
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	0	—	—
Τσιμέντο λευκό	0	0	0	0
Τσιμέντο γκρι	2	0	-1	-1
Χαρτόνι γκρι	0	1	0	-2
Χαρτόνι μαύρο	2	0	—	—
Πλαστικό λευκό	0	0	0	-1
Πλαστικό κόκκινο	-1	0	-1	-2
Πλακάκι γκρι	1	0	-1	-2
Πλακάκι μπεζ	1	0	-1	-3
Αφρολέξ λευκό	3	1	2	0
Αφρολέξ καφέ	1	1	0	-1
Μάρμαρο	2	1	0	0
Ξύλο	1	1	-1	-2
Νοβοπάν	1	0	-1	-2
Μελαμίνη	0	0	-2	-2
Κεραμίδι	1	1	-1	-3
Άσφαλτος	-6	-6	-8	-9
Βράχος	-3	-3	-3	-5
Γυαλί	0	-19	—	-1961



Πίνακας - Διάγραμμα 4.7: Διαφορές αποκλίσεων μετρήσεων από το μήκος στον ανακλαστήρα στον εσωτερικό χώρο (με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό) με τη χρήση του ΟΓΣ Leica TCRM 1201

Στον πίνακα 4.6 και στον πίνακα – διάγραμμα 4.7 παρατηρείται ότι:

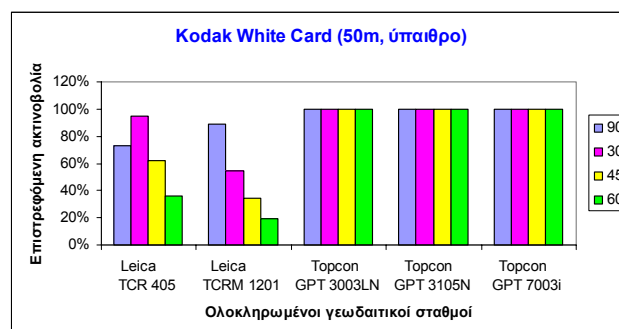
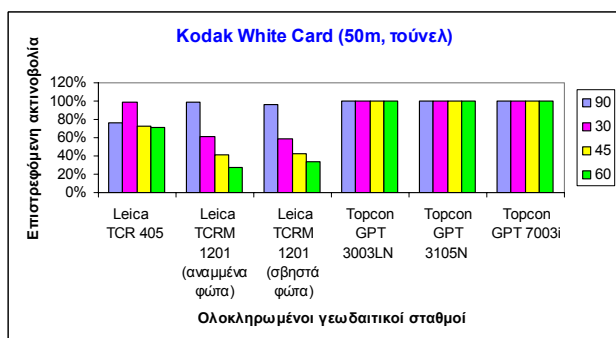
- Στην πλειοψηφία των υλικών, οι ευθείες στο διάγραμμα έχουν πτωτική τάση, που υποδηλώνει ότι καθώς αυξάνεται η γωνία στροφής του υλικού ελαττώνεται αλγεβρικά η διαφορά των αποκλίσεων των μετρήσεων με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό.
- Το θετικό πρόσημο, όπου υπάρχει, στη διαφορά των αποκλίσεων υποδηλώνει ότι η απόκλιση με τεχνητό φωτισμό είναι μεγαλύτερη από την απόκλιση σε συνθήκες χωρίς φωτισμό. Το αντίθετο ισχύει για το αρνητικό πρόσημο.
- Αξιοσημείωτη είναι η περίπτωση του λευκού τσιμέντου, το οποίο παρουσιάζει την ίδια απόκλιση από το μήκος στον ανακλαστήρα με τεχνητό φωτισμό και χωρίς φωτισμό σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης.
- Ο φωτισμός δεν είναι καθοριστικός παράγοντας στην ορθότητα μέτρησης του μήκους, όπως προκύπτει από τον πίνακα 4.6.

4.3 Σύγκριση ποσοστού επιστρεφόμενης ακτινοβολίας στον εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο στα 50m

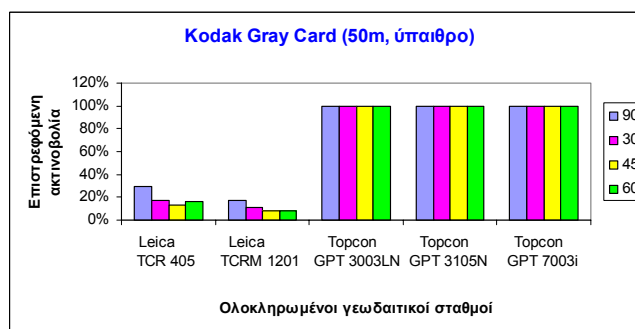
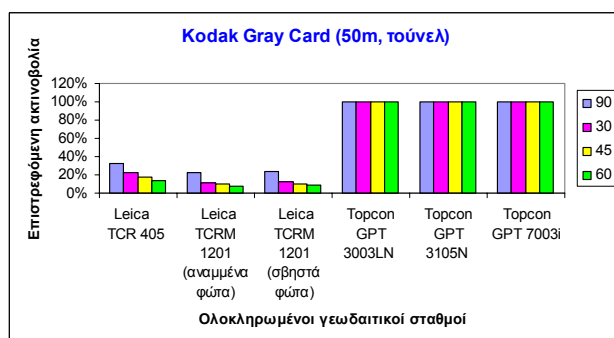
Το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι μια σημαντική παράμετρος στη μέτρηση του μήκους γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της ακτινοβολίας που επιστρέφει από το υλικό στο όργανο τόσο πιο αξιόπιστο και έγκυρο είναι το αποτέλεσμα της μέτρησης που προκύπτει.

Η επιστρεφόμενη ακτινοβολία όμως δεν είναι παντού η ίδια και εξαρτάται πολλές φορές από το υλικό και τις συνθήκες που επικρατούν. Για να ελεγχθεί αυτή η παράμετρος έγιναν μετρήσεις στο ύπαιθρο και στο τούνελ.

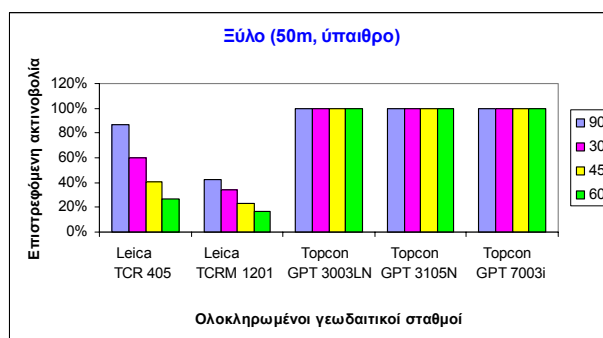
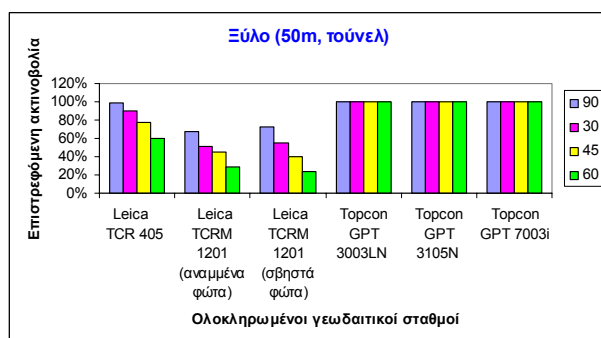
Παρατηρείται ότι για τους γεωδαιτικούς σταθμούς της εταιρείας Leica, στο ύπαιθρο η επιστρεφόμενη ακτινοβολία είναι μικρότερη από ότι είναι στο τούνελ. Αυτό συμβαίνει επειδή στο ύπαιθρο επηρεάζονται οι γεωδαιτικοί σταθμοί και συνεπώς οι μετρήσεις από τις συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης και φωτισμού όπου δεν είναι σταθερές όπως στον εσωτερικό χώρο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η Kodak White Card, η Kodak Gray Card και το ξύλο.



Διάγραμμα 4.8: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak White Card στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο



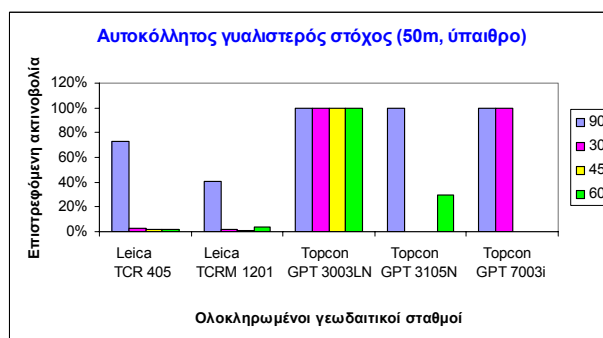
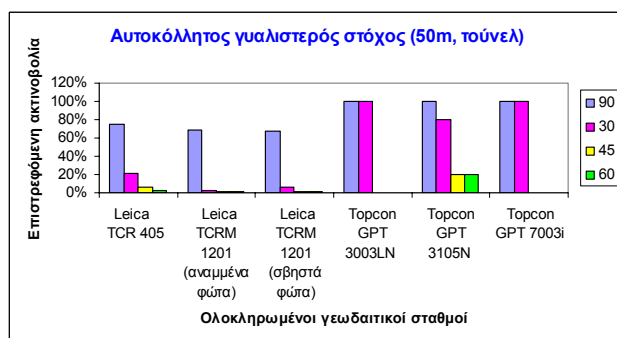
Διάγραμμα 4.9: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από την Kodak Gray Card στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο



Διάγραμμα 4. 10: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το ξύλο στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Πολύ λίγα υλικά δεν ακολουθούν αυτό τον κανόνα κι αποτελούν εξαίρεση:

- αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος

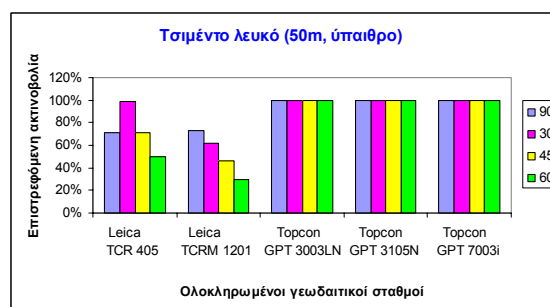
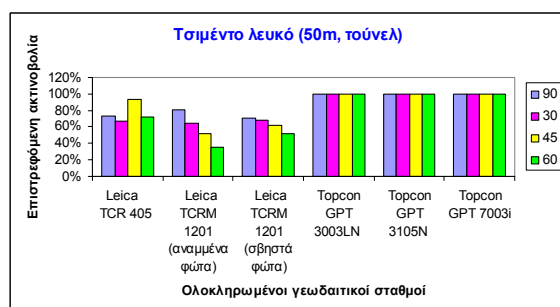


Διάγραμμα 4.11: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Παρατηρείται ότι:

- ο Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN, στη στροφή των 45° και των 60°, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι 100% στο ύπαιθρο και 0% στο τούνελ.

- λευκό τσιμέντο

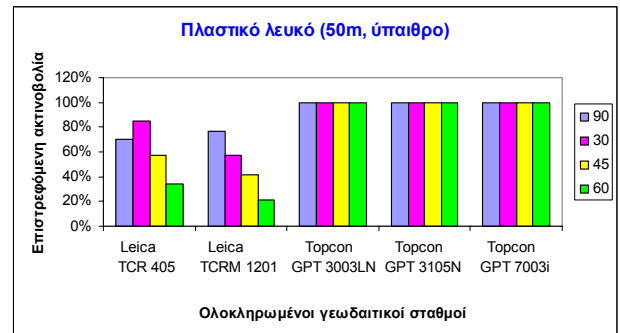
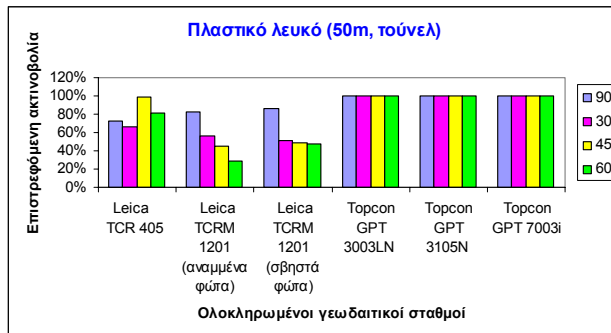


Διάγραμμα 4.12: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό τσιμέντο στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Παρατηρείται ότι:

- Ο Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405, στη στροφή των 30° , το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερο στο ύπαιθρο απ' ότι στο τούνελ.

- λευκό πλαστικό

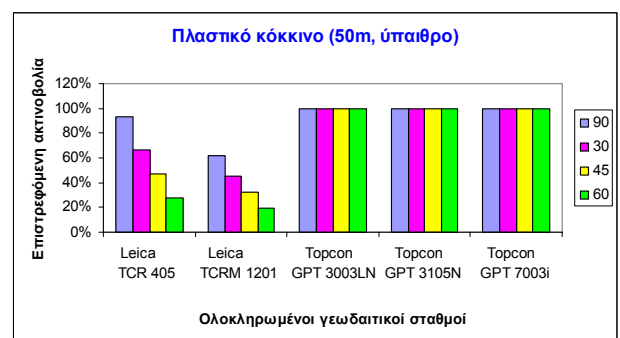
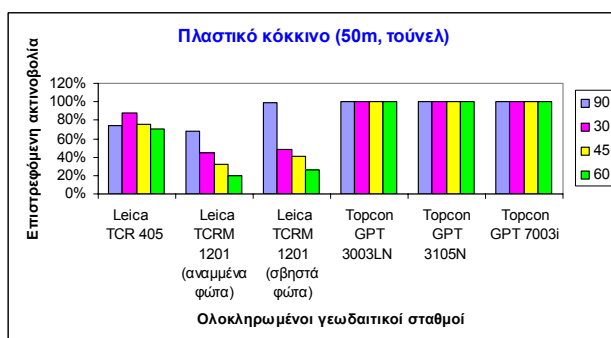


Διάγραμμα 4.13: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το λευκό πλαστικό στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Παρατηρείται ότι:

- Ο Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405, στη στροφή των 30° , το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερο στο ύπαιθρο από ότι στο τούνελ.

- κόκκινο πλαστικό

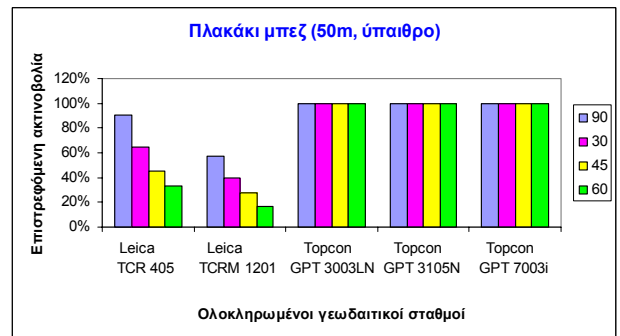
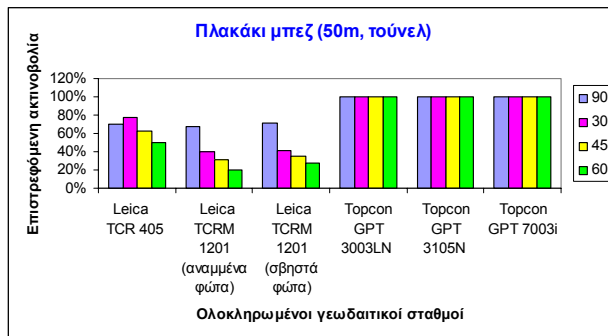


Διάγραμμα 4.14: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το κόκκινο πλαστικό στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Παρατηρείται ότι:

- Ο Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405, στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) της ακτινοβολίας πάνω στα υλικά, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας έχει υψηλότερη τιμή στο ύπαιθρο από ότι στο τούνελ.

- μπεζ πλακάκι

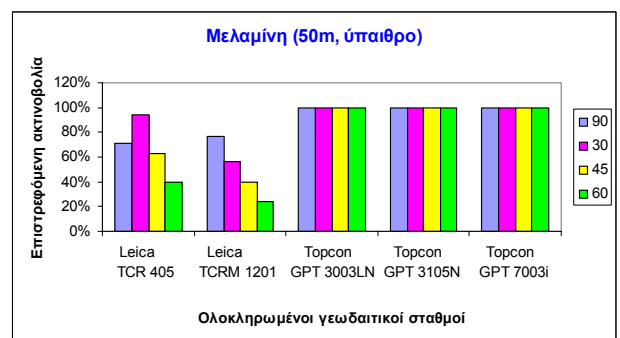
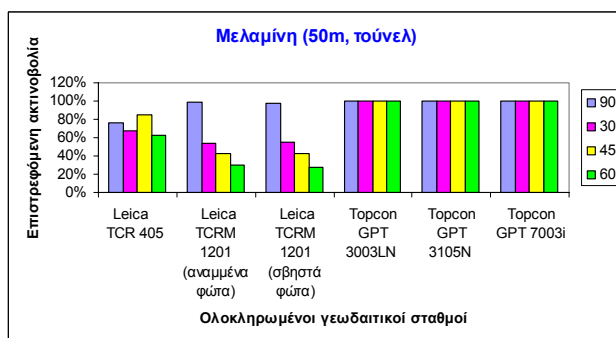


Διάγραμμα 4.15: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το μπεζ πλακάκι στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Παρατηρείται ότι:

- ο Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405, στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης (90°) της ακτινοβολίας πάνω στα υλικά, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας έχει μεγαλύτερη τιμή στο ύπαιθρο από ότι στο τούνελ.

- μελαμίνη

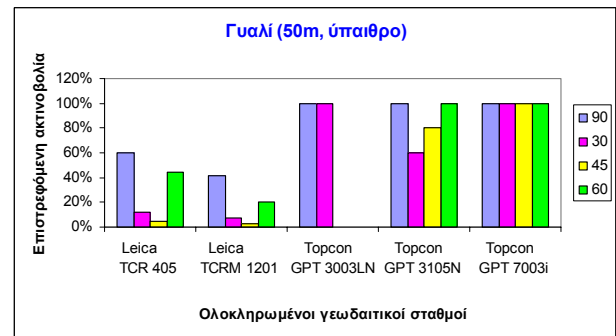
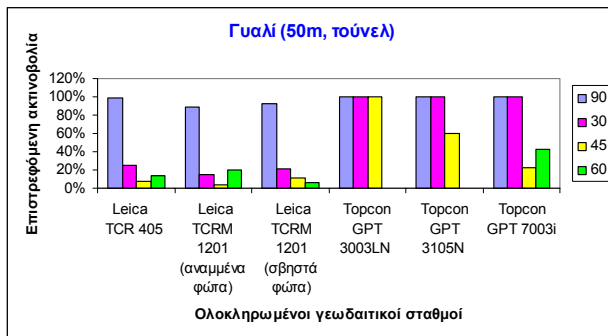


Διάγραμμα 4.16: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από τη μελαμίνη στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Παρατηρείται ότι:

- ο Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405, στη στροφή των 30°, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερο στο ύπαιθρο από ότι στο τούνελ.

- γυαλί



Διάγραμμα 4.17: Ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας από το γυαλί στα 50m στο τούνελ και στο ύπαιθρο

Παρατηρείται ότι:

- Με τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς Topcon GPT 3105N και Topcon GPT 7003i, στη στροφή των 45° και των 60°, το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας έχει μεγαλύτερη τιμή στο ύπαιθρο από ότι στο τούνελ.

4.4 Έλεγχος αξιοπιστίας της μέτρησης στον εσωτερικό χώρο

Για την αξιολόγηση της ορθότητας των μετρήσεων δημιουργήθηκαν πίνακες που παρουσιάζουν τις διαφορές των μετρημένων μηκών απευθείας πάνω στα υλικά από το μήκος στον ανακλαστήρα για όλα τα υλικά και για τις 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης με όλους τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς.

Για κάθε όργανο και σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίνουν οι κατασκευαστές αυτών ισχύουν οι ακόλουθες ακρίβειες για τη μέτρηση μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.

- Στην απόσταση των 50m και των 15m
 - ❖ Για το Leica TCR 405:
 - $\pm 2\text{mm}$ με ανακλαστήρα
 - $\pm 2\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα
 - ❖ Για το Leica TCRM 1201
 - $\pm 1\text{mm}$ με ανακλαστήρα
 - $\pm 2\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα
 - ❖ Για το Topcon GPT 3003LN
 - $\pm 3\text{mm}$ με ανακλαστήρα
 - $\pm 5\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα
 - ❖ Για το Topcon GPT 3105N
 - $\pm 2\text{mm}$ με ανακλαστήρα
 - $\pm 3\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα
 - ❖ Για το Topcon GPT 7003i
 - $\pm 2\text{mm}$ με ανακλαστήρα στα 50m και $\pm 3\text{mm}$ στα 15m
 - $\pm 5\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα

Από το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων υπολογίζεται το σφάλμα της διαφοράς μεταξύ της μέτρησης του μήκους χωρίς ανακλαστήρα και της μέτρησης του μήκους με ανακλαστήρα από τη σχέση 2.2.

- Στην απόσταση των 50m και των 15m

- Leica TCR 405

Το σφάλμα της διαφοράς είναι:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{(\sigma_{\beta 1})^2 + (\sigma_{\alpha 1})^2} = \pm \sqrt{(2)^2 + (2)^2} = \pm 2.83\text{mm} \Rightarrow \sigma_{\Delta D} = \pm 3\text{mm}$$

Για να είναι αποδεκτή η διαφορά και να είναι αξιόπιστη η μέτρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, θα πρέπει να ισχύει η σχέση 2.3 και η διαφορά να είναι μεταξύ των τιμών:

$$-1.96 * 2.83 \leq \Delta D \leq 1.96 * 2.83 \Rightarrow -5.54 \leq \Delta D \leq 5.54$$

$$-6\text{mm} \leq \Delta D \leq 6\text{mm}$$

- Leica TCRM 1201

Το σφάλμα της διαφοράς είναι:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{(\sigma_{\beta 1})^2 + (\sigma_{\alpha 1})^2} = \pm \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = \pm 2.24\text{mm} \Rightarrow \sigma_{\Delta D} = \pm 2\text{mm}$$

Για να είναι αποδεκτή η διαφορά και να είναι αξιόπιστη η μέτρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, θα πρέπει να ισχύει η σχέση 2.3 και η διαφορά να είναι μεταξύ των τιμών:

$$-1.96 * 2.24 \leq \Delta D \leq 1.96 * 2.24 \Rightarrow -4.38 \leq \Delta D \leq 4.38$$

$$-4\text{mm} \leq \Delta D \leq 4\text{mm}$$

- Topcon GPT 3003LN

Το σφάλμα της διαφοράς είναι:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{(\sigma_{\beta 1})^2 + (\sigma_{\alpha 1})^2} = \pm \sqrt{(3)^2 + (5)^2} = \pm 5.83\text{mm} \Rightarrow \sigma_{\Delta D} = \pm 6\text{mm}$$

Για να είναι αποδεκτή η διαφορά και να είναι αξιόπιστη η μέτρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, θα πρέπει να ισχύει η σχέση 2.3 και η διαφορά να είναι μεταξύ των τιμών:

$$-1.96 * 5.83 \leq \Delta D \leq 1.96 * 5.83 \Rightarrow -11.43 \leq \Delta D \leq 11.43$$

$$-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$$

- Topcon GPT 3105N

Το σφάλμα της διαφοράς είναι:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{(\sigma_{\beta 1})^2 + (\sigma_{\alpha 1})^2} = \pm \sqrt{(2)^2 + (3)^2} = \pm 3.61\text{mm} \Rightarrow \sigma_{\Delta D} = \pm 4\text{mm}$$

Για να είναι αποδεκτή η διαφορά και να είναι αξιόπιστη η μέτρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, θα πρέπει να ισχύει η σχέση 2.3 και η διαφορά να είναι μεταξύ των τιμών:

$$-1.96 * 3.61 \leq \Delta D \leq 1.96 * 3.61 \Rightarrow -7.07 \leq \Delta D \leq 7.07$$

$$-7\text{mm} \leq \Delta D \leq 7\text{mm}$$

- Topcon GPT 7003i

Το σφάλμα της διαφοράς είναι:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{\left[(\sigma_{\beta 1})^2 + (\sigma_{\alpha 1})^2 \right]} = \pm \sqrt{\left[(2)^2 + (5)^2 \right]} = \pm 5.39\text{mm} \Rightarrow \sigma_{\Delta D} = \pm 5\text{mm}$$

Για να είναι αποδεκτή η διαφορά και να είναι αξιόπιστη η μέτρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, θα πρέπει να ισχύει η σχέση 2.3 και η διαφορά να είναι μεταξύ των τιμών:

$$-1.96 * 5.39 \leq \Delta D \leq 1.96 * 5.39 \Rightarrow -10.55 \leq \Delta D \leq 10.55$$

$$-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$$

Ενώ για την απόσταση των 15m

- Topcon GPT 7003i

Το σφάλμα της διαφοράς είναι:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{\left[(\sigma_{\beta 1})^2 + (\sigma_{\alpha 1})^2 \right]} = \pm \sqrt{\left[(3)^2 + (5)^2 \right]} = \pm 5.83\text{mm} \Rightarrow \sigma_{\Delta D} = \pm 6\text{mm}$$

Για να είναι αποδεκτή η διαφορά και να είναι αξιόπιστη η μέτρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, θα πρέπει να ισχύει η σχέση 2.3 και η διαφορά να είναι μεταξύ των τιμών:

$$-1.96 * 5.83 \leq \Delta D \leq 1.96 * 5.83 \Rightarrow -11.43 \leq \Delta D \leq 11.43$$

$$-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$$

Με κόκκινο παρουσιάζονται οι αποκλίσεις οι οποίες δεν είναι αποδεκτές για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Όπου δεν ήταν δυνατή η πραγματοποίηση μέτρησης σημειώθηκε παύλα, όπου και θεωρείται ότι δεν είναι αποδεκτό αποτέλεσμα.

4.4.1 Με τον ΟΓΣ Leica TCR 405

$D(\text{μήκος με ανακλαστήρα}) = 49.997\text{m}$ $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
$\sigma_{\Delta D} = \pm 3\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει να ισχύει $-6\text{mm} \leq \Delta D \leq 6\text{mm}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$
Kodak White	-3	-5	-7	-10
Kodak Gray	-3	-6	-6	-7
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	0	-2	-8
Τσιμέντο λευκό	-2	-4	-6	-8
Τσιμέντο γκρι	-3	-4	-5	-7
Χαρτόνι γκρι	-2	-2	-4	-5
Χαρτόνι μαύρο	-1	-3	-5	-7
Πλαστικό λευκό	-3	-5	-6	-7
Πλαστικό κόκκινο	-3	-7	-8	-8
Πλακάκι γκρι	-2	-3	-5	-6
Πλακάκι μπεζ	-2	-4	-6	-7
Αφρολέξ λευκό	-9	-11	-12	-13
Αφρολέξ καφέ	-3	-5	-6	-6
Μάρμαρο	-3	-4	-5	-6
Ξύλο	-1	-3	-4	-5
Νοβοπάν	-2	-3	-4	-6
Μελαμίνη	-2	-4	-5	-6
Κεραμίδι	-2	-3	-5	-8
Άσφαλτος	0	-2	-2	-2
Βράχος	-2	-4	-4	-6
Γυαλί	-46	-48	—	—

Πίνακας 4.8: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 50m

Στην απόσταση των 50m, περίπου το 25% των μετρήσεων είχε μη αποδεκτά αποτελέσματα για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Τα περισσότερα από αυτά εμφανίζονται στη στροφή των 60° και πιο συγκεκριμένα το 57% των μετρήσεων (12 από 21 μετρήσεις) σε αυτή τη γωνία είχε αποτελέσματα εκτός των αποδεκτών ορίων.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 15.019m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
σ _{ΔD} = ± 3mm, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει -6mm ≤ ΔD ≤6mm								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)
Kodak White		-2		-3		-2		-2
Kodak Gray		-3		-3		-2		-2
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		-2		-1		-1		-1
Τσιμέντο λευκό		-2		-3		-2		-2
Τσιμέντο γκρι		-2		-1		-1		0
Χαρτόνι γκρι		-2		-2		-1		0
Χαρτόνι μαύρο		-2		-1		-2		-1
Πλαστικό λευκό		-3		-3		-4		-3
Πλαστικό κόκκινο		-4		-5		-5		-5
Πλακάκι γκρι		-2		-3		-3		-3
Πλακάκι μπεζ		-3		-3		-3		-3
Αφρολέξ λευκό		-9		-10		-9		-7
Αφρολέξ καφέ		-3		-3		-2		-2
Μάρμαρο		-3		-4		-3		-2
Ξύλο		-1		-1		0		1
Νοβοπάν		-1		-2		-2		0
Μελαμίνη		-2		-1		-2		0
Κεραμίδι		-2		-2		-1		0
Ασφαλτος		-4		-5		-4		-6
Βράχος		-4		-5		-5		-5
Γυαλί		-43		-49		-63		—

Πίνακας 4.9: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 15m

Στην απόσταση των 15m, μόνο το 10% των μετρήσεων έχει αποτελέσματα που βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων και αυτά αφορούν μόνο το λευκό αφρολέξ και το γυαλί σε όλες τις γωνίες.

4.4.2 Με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201

$D(\text{μήκος με ανακλαστήρα}) = 49.999\text{m}$ $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$				
$\sigma_{\Delta D} = \pm 2\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει να ισχύει $-4\text{mm} \leq \Delta D \leq 4\text{mm}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$
Kodak White	-1	-1	-1	-2
Kodak Gray	-1	-1	-2	-3
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-1	-2	—	—
Τσιμέντο λευκό	-2	-2	-2	-2
Τσιμέντο γκρι	0	-1	-2	-2
Χαρτόνι γκρι	-1	-1	-2	-3
Χαρτόνι μαύρο	0	-2	—	—
Πλαστικό λευκό	-3	-4	-4	-5
Πλαστικό κόκκινο	-4	-5	-5	-5
Πλακάκι γκρι	-1	-2	-3	-4
Πλακάκι μπεζ	-1	-3	-3	-5
Αφρολέξ λευκό	-7	-9	-7	-8
Αφρολέξ καφέ	-1	-1	-2	-3
Μάρμαρο	-1	-2	-3	-2
Ξύλο	0	0	-1	-1
Νοβοπάν	-1	-1	-2	-4
Μελαμίνη	-1	-2	-3	-3
Κεραμίδι	-1	-2	-3	-4
Ασφαλτος	-2	-2	-3	-4
Βράχος	-3	-3	-4	-5
Γυαλί	-43	-66	—	-2016

Πίνακας 4.10: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m (με τεχνητό φωτισμό)

Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201, στην απόσταση των 50m, με τεχνητό φωτισμό, το 21% των μετρήσεων βρίσκεται εκτός των αποδεκτών ορίων. Παρατηρείται ότι δύο υλικά (λευκό αφρολέξ και γυαλί) εμφανίζουν συστηματικά μεγάλες αποκλίσεις σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 49.998m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
$\sigma_{\Delta D} = \pm 2\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει να ισχύει $-4\text{mm} \leq \Delta D \leq 4\text{mm}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
Kodak White	-2	-2	-2	-1
Kodak Gray	-2	-2	-1	-1
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-2	-2	—	—
Τσιμέντο λευκό	-2	-2	-2	-2
Τσιμέντο γκρι	-2	-1	-1	-1
Χαρτόνι γκρι	-1	-2	-2	-1
Χαρτόνι μαύρο	-2	-2	—	—
Πλαστικό λευκό	-3	-4	-4	-4
Πλαστικό κόκκινο	-3	-5	-4	-3
Πλακάκι γκρι	-2	-2	-2	-2
Πλακάκι μπεζ	-2	-3	-2	-2
Αφρολέξ λευκό	-10	-10	-9	-8
Αφρολέξ καφέ	-2	-2	-2	-2
Μάρμαρο	-3	-3	-3	-2
Ξύλο	-1	-1	0	1
Νοβοπάν	-2	-1	-1	-2
Μελαμίνη	-1	-2	-1	-1
Κεραμίδι	-2	-3	-2	-1
Άσφαλτος	4	4	5	5
Βράχος	0	0	-1	0
Γυαλί	-43	-47	-51	-55

Πίνακας 4.11: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m (χωρίς φωτισμό)

Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201, στην απόσταση των 50m, χωρίς φωτισμό, το 18% των μετρήσεων (ποσοστό μικρότερο από ότι με τεχνητό φωτισμό) παρουσιάζει αποτελέσματα, τα οποία βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 15.021m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$						
$\sigma_{\Delta D} = \pm 2\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-4\text{mm} \leq \Delta D \leq 4\text{mm}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$		
Kodak White	0	0	0	-1		
Kodak Gray	-1	-1	-1	0		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	2	2	4		
Τσιμέντο λευκό	0	1	0	2		
Τσιμέντο γκρι	0	0	1	1		
Χαρτόνι γκρι	0	1	2	1		
Χαρτόνι μαύρο	0	0	0	-2		
Πλαστικό λευκό	-2	-2	-1	-1		
Πλαστικό κόκκινο	-2	-3	-2	-1		
Πλακάκι γκρι	0	0	0	0		
Πλακάκι μπεζ	0	0	0	1		
Αφρολέξ λευκό	-7	-8	-7	-6		
Αφρολέξ καφέ	-2	-1	-1	0		
Μάρμαρο	-1	-1	0	1		
Ξύλο	2	2	2	5		
Νοβοπάν	0	1	1	1		
Μελαμίνη	1	1	1	3		
Κεραμίδι	0	0	0	1		
Ασφαλτος	3	4	5	10		
Βράχος	-4	-4	-4	-5		
Γυαλί	-42	-51	—	—		

Πίνακας 4.12: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 15m

Στα 15m, το 14% των μετρήσεων έχουν αποκλίσεις μεγαλύτερες από τις αποδεκτές για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Το γυαλί και το λευκό αφρολέξ εμφανίζουν συστηματικά μη αποδεκτά αποτελέσματα για όλες τις γωνίες.

4.4.3 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN

$D(\text{μήκος με ανακλαστήρα}) = 49.997\text{m}$ $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
$\sigma_{\Delta D} = \pm 6\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει να ισχύει $-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$
Kodak White	0	1	1	4
Kodak Gray	-2	0	1	5
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	-1	-15	—	—
Τσιμέντο λευκό	-4	0	-1	-12
Τσιμέντο γκρι	0	0	2	5
Χαρτόνι γκρι	-1	0	2	3
Χαρτόνι μαύρο	-2	-2	0	3
Πλαστικό λευκό	-1	-1	-1	-8
Πλαστικό κόκκινο	-2	-3	-2	1
Πλακάκι γκρι	1	1	3	7
Πλακάκι μπεζ	-1	0	2	6
Αφρολέξ λευκό	-9	-7	-5	2
Αφρολέξ καφέ	0	2	5	8
Μάρμαρο	-2	-2	0	3
Ξύλο	0	1	1	6
Νοβοπάν	0	1	3	6
Μελαμίνη	2	1	3	3
Κεραμίδι	0	1	1	2
Ασφαλτος	0	1	2	5
Βράχος	-1	2	2	3
Γυαλί	-48	-118	-320	—

Πίνακας 4.13: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 50m

Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN, στην απόσταση των 50m ένα πολύ μικρό ποσοστό των μετρήσεων (10%) έχει αποτελέσματα τα οποία δεν είναι αποδεκτά για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται στον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο και το γυαλί.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 15.021m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
σ _{ΔD} = ± 6mm, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει -11mm ≤ ΔD ≤11mm								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)
Kodak White		3		2		0		0
Kodak Gray		3		3		3		1
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		4		-3		-63		—
Τσιμέντο λευκό		3		2		1		3
Τσιμέντο γκρι		4		4		4		2
Χαρτόνι γκρι		2		3		3		1
Χαρτόνι μαύρο		2		1		1		1
Πλαστικό λευκό		1		-1		-1		-6
Πλαστικό κόκκινο		-1		-1		-1		-7
Πλακάκι γκρι		3		1		3		0
Πλακάκι μπεζ		3		3		2		3
Αφρολέξ λευκό		-9		-9		-8		-6
Αφρολέξ καφέ		3		3		3		3
Μάρμαρο		-1		-1		-2		-4
Ξύλο		2		2		1		1
Νοβοπάν		2		3		4		2
Μελαμίνη		2		1		2		0
Κεραμίδι		2		4		2		2
Ασφαλτος		0		0		2		1
Βράχος		4		3		3		4
Γυαλί		-41		-107		-294		-607

Πίνακας 4.14: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 15m

Στην απόσταση των 15m, το 7% των μετρήσεων δεν ανταποκρίνεται στην επιθυμητή ακρίβεια και αυτό αφορά το γυαλί για όλες τις γωνίες και τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο στη γωνία των 45° και των 60° .

4.4.4 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N

$D(\text{μήκος με ανακλαστήρα}) = 49.998\text{m}$ $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$				
$\sigma_{\Delta D} = \pm 4\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει να ισχύει $-7\text{mm} \leq \Delta D \leq 7\text{mm}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$
Kodak White	-1	-1	0	1
Kodak Gray	0	0	1	3
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	0	2	-1	6
Τσιμέντο λευκό	-1	0	1	3
Τσιμέντο γκρι	-2	0	2	3
Χαρτόνι γκρι	-1	1	2	2
Χαρτόνι μαύρο	-1	0	1	3
Πλαστικό λευκό	-2	-3	-2	0
Πλαστικό κόκκινο	-3	-3	-2	12
Πλακάκι γκρι	-2	0	1	2
Πλακάκι μπεζ	-2	-1	0	1
Αφρολέξ λευκό	-8	-7	-5	-3
Αφρολέξ καφέ	0	0	1	2
Μάρμαρο	-3	-2	-1	1
Ξύλο	-2	1	4	6
Νοβοπάν	-3	0	1	3
Μελαμίνη	0	2	2	6
Κεραμίδι	1	3	4	5
Ασφαλτος	1	4	7	13
Βράχος	1	1	3	6
Γυαλί	-41	-47	-50	—

Πίνακας 4.15: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 50m

Στην απόσταση των 50m, το 8% των μετρήσεων είναι εκτός των αποδεκτών ορίων. Μόνο το γυαλί εμφανίζει συστηματικά μη αποδεκτά αποτελέσματα μετρήσεων σε όλες τις γωνίες. Κάποια από τα υπόλοιπα υλικά, εμφανίζουν μη αξιόπιστες τιμές σποραδικά.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 15.018m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$						
$\sigma_{\Delta D} = \pm 4\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-7\text{mm} \leq \Delta D \leq 7\text{mm}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White	0	-1	0	0		
Kodak Gray	-2	0	0	1		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	0	0	-5	-3		
Τσιμέντο λευκό	0	-1	0	1		
Τσιμέντο γκρι	0	0	1	2		
Χαρτόνι γκρι	0	-1	1	2		
Χαρτόνι μαύρο	-1	0	2	1		
Πλαστικό λευκό	-1	-2	-1	1		
Πλαστικό κόκκινο	-3	-4	-4	-3		
Πλακάκι γκρι	-1	0	1	1		
Πλακάκι μπεζ	-1	0	1	1		
Αφρολέξ λευκό	-7	-8	-5	-2		
Αφρολέξ καφέ	0	2	1	3		
Μάρμαρο	-1	0	-1	2		
Ξύλο	1	2	2	4		
Νοβοπάν	0	0	1	1		
Μελαμίνη	-1	0	1	2		
Κεραμίδι	0	2	2	4		
Ασφαλτος	0	-1	1	3		
Βράχος	-1	0	1	2		
Γυαλί	-45	-52	-55	-36983		

Πίνακας 4.16: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 15m

Στα 15m, μόλις το 6% των μετρήσεων, με κύριο εκπρόσωπο το γυαλί, εμφανίζει αποτελέσματα εκτός των αποδεκτών ορίων.

4.4.5 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

$D(\text{μήκος με ανακλαστήρα}) = 49.997\text{m}$ $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$				
$\sigma_{\Delta D} = \pm 6\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει να ισχύει $-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$				
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$
	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$	$\Delta D \text{ (mm)}$
Kodak White	1	0	-1	-4
Kodak Gray	4	-1	-1	-6
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	1	-23	—	—
Τσιμέντο λευκό	0	2	-2	-12
Τσιμέντο γκρι	2	3	0	-1
Χαρτόνι γκρι	4	0	0	-2
Χαρτόνι μαύρο	-1	-1	-2	-8
Πλαστικό λευκό	1	-2	-4	-16
Πλαστικό κόκκινο	1	-4	-4	-21
Πλακάκι γκρι	0	2	0	-3
Πλακάκι μπεζ	-2	0	-2	-3
Αφρολέξ λευκό	-8	-8	-8	-7
Αφρολέξ καφέ	3	2	-1	0
Μάρμαρο	1	-1	-3	-10
Ξύλο	-2	0	-1	-4
Νοβοπάν	2	0	0	-2
Μελαμίνη	2	2	-1	-3
Κεραμίδι	1	1	1	-1
Άσφαλτος	3	2	0	-2
Βράχος	-1	3	1	0
Γυαλί	-41	-93	-251	-1779

Πίνακας 4.17: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 50m

Με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i, στην απόσταση των 50m, εμφανίζονται μη αποδεκτά αποτελέσματα μετρήσεων της τάξης του 12% για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 15.019m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$						
$\sigma_{\Delta D} = \pm 6\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White	1	2	4	6		
Kodak Gray	-1	2	5	7		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	4	-6	-64	-115		
Τσιμέντο λευκό	2	3	5	8		
Τσιμέντο γκρι	0	3	8	9		
Χαρτόνι γκρι	0	1	5	8		
Χαρτόνι μαύρο	-2	0	1	6		
Πλαστικό λευκό	-1	-2	0	-3		
Πλαστικό κόκκινο	-2	-2	0	-20		
Πλακάκι γκρι	0	1	5	7		
Πλακάκι μπεζ	1	0	4	7		
Αφρολέξ λευκό	-10	-9	-11	-5		
Αφρολέξ καφέ	1	3	5	12		
Μάρμαρο	0	0	1	3		
Ξύλο	1	3	5	9		
Νοβοπάν	2	2	5	9		
Μελαμίνη	0	4	5	7		
Κεραμίδι	0	5	6	11		
Ασφαλτος	0	5	6	10		
Βράχος	4	5	8	14		
Γυαλί	-42	-99	-303	-783		

Πίνακας 4.18: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εσωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 15m

Στα 15m, το 11% των αποτελεσμάτων βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων.

4.5 Έλεγχος αξιοπιστίας της μέτρησης στον εξωτερικό χώρο

Για την αξιολόγηση της ορθότητας των μετρήσεων δημιουργήθηκαν πίνακες που παρουσιάζουν τις διαφορές των μετρημένων μηκών απευθείας πάνω στα υλικά από το μήκος στον ανακλαστήρα για όλα τα υλικά και για τις 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης με όλους τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς.

Για κάθε όργανο και σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που δίνουν οι κατασκευαστές αυτών, ισχύουν οι ίδιες ακρίβειες όπως και στον εσωτερικό χώρο. Άρα τα επιτρεπόμενα διαστήματα για το ΔD είναι ίδια για το κάθε όργανο όπως προηγουμένως.

Με κόκκινο παρουσιάζονται οι αποκλίσεις οι οποίες δεν είναι αποδεκτές για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Όπου δεν ήταν δυνατή η πραγματοποίηση μέτρησης σημειώθηκε παύλα, όπου και θεωρείται ότι δεν είναι αποδεκτό αποτέλεσμα.

4.5.1 Με τον ΟΓΣ Leica TCR 405

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 49.536m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$						
$\sigma_{\Delta D} = \pm 3\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-6\text{mm} \leq \Delta D \leq 6\text{mm}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White	1	-1	-3	-9		
Kodak Gray	1	-1	-5	-14		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	2	1	—	—		
Τσιμέντο λευκό	0	-2	-6	-10		
Τσιμέντο γκρι	1	-2	-4	-10		
Χαρτόνι γκρι	1	-3	-6	-21		
Χαρτόνι μαύρο	1	—	—	-31		
Πλαστικό λευκό	-1	-5	-8	-13		
Πλαστικό κόκκινο	-3	-9	-15	-16		
Πλακάκι γκρι	0	-4	-6	-17		
Πλακάκι μπεζ	0	-4	-7	-12		
Αφρολέξ λευκό	-8	-9	-12	-19		
Αφρολέξ καφέ	1	-2	-4	-8		
Μάρμαρο	-1	-5	-6	-14		
Ξύλο	1	-2	-4	-10		
Νοβοπάν	1	-4	-8	-18		
Μελαμίνη	0	-3	-5	-20		
Κεραμίδι	1	-3	-5	-12		
Άσφαλτος	0	-5	-7	-18		
Βράχος	0	-3	-5	-10		
Γυαλί	-45	-38	—	-44		

Πίνακας 4.19: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 50m

Στην απόσταση των 50m, το 43% των μετρήσεων βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων. Στη γωνία των 60° κανένα αποτέλεσμα δεν θεωρείται αξιόπιστο και δεν πληροί την επιθυμητή ακρίβεια.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 204.354m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
σ _{ΔD} = ± 3mm, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει -6mm ≤ ΔD ≤6mm								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)
Kodak White		2		—		—		—
Kodak Gray		—		—		—		—
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		2		—		—		—
Τσιμέντο λευκό		-2		1		-4		—
Τσιμέντο γκρι		—		—		—		—
Χαρτόνι γκρι		3		—		—		—
Χαρτόνι μαύρο		—		—		—		—
Πλαστικό λευκό		0		-13		—		—
Πλαστικό κόκκινο		-1		—		—		—
Πλακάκι γκρι		-1		—		—		—
Πλακάκι μπεζ		-1		-2		—		—
Αφρολέξ λευκό		-6		-8		—		—
Αφρολέξ καφέ		—		—		—		—
Μάρμαρο		-1		1		—		—
Ξύλο		1		-3		—		—
Νοβοπάν		—		—		—		—
Μελαμίνη		0		-4		—		—
Κεραμίδι		—		—		—		—
Άσφαλτος		-2		—		—		—
Βράχος		—		—		—		—
Γυαλί		-43		—		—		—

Πίνακας 4.20: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCR 405 στα 200m

Σε πολλά υλικά δεν κατέστη δυνατή η μέτρηση του μήκους. Μόλις το 23% των αποτελεσμάτων βρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων και μάλιστα η πλειοψηφία αυτών πραγματοποιήθηκε στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στα υλικά.

4.5.2 Με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 49.534m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$						
$\sigma_{\Delta D} = \pm 2\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-4\text{mm} \leq \Delta D \leq 4\text{mm}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White	2	0	-3	-10		
Kodak Gray	2	0	-1	-9		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	2	5	—	-24		
Τσιμέντο λευκό	2	0	-2	-6		
Τσιμέντο γκρι	2	1	1	-1		
Χαρτόνι γκρι	3	0	0	-2		
Χαρτόνι μαύρο	4	5	0	-14		
Πλαστικό λευκό	0	-1	-2	-6		
Πλαστικό κόκκινο	-1	-3	-4	-6		
Πλακάκι γκρι	2	0	-2	-7		
Πλακάκι μπεζ	1	0	-1	-8		
Αφρολέξ λευκό	-5	-5	-5	-6		
Αφρολέξ καφέ	2	-2	-5	-15		
Μάρμαρο	0	-4	-7	-18		
Ξύλο	2	0	-4	-10		
Νοβοπάν	2	-2	-7	-18		
Μελαμίνη	2	-2	-5	-17		
Κεραμίδι	2	-3	-9	-24		
Άσφαλτος	2	-4	-9	-18		
Βράχος	2	-5	-8	-15		
Γυαλί	-43	-44	—	-43		

Πίνακας 4.21: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 50m

Στην πλειοψηφία των υλικών πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, όμως αρκετές από αυτές και συγκεκριμένα το 43% δεν είχε αποδεκτά αποτελέσματα για την επιθυμητή ακρίβεια. Με την αύξηση της γωνίας στροφής, αυξάνεται ο αριθμός των υλικών για τα οποία, οι μετρήσεις βρίσκονται εκτός των αποδεκτών ορίων.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 204.354m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
σ _{ΔD} = ± 2mm, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει -4mm ≤ ΔD ≤4mm								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)		ΔD (mm)
Kodak White		4		0		-11		-21
Kodak Gray		—		—		—		—
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		3		—		—		—
Τσιμέντο λευκό		4		-8		-17		—
Τσιμέντο γκρι		3		—		—		—
Χαρτόνι γκρι		6		—		—		—
Χαρτόνι μαύρο		—		—		—		—
Πλαστικό λευκό		2		-15		-44		—
Πλαστικό κόκκινο		2		-3		-5		—
Πλακάκι γκρι		7		-2		-3		—
Πλακάκι μπεζ		7		-5		-16		—
Αφρολέξ λευκό		-1		-16		-23		—
Αφρολέξ καφέ		—		—		—		—
Μάρμαρο		0		-11		-23		—
Ξύλο		4		-10		—		—
Νοβοπάν		10		—		—		—
Μελαμίνη		8		-6		-16		—
Κεραμίδι		-7		—		—		—
Άσφαλτος		3		0		—		—
Βράχος		5		—		—		—
Γυαλί		-41		—		—		—

Πίνακας 4.22: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 στα 200m

Στην απόσταση των 200m, από το συνολικό αριθμό των μετρήσεων που έπρεπε να πραγματοποιηθούν, δεν κατέστη δυνατή η μέτρηση στο 53% των περιπτώσεων. Στο 29% δεν ήταν αποδεκτά τα αποτελέσματα και μόλις στο 18% προέκυψαν αποτελέσματα που πληρούσαν την επιθυμητή ακρίβεια. Με την αύξηση της γωνίας στροφής, τα αποτελέσματα που προέκυπταν ήταν λιγότερα στον αριθμό και όχι αξιόπιστα.

4.5.3 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 49.537m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$					
$\sigma_{\Delta D} = \pm 6\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$					
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$	
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	
Kodak White	3	9	11	19	
Kodak Gray	7	10	12	20	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	6	10	16	12	
Τσιμέντο λευκό	3	7	5	7	
Τσιμέντο γκρι	3	5	7	7	
Χαρτόνι γκρι	6	5	5	7	
Χαρτόνι μαύρο	3	3	4	6	
Πλαστικό λευκό	3	3	3	4	
Πλαστικό κόκκινο	0	0	-1	4	
Πλακάκι γκρι	6	5	4	6	
Πλακάκι μπεζ	6	4	4	2	
Αφρολέξ λευκό	-4	-3	-4	1	
Αφρολέξ καφέ	4	5	5	6	
Μάρμαρο	2	4	3	7	
Ξύλο	4	3	4	7	
Νοβοπάν	5	6	6	6	
Μελαμίνη	6	5	3	5	
Κεραμίδι	6	4	2	-1	
Άσφαλτος	5	4	2	-4	
Βράχος	5	4	-1	-2	
Γυαλί	-43	-49	—	—	

Πίνακας 4.23: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 50m

Στα 50m, το 11% των μετρήσεων βρίσκεται εκτός των αποδεκτών ορίων.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 204.361m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
σ _{ΔD} = ± 6mm, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει -11mm ≤ ΔD ≤11mm								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (m)		ΔD (m)		ΔD (m)		ΔD (m)
Kodak White		9		14		10		8
Kodak Gray		6		5		6		12
Αυτοκόλλητος γαλιστερός στόχος		9		1		27		11
Τσιμέντο λευκό		-24		-2		3		-2
Τσιμέντο γκρι		-14		-1		0		0
Χαρτόνι γκρι		8		9		13		22
Χαρτόνι μαύρο		2		6		11		17
Πλαστικό λευκό		5		9		8		30
Πλαστικό κόκκινο		1		14		7		27
Πλακάκι γκρι		9		13		11		24
Πλακάκι μπεζ		7		10		12		27
Αφρολέξ λευκό		-2		5		9		-25
Αφρολέξ καφέ		4		-3		-13		-20
Μάρμαρο		-16		3		5		24
Ξύλο		-17		5		8		19
Νοβοπάν		8		5		8		21
Μελαμίνη		10		11		2		14
Κεραμίδι		-18		-1		2		2
Ασφαλτος		-21		7		4		8
Βράχος		-24		1		1		8
Γυαλί		-35		-29		-8		22

Πίνακας 4.24: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN στα 200m

Στην απόσταση των 200m, 36% των αποτελεσμάτων δεν είχαν την επιθυμητή ακρίβεια με την πλειοψηφία αυτών στη γωνία στροφής των 60°. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 68% των συνολικών μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν με τη λειτουργία LNP και όχι με τη λειτουργία NP.

4.5.4 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 53.917m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL, υλικού}}$						
$\sigma_{\Delta D} = \pm 4\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-7\text{mm} \leq \Delta D \leq 7\text{mm}$						
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$		
	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)		
Kodak White	4	-1	-5	-11		
Kodak Gray	7	-2	-4	-10		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	5	—	—	-26		
Τσιμέντο λευκό	3	-2	-5	-9		
Τσιμέντο γκρι	4	-1	-5	-11		
Χαρτόνι γκρι	5	-1	-3	-9		
Χαρτόνι μαύρο	4	-1	-6	-13		
Πλαστικό λευκό	2	-2	-6	-13		
Πλαστικό κόκκινο	1	-5	-11	-18		
Πλακάκι γκρι	4	-2	-6	-13		
Πλακάκι μπεζ	4	-3	-5	-12		
Αφρολέξ λευκό	0	-7	-11	-13		
Αφρολέξ καφέ	6	-1	-5	-13		
Μάρμαρο	2	-4	-8	-18		
Ξύλο	3	-1	-6	-13		
Νοβοπάν	5	-1	-5	-12		
Μελαμίνη	4	-1	-3	-9		
Κεραμίδι	6	-1	-5	-12		
Άσφαλτος	4	0	-6	-14		
Βράχος	5	-1	-4	-9		
Γυαλί	-41	-42	-6	—		

Πίνακας 4.25: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 50m

Στην απόσταση των 50m, 33% των μετρήσεων εμφάνισαν μη αποδεκτά αποτελέσματα για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Στη γωνία των 60° , κανένα αποτέλεσμα δε θεωρείται αξιόπιστο.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 200.966m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
σ _{ΔD} = ± 4mm, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει -7mm ≤ ΔD ≤7mm								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (m)		ΔD (m)		ΔD (m)		ΔD (m)
Kodak White		10		0		3		—
Kodak Gray		17		—		—		—
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		7		—		—		—
Τσιμέντο λευκό		-12		1		7		-7
Τσιμέντο γκρι		6		2		-2		—
Χαρτόνι γκρι		3		0		6		—
Χαρτόνι μαύρο		—		—		—		—
Πλαστικό λευκό		1		1		-3		—
Πλαστικό κόκκινο		3		1		5		—
Πλακάκι γκρι		5		7		9		—
Πλακάκι μπεζ		3		4		4		—
Αφρολέξ λευκό		-3		-2		-5		—
Αφρολέξ καφέ		-1		—		—		—
Μάρμαρο		-12		7		9		1
Ξύλο		0		7		15		—
Νοβοπάν		6		6		6		11
Μελαμίνη		6		14		2		0
Κεραμίδι		-3		—		—		—
Άσφαλτος		-5		-8		—		—
Βράχος		-13		-12		—		—
Γυαλί		-30		—		—		—

Πίνακας 4.26: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 3105N στα 200m

Στην απόσταση των 200m, από το συνολικό αριθμό των μετρήσεων που έπρεπε να πραγματοποιηθούν, δεν κατέστη δυνατή η μέτρηση στο 38% των περιπτώσεων. Στο 16% δεν ήταν αποδεκτά τα αποτελέσματα και στο 46% προέκυψαν αποτελέσματα εντός των αποδεκτών ορίων. Με την αύξηση της γωνίας στροφής, τα αποτελέσματα που προέκυπταν ήταν λιγότερα στον αριθμό, αλλά και στην αξιοπιστία.

4.5.5 Με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 49.540m $\Delta D = D_{\text{ανακλαστήρα}} - D_{\text{RL,υλικού}}$					
$\sigma_{\Delta D} = \pm 5\text{mm}$, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει $-11\text{mm} \leq \Delta D \leq 11\text{mm}$					
Υλικό	$\theta=90^\circ$	$\theta=30^\circ$	$\theta=45^\circ$	$\theta=60^\circ$	
	ΔD (m)	ΔD (m)	ΔD (m)	ΔD (m)	
Kodak White	8	9	10	14	
Kodak Gray	11	10	11	14	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	11	13	—	—	
Τσιμέντο λευκό	7	10	13	17	
Τσιμέντο γκρι	3	7	12	15	
Χαρτόνι γκρι	9	11	11	16	
Χαρτόνι μαύρο	7	9	11	16	
Πλαστικό λευκό	5	7	9	11	
Πλαστικό κόκκινο	5	4	6	9	
Πλακάκι γκρι	8	7	7	10	
Πλακάκι μπεζ	5	7	9	11	
Αφρολέξ λευκό	-2	-1	2	8	
Αφρολέξ καφέ	3	5	7	8	
Μάρμαρο	4	8	9	16	
Ξύλο	8	9	11	14	
Νοβοπάν	8	10	10	15	
Μελαμίνη	4	8	10	14	
Κεραμίδι	5	8	11	15	
Άσφαλτος	2	11	11	15	
Βράχος	8	7	10	15	
Γυαλί	-42	-47	-59	—	

Πίνακας 4.27: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003i στα 50m

Με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i, στην απόσταση των 50m, το 74% των αποτελεσμάτων ήταν εντός των αποδεκτών ορίων. Τα περισσότερα προβλήματα όσον αφορά την αξιοπιστία των μετρήσεων εντοπίζονται στη γωνία των 60°. Οι μη αποδεκτές αποκλίσεις στον εξωτερικό χώρο είναι περισσότερες συγκριτικά με τον εσωτερικό χώρο στην αντίστοιχη απόσταση.

D(μήκος με ανακλαστήρα) = 204.359m ΔD = D _{ανακλαστήρα} - D _{RL,υλικού}								
σ _{ΔD} = ± 6mm, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% πρέπει -11mm ≤ ΔD ≤11mm								
Υλικό		θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°
		ΔD (m)		ΔD (m)		ΔD (m)		ΔD (m)
Kodak White		10		11		14		—
Kodak Gray		—		—		—		—
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		10		—		—		—
Τσιμέντο λευκό		-20		2		—		—
Τσιμέντο γκρι		-7		—		—		—
Χαρτόνι γκρι		7		8		—		—
Χαρτόνι μαύρο		—		—		—		—
Πλαστικό λευκό		7		6		3		—
Πλαστικό κόκκινο		7		-4		—		—
Πλακάκι γκρι		9		0		3		—
Πλακάκι μπεζ		6		3		—		—
Αφρολέξ λευκό		3		—		—		—
Αφρολέξ καφέ		—		—		—		—
Μάρμαρο		-13		—		—		—
Ξύλο		-11		4		—		—
Νοβοπάν		—		—		—		—
Μελαμίνη		12		6		7		—
Κεραμίδι		-10		—		—		—
Άσφαλτος		-23		—		—		—
Βράχος		-10		—		—		—
Γυαλί		-32		—		—		—

Πίνακας 4.28: Αξιολόγηση μετρήσεων μήκους στον εξωτερικό χώρο με τον ΟΓΣ Topcon GPT 7003ί στα 200m

Στην απόσταση των 200m, στον εξωτερικό χώρο δεν πραγματοποιήθηκαν πολλές μετρήσεις και από αυτές που έγιναν, σημαντικό ποσοστό (25%) βρίσκονταν εκτός των αποδεκτών ορίων. Ειδικότερα στη γωνία των 60° δεν ήταν δυνατή η μέτρηση κανενός υλικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Γενικά

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τη διερεύνηση και την αξιολόγηση της ορθότητας των αποτελεσμάτων της μέτρησης του μήκους και του ποσοστού της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας που πραγματοποιούνται με τη χρήση της reflectorless λειτουργίας, δηλαδή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 5 ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί, οι οποίοι πραγματοποίησαν μετρήσεις πάνω σε 21 υλικά, σε 4 διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης και σε δύο διαφορετικές αποστάσεις σε εσωτερικό και σε εξωτερικό χώρο.

Με βάση τις μετρήσεις που έγιναν στο πεδίο, έγινε εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων και προτάσεων.

- Η μέτρηση χωρίς ανακλαστήρα είναι ιδιαίτερα επισφαλής γιατί επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες και μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις και υπό ορισμένες προϋποθέσεις η μέτρηση γίνεται με την ονομαστική ακρίβεια και το ονομαστικό βεληνεκές του οργάνου που χρησιμοποιείται.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το βεληνεκές του οργάνου από το μήκος που μετράται τόσο πιο αξιόπιστη είναι η μέτρηση. Μια εκτίμηση του ασφαλούς βεληνεκούς είναι δυσχερής. Από την πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε σε αυτή την εργασία διαπιστώθηκε ότι συνήθως απαιτείται υπερδιπλάσιο βεληνεκές οργάνου σε σχέση με την απόσταση που χρειάζεται να μετρηθεί όταν η διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας είναι κάθετη στην επιφάνεια του υλικού, ενώ απαιτείται ακόμα μεγαλύτερο βεληνεκές οργάνου (για απόσταση της ίδιας τάξης μεγέθους) όταν η διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας αποκλίνει αρκετά από την κάθετη, έτσι ώστε να προκύψει αξιόπιστο αποτέλεσμα, το οποίο θα πληροί την ονομαστική ακρίβεια για την πλειοψηφία των υλικών που συναντά ο τοπογράφος μηχανικός στις εργασίες του.
- Η γωνία πρόσπτωσης της δέσμης laser είναι η πιο καθοριστική παράμετρος για την ορθότητα μέτρησης ενός μήκους.
- Η μέτρηση ενός μήκους δεν είναι πάντοτε ορθή και φυσικά ούτε αποδεκτή σύμφωνα με την ονομαστική ακρίβεια του οργάνου, άρα όχι αξιόπιστη. Είναι λοιπόν προτιμότερο το όργανο να μη δίνει μέτρηση παρά να δίνει λανθασμένη.

- Σε μικρές αποστάσεις της τάξης των 15m, τα όργανα δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα (ορθά και ακριβή σύμφωνα με την ονομαστική ακρίβεια τους στη μέτρηση του μήκους).
- Σε αποστάσεις της τάξης των 50m, καθοριστικό ρόλο παίζει η γωνία πρόσπτωσης. Όσο αυτή μεγαλώνει, οι μετρήσεις δεν είναι αξιόπιστες.
- Στα 50m σε κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στα υλικά, σχεδόν όλα τα υλικά και όργανα δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Στην απόσταση των 200m τα περισσότερα υλικά δεν μετρούνται εάν η γωνία πρόσπτωσης δεν είναι κάθετη στην επιφάνεια τους και αν ακόμη μετρηθούν, η μέτρηση είναι λανθασμένη.
- Στα 200m που είναι ένα μήκος μικρότερο από το βεληνεκές όλων των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν, αυτά δεν μέτρησαν αξιόπιστα ούτε στην Kodak White Card.
- Το γυαλί παρουσιάζει μια ιδιαίτερη συμπεριφορά . Επειδή σχεδόν πάντα διαπερνάται, έχει ως άμεσο επακόλουθο να γίνεται στόχευση στο υλικό το οποίο βρίσκεται πίσω από το γυαλί και είναι στην ίδια ευθεία με το σκοπευτικό άξονα του οργάνου. Για αυτό το λόγο, το μήκος που μετράται μερικές φορές είναι πολύ μεγαλύτερο από το πραγματικό. Επομένως και η επιστροφή της ακτινοβολίας εξαρτάται από το υλικό που είναι πίσω από το γυαλί. Άρα, καμία μέτρηση πάνω σε αυτό δεν είναι αξιόπιστη. Δεν πρέπει να γίνονται μετρήσεις σε γυάλινες επιφάνειες χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.

Επιπλέον, επιμέρους συμπεράσματα εξήχθησαν ως προς:

- το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας
- το φωτισμό του χώρου
- την ορθότητα της μέτρησης
- τη διασπορά των μετρήσεων με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i και
- τη γωνία πρόσπτωσης

5.1.1 Η επιστρεφόμενη ακτινοβολία

- Το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας δεν εξασφαλίζει πάντοτε αξιόπιστη μέτρηση.
Αν είναι υψηλό, τότε πραγματοποιείται η μέτρηση του μήκους. Στην κάθετη διεύθυνση πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στην επιφάνεια του υλικού, υψηλό ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας συνεπάγεται αξιόπιστη μέτρηση του μήκους. Όσο

όμως αυξάνεται η γωνία πρόσπτωσης, παρατηρείται ότι ακόμα και σε υψηλό ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας ενδέχεται η μέτρηση του μήκους να βρίσκεται εκτός των αποδεκτών ορίων για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Όταν το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι χαμηλό συνήθως δεν πραγματοποιείται μέτρηση μήκους.

- Σε γωνία πρόσπτωσης κάθετη στην επιφάνεια του υλικού, τα ποσοστά της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας είναι πιο υψηλά από ότι στις υπόλοιπες γωνίες πρόσπτωσης.
- Όσο περισσότερο στρέφεται το υλικό και μεγαλώνει η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας, τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας.
- Στις μικρές αποστάσεις η επιστρεφόμενη ακτινοβολία έχει υψηλότερη τιμή από ότι στις μεγαλύτερες αποστάσεις.
- Στο τούνελ, όπου οι συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης και φωτισμού είναι σταθερές η επιστρεφόμενη ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο για την ίδια απόσταση με τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς της εταιρείας Leica. Αυτό συμβαίνει επειδή στο ύπαιθρο επηρεάζεται η ακτινοβολία από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που μεταβάλλονται.
- Τα όργανα Topcon παρουσιάζουν σταθερά υψηλά ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για την απόσταση των 15m και των 50m στον εσωτερικό χώρο και για την απόσταση των 50m στον εξωτερικό χώρο.
- Στον εσωτερικό χώρο (τούνελ) στην απόσταση των 50m, η τιμή της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας για τους γεωδαιτικούς σταθμούς Topcon είναι 100% για όλα τα υλικά εκτός από τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο και το γυαλί, τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερη συμπεριφορά.
- Τα όργανα Leica που χρησιμοποιήθηκαν εκδηλώνουν χαμηλότερα ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας σε σχέση με τα όργανα Topcon για τα αντίστοιχα υλικά στις αντίστοιχες γωνίες πρόσπτωσης.
- Στην απόσταση των 200m, οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί Topcon παρουσιάζουν για την πλειοψηφία των υλικών μεγαλύτερα ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας σε σχέση με τις αντίστοιχες μετρήσεις με τα όργανα Leica.
- Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στη μεγάλη απόσταση (200m) σε κάποιες γωνίες κάποιων υλικών δεν ήταν ικανοποιητικά είτε γιατί το όργανο δεν μπορούσε να μετρήσει καθόλου, είτε γιατί η επιστρεφόμενη ακτινοβολία ήταν πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αξιολογηθεί με σωστό τρόπο.

- Στην απόσταση των 50m στον εξωτερικό χώρο, με τους ΟΓΣ Leica προέκυψαν ικανοποιητικά αποτελέσματα επιστρεφόμενης ακτινοβολίας σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης για όλα τα υλικά με εξαίρεση:
 - τον αυτοκόλλητο γυαλιστερό στόχο (στη στροφή των 30°, 45° και 60°)
 - το μαύρο χαρτόνι (σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης) και
 - το γυαλί (στη στροφή των 30°, 45° και 60°).
- Οι ανοιχτόχρωμοι στόχοι ανακλούν περισσότερη ακτινοβολία από ότι οι αντίστοιχοι σκουρόχρωμοι στην ίδια απόσταση.
 - Το λευκό τσιμέντο εμφανίζει μεγαλύτερο ποσοστό επιστρεφόμενης ακτινοβολίας σε σύγκριση με το γκρι τσιμέντο.
 - Το ίδιο ισχύει και για:
 - ο Το γκρι σε σχέση με το μαύρο χαρτόνι
 - ο Το λευκό σε σχέση με το κόκκινο πλαστικό
 - ο Το μπεζ σε σχέση με το γκρι πλακάκι
 - ο Το λευκό σε σχέση με το καφέ αφρολέξ
 - ο Τη μελαμίνη σε σχέση με το νοβοπάν

Διαπιστώνεται ότι όσο η απόσταση μεγαλώνει, εντείνεται το παραπάνω φαινόμενο. Δεν αναφέρθηκε η τάξη του ποσοστού της διαφοράς, γιατί με την αλλαγή της γωνίας, αυτό μεταβάλλεται από λίγες μονάδες έως αρκετές δεκάδες ποσοστιαίων μονάδων.
- Οι λείες επιφάνειες ανακλούν μεγαλύτερο ποσοστό ακτινοβολίας σε σχέση με τις τραχείες, όπως η άσφαλτος και ο βράχος. Επιπλέον και τα μετρούμενα μήκη είναι διαφορετικά σε αυτές τις περιπτώσεις.

5.1.2 Η επίδραση του φωτισμού του χώρου

- Ο φωτισμός του χώρου έχει μικρή επίδραση στη μέτρηση του μήκους.
- Οι μετρήσεις που έγιναν στον εσωτερικό χώρο στην απόσταση των 50m με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201 χωρίς φωτισμό έδωσαν υψηλότερα ποσοστά επιστρεφόμενης ακτινοβολίας σε σχέση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν με το ίδιο όργανο, στην ίδια απόσταση, αλλά με τεχνητό φωτισμό.
- Με τον ΟΓΣ Leica TCRM 1201, στην απόσταση των 50m στον εσωτερικό χώρο, χωρίς φωτισμό το 82% των αποτελεσμάτων ήταν εντός του αποδεκτού ορίου για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ενώ με τεχνητό φωτισμό το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 79%.

5.1.3 Η ορθότητα της μέτρησης

- Όσο αποκλίνει το υλικό από την κάθετη γωνία πρόσπτωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα.
- Όσο μεγαλώνουν οι αποστάσεις, τόσο μικραίνει το ποσοστό των αποδεκτών μετρήσεων για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- Στον εσωτερικό χώρο, οι αποδεκτές μετρήσεις είναι περισσότερες από ότι στον εξωτερικό χώρο για την ίδια απόσταση (50m).
- Στον εξωτερικό χώρο, στην απόσταση των 200m, χαμηλά ποσοστά μετρήσεων βρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων:
 - Για το όργανο Leica TCR 405: 23%
 - Για το όργανο Leica TCRM 1201: 18%
 - Για το όργανο Topcon GPT 3105N: 46%
 - Για το όργανο Topcon GPT 7003i: 28%
 - Για το όργανο Topcon GPT 3003LN: 20% με τη λειτουργία NP ενώ με τη λειτουργία LNP το ποσοστό των αποδεκτών αποτελεσμάτων είναι 64% και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όπου δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέτρηση με τη λειτουργία NP (που έχει εμβέλεια 250m), χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία LNP, η οποία έχει βεληνεκές 1200m και άρα ισχυρότερη ακτινοβολία.
- Ο αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος λόγω κάποιων ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών που έχει, αρκετές φορές δεν μπορούσε να πραγματοποιήσει μέτρηση στις 45° και στις 60° ακόμα και στις μικρές αποστάσεις, ενώ ακόμα και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν πολλές φορές εκτός των αποδεκτών ορίων. Επομένως καλό θα ήταν να μην χρησιμοποιείται το συγκεκριμένο υλικό σε γεωδαιτικές εργασίες.
- Το λευκό αφρολέξ παρουσιάζει συστηματικά μεγάλη απόκλιση του μήκους τέτοιας τάξης ώστε η τιμή του μήκους που προκύπτει να βρίσκεται εκτός των αποδεκτών ορίων. Αυτό συμβαίνει σε όλες τις κατηγορίες οργάνων και των δύο εταιρειών και σε όλες τις αποστάσεις και πιθανόν να οφείλεται σε πολλαπλές ανακλάσεις μέσα στο ίδιο το υλικό.

5.1.4 Η διασπορά των μετρήσεων με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i

- Με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i, οι μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο χαρακτηρίζονται από μικρή διασπορά, αφού οι τιμές των μετρήσεων για το ίδιο υλικό στην ίδια γωνία πρόσπτωσης και στις δύο αποστάσεις

παρουσιάζουν μικρό εύρος διακύμανσης από 0mm έως 5mm. Εξαίρεση αποτελούν:

- το κόκκινο πλαστικό στη γωνία πρόσπτωσης των 60°, στην απόσταση των 15m στον εσωτερικό χώρο
 - ο Μέση τιμή μήκους: 15.039m
 - ο 1^η μέτρηση: 15.043m (+4mm από τη μέση τιμή)
 - ο 2^η μέτρηση: 15.044m (+5mm από τη μέση τιμή)
 - ο 3^η μέτρηση: 15.044m (+5mm από τη μέση τιμή)
 - ο 4^η μέτρηση: 15.045m (+6mm από τη μέση τιμή)
 - ο 5^η μέτρηση: 15.021m (-18mm από τη μέση τιμή)
 - και το γυαλί
- Στον εξωτερικό χώρο το εύρος διακύμανσης των μετρήσεων είναι από 1mm έως 9mm στα 50m και από 1mm έως 7mm στα 200m για το ίδιο υλικό στην ίδια γωνία πρόσπτωσης και στις δύο αποστάσεις όπου έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις.
 - Στον εσωτερικό χώρο το εύρος διακύμανσης είναι από 0mm έως 5mm, ενώ στον εξωτερικό χώρο από 1mm έως 9mm για την ίδια απόσταση (50m).
 - Η διακύμανση στον εξωτερικό χώρο είναι σχεδόν διπλάσια από τον εσωτερικό για την ίδια απόσταση.
 - Σε εσωτερικό χώρο, στην απόσταση των 50m το 48% των αποτελεσμάτων και στα 15m το 81% των αποτελεσμάτων έχει διασπορά έως και 2mm ($\leq 2\text{mm}$).
 - Σε εξωτερικό χώρο, στην απόσταση των 50m το 29% των αποτελεσμάτων και στα 200m 0% των αποτελεσμάτων έχει διασπορά έως και 2mm ($\leq 2\text{mm}$).

5.1.5 Η γωνία πρόσπτωσης

- Όσο μεγαλώνει η γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στην επιφάνεια του υλικού τόσο περισσότερο το μετρούμενο μήκος αποκλίνει από το μετρημένο μήκος στον ανακλαστήρα.

5.2 Προτάσεις

Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας και τους προβληματισμούς που γεννήθηκαν στο πεδίο συμπεραίνεται ότι θα ήταν χρήσιμο:

- Να δίνουν οι κατασκευαστές για κάθε όργανο που μετρά χωρίς ανακλαστήρα βεληνεκές και ακρίβεια της μέτρησης:
 - ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης

- ανάλογα με το υλικό, το χρώμα και την επιφάνεια
- για διάφορα υλικά που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή πράξη εκτός από Kodak White και Kodak Gray Card.

Έτσι οι χρήστες θα ενημερώνονται σωστά για το όργανο που χρησιμοποιούν.

- Να αναφέρεται ποια υλικά έχουν συμπεριληφθεί στο πείραμα για τον υπολογισμό του σφάλματος που αναγράφεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά των ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών όταν γίνεται μέτρηση χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.
- Να γίνουν πειράματα κατά τα οποία τα υλικά να στρέφονται γύρω από έναν οριζόντιο άξονα, ο οποίος θα είναι κάθετος στη σκοπευτική γραμμή του οργάνου.
- Να γίνουν πειράματα και σε άλλα καθημερινής χρήσης υλικά, όπως: σίδερο, αλουμίνιο, πέτρα, χρώμα και πετρώματα διαφορετικής σύστασης.

5.3 Χρονοδιάγραμμα εργασιών

Ο χρόνος των εργασιών είναι ένας παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο και σε πολλές εργασίες συνδέεται άμεσα με το κόστος, αφού όσο περισσότερο παραμένει ένα συνεργείο στο πεδίο, τόσο μεγαλύτερο κόστος έχει μια εργασία. Στο χρόνο αυτής της διπλωματικής εργασίας υπολογίζονται οι εργασίες πεδίου (στο τούνελ και στο ύπαιθρο), η επεξεργασία των μετρήσεων, η σχεδίαση διαγραμμάτων, η παρουσίαση αυτών και η συγγραφή του τεύχους.

Ακολουθεί μια πλήρης ανάλυση του χρόνου που χρειάστηκε κάθε όργανο να μετρήσει τα υλικά σε κάθε απόσταση.

Στο τούνελ, όπου τα βάρη είναι κατασκευασμένα δεν χρειαζόταν να τοποθετηθούν στάσεις, σε αντίθεση με το ύπαιθρο, όπου καταναλώθηκε μία ώρα για να σχεδιαστούν και να τοποθετηθούν οι στάσεις στο έδαφος.

Παρακάτω, αναλύονται οι ακριβείς χρόνοι και ο αριθμός των ατόμων που μετρούσαν με το κάθε όργανο στο τούνελ.

- ❖ Leica TCR 405 (50m) (πρώτη φορά) → 3,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Leica TCRM 1201 (50m, ανοιχτά φώτα) (πρώτη φορά) → 3,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Leica TCR 405 (50m) (δεύτερη φορά) → 4 ώρες, συνεργείο: 1 άτομο
- ❖ Leica TCRM 1201 (50m, ανοιχτά φώτα) (δεύτερη φορά) → 4 ώρες, συνεργείο: 1 άτομο
- ❖ Leica TCR 405 (15m) → 2,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα

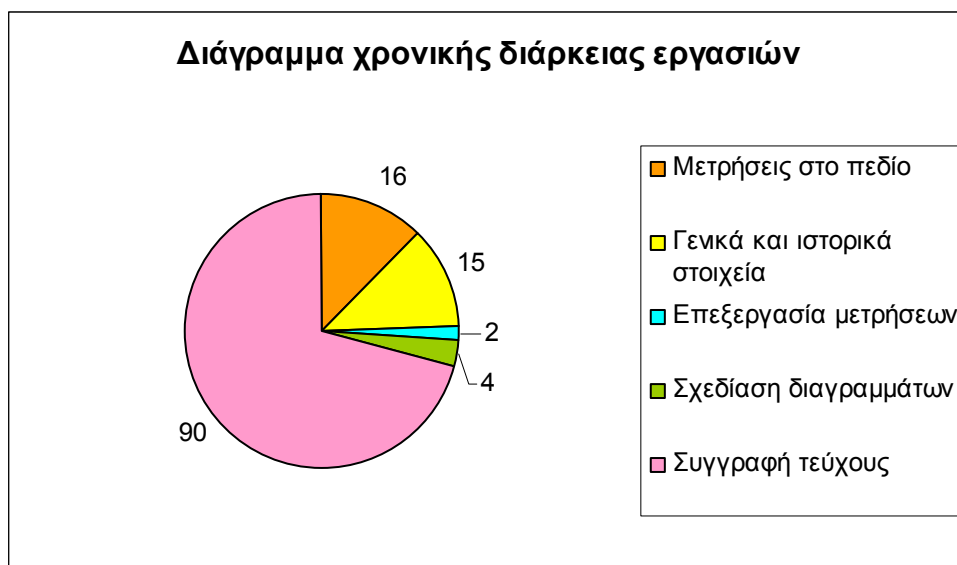
- ❖ Leica TCRM 1201 (15m) → 3,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Leica TCRM 1201 (50m, σβηστά φώτα) → 2,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 3003LN (50m) → 3,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 3003LN (15m) → 2 ώρες, συνεργείο: 1 άτομο
- ❖ Topcon GPT 3105N (50m) → 3 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 3105N (15m) → 2,5 ώρες, συνεργείο: 1 άτομο
- ❖ Topcon GPT 7003i (50m) → 3,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 7003i (15m) → 3,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα

Στο ύπαιθρο, οι χρόνοι καθώς και ο αριθμός των ατόμων των συνεργείων είναι οι ακόλουθοι:

- ❖ Leica TCR 405 (50m) → 3 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Leica TCRM 1201 (50m) → 3 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Leica TCR 405 (200m) → 6 ώρες, συνεργείο: 1 άτομο
- ❖ Leica TCRM 1201 (200m) → 3 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 3003LN (50m) → 2 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 3003LN (200m) → 1,5 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 3105N (50m) → 2 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 3105N (200m) → 4 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 7003i (50m) → 3 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα
- ❖ Topcon GPT 7003i (200m) → 4 ώρες, συνεργείο: 2 άτομα

Οι μετρήσεις που έγιναν στον εσωτερικό και στον εξωτερικό χώρο είχαν διάρκεια 16 ημέρες (που ισοδυναμούν με 127.5 ανθρωποώρες). Η αναζήτηση και η εύρεση στοιχείων για το πρώτο κεφάλαιο, το οποίο περιέχει γενικά και ιστορικά στοιχεία κράτησε 15 ημέρες. Η επεξεργασία των μετρήσεων και η σχεδίαση των διαγραμμάτων διήρκεσαν 6 ημέρες και η παρουσίαση των διαγραμμάτων μαζί με τη συγγραφή του τεύχους 90 ημέρες.

Ο συνολικός χρόνος εκπόνησης της εργασίας ήταν 127 ημέρες που ισοδυναμούν με 1015,5 ανθρωποώρες. Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η αναλογία των εργασιών.



Σχήμα 5. 1: Χρονική διάρκεια εργασιών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Jenkins F., White H., Fundamentals of Optics, McGraw-Hill, 1981, pp 523-525
2. Kavanagh B. F., Surveying: principles and applications, Pearson Prentice Hall, 2006, pp 26-27; 51; 64-65
3. Μαυράκης Σ., Διερεύνηση της αξιοπιστίας μέτρησης μηκών χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα με τους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς, 2008, σελ. 1-5, 9-10
4. Μπαλοδήμος Δ. Δ., Σταθάς Δ., Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης γωνιών και μηκών, ΕΜΠ, 1993, σελ. 92, 108-114
5. Μπαλοδήμος Δ. Δ. κ.α., Η εξέλιξη των επίγειων συμβατικών γεωδαιτικών οργάνων τον 20^ο αιώνα στην Ελλάδα, ΕΜΠ, 2005
6. McCormac J., Surveying, Prentice Hall, 1995, pp 233-234
7. Rüeger J. M., Electronic Distance Measurement: An Introduction, Springer, 1996, pp 3-4; 11-17; 48
8. Ρωσσικόπουλος Δ., Τοπογραφικά δίκτυα και υπολογισμοί, Εκδόσεις Ζήτη, 1992, σελ. 153-154
9. Schofield W., Engineering Surveying, Butterworth Heinemann, 1998, pp 142-145

Διευθύνσεις στο διαδίκτυο

- www.sciencebuddies.org

Manuals Γεωδαιτικών Σταθμών

- Leica TPS 1200+ User Manual
- Leica TPS 400 Series Εγχειρίδιο χρήσης
- Topcon GPT-7000i Instruction manual
- Topcon GPT-3100N Instruction manual
- Topcon GPT-3000LN Instruction manual

ABSTRACT

EVALUATION OF THE DISTANCE MEASUREMENT AND THE REFLECTED RADIATION PERCENTAGE BY USING REFLECTORLESS TOTAL STATIONS

A few decades ago, the process of angle and distance measurement was time-consuming and it required a big team of individuals (persons), strong efforts and the result was not the desirable.

However, the rapid technology development in a lot of sectors and especially in the topography, where many problems of Rural and Surveying Engineer are solved with the new total stations regarding to the time and the precision. The reflectorless total station is one of these developments.

This diploma thesis deals with the investigation and the evaluation of reliability of the results of the distance measurement and the percentage of the returned radiation by using the reflectorless operation of total stations, namely without using a reflector.

For this aim, 5 total stations (Leica TCR 405, Leica TCRM 1201, Topcon GPT 3003LN, Topcon GPT 3105N, Topcon GPT 7003i) were used, measurements on 21 materials, in 4 different angles of incidence of the laser beam and in two different distances, indoors and outdoors respectively were carried out.

The materials that have been used are:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| • Kodak White Card (90%) | • Kodak Gray Card (18%) |
| • Self-adhesive glossy target | • White cement |
| • Gray cement | • Grey cardboard |
| • Black cardboard | • White plastic |
| • Red plastic | • Grey floor tile |
| • Beige(flesh-coloured) floor tile | • Brown foam |
| • White foam | • Marble |
| • Wood | • Particle board |
| • Melamine | • Roof tile |
| • Asphalt | • Rock |
| • Glass | |

These experiments took place, indoors, in a laboratory room at the School of Rural and Surveying Engineering, which is used for metrological processes. Indoors, the distances were about 50m and 15m.

Outdoors, the distances were about 50m and 200m, close to each instrument's range.

During the experiments, each instrument measured every different material one time in four different angles of incidence of the laser beam, perpendicular to the sighting direction and at 30°, 45° and 60° angle in relation to the previous direction (figure 2.1). Also, the percentage of the reflected radiation was measured.

This process followed for all the total stations, except the Topcon GPT 7003i, which measured on every different material five times in all different angles in order to estimate the precision of the measurements.

The conclusions of these experiments are presented below.

General conclusions

- The distance measurements without a reflector are particularly precarious. They are influenced by various factors and only in certain cases and under certain circumstances the measurement agrees with the nominal accuracy and the nominal range of the instrument that is used.
- The bigger the range of the instrument is than the length to be measured, the more accurate the measurement is. Usually the range required is over twice the distance that needs to be measured when the laser beam is perpendicular to the surface of the material. Bigger range is required when the laser beam deviates from the previous position, in order the result to be according to the nominal accuracy for the majority of the materials that the Surveying Engineer meets in his field work.
- The angle of incidence of the laser beam is the most important parameter which influence the credibility of the reflectorless distance measurement.
- The distance measurement is not always correct and consequently not acceptable according to the nominal accuracy of the instrument. Hence it is not reliable. Therefore, it is preferable for an instrument not to measure at all than to provide wrong measurements.
- In small distances, such as 15m, the total stations measure correct and precise according to their nominal precision.
- In bigger distances such as 50m, the angle of incidence of the laser beam is decisive. The bigger the angle is, the less reliable the measurements are.
- At the distance of 50m, in the angle of incidence of the laser beam perpendicular to the sighting direction all the total stations provide reliable measurements for almost all the materials.

- At the distance of 200m, when the angle of incidence deviates from the previous direction, the total stations do not measure to many materials and even for the materials that they provide measurements, they are usually wrong.
- At the distance of 200m, which is close to the range of the total stations used, they did not measure reliably nor in the Kodak White Card.
- The glass has an odd behaviour. Since it is transparent, the laser beam aims to the material which is behind the glass and the length measured is over-estimated.

The effect of the percentage of the reflected radiation

- The percentage of the returned radiation does not always ensure reliable measurement.
If the percentage is high, then the distance measurement is carried out. At the perpendicular angle of incidence of the laser beam to the surface material, a high percentage of the returned radiation ensures reliable distance measurements. However, as the angle deviates from the previous direction, it is observed that even if the percentage of the returned radiation is high, the measurement may not be acceptable for confidence level 95%. When the percentage is low, the measurement usually cannot be carried out.
- The bigger the angle of turn of the material is, the lower is the percentage of returned radiation.
- In small distances the returned radiation is higher than in bigger distances.
- In the tunnel, where the conditions of temperature, humidity, pressure and lighting are steady, the returned radiation is higher than outside for the same distance with the Leica total stations. This happens because in the field the total stations and consequently the measurements are influenced by the environmental conditions that are altered.
- The Topcon instruments present steadily high percentage of the returned radiation for the distance of 15m and 50m indoors and for the distance of 50m outdoors.
- Indoors (tunnel) at the distance of 50m, the percentage of the returned radiation for the Topcon total stations is 100% for all the materials apart from the self-adhesive glossy target and the glass, which have odd behaviour.
- The Leica instruments express lower rates of returned radiation than the Topcon instruments for the same materials in the same angle.

- At the long distance (200m) in the angle of 60° the results of certain materials was not satisfactory because the total stations could not measure by no means, due to the small percentage of the returned radiation. Thus the result cannot be properly evaluated.
- At the distance of 50m outdoors, using the Leica total stations the percentage of the reflected radiation were satisfactory in all the angles for all the materials except for:
 - the self-adhesive glossy target
 - the black cardboard and
 - the glass
- Light coloured objects reflect more radiation than dark coloured ones in the same distance. As the distance grows, this phenomenon is intensified.
- Smooth surfaces reflect more radiation than the uneven, such as the asphalt and the rock.

The effect of lighting of the room

- The lighting of the room has small effect on the distance measurement.
- In the dark, the percentage of the returned radiation is higher than with artificial lighting, using the total station Leica TCRM 1201 indoors at the distance of 50m.
- Using the total station Leica TCRM 1201, at the distance of 50m indoors, without lighting, the 82% of the results were acceptable for confidence level 95%, while with artificial lighting the corresponding percentage was 79%.

The reliability of the distance measurement

- The more the material deviates from the perpendicular position to the laser beam, the bigger is the divergence of the measured distance on the reflector.
- The bigger the distances are, the smaller the percentage of acceptable measurements for confidence level 95% becomes.
- Indoors, at the same distance (50m), the acceptable measurements for the desirable precision are more than outdoors.
- Outdoors, at the distance of 200m, low percentages of measurements are acceptable.

For the total station Leica TCR 405: 23%

For the total station Leica TCRM 1201: 18%

For the total station GPT 3105N: 46%

For the total station GPT 7003i: 28%

For the total station Topcon GPT 3003LN, the percentage of acceptable results is 64% due to the use of the operation LNP (that has range up to 1200m), instead of the operation NP, which has a range up to 250m and hence less powerful radiation. Using the operation NP, only 20% of the results are acceptable.

- Sometimes, the total stations could not measure on the self-adhesive glossy target due to its peculiar characteristics, at the 45° and the 60° angle, even in small distances. Even when the measurements were carried out, they were not acceptable. Consequently the self-adhesive glossy target should not be used in surveying works.
- Using the white foam, the distance is overestimated. This happens in all the categories of instruments in all distances perhaps due to multiple reflections inside the material itself.

The precision of the measurements

- The measurements carried out by using the total station Topcon GPT 7003i, are characterised by stability, since the measurements to the same material at the same distance have divergences up to 5mm, except for the red plastic and the glass.
- Outdoors, the measurements vary from 1mm to 9mm at the distance of 50m and from 1mm to 7mm at the distance of 200m for the same material at the same angle.
- Indoors, the measurements vary from 0mm to 5mm whereas outdoors they vary from 1mm to 9mm at the same distance of 50m. The fluctuation outdoors is nearly double than indoors for the same distance.
- Indoors, in the distance of 50m, the 48% of the measurements and in the 15m the 81% of the measurements has a dispersion up to 2mm (≤ 2 mm).
- Outdoors, in the distance of 50m, the 29% of the measurements and in the 200m the 0% of the measurements has a dispersion up to 2mm (≤ 2 mm).

Angle of incidence

- The bigger the angle of incidence of the laser beam is, the less accurate the distance measurement is.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.997m)									
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°		
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	
Kodak White	76	50.000	99	50.002	73	50.004	51	50.007	
Kodak Gray	32	50.000	22	50.003	18	50.003	14	50.004	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	75	49.996	21	49.997	6	49.999	2	50.005	
Τσιμέντο λευκό	73	49.999	67	50.001	93	50.003	72	50.005	
Τσιμέντο γκρι	76	50.000	65	50.001	60	50.002	53	50.004	
Χαρτόνι γκρι	88	49.999	74	49.999	58	50.001	45	50.002	
Χαρτόνι μαύρο	10	49.998	4	50.000	2	50.002	1	50.004	
Πλαστικό λευκό	72	50.000	66	50.002	99	50.003	81	50.004	
Πλαστικό κόκκινο	74	50.000	88	50.004	76	50.005	70	50.005	
Πλακάκι γκρι	98	49.999	73	50.000	60	50.002	49	50.003	
Πλακάκι μπεζ	70	49.999	77	50.001	63	50.003	50	50.004	
Αφρολέξ λευκό	99	50.006	97	50.008	88	50.009	66	50.010	
Αφρολέξ καφέ	26	50.000	22	50.002	20	50.003	18	50.003	
Μάρμαρο	99	50.000	87	50.001	72	50.002	60	50.003	
Ξύλο	99	49.998	90	50.000	78	50.001	60	50.002	
Νοβοπάν	72	49.999	57	50.000	50	50.001	40	50.003	
Μελαμίνη	76	49.999	67	50.001	85	50.002	62	50.003	
Κεραμίδι	44	49.999	38	50.000	30	50.002	24	50.005	
Άσφαλτος	67	49.997	60	49.999	49	49.999	42	49.999	
Βράχος	47	49.999	44	50.001	39	50.001	35	50.003	
Γυαλί	99	50.043	25	50.045	7	—	14	—	

Πίνακας Π1: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 στα 50m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό) (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.999m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	99.0	50.000	61.8	50.000	40.7	50.000	28.0	50.001		
Kodak Gray	22.7	50.000	11.5	50.000	9.5	50.001	6.9	50.002		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	69.0	50.000	2.4	50.001	1.1	—	0.9	—		
Τσιμέντο λευκό	81.0	50.001	64.0	50.001	51.2	50.001	34.9	50.001		
Τσιμέντο γκρι	42.3	49.999	36.1	50.000	32.7	50.001	29.2	50.001		
Χαρτόνι γκρι	54.3	50.000	38.0	50.000	27.3	50.001	20.0	50.002		
Χαρτόνι μαύρο	6.8	49.999	1.6	50.001	0.9	—	0.9	—		
Πλαστικό λευκό	83.0	50.002	56.1	50.003	44.6	50.003	28.5	50.004		
Πλαστικό κόκκινο	67.5	50.003	44.5	50.004	32.3	50.004	20.2	50.004		
Πλακάκι γκρι	62.3	50.000	37.1	50.001	27.9	50.002	21.9	50.003		
Πλακάκι μπεζ	67.1	50.000	40.0	50.002	30.9	50.002	19.4	50.004		
Αφρολέξ λευκό	68.9	50.006	46.3	50.008	30.5	50.006	21.2	50.007		
Αφρολέξ καφέ	14.2	50.000	11.7	50.000	9.9	50.001	8.9	50.002		
Μάρμαρο	64.7	50.000	47.9	50.001	38.4	50.002	25.0	50.001		
Ξύλο	66.9	49.999	51.6	49.999	45.4	50.000	28.8	50.000		
Νοβοπάν	43.9	50.000	29.9	50.000	22.2	50.001	17.8	50.003		
Μελαμίνη	99.0	50.000	54.1	50.001	41.9	50.002	30.1	50.002		
Κεραμίδι	29.8	50.000	21.5	50.001	16.8	50.002	13.5	50.003		
Ασφαλτος	46.7	50.001	34.5	50.001	26.7	50.002	19.8	50.003		
Βράχος	26.2	50.002	23.7	50.002	21.7	50.003	19.6	50.004		
Γυαλί	89.0	50.042	15.1	50.065	4.0	—	19.7	52.015		

Πίνακας Π2: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 (με τεχνητό φωτισμό) στα 50m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 (χωρίς φωτισμό) (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.998m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	96.4	50.000	59.2	50.000	42.3	50.000	33.3	49.999		
Kodak Gray	24.0	50.000	12.9	50.000	10.4	49.999	9.1	49.999		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	67.0	50.000	5.9	50.000	1.5	—	1.1	—		
Τσιμέντο λευκό	71.0	50.000	68.5	50.000	62.3	50.000	51.7	50.000		
Τσιμέντο γκρι	48.1	50.000	41.9	49.999	39.9	49.999	35.5	49.999		
Χαρτόνι γκρι	47.5	49.999	34.5	50.000	28.5	50.000	22.3	49.999		
Χαρτόνι μαύρο	6.4	50.000	1.4	50.000	0.9	—	0.9	—		
Πλαστικό λευκό	86.6	50.001	50.8	50.002	49.3	50.002	47.6	50.002		
Πλαστικό κόκκινο	99.0	50.001	48.3	50.003	40.7	50.002	25.7	50.001		
Πλακάκι γκρι	58.3	50.000	34.1	50.000	26.7	50.000	19.6	50.000		
Πλακάκι μπεζ	71.7	50.000	40.7	50.001	35.3	50.000	27.1	50.000		
Αφρολέξ λευκό	65.1	50.008	49.2	50.008	40.5	50.007	31.9	50.006		
Αφρολέξ καφέ	14.2	50.000	11.5	50.000	11.0	50.000	10.2	50.000		
Μάρμαρο	73.1	50.001	48.7	50.001	37.9	50.001	29.5	50.000		
Ξύλο	71.9	49.999	54.9	49.999	39.5	49.998	23.4	49.997		
Νοβοπάν	41.5	50.000	34.0	49.999	28.8	49.999	24.3	50.000		
Μελαμίνη	97.2	49.999	55.3	50.000	43.0	49.999	27.5	49.999		
Κεραμίδι	29.3	50.000	23.7	50.001	19.3	50.000	15.8	49.999		
Ασφαλτος	50.2	49.994	46.1	49.994	40.9	49.993	33.4	49.993		
Βράχος	33.9	49.998	28.9	49.998	27.0	49.999	23.1	49.998		
Γυαλί	92.5	50.041	21.5	50.045	11.5	50.049	6.3	50.053		

Πίνακας Π3: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 (χωρίς φωτισμό) στα 50m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.997m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	100	49.997	100	49.996	100	49.996	100	49.993		
Kodak Gray	100	49.999	100	49.997	100	49.996	100	49.992		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	100	49.998	100	50.012	0	—	0	—		
Τσιμέντο λευκό	100	50.001	100	49.997	100	49.998	100	50.009		
Τσιμέντο γκρι	100	49.997	100	49.997	100	49.995	100	49.992		
Χαρτόνι γκρι	100	49.998	100	49.997	100	49.995	100	49.994		
Χαρτόνι μαύρο	100	49.999	100	49.999	100	49.997	100	49.994		
Πλαστικό λευκό	100	49.998	100	49.998	100	49.998	100	50.005		
Πλαστικό κόκκινο	100	49.999	100	50.000	100	49.999	100	49.996		
Πλακάκι γκρι	100	49.996	100	49.996	100	49.994	100	49.990		
Πλακάκι μπεζ	100	49.998	100	49.997	100	49.995	100	49.991		
Αφρολέξ λευκό	100	50.006	100	50.004	100	50.002	100	49.995		
Αφρολέξ καφέ	100	49.997	100	49.995	100	49.992	100	49.989		
Μάρμαρο	100	49.999	100	49.999	100	49.997	100	49.994		
Ξύλο	100	49.997	100	49.996	100	49.996	100	49.991		
Νοβοπάν	100	49.997	100	49.996	100	49.994	100	49.991		
Μελαμίνη	100	49.995	100	49.996	100	49.994	100	49.994		
Κεραμίδι	100	49.997	100	49.996	100	49.996	100	49.995		
Άσφαλτος	100	49.997	100	49.996	100	49.995	100	49.992		
Βράχος	100	49.998	100	49.995	100	49.995	100	49.994		
Γυαλί	100	50.045	100	50.115	100	50.317	0	—		

Πίνακας Π4: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN στα 50m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.998m)											
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°				
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)			
Kodak White	100	49.999	100	49.999	100	49.998	100	49.997			
Kodak Gray	100	49.998	100	49.998	100	49.997	100	49.995			
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	100	49.998	80	49.996	20	49.999	20	49.992			
Τσιμέντο λευκό	100	49.999	100	49.998	100	49.997	100	49.995			
Τσιμέντο γκρι	100	50.000	100	49.998	100	49.996	100	49.995			
Χαρτόνι γκρι	100	49.999	100	49.997	100	49.996	100	49.996			
Χαρτόνι μαύρο	100	49.999	100	49.998	100	49.997	100	49.995			
Πλαστικό λευκό	100	50.000	100	50.001	100	50.000	100	49.998			
Πλαστικό κόκκινο	100	50.001	100	50.001	100	50.000	100	49.986			
Πλακάκι γκρι	100	50.000	100	49.998	100	49.997	100	49.996			
Πλακάκι μπεζ	100	50.000	100	49.999	100	49.998	100	49.997			
Αφρολέξ λευκό	100	50.006	100	50.005	100	50.003	100	50.001			
Αφρολέξ καφέ	100	49.998	100	49.998	100	49.997	100	49.996			
Μάρμαρο	100	50.001	100	50.000	100	49.999	100	49.997			
Ξύλο	100	50.000	100	49.997	100	49.994	100	49.992			
Νοβοπάν	100	50.001	100	49.998	100	49.997	100	49.995			
Μελαμίνη	100	49.998	100	49.996	100	49.996	100	49.992			
Κεραμίδι	100	49.997	100	49.995	100	49.994	100	49.993			
Άσφαλτος	100	49.997	100	49.994	100	49.991	100	49.985			
Βράχος	100	49.997	100	49.997	100	49.995	100	49.992			
Γυαλί	100	50.039	100	50.045	60	50.048	0	—			

Πίνακας Π5: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N στα 50m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.997m)												
Υλικό		θ=90°			θ=30°			θ=45°			θ=60°	
		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)
Kodak White		100	49.996		100	49.997		100	49.998		100	50.001
Kodak Gray		100	49.993		100	49.998		100	49.998		100	50.003
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		100	49.996		100	50.020		0	—		0	—
Τσιμέντο λευκό		100	49.997		100	49.995		100	49.999		100	50.009
Τσιμέντο γκρι		100	49.995		100	49.994		100	49.997		100	49.998
Χαρτόνι γκρι		100	49.993		100	49.997		100	49.997		100	49.999
Χαρτόνι μαύρο		100	49.998		100	49.998		100	49.999		100	50.005
Πλαστικό λευκό		100	49.996		100	49.999		100	50.001		100	50.013
Πλαστικό κόκκινο		100	49.996		100	50.001		100	50.001		100	50.018
Πλακάκι γκρι		100	49.997		100	49.995		100	49.997		100	50.000
Πλακάκι μπεζ		100	49.999		100	49.997		100	49.999		100	50.000
Αφρολέξ λευκό		100	50.005		100	50.005		100	50.005		100	50.004
Αφρολέξ καφέ		100	49.994		100	49.995		100	49.998		100	49.997
Μάρμαρο		100	49.996		100	49.998		100	50.000		100	50.007
Ξύλο		100	49.999		100	49.997		100	49.998		100	50.001
Νοβοπάν		100	49.995		100	49.997		100	49.997		100	49.999
Μελαμίνη		100	49.995		100	49.995		100	49.998		100	50.000
Κεραμίδι		100	49.996		100	49.996		100	49.996		100	49.998
Ασφαλτος		100	49.994		100	49.995		100	49.997		100	49.999
Βράχος		100	49.998		100	49.994		100	49.996		100	49.997
Γυαλί		100	50.038		100	50.090		22	50.248		42	51.776

Πίνακας Π6: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 50m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 15.019m)									
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°		
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	
Kodak White	99	15.021	99	15.022	99	15.021	80	15.021	
Kodak Gray	70	15.022	67	15.022	74	15.021	64	15.021	
Αυτοκόλλητος γαλιστερός στόχος	99	15.021	20	15.020	7	15.020	5	15.020	
Τσιμέντο λευκό	99	15.021	99	15.022	99	15.021	99	15.021	
Τσιμέντο γκρι	99	15.021	99	15.020	95	15.020	80	15.019	
Χαρτόνι γκρι	99	15.021	96	15.021	86	15.020	73	15.019	
Χαρτόνι μαύρο	65	15.021	18	15.020	12	15.021	8	15.020	
Πλαστικό λευκό	99	15.022	99	15.022	99	15.023	91	15.022	
Πλαστικό κόκκινο	99	15.023	99	15.024	99	15.024	90	15.024	
Πλακάκι γκρι	99	15.021	99	15.022	99	15.022	88	15.022	
Πλακάκι μπεζ	99	15.022	99	15.022	99	15.022	89	15.022	
Αφρολέξ λευκό	99	15.028	99	15.029	93	15.028	76	15.026	
Αφρολέξ καφέ	72	15.022	69	15.022	94	15.021	79	15.021	
Μάρμαρο	99	15.022	99	15.023	99	15.022	78	15.021	
Ξύλο	99	15.020	99	15.020	99	15.019	96	15.018	
Νοβοπάν	99	15.020	89	15.021	90	15.021	66	15.019	
Μελαμίνη	99	15.021	99	15.020	99	15.021	99	15.019	
Κεραμίδι	82	15.021	68	15.021	69	15.020	68	15.019	
Άσφαλτος	99	15.023	99	15.024	87	15.023	68	15.025	
Βράχος	72	15.023	65	15.024	65	15.024	63	15.024	
Γυαλί	99	15.062	67	15.068	53	15.082	24	—	

Πίνακας Π7: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 στα 15m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 15.021m)									
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°		
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	
Kodak White	99.0	15.021	93.1	15.021	70.1	15.021	66.7	15.022	
Kodak Gray	99.0	15.022	65.2	15.022	56.5	15.022	44.3	15.021	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	82.0	15.020	10.2	15.019	5.0	15.019	3.5	15.017	
Τσιμέντο λευκό	99.0	15.021	97.5	15.020	83.4	15.021	71.6	15.019	
Τσιμέντο γκρι	75.1	15.021	73.9	15.021	72.3	15.020	68.9	15.020	
Χαρτόνι γκρι	87.5	15.021	74.1	15.020	67.5	15.019	99.0	15.020	
Χαρτόνι μαύρο	39.9	15.021	8.1	15.021	5.6	15.021	63.0	15.023	
Πλαστικό λευκό	99.0	15.023	84.8	15.023	70.6	15.022	69.8	15.022	
Πλαστικό κόκκινο	99.0	15.023	71.2	15.024	67.2	15.023	99.0	15.022	
Πλακάκι γκρι	85.1	15.021	66.9	15.021	66.1	15.021	99.0	15.021	
Πλακάκι μπεζ	99.0	15.021	74.0	15.021	71.6	15.021	70.0	15.020	
Αφρολέξ λευκό	99.0	15.028	72.9	15.029	72.7	15.028	66.1	15.027	
Αφρολέξ καφέ	85.6	15.023	71.7	15.022	63.9	15.022	53.7	15.021	
Μάρμαρο	92.5	15.022	74.1	15.022	71.8	15.021	68.7	15.020	
Ξύλο	92.1	15.019	80.3	15.019	72.1	15.019	68.2	15.016	
Νοβοπάν	70.8	15.021	68.5	15.020	67.9	15.020	99.0	15.020	
Μελαμίνη	99.0	15.020	93.5	15.020	75.9	15.020	73.4	15.018	
Κεραμίδι	72.1	15.021	99.0	15.021	99.0	15.021	70.5	15.020	
Ασφαλτος	89.2	15.018	73.2	15.017	69.8	15.016	99.0	15.011	
Βράχος	74.1	15.025	71.9	15.025	69.2	15.025	68.9	15.026	
Γυαλί	99.0	15.063	37.5	15.072	17.6	—	14.8	—	

Πίνακας Π8: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 στα 15m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 15.021m)												
Υλικό		θ=90°			θ=30°			θ=45°			θ=60°	
		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)
Kodak White		100	15.018		100	15.019		100	15.021		100	15.021
Kodak Gray		100	15.018		100	15.018		100	15.018		100	15.020
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		100	15.017		100	15.024		100	15.084		0	—
Τσιμέντο λευκό		100	15.018		100	15.019		100	15.020		100	15.018
Τσιμέντο γκρι		100	15.017		100	15.017		100	15.017		100	15.019
Χαρτόνι γκρι		100	15.019		100	15.018		100	15.018		100	15.020
Χαρτόνι μαύρο		100	15.019		100	15.020		100	15.020		100	15.020
Πλαστικό λευκό		100	15.020		100	15.022		100	15.022		100	15.027
Πλαστικό κόκκινο		100	15.022		100	15.022		100	15.022		100	15.028
Πλακάκι γκρι		100	15.018		100	15.020		100	15.018		100	15.021
Πλακάκι μπεζ		100	15.018		100	15.018		100	15.019		100	15.018
Αφρολέξ λευκό		100	15.030		100	15.030		100	15.029		100	15.027
Αφρολέξ καφέ		100	15.018		100	15.018		100	15.018		100	15.018
Μάρμαρο		100	15.022		100	15.022		100	15.023		100	15.025
Ξύλο		100	15.019		100	15.019		100	15.020		100	15.020
Νοβοπάν		100	15.019		100	15.018		100	15.017		100	15.019
Μελαμίνη		100	15.019		100	15.020		100	15.019		100	15.021
Κεραμίδι		100	15.019		100	15.017		100	15.019		100	15.019
Ασφαλτος		100	15.021		100	15.021		100	15.019		100	15.020
Βράχος		100	15.017		100	15.018		100	15.018		100	15.017
Γυαλί		100	15.062		100	15.128		100	15.315		100	15.628

Πίνακας Π9: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN στα 15m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 15.018m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	100	15.018	100	15.019	100	15.018	100	15.018		
Kodak Gray	100	15.020	100	15.018	100	15.018	100	15.017		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	100	15.018	100	15.018	20	15.023	20	15.021		
Τσιμέντο λευκό	100	15.018	100	15.019	100	15.018	100	15.017		
Τσιμέντο γκρι	100	15.018	100	15.018	100	15.017	100	15.016		
Χαρτόνι γκρι	100	15.018	100	15.019	100	15.017	100	15.016		
Χαρτόνι μαύρο	100	15.019	100	15.018	100	15.016	100	15.017		
Πλαστικό λευκό	100	15.019	100	15.020	100	15.019	100	15.017		
Πλαστικό κόκκινο	100	15.021	100	15.022	100	15.022	100	15.021		
Πλακάκι γκρι	100	15.019	100	15.018	100	15.017	100	15.017		
Πλακάκι μπεζ	100	15.019	100	15.018	100	15.017	100	15.017		
Αφρολέξ λευκό	100	15.025	100	15.026	100	15.023	100	15.020		
Αφρολέξ καφέ	100	15.018	100	15.016	100	15.017	100	15.015		
Μάρμαρο	100	15.019	100	15.018	100	15.019	100	15.016		
Ξύλο	100	15.017	100	15.016	100	15.016	100	15.014		
Νοβοπάν	100	15.018	100	15.018	100	15.017	100	15.017		
Μελαμίνη	100	15.019	100	15.018	100	15.017	100	15.016		
Κεραμίδι	100	15.018	100	15.016	100	15.016	100	15.014		
Άσφαλτος	100	15.018	100	15.019	100	15.017	100	15.015		
Βράχος	100	15.019	100	15.018	100	15.017	100	15.016		
Γυαλί	100	15.063	100	15.070	80	15.073	100	52.001		

Πίνακας Π10: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N στα 15m

Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 15.019m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	100	15.018	100	15.017	100	15.015	100	15.013		
Kodak Gray	100	15.020	100	15.017	100	15.014	100	15.012		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	100	15.015	100	15.025	100	15.083	69	15.134		
Τσιμέντο λευκό	100	15.017	100	15.016	100	15.014	100	15.011		
Τσιμέντο γκρι	100	15.019	100	15.016	100	15.011	100	15.010		
Χαρτόνι γκρι	100	15.019	100	15.018	100	15.014	100	15.011		
Χαρτόνι μαύρο	100	15.021	100	15.019	100	15.018	100	15.013		
Πλαστικό λευκό	100	15.020	100	15.021	100	15.019	100	15.022		
Πλαστικό κόκκινο	100	15.021	100	15.021	100	15.019	100	15.039		
Πλακάκι γκρι	100	15.019	100	15.018	100	15.014	100	15.012		
Πλακάκι μπεζ	100	15.018	100	15.019	100	15.015	100	15.012		
Αφρολέξ λευκό	100	15.029	100	15.028	100	15.030	100	15.024		
Αφρολέξ καφέ	100	15.018	100	15.016	100	15.014	100	15.007		
Μάρμαρο	100	15.019	100	15.019	100	15.018	100	15.016		
Ξύλο	100	15.018	100	15.016	100	15.014	100	15.010		
Νοβοπάν	100	15.017	100	15.017	100	15.014	100	15.010		
Μελαμίνη	100	15.019	100	15.015	100	15.014	100	15.012		
Κεραμίδι	100	15.019	100	15.014	100	15.013	100	15.008		
Άσφαλτος	100	15.019	100	15.014	100	15.013	100	15.009		
Βράχος	100	15.015	100	15.014	100	15.011	100	15.005		
Γυαλί	100	15.061	100	15.118	100	15.322	100	15.802		

Πίνακας Π11: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 15m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.536m)									
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°		
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	
Kodak White	73	49.535	95	49.537	62	49.539	36	49.545	
Kodak Gray	30	49.535	17	49.537	13	49.541	16	49.550	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	73	49.534	3	49.535	2	—	2	—	
Τσιμέντο λευκό	71	49.536	99	49.538	71	49.542	50	49.546	
Τσιμέντο γκρι	72	49.535	59	49.538	50	49.540	40	49.546	
Χαρτόνι γκρι	87	49.535	54	49.539	39	49.542	33	49.557	
Χαρτόνι μαύρο	7	49.535	2	—	2	—	8	49.567	
Πλαστικό λευκό	70	49.537	85	49.541	57	49.544	34	49.549	
Πλαστικό κόκκινο	93	49.539	66	49.545	47	49.551	28	49.552	
Πλακάκι γκρι	89	49.536	62	49.540	43	49.542	30	49.553	
Πλακάκι μπεζ	90	49.536	65	49.540	45	49.543	33	49.548	
Αφρολέξ λευκό	99	49.544	71	49.545	54	49.548	49	49.555	
Αφρολέξ καφέ	24	49.535	19	49.538	17	49.540	16	49.544	
Μάρμαρο	95	49.537	71	49.541	51	49.542	40	49.550	
Ξύλο	87	49.535	60	49.538	41	49.540	27	49.546	
Νοβοπάν	70	49.535	50	49.540	37	49.544	31	49.554	
Μελαμίνη	71	49.536	94	49.539	63	49.541	40	49.556	
Κεραμίδι	48	49.535	35	49.539	29	49.541	23	49.548	
Άσφαλτος	58	49.536	53	49.541	45	49.543	38	49.554	
Βράχος	47	49.536	43	49.539	38	49.541	33	49.546	
Γυαλί	60	49.581	12	49.574	5	—	44	49.580	

Πίνακας Π12: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 στα 50m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.534m)									
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°		
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	
Kodak White	89.3	49.532	54.3	49.534	34.5	49.537	19.2	49.544	
Kodak Gray	17.0	49.532	10.9	49.534	8.3	49.535	7.9	49.543	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	40.8	49.532	1.7	49.529	1.0	—	3.3	49.558	
Τσιμέντο λευκό	72.6	49.532	62.3	49.534	46.5	49.536	29.9	49.540	
Τσιμέντο γκρι	47.1	49.532	37.9	49.533	32.1	49.533	26.1	49.535	
Χαρτόνι γκρι	51.7	49.531	33.4	49.534	24.0	49.534	17.6	49.536	
Χαρτόνι μαύρο	5.9	49.530	1.4	49.529	1.1	—	1.9	49.548	
Πλαστικό λευκό	76.4	49.534	57.1	49.535	41.4	49.536	21.1	49.540	
Πλαστικό κόκκινο	61.6	49.535	44.8	49.537	32.5	49.538	19.0	49.540	
Πλακάκι γκρι	53.1	49.532	37.4	49.534	27.6	49.536	16.8	49.541	
Πλακάκι μπεζ	57.2	49.533	40.1	49.534	27.8	49.535	16.8	49.542	
Αφρολέξ λευκό	63.1	49.539	48.7	49.539	36.7	49.539	25.3	49.540	
Αφρολέξ καφέ	15.4	49.532	12.3	49.536	11.0	49.539	11.1	49.549	
Μάρμαρο	70.1	49.534	47.6	49.538	33.2	49.541	22.4	49.552	
Ξύλο	42.3	49.532	33.9	49.534	22.9	49.538	16.8	49.544	
Νοβοπάν	40.7	49.532	30.1	49.536	22.0	49.541	19.1	49.552	
Μελαμίνη	77.0	49.532	56.3	49.536	39.3	49.539	24.3	49.551	
Κεραμίδι	27.3	49.532	19.7	49.537	14.9	49.543	15.3	49.558	
Ασφαλτος	41.0	49.532	32.0	49.538	25.9	49.543	19.7	49.552	
Βράχος	28.4	49.532	26.5	49.539	23.7	49.542	22.1	49.549	
Γυαλί	41.8	49.577	7.4	49.578	2.4	—	20.3	49.577	

Πίνακας Π13: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 στα 50m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.537m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	100	49.534	100	49.528	100	49.526	100	49.518		
Kodak Gray	100	49.530	100	49.527	100	49.525	100	49.517		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	100	49.531	100	49.527	100	49.521	100	49.525		
Τσιμέντο λευκό	100	49.534	100	49.530	100	49.532	100	49.530		
Τσιμέντο γκρι	100	49.534	100	49.532	100	49.530	100	49.530		
Χαρτόνι γκρι	100	49.531	100	49.532	100	49.532	100	49.530		
Χαρτόνι μαύρο	100	49.534	100	49.534	100	49.533	100	49.531		
Πλαστικό λευκό	100	49.534	100	49.534	100	49.534	100	49.533		
Πλαστικό κόκκινο	100	49.537	100	49.537	100	49.538	100	49.533		
Πλακάκι γκρι	100	49.531	100	49.532	100	49.533	100	49.531		
Πλακάκι μπεζ	100	49.531	100	49.533	100	49.533	100	49.535		
Αφρολέξ λευκό	100	49.541	100	49.540	100	49.541	100	49.536		
Αφρολέξ καφέ	100	49.533	100	49.532	100	49.532	100	49.531		
Μάρμαρο	100	49.535	100	49.533	100	49.534	100	49.530		
Ξύλο	100	49.533	100	49.534	100	49.533	100	49.530		
Νοβοπάν	100	49.532	100	49.531	100	49.531	100	49.531		
Μελαμίνη	100	49.531	100	49.532	100	49.534	100	49.532		
Κεραμίδι	100	49.531	100	49.533	100	49.535	100	49.538		
Άσφαλτος	100	49.532	100	49.533	100	49.535	100	49.541		
Βράχος	100	49.532	100	49.533	100	49.538	100	49.539		
Γυαλί	100	49.580	100	49.586	0	—	0	—		

Πίνακας Π14: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN στα 50m

Μετρήσεις στο ύψαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 53.917m)								
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°	
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)
Kodak White	100	53,913	100	53,918	100	53,922	100	53,928
Kodak Gray	100	53,910	100 (σιγμιαία η ένδειξη ήταν 99, ενώ κανονικά η μέγιστη ένδειξη είναι 60)	53,919	100	53,921	100	53,927
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	100	53,912	0	—	0	—	30 (σιγμιαία η ένδειξη ήταν 18 και μετά έγινε σμέσος 0)	53,943
Τσιμέντο λευκό	100	53,914	100	53,919	100	53,922	100 (σιγμιαία η ένδειξη ήταν 99, ενώ κανονικά η μέγιστη ένδειξη είναι 60)	53,926
Τσιμέντο γκρι	100	53,913	100	53,918	100	53,922	100	53,928
Χαρτόνι γκρι	100	53,912	100	53,918	100	53,920	100	53,926
Χαρτόνι μαύρο	100	53,913	100	53,918	100	53,923	100	53,930
Πλαστικό λευκό	100	53,915	100	53,919	100	53,923	100	53,930
Πλαστικό κόκκινο	100	53,916	100	53,922	100	53,928	100	53,935
Πλακάκι γκρι	100	53,913	100	53,919	100	53,923	100	53,930
Πλακάκι μπλε	100	53,913	100	53,920	100	53,922	100 (σιγμιαία η ένδειξη ήταν 99, ενώ κανονικά η μέγιστη ένδειξη είναι 60)	53,929
Αφρολέξ λευκό	100	53,917	100	53,924	100	53,928	100	53,930
Αφρολέξ καφέ	100	53,911	100	53,918	100	53,922	100	53,930
Μάρμαρο	100	53,915	100	53,921	100	53,925	100	53,935
Ξύλο	100	53,914	100	53,918	100	53,923	100	53,930
Νοβοπάν	100	53,912	100	53,918	100	53,922	100	53,929
Μελαμίνη	100	53,913	100	53,918	100	53,920	100	53,926
Κεραμίδι	100	53,911	100	53,918	100	53,922	100	53,929
Άσφαλτος	100	53,913	100	53,917	100	53,923	100	53,931
Βρόχος	100	53,912	100	53,918	100	53,921	100	53,926
Γυαλί	100	53,958	100 (σιγμιαία η ένδειξη ήταν 60 και μετά έγινε σμέσος 0)	53,959	0	53,923	0	—

Πίνακας Π15: Μετρήσεις στο ύψαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N στα 50m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 49.540m)												
Υλικό		θ=90°			θ=30°			θ=45°			θ=60°	
		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)
Kodak White		100	49.532		100	49.531		100	49.530		100	49.526
Kodak Gray		100	49.529		100	49.530		100	49.529		100	49.526
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος		100	49.529		100	49.527		0	—		0	—
Τσιμέντο λευκό		100	49.533		100	49.530		100	49.527		100	49.523
Τσιμέντο γκρι		100	49.537		100	49.533		100	49.528		100	49.525
Χαρτόνι γκρι		100	49.531		100	49.529		100	49.529		100	49.524
Χαρτόνι μαύρο		100	49.533		100	49.531		100	49.529		100	49.524
Πλαστικό λευκό		100	49.535		100	49.533		100	49.531		100	49.529
Πλαστικό κόκκινο		100	49.535		100	49.536		100	49.534		100	49.531
Πλακάκι γκρι		100	49.532		100	49.533		100	49.533		100	49.530
Πλακάκι μπεζ		100	49.535		100	49.533		100	49.531		100	49.529
Αφρολέξ λευκό		100	49.542		100	49.541		100	49.538		100	49.532
Αφρολέξ καφέ		100	49.537		100	49.535		100	49.533		100	49.532
Μάρμαρο		100	49.536		100	49.532		100	49.531		100	49.524
Ξύλο		100	49.532		100	49.531		100	49.529		100	49.526
Νοβοπάν		100	49.532		100	49.530		100	49.530		100	49.525
Μελαμίνη		100	49.536		100	49.532		100	49.530		100	49.526
Κεραμίδι		100	49.535		100	49.532		100	49.529		100	49.525
Άσφαλτος		100	49.538		100	49.529		100	49.529		100	49.525
Βράχος		100	49.532		100	49.533		100	49.530		100	49.525
Γυαλί		100	49.582		100	49.587		100	49.599		0	—

Πίνακας Π16: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 50m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 204.354m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	10	204.352	7	—	5	—	3	—		
Kodak Gray	2	—	1	—	1	—	1	—		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	13	204.352	1	—	2	—	2	—		
Τσιμέντο λευκό	8	204.356	7	204.353	6	204.358	4	—		
Τσιμέντο γκρι	4	—	4	—	3	—	2	—		
Χαρτόνι γκρι	5	204.351	3	—	3	—	2	—		
Χαρτόνι μαύρο	0	—	0	—	0	—	0	—		
Πλαστικό λευκό	9	204.354	7	204.367	5	—	3	—		
Πλαστικό κόκκινο	8	204.355	6	—	5	—	3	—		
Πλακάκι γκρι	6	204.355	4	—	3	—	3	—		
Πλακάκι μπεζ	6	204.355	5	204.356	4	—	3	—		
Αφρολέξ λευκό	7	204.360	5	204.362	4	—	3	—		
Αφρολέξ καφέ	1	—	1	—	1	—	1	—		
Μάρμαρο	7	204.355	6	204.353	5	—	3	—		
Ξύλο	6	204.353	5	204.357	4	—	3	—		
Νοβοπάν	4	—	3	—	2	—	2	—		
Μελαμίνη	10	204.354	6	204.358	5	—	3	—		
Κεραμίδι	3	—	2	—	2	—	1	—		
Άσφαλτος	6	204.356	4	—	3	—	3	—		
Βράχος	3	—	3	—	2	—	2	—		
Γυαλί	13	204.397	1	—	0	—	0	—		

Πίνακας Π17: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 405 στα 200m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό TCRM 1201 Leica (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 204.354m)										
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°			
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)		
Kodak White	5.7	204.350	3.9	204.354	2.7	204.365	2.1	204.375		
Kodak Gray	1.3	—	0.7	—	0.8	—	0.9	—		
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	2.6	204.351	0.3	—	0.2	—	0.2	—		
Τσιμέντο λευκό	4.3	204.350	3.7	204.362	2.5	204.371	1.6	—		
Τσιμέντο γκρι	2.5	204.351	1.9	—	1.1	—	0.3	—		
Χαρτόνι γκρι	3.4	204.348	2.2	—	1.6	—	1.3	—		
Χαρτόνι μαύρο	0.5	—	0.2	—	0.2	—	0.4	—		
Πλαστικό λευκό	5.3	204.352	3.3	204.369	2.5	204.398	1.1	—		
Πλαστικό κόκκινο	5.2	204.352	3.5	204.357	2.7	204.359	2.0	—		
Πλακάκι γκρι	3.5	204.347	2.8	204.356	1.9	204.357	1.6	—		
Πλακάκι μπεζ	4.1	204.347	3.1	204.359	2.1	204.370	1.7	—		
Αφρολέξ λευκό	4.5	204.355	3.3	204.370	2.5	204.377	1.8	—		
Αφρολέξ καφέ	1.0	—	0.9	—	0.8	—	0.8	—		
Μάρμαρο	3.7	204.354	3.1	204.365	2.1	204.377	1.7	—		
Ξύλο	2.9	204.350	2.4	204.364	1.0	—	1.1	—		
Νοβοπάν	2.5	204.344	1.9	—	1.3	—	0.7	—		
Μελαμίνη	4.5	204.346	3.4	204.360	2.5	204.370	1.9	—		
Κεραμίδι	2.1	204.361	1.1	—	0.9	—	0.9	—		
Άσφαλτος	3.1	204.351	2.4	204.354	1.6	—	1.2	—		
Βράχος	1.9	204.349	1.8	—	1.5	—	1.3	—		
Γυαλί	8.1	204.395	0.7	—	0.3	—	0.3	—		

Πίνακας Π18: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Leica TCRM 1201 στα 200m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό GPT 3003LN Topcon (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 204.361m)									
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°		
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	
Kodak White	100	204.352	100	204.347	100	204.351	0 (LNP)	204.353	
Kodak Gray	0 (LNP)	204.355	0 (LNP)	204.356	0 (LNP)	204.355	0 (LNP)	204.349	
Αυτοκόλλητος γαλιστερός στόχος	60	204.352	0 (LNP)	204.360	0 (LNP)	204.334	0 (LNP)	204.350	
Τσιμέντο λευκό	100	204.385	0 (LNP)	204.363	0 (LNP)	204.358	0 (LNP)	204.363	
Τσιμέντο γκρι	100	204.375	0 (LNP)	204.362	0 (LNP)	204.361	0 (LNP)	204.361	
Χαρτόνι γκρι	100	204.353	100	204.352	0 (LNP)	204.348	0 (LNP)	204.339	
Χαρτόνι μαύρο	0 (LNP)	204.359	0 (LNP)	204.355	0 (LNP)	204.350	0 (LNP)	204.344	
Πλαστικό λευκό	100	204.356	100	204.352	0 (LNP)	204.353	0 (LNP)	204.331	
Πλαστικό κόκκινο	100	204.360	100	204.347	0 (LNP)	204.354	0 (LNP)	204.334	
Πλακάκι γκρι	100	204.352	0 (LNP)	204.348	0 (LNP)	204.350	0 (LNP)	204.337	
Πλακάκι μπεζ	100	204.354	60	204.351	0 (LNP)	204.349	0 (LNP)	204.334	
Αφρολέξ λευκό	100	204.363	100	204.356	40	204.352	0 (LNP)	204.386	
Αφρολέξ καφέ	0 (LNP)	204.357	0 (LNP)	204.364	0 (LNP)	204.374	0 (LNP)	204.381	
Μάρμαρο	100	204.377	0 (LNP)	204.358	0 (LNP)	204.356	0 (LNP)	204.337	
Ξύλο	100	204.378	0 (LNP)	204.356	0 (LNP)	204.353	0 (LNP)	204.342	
Νοβοπάν	100	204.353	0 (LNP)	204.356	0 (LNP)	204.353	0 (LNP)	204.340	
Μελαμίνη	100	204.351	20	204.350	0 (LNP)	204.359	0 (LNP)	204.347	
Κεραμίδι	100	204.379	0 (LNP)	204.362	0 (LNP)	204.359	0 (LNP)	204.359	
Ασφαλτος	100	204.382	0 (LNP)	204.354	0 (LNP)	204.357	0 (LNP)	204.353	
Βράχος	100	204.385	0 (LNP)	204.360	0 (LNP)	204.360	0 (LNP)	204.353	
Γυαλί	100	204.396	0 (LNP)	204.390	0 (LNP)	204.369	0 (LNP)	204.339	

Πίνακας Π19: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3003LN στα 200m

ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΕΜΦΑΝΙΖΟΤΑΝ ΜΙΑ ΤΙΜΗ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑ Η ΤΙΜΗ ΓΙΝΟΤΑΝ ΑΜΕΣΩΣ ΜΗΔΕΝ. ΜΟΝΟ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΒΡΑΧΟΥ ΣΤΙΣ 90ΜΟΙΡΕΣ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΗΤΑΝ ΣΤΑΘΕΡΟ ΚΑΙ ΔΕΝ ΜΗΔΕΝΙΖΟΤΑΝ ΑΥΤΟΜΑΤΑ, ΟΠΩΣ ΣΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΛΛΕΣ ΓΩΝΙΕΣ!!!!

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό GPT 3105N Topcon (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 200.966m)								
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°	
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)
Kodak White	100.00	200.956	0.00	200.966	0.00	200.963	0.00	—
Kodak Gray	0.00	200.949	0.00	—	0.00	—	0.00	—
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	11.67	200.959	0.00	—	0.00	—	0.00	—
Τσιμέντο λευκό	95.00	200.978	35.00	200.965	0.00	200.959	0.00	200.973
Τσιμέντο γκρι	56.67	200.960	0.00	200.964	0.00	200.968	0.00	—
Χαρτόνι γκρι	0.00	200.963	0.00	200.966	0.00	200.960	0.00	—
Χαρτόνι μαύρο	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—
Πλαστικό λευκό	0.00	200.965	0.00	200.965	25.00	200.969	0.00	—
Πλαστικό κόκκινο	0.00	200.963	1.67	200.965	33.33	200.961	0.00	—
Πλακάκι γκρι	81.67	200.961	78.33	200.959	0.00	200.957	1.67	—
Πλακάκι μπεζ	80.00	200.963	6.67	200.962	56.67	200.962	0.00	—
Αφρολέξ λευκό	100.00	200.969	55.00	200.968	0.00	200.971	0.00	—
Αφρολέξ καφέ	0.00	200.967	0.00	—	0.00	—	0.00	—
Μάρμαρο	1.67	200.978	0.00	200.959	0.00	200.957	0.00	200.965
Ξύλο	100.00	200.966	50.00	200.959	0.00	200.951	1.67	—
Νοβοπάν	1.67	200.960	0.00	200.960	0.00	200.960	0.00	200.955
Μελαμίνη	25.00	200.960	28.33	200.952	31.67	200.964	0.00	200.966
Κεραμίδι	0.00	200.969	0.00	—	0.00	—	0.00	—
Άσφαλτος	100.00	200.971	0.00	200.974	0.00	—	0.00	—
Βράχος	100.00	200.979	0.00	200.978	0.00	—	0.00	—
Γυαλί	0.00	200.996	0.00	—	0.00	—	0.00	—

Πίνακας Π20: Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 3105N στα 200m

Μετρήσεις στο ύπαιθρο με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό GPT 7003i Topcon (Κεκλιμένο μήκος με ανακλαστήρα = 204.359m)									
Υλικό	θ=90°		θ=30°		θ=45°		θ=60°		
	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	Επιστρεφόμενη ακτινοβολία (%)	Μήκος (m)	
Kodak White	100	204,349	100	204,348	100	204,345	0	—	
Kodak Gray	0	—	0	—	0	—	0	—	
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος	100	204,349	0	—	0	—	0	—	
Τσιμέντο λευκό	100	204,379	19—42	204,357	0	—	0	—	
Τσιμέντο γκρι	100	204,366	6—28	—	0	—	0	—	
Χαρτόνι γκρι	100	204,352	100	204,351	0	—	0	—	
Χαρτόνι μαύρο	0	—	0	—	0	—	0	—	
Πλαστικό λευκό	100	204,352	100	204,353	100	204,356	0	—	
Πλαστικό κόκκινο	100	204,352	100	204,363	100 (παρόλο που δεν μετράει απόσταση)	—	0	—	
Πλακάκι γκρι	100	204,350	100	204,359	92	204,356	0	—	
Πλακάκι μπεζ	100	204,353	100	204,356	100 (παρόλο που δεν μετράει απόσταση)	—	0	—	
Αφρολέξ λευκό	100	204,356	100	—	100 (παρόλο που δεν μετράει απόσταση)	—	69—92	—	
Αφρολέξ καφέ	3	—	0	—	0	—	0	—	
Μάρμαρο	100	204,372	92—100	—	11	—	0	—	
Ξύλο	100	204,370	72—89	204,355	0	—	0	—	
Νοβοπάν	100	—	94—100	—	6—42	—	0	—	
Μελαμίνη	100	204,347	100	204,353	92—100	204,352	0	—	
Κεραμίδι	100	204,369	0	—	0	—	0	—	
Άσφαλτος	100	204,382	0—6	—	0	—	0	—	
Βράχος	100	204,369	6—42	—	0	—	0	—	
Γυαλί	100	204,391	0	—	0	—	0	—	

Πίνακας Π21: Μετρήσεις στο τούνελ με τον ολοκληρωμένο εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 200m

Kodak White						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,018	15,017	15,018	15,018	15,017	15,018
30	15,017	15,017	15,017	15,017	15,018	15,017
45	15,015	15,016	15,015	15,015	15,015	15,015
60	15,013	15,013	15,012	15,013	15,013	15,013

Kodak Gray						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,021	15,019	15,019	15,019	15,020	15,020
30	15,016	15,017	15,017	15,017	15,016	15,017
45	15,014	15,014	15,014	15,014	15,015	15,014
60	15,011	15,013	15,013	15,011	15,011	15,012

Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,013	15,015	15,016	15,016	15,015	15,015
30	15,025	15,025	15,025	15,026	15,025	15,025
45	15,083	15,083	15,082	15,083	15,083	15,083
60	15,136	15,134	15,134	15,133	15,135	15,134

Τσιμέντο λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,017	15,016	15,017	15,017	15,017	15,017
30	15,015	15,016	15,016	15,016	15,016	15,016
45	15,013	15,014	15,015	15,015	15,015	15,014
60	15,011	15,010	15,011	15,011	15,010	15,011

Τσιμέντο γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,020	15,019	15,018	15,018	15,019
30	15,016	15,016	15,017	15,017	15,016	15,016
45	15,012	15,011	15,011	15,011	15,011	15,011
60	15,009	15,009	15,011	15,010	15,010	15,010

Χαρτόνι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,018	15,019	15,020	15,019	15,019
30	15,017	15,018	15,018	15,018	15,018	15,018
45	15,014	15,015	15,014	15,014	15,015	15,014
60	15,011	15,012	15,010	15,011	15,012	15,011

Χαρτόνι μαύρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,021	15,022	15,021	15,022	15,020	15,021
30	15,019	15,018	15,019	15,020	15,019	15,019
45	15,018	15,018	15,018	15,019	15,018	15,018
60	15,012	15,013	15,013	15,012	15,013	15,013

*Πίνακας Π22α: Μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο με τον ολοκληρωμένο
εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 15m*

Πλαστικό λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,020	15,021	15,020	15,021	15,021	15,020
30	15,020	15,021	15,021	15,021	15,021	15,021
45	15,019	15,020	15,019	15,019	15,020	15,019
60	15,022	15,022	15,022	15,022	15,021	15,022

Πλαστικό κόκκινο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,022	15,022	15,021	15,021	15,021	15,021
30	15,019	15,020	15,021	15,021	15,022	15,021
45	15,020	15,019	15,020	15,019	15,019	15,019
60	15,043	15,044	15,044	15,045	15,021	15,039

Πλακάκι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,020	15,019	15,020	15,019	15,019
30	15,018	15,018	15,017	15,018	15,018	15,018
45	15,013	15,015	15,014	15,015	15,015	15,014
60	15,011	15,012	15,012	15,012	15,012	15,012

Πλακάκι μπλε						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,019	15,018	15,018	15,018	15,018
30	15,018	15,018	15,019	15,019	15,018	15,019
45	15,014	15,015	15,014	15,015	15,015	15,015
60	15,012	15,012	15,012	15,012	15,012	15,012

Αφρολέξ λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,030	15,029	15,029	15,028	15,029	15,029
30	15,027	15,029	15,028	15,028	15,028	15,028
45	15,028	15,030	15,030	15,030	15,030	15,030
60	15,023	15,024	15,024	15,024	15,024	15,024

Αφρολέξ καφέ						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,018	15,019	15,018	15,018	15,018	15,018
30	15,015	15,016	15,017	15,015	15,017	15,016
45	15,014	15,014	15,014	15,015	15,014	15,014
60	15,006	15,006	15,007	15,008	15,007	15,007

Μάρμαρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,019	15,018	15,019	15,019	15,019
30	15,020	15,019	15,019	15,019	15,019	15,019
45	15,017	15,018	15,019	15,018	15,018	15,018
60	15,016	15,015	15,016	15,016	15,016	15,016

*Πίνακας Π22β: Μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο με τον ολοκληρωμένο
εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 15m*

Ξύλο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,018	15,018	15,018	15,018	15,018
30	15,015	15,017	15,016	15,017	15,017	15,016
45	15,013	15,015	15,014	15,014	15,013	15,014
60	15,009	15,010	15,010	15,010	15,011	15,010

Νοβοπάν						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,017	15,017	15,017	15,017	15,017	15,017
30	15,018	15,018	15,017	15,017	15,017	15,017
45	15,013	15,014	15,014	15,015	15,015	15,014
60	15,010	15,010	15,009	15,010	15,010	15,010

Μελαμίνη						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,019	15,019	15,020	15,019	15,019
30	15,014	15,016	15,015	15,015	15,015	15,015
45	15,012	15,014	15,014	15,014	15,014	15,014
60	15,012	15,011	15,012	15,012	15,013	15,012

Κεραμίδι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,018	15,019	15,018	15,018	15,019
30	15,013	15,015	15,014	15,015	15,015	15,014
45	15,014	15,013	15,013	15,013	15,013	15,013
60	15,008	15,008	15,007	15,007	15,008	15,008

Άσφαλτος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,019	15,019	15,020	15,019	15,019	15,019
30	15,015	15,014	15,014	15,013	15,014	15,014
45	15,012	15,014	15,012	15,013	15,014	15,013
60	15,011	15,009	15,009	15,009	15,009	15,009

Βράχος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,016	15,016	15,015	15,014	15,015	15,015
30	15,014	15,014	15,015	15,013	15,014	15,014
45	15,009	15,011	15,012	15,012	15,012	15,011
60	15,004	15,004	15,005	15,004	15,005	15,005

Γυαλί						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	15,061	15,061	15,061	15,062	15,061	15,061
30	15,119	15,119	15,118	15,119	15,119	15,118
45	15,320	15,324	15,278	15,325	15,318	15,322
60	15,803	15,802	15,800	15,801	15,803	15,802

*Πίνακας Π22γ: Μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο με τον ολοκληρωμένο
εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 15m*

Kodak White						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,996	49,996	49,997	49,997	49,996	49,996
30	49,997	49,997	49,998	49,998	49,998	49,997
45	49,998	49,998	49,998	49,999	49,998	49,998
60	50,002	50,001	50,002	50,001	50,000	50,001

Kodak Gray						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,993	49,991	49,993	49,993	49,993	49,993
30	49,996	49,998	50,000	49,998	49,998	49,998
45	49,998	49,999	49,998	49,998	49,999	49,998
60	50,001	50,003	50,004	50,002	50,003	50,003

Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος									
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	6η μέτρηση	7η μέτρηση	8η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,998	49,996	49,994	49,995	49,994	49,997	49,999	49,998	49,996
30	50,020	50,019	50,020	50,019	50,020	50,020	50,020	50,021	50,020
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Τσιμέντο λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,996	49,998	49,997	49,997	49,996	49,997
30	49,995	49,995	49,995	49,995	49,996	49,995
45	49,999	49,999	49,999	49,999	49,998	49,999
60	50,009	50,009	50,008	50,008	50,010	50,009

*Πίνακας Π23α: Μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο με τον ολοκληρωμένο
εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003ί στα 50m*

Τσιμέντο γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,994	49,993	49,995	49,995	49,995	49,995
30	49,994	49,993	49,994	49,995	49,994	49,994
45	49,996	49,996	49,997	49,997	49,997	49,997
60	49,998	49,999	49,997	49,998	49,999	49,998

Χαρτόνι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,993	49,991	49,992	49,994	49,994	49,993
30	49,995	49,996	49,997	49,998	49,997	49,997
45	49,997	49,996	49,998	49,997	49,997	49,997
60	49,997	49,998	50,000	50,000	50,000	49,999

Χαρτόνι μαύρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,998	49,998	49,998	49,997	49,998	49,998
30	49,998	49,998	49,998	49,998	49,999	49,998
45	49,997	49,999	50,000	49,999	50,000	49,999
60	50,003	50,005	50,006	50,006	50,006	50,005

Πλαστικό λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,995	49,995	49,997	49,996	49,996	49,996
30	49,998	49,998	49,999	49,999	50,000	49,999
45	50,002	50,000	50,002	50,002	50,002	50,001
60	50,011	50,013	50,013	50,013	50,013	50,013

Πλαστικό κόκκινο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,997	49,997	49,996	49,994	49,997	49,996
30	50,001	50,001	50,001	50,001	50,001	50,001
45	50,001	50,000	50,001	50,003	50,001	50,001
60	50,015	50,018	50,018	50,020	50,018	50,018

Πλακάκι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,997	49,997	49,996	49,997	49,996	49,997
30	49,994	49,996	49,994	49,996	49,996	49,995
45	49,997	49,997	49,998	49,998	49,997	49,997
60	49,999	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000

Πλακάκι μπλε						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,999	49,999	49,998	49,999	49,998	49,999
30	49,996	49,997	49,997	49,997	49,997	49,997
45	49,998	49,998	49,999	49,999	49,999	49,999
60	50,000	50,000	50,000	49,999	49,999	50,000

*Πίνακας Π23β: Μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο με τον ολοκληρωμένο
εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 50m*

Αφρολέξ λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	50,005	50,005	50,005	50,006	50,005	50,005
30	50,004	50,006	50,005	50,006	50,006	50,005
45	50,005	50,006	50,005	50,004	50,005	50,005
60	50,004	50,004	50,003	50,003	50,003	50,004

Αφρολέξ καφέ						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,995	49,994	49,994	49,995	49,994	49,994
30	49,994	49,995	49,995	49,995	49,995	49,995
45	49,997	49,999	49,999	49,998	49,999	49,998
60	49,996	49,996	49,997	49,997	49,996	49,997

Μάρμαρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,996	49,996	49,997	49,995	49,996	49,996
30	49,996	49,998	49,999	49,999	49,998	49,998
45	50,000	50,000	50,000	49,998	50,000	50,000
60	50,005	50,007	50,007	50,007	50,006	50,007

Ξύλο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,999	49,998	49,999	49,999	49,999	49,999
30	49,998	49,997	49,997	49,998	49,998	49,997
45	49,998	49,997	49,998	49,999	49,998	49,998
60	50,000	50,000	50,002	50,001	50,003	50,001

Νοβοπάν						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,996	49,995	49,995	49,995	49,995	49,995
30	49,995	49,997	49,998	49,997	49,997	49,997
45	49,996	49,997	49,996	49,997	49,997	49,997
60	49,997	49,998	50,000	50,000	49,999	49,999

Μελαμίνη						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,997	49,996	49,995	49,993	49,994	49,995
30	49,995	49,994	49,995	49,995	49,995	49,995
45	49,998	49,998	49,998	49,998	49,997	49,998
60	50,001	50,000	49,999	50,001	50,001	50,000

Κεραμίδι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,997	49,996	49,997	49,996	49,997	49,996
30	49,997	49,997	49,996	49,997	49,996	49,996
45	49,996	49,996	49,997	49,997	49,996	49,996
60	49,998	49,998	49,999	49,999	49,999	49,998

*Πίνακας Π23γ: Μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο με τον ολοκληρωμένο
εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 50m*

Άσφαλτος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,994	49,994	49,993	49,994	49,993	49,994
30	49,995	49,995	49,994	49,996	49,994	49,995
45	49,997	49,997	49,998	49,996	49,996	49,997
60	49,999	49,999	49,999	49,998	49,999	49,999

Βράχος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,997	49,998	49,998	49,998	49,998	49,998
30	49,994	49,994	49,994	49,994	49,995	49,994
45	49,997	49,998	49,997	49,996	49,995	49,996
60	49,997	49,998	49,997	49,997	49,997	49,997

Γυαλί						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	50,039	50,039	50,039	50,038	50,038	50,038
30	50,090	50,091	50,091	50,089	50,089	50,090
45	50,246	50,250	—	—	—	50,248
60	51,776	51,776	51,775	—	—	51,776

*Πίνακας Π23δ: Μετρήσεις στον εσωτερικό χώρο με τον ολοκληρωμένο
εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 50m*

Kodak White						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,532	49,532	49,533	49,531	49,531	49,532
30	49,532	49,531	49,532	49,530	49,532	49,531
45	49,530	49,529	49,530	49,529	49,531	49,530
60	49,525	49,526	49,527	49,526	49,524	49,526

Kodak Gray						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,528	49,529	49,529	49,530	49,529	49,529
30	49,530	49,529	49,530	49,531	49,530	49,530
45	49,527	49,528	49,530	49,529	49,530	49,529
60	49,524	49,525	49,526	49,527	49,527	49,526

Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,530	49,533	49,529	49,529	49,524	49,529
30	49,526	49,527	49,526	49,527	49,527	49,527
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Τσιμέντο λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,532	49,532	49,534	49,533	49,533	49,533
30	49,530	49,531	49,531	49,530	49,529	49,530
45	49,527	49,527	49,527	49,527	49,526	49,527
60	49,522	49,523	49,525	49,524	49,524	49,523

Τσιμέντο γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,538	49,537	49,536	49,536	49,537	49,537
30	49,533	49,533	49,534	49,533	49,533	49,533
45	49,528	49,528	49,527	49,528	49,528	49,528
60	49,526	49,524	49,524	49,525	49,526	49,525

Χαρτόνι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,532	49,531	49,531	49,530	49,531	49,531
30	49,528	49,529	49,529	49,529	49,528	49,529
45	49,528	49,528	49,529	49,529	49,529	49,529
60	49,525	49,524	49,525	49,525	49,524	49,524

Χαρτόνι μαύρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,533	49,533	49,532	49,534	49,534	49,533
30	49,530	49,532	49,532	49,532	49,531	49,531
45	49,528	49,530	49,529	49,530	49,529	49,529
60	49,523	49,525	49,522	49,523	49,525	49,524

Πίνακας Π24α: Μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 50m

Πλαστικό λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,536	49,535	49,535	49,536	49,535	49,535
30	49,532	49,533	49,533	49,532	49,533	49,533
45	49,531	49,531	49,531	49,532	49,531	49,531
60	49,529	49,529	49,529	49,529	49,529	49,529

Πλαστικό κόκκινο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,536	49,535	49,536	49,536	49,535	49,535
30	49,536	49,535	49,535	49,535	49,539	49,536
45	49,534	49,533	49,535	49,533	49,534	49,534
60	49,531	49,530	49,530	49,532	49,532	49,531

Πλακάκι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,533	49,534	49,533	49,532	49,531	49,532
30	49,531	49,532	49,534	49,534	49,534	49,533
45	49,534	49,531	49,532	49,534	49,533	49,533
60	49,529	49,529	49,531	49,531	49,530	49,530

Πλακάκι μπλε						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,534	49,535	49,535	49,536	49,536	49,535
30	49,533	49,533	49,533	49,534	49,533	49,533
45	49,532	49,531	49,531	49,531	49,532	49,531
60	49,529	49,528	49,529	49,529	49,531	49,529

Αφρολέξ λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,541	49,540	49,542	49,542	49,543	49,542
30	49,541	49,541	49,542	49,540	49,541	49,541
45	49,537	49,537	49,539	49,539	49,538	49,538
60	49,531	49,532	49,532	49,533	49,532	49,532

Αφρολέξ καφέ						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,535	49,536	49,537	49,537	49,539	49,537
30	49,535	49,535	49,535	49,535	49,536	49,535
45	49,532	49,533	49,533	49,532	49,533	49,533
60	49,531	49,532	49,532	49,532	49,533	49,532

Μάρμαρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,536	49,537	49,536	49,536	49,536	49,536
30	49,532	49,532	49,533	49,532	49,532	49,532
45	49,533	49,531	49,531	49,531	49,531	49,531
60	49,526	49,524	49,524	49,524	49,524	49,524

Πίνακας Π24β: Μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 50m

Ξύλο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,533	49,532	49,530	49,531	49,531	49,532
30	49,531	49,531	49,532	49,532	49,531	49,531
45	49,530	49,529	49,528	49,530	49,529	49,529
60	49,527	49,526	49,525	49,526	49,526	49,526

Νοβοπάν						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,532	49,532	49,531	49,532	49,532	49,532
30	49,528	49,531	49,530	49,530	49,531	49,530
45	49,529	49,530	49,529	49,529	49,529	49,530
60	49,525	49,524	49,526	49,526	49,525	49,525

Μελαμίνη						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,538	49,536	49,536	49,536	49,536	49,536
30	49,530	49,532	49,532	49,532	49,532	49,532
45	49,531	49,529	49,529	49,530	49,529	49,530
60	49,526	49,526	49,527	49,526	49,525	49,526

Κεραμίδι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,536	49,535	49,535	49,535	49,534	49,535
30	49,532	49,532	49,532	49,532	49,531	49,532
45	49,529	49,529	49,530	49,529	49,528	49,529
60	49,525	49,525	49,525	49,525	49,524	49,525

Άσφαλτος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,538	49,537	49,539	49,538	49,537	49,538
30	49,528	49,528	49,528	49,530	49,533	49,529
45	49,528	49,528	49,529	49,530	49,529	49,529
60	49,525	49,525	49,525	49,523	49,526	49,525

Βράχος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,533	49,532	49,531	49,532	49,532	49,532
30	49,533	49,532	49,533	49,533	49,533	49,533
45	49,529	49,530	49,530	49,531	49,531	49,530
60	49,525	49,527	49,525	49,525	49,524	49,525

Γυαλί						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	49,582	49,581	49,581	49,582	49,582	49,582
30	49,587	49,587	49,588	49,587	49,588	49,587
45	49,600	49,598	49,600	49,599	49,598	49,599
60	—	—	—	—	—	—

*Πίνακας Π24γ: Μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό
Topcon GPT 7003i στα 50m*

Kodak White						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,349	204,348	204,349	204,348	204,351	204,349
30	204,347	204,346	204,349	204,347	204,349	204,348
45	204,346	204,346	204,346	204,343	204,344	204,345
60	—	—	—	—	—	—

Kodak Gray						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,346	204,346	204,353	204,351	204,347	204,349
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Τσιμέντο λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,378	204,380	204,379	204,379	204,379	204,379
30	204,357	—	—	—	—	204,357
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Τσιμέντο γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,365	204,367	204,369	204,366	204,365	204,366
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Χαρτόνι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,352	204,351	204,355	204,352	204,352	204,352
30	204,348	204,349	204,352	204,352	204,353	204,351
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Χαρτόνι μαύρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Πίνακας Π25α: Μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 200m

Πλαστικό λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,351	204,352	204,352	204,351	204,352	204,352
30	204,352	204,353	204,354	204,353	204,353	204,353
45	204,355	204,356	204,357	204,354	204,357	204,356
60	—	—	—	—	—	—

Πλαστικό κόκκινο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,354	204,352	204,352	204,351	204,350	204,352
30	204,361	204,364	—	—	—	204,363
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Πλακάκι γκρι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,353	204,351	204,349	204,350	204,348	204,350
30	204,362	204,357	204,358	204,358	—	204,359
45	204,355	204,353	204,357	204,358	204,357	204,356
60	—	—	—	—	—	—

Πλακάκι μπλε						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,354	204,354	204,351	204,353	204,352	204,353
30	204,356	—	—	—	—	204,356
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Αφρολέξ λευκό						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,354	204,357	204,358	204,357	204,355	204,356
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Αφρολέξ καφέ						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Μάρμαρο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,371	204,371	204,370	204,374	204,372	204,372
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Πίνακας Π25β: Μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 200m

Ξύλο						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,369	204,371	204,371	204,367	204,370	204,370
30	204,355	—	—	—	—	204,355
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Νοβοπάν						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Μελαμίνη						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,348	204,347	204,346	—	—	204,347
30	204,355	204,350	—	—	—	204,353
45	204,352	—	—	—	—	204,352
60	—	—	—	—	—	—

Κεραμίδι						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,368	204,369	204,369	204,369	204,369	204,369
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Άσφαλτος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,380	204,382	204,383	204,384	204,382	204,382
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Βράχος						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,371	204,369	204,369	204,368	204,369	204,369
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Γυαλί						
Μοίρες	1η μέτρηση	2η μέτρηση	3η μέτρηση	4η μέτρηση	5η μέτρηση	Μέσος όρος μήκους
90	204,389	204,391	204,392	204,390	204,391	204,391
30	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—

Πίνακας Π25γ: Μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT 7003i στα 200m

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

- EDM, 1, 2, 3, 4, 7, 18, 19
Kodak Gray Card, 29, 31, 33, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 65, 86, 107, 109, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 132, 155, 175, 176, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 189, 225, 229
Kodak White Card, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 85, 109, 112, 114, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 124, 126, 128, 129, 130, 154, 175, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 189, 220, 229, 231
laser ακτινοβολία, 2, 4
ανάκλαση, 1, 12, 16, 19
ανακλαστικότητα, 12, 13, 15, 16, 77, 135, 137, 146
Ανακλαστικότητα γυαλιστερού στόχου- καθρέφτη, 14
απορρόφηση, 18
Απόσταση, 15
αποστασιόμετρο, 2, 3
Ασφαλτος, 34, 41, 43, 45, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 59, 61, 82, 103, 107, 109, 112, 114, 115, 116, 118, 120, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 151, 172, 176, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 263, 266, 269
ατμόσφαιρα, 6, 7, 17, 18, 19, 20
Αυτοανακλαστικότητα, 14
Αυτοκόλλητος γυαλιστερός στόχος, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 87, 109, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 133, 156, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 260, 264, 267
Αφρολέξ καφέ, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 52, 53, 55, 57, 59, 61, 76, 97, 109, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 120, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 145, 166, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 262, 265, 268
Αφρολέξ λευκό, 34, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 75, 96, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 122, 123, 124, 126, 128, 143, 165, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212,

- 213, 214, 215, 216, 217, 218,
236, 237, 238, 239, 240, 241,
242, 243, 244, 245, 246, 247,
248, 249, 251, 252, 253, 254,
255, 256, 258, 262, 265, 268
- βάση εξαναγκασμένης
κέντρωσης, 22
- βάση στήριξης των υλικών, 21,
22
- βεληνεκές, 1, 2, 3, 108, 219, 220,
223, 224
- Βράχος, 34, 41, 43, 45, 49, 51,
53, 55, 57, 59, 61, 83, 104,
107, 109, 112, 113, 114, 115,
116, 117, 118, 120, 121, 122,
124, 125, 126, 128, 152, 173,
176, 180, 181, 182, 184, 185,
186, 187, 197, 198, 199, 200,
201, 202, 203, 204, 205, 206,
207, 209, 210, 211, 212, 213,
214, 215, 216, 217, 218, 236,
237, 238, 239, 240, 241, 242,
243, 244, 245, 246, 247, 248,
249, 251, 252, 253, 254, 255,
256, 259, 263, 266, 269
- Γυαλί, 34, 41, 42, 43, 44, 45, 47,
48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55,
56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 84,
105, 109, 110, 112, 113, 114,
115, 116, 117, 118, 119, 120,
121, 122, 123, 124, 125, 126,
127, 128, 129, 153, 174, 176,
180, 181, 182, 183, 184, 185,
186, 187, 197, 198, 199, 200,
201, 202, 203, 204, 205, 206,
207, 209, 210, 211, 212, 213,
214, 215, 216, 217, 218, 236,
237, 238, 239, 240, 241, 242,
243, 244, 245, 246, 247, 248,
249, 251, 252, 253, 254, 255,
256, 259, 263, 266, 269
- Γωνία πρόσπτωσης πάνω στην
επιφάνεια, 16
- γωνίες πρόσπτωσης, 16, 20, 21,
23, 38, 42, 50, 56, 113, 123,
143, 144, 175, 183, 185, 186,
188, 194, 199, 208, 219, 221,
222
- δείκτης διάθλασης, 6, 7, 18, 19
- δέκτης, 7, 19
- διασπορά των μετρήσεων, 39,
175, 220, 223
- Διαχεόμενη ανακλαστικότητα,
13
- εύρος διακύμανσης, 224
- ηλεκτρομαγνητικά όργανα
μέτρησης απόστασης, 1
- θεοδόλιχα, 1, 2
- θερμοκρασία, 17, 18, 19
- Κεραμίδι, 34, 41, 43, 45, 49, 51,
53, 55, 57, 58, 59, 61, 81, 102,
107, 109, 112, 113, 114, 115,
116, 117, 118, 120, 122, 124,
125, 126, 128, 150, 171, 176,
180, 181, 182, 184, 185, 186,
187, 197, 198, 199, 200, 201,
202, 203, 204, 205, 206, 207,
209, 210, 211, 212, 213, 214,
215, 216, 217, 218, 236, 237,
238, 239, 240, 241, 242, 243,
244, 245, 246, 247, 248, 249,
251, 252, 253, 254, 255, 256,
259, 262, 266, 269
- Μάρμαρο, 34, 41, 43, 45, 49, 51,
53, 55, 57, 59, 61, 77, 98, 109,
112, 113, 114, 116, 117, 118,
120, 122, 124, 125, 126, 128,
146, 167, 176, 180, 181, 182,
184, 185, 186, 187, 197, 198,
199, 200, 201, 202, 203, 204,
205, 206, 207, 209, 210, 211,
212, 213, 214, 215, 216, 217,
218, 236, 237, 238, 239, 240,
241, 242, 243, 244, 245, 246,
247, 248, 249, 251, 252, 253,

254, 255, 256, 258, 262, 265, 268
 Μέγεθος και τύπος στόχων, 15
 μέθοδος διαφοράς φάσης, 7, 10
 Μέθοδος των παλμών, 11
 Μελαμίνη, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 80, 101, 107, 109, 110, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 120, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 149, 170, 175, 176, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 262, 266, 269
 μήκος κύματος, 1, 4, 6, 10, 11, 12, 13, 15, 17
 Μήκος κύματος παλμού laser, 15
 μικροκύματα, 1, 7, 19
 Νοβοπάν, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 79, 100, 107, 109, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 120, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 148, 169, 175, 176, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 262, 266, 269
 Ξύλο, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 53, 55, 57, 58, 59, 61, 78, 99, 109, 112, 113, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 147, 168, 175, 176, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 262, 266, 269
 ΟΓΣ Leica TCR 405, 27, 41, 43, 109, 112, 180, 197, 198, 209, 210
 ΟΓΣ Leica TCRM 1201, 27, 29, 45, 46, 49, 114, 116, 181, 186, 187, 199, 211, 222
 ΟΓΣ Topcon GPT 3003LN, 27, 30, 51, 53, 118, 120, 182, 202, 203, 213, 214
 ΟΓΣ Topcon GPT 3105N, 27, 31, 55, 57, 122, 124, 184, 204, 205, 215, 216
 ΟΓΣ Topcon GPT 7003i, 21, 23, 27, 32, 59, 61, 85, 126, 128, 154, 185, 206, 207, 217, 218
 ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί, 2, 219, 221
 ορθότητα της μέτρησης, 220, 223
 πίεση, 17, 18, 19
 Πλακάκι γκρι, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 73, 94, 107, 109, 112, 114, 116, 117, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 129, 141, 163, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 261, 265, 268
 Πλακάκι μπεζ, 34, 41, 43, 45, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 74, 95,

- 109, 112, 113, 114, 116, 117,
118, 120, 122, 124, 126, 128,
129, 142, 164, 180, 181, 182,
184, 185, 186, 187, 197, 198,
199, 200, 201, 202, 203, 204,
205, 206, 207, 209, 210, 211,
212, 213, 214, 215, 216, 217,
218, 236, 237, 238, 239, 240,
241, 242, 243, 244, 245, 246,
247, 248, 249, 251, 252, 253,
254, 255, 256, 258, 261, 265,
268
- Πλαστικό κόκκινο, 34, 41, 43,
45, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 57,
59, 60, 61, 62, 72, 93, 109,
110, 112, 114, 116, 117, 118,
120, 121, 122, 123, 124, 126,
128, 129, 140, 162, 175, 180,
181, 182, 184, 185, 186, 187,
197, 198, 199, 200, 201, 202,
203, 204, 205, 206, 207, 209,
210, 211, 212, 213, 214, 215,
216, 217, 218, 236, 237, 238,
239, 240, 241, 242, 243, 244,
245, 246, 247, 248, 249, 251,
252, 253, 254, 255, 256, 258,
261, 265, 268
- Πλαστικό λευκό, 34, 41, 43, 45,
49, 51, 53, 55, 57, 59, 60, 61,
71, 92, 109, 112, 113, 114,
116, 117, 118, 120, 121, 122,
124, 126, 128, 129, 139, 161,
180, 181, 182, 183, 184, 185,
186, 187, 197, 198, 199, 200,
201, 202, 203, 204, 205, 206,
207, 209, 210, 211, 212, 213,
214, 215, 216, 217, 218, 236,
237, 238, 239, 240, 241, 242,
243, 244, 245, 246, 247, 248,
249, 251, 252, 253, 254, 255,
256, 258, 261, 265, 268
- πομπός, 7
- συχνότητα, 1, 6, 10, 11
- Το υλικό, 16
- Το χρώμα, 16
- τούνελ, 21, 22, 24, 39, 40, 58,
177, 179, 180, 181, 182, 183,
184, 185, 186, 189, 190, 191,
192, 193, 221, 225, 236, 237,
238, 239, 240, 241, 242, 243,
244, 245, 246, 256
- Τσιμέντο γκρι, 34, 41, 43, 45, 49,
51, 53, 55, 57, 59, 61, 68, 89,
109, 112, 113, 114, 116, 117,
118, 120, 122, 124, 126, 128,
136, 158, 180, 181, 182, 184,
185, 186, 187, 197, 198, 199,
200, 201, 202, 203, 204, 205,
206, 207, 209, 210, 211, 212,
213, 214, 215, 216, 217, 218,
236, 237, 238, 239, 240, 241,
242, 243, 244, 245, 246, 247,
248, 249, 251, 252, 253, 254,
255, 256, 257, 261, 264, 267
- Τσιμέντο λευκό, 34, 41, 43, 45,
49, 51, 52, 53, 55, 57, 59, 60,
61, 67, 88, 109, 112, 113, 114,
116, 117, 118, 120, 121, 122,
124, 125, 126, 127, 128, 129,
135, 157, 180, 181, 182, 184,
185, 186, 187, 197, 198, 199,
200, 201, 202, 203, 204, 205,
206, 207, 209, 210, 211, 212,
213, 214, 215, 216, 217, 218,
236, 237, 238, 239, 240, 241,
242, 243, 244, 245, 246, 247,
248, 249, 251, 252, 253, 254,
255, 256, 257, 260, 264, 267
- υγρασία, 19
- υπέρυθρη ακτινοβολία, 2
- φωτισμός του χώρου, 222
- Χαρακτηριστικά επιφάνειας, 15
- Χαρτόνι γκρι, 34, 41, 43, 45, 49,
51, 53, 55, 57, 59, 61, 69, 90,
107, 109, 110, 112, 114, 116,
117, 118, 120, 122, 124, 126,

128, 129, 137, 159, 180, 181,
182, 184, 185, 186, 187, 197,
198, 199, 200, 201, 202, 203,
204, 205, 206, 207, 209, 210,
211, 212, 213, 214, 215, 216,
217, 218, 236, 237, 238, 239,
240, 241, 242, 243, 244, 245,
246, 247, 248, 249, 251, 252,
253, 254, 255, 256, 257, 261,
264, 267
Χαρτόνι μαύρο, 34, 41, 43, 45,
49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 70,

91, 109, 110, 112, 113, 114,
115, 116, 117, 118, 120, 122,
124, 125, 126, 128, 129, 138,
160, 180, 181, 182, 184, 185,
186, 187, 197, 198, 199, 200,
201, 202, 203, 204, 205, 206,
207, 209, 210, 211, 212, 213,
214, 215, 216, 217, 218, 236,
237, 238, 239, 240, 241, 242,
243, 244, 245, 246, 247, 248,
249, 251, 252, 253, 254, 255,
256, 257, 261, 264, 267