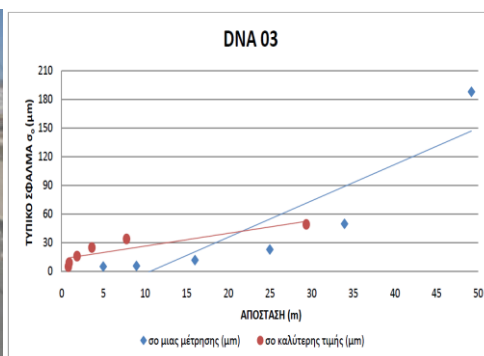




**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
(ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ) ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ
ΧΩΡΟΒΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΑΠΟΔΟΥΛΙΑΝΑΚΗΣ**

Επιβλέπουσα:

Ευαγγελία Λάμπρου

Επίκουρος Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011



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

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
(ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ) ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ
ΧΩΡΟΒΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΑΠΟΔΟΥΛΙΑΝΑΚΗΣ**

Επιβλέπουσα:

Ευαγγελία Λάμπρου

Επίκουρος Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας μου δίνεται η ευκαιρία να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που μου πρόσφεραν σημαντική βοήθεια σε πρακτικά θέματα καθώς και ψυχολογική υποστήριξη.

Αρχικά, επιθυμώ να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στους επιβλέποντες καθηγητές μου, την κα. **Ευαγγελία Λάμπρου**, επίκουρο καθηγήτρια Ε.Μ.Π., και τον κ. **Γεώργιο Πανταζή**, επίκουρο καθηγητή Ε.Μ.Π. για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τους ευχαριστώ για την υποστήριξη και το ενδιαφέρον τους, την καθοδήγηση και τον χρόνο που αφιέρωσαν για την ορθή εκπόνηση, διόρθωση και παρουσίασή της.

Επίσης ευχαριστώ θερμά τον κ. **Κωνσταντίνο Νικολίτσα**, υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π. για την ουσιαστική βοήθεια στην εκπόνηση των πειραμάτων της διπλωματικής εργασίας, τόσο πρακτικά όσο και θεωρητικά.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους κάτωθι φίλους και συμφοιτητές, **Μιχαήλ Μουλουδάκη, Ιωάννη Μπουμπάκη, Ιωάννη Λαβδάκη και Χαράλαμπο Σαριδάκη**. Τους ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής και κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Ακόμα οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην πολύ καλή μου φίλη **Ιωάννα Βατσινά** για την σημαντική βοήθεια στις συντακτικές και γραμματικές διορθώσεις των κειμένων της διπλωματικής εργασίας, για την βοήθεια στη συγγραφή και τακτοποίηση των κειμένων αυτής αλλά κυρίως για την ψυχολογική υποστήριξη που μου προσέφερε και την ενθάρρυνση κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας αλλά και της φοίτησής μου στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Τέλος πρέπει να ευχαριστήσω ιδιαίτερα θερμά την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση, την ψυχολογική στήριξη και ενθάρρυνση τόσο κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας όσο και κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στη Σ.Α.Τ.Μ. Ευχαριστώ πολύ τον πατέρα μου, **Νικόλαο Αποδουλιανάκη**, τη μητέρα μου **Δέσποινα Αποδουλιανάκη** και την αδερφή μου, **Μαργαρίτα Αποδουλιανάκη**.

Ευχαριστώ όλους τους παραπάνω και όσους ακόμη με το δικό τους τρόπο βοήθησαν και δεν αναφέρονται θερμά από καρδιάς.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η υποδομή τριγωνομετρικών, πολυγωνομετρικών και υψομετρικών δικτύων τα οποία πληρούν τις κατάλληλες προδιαγραφές για την αξιοποίησή τους στην κατασκευή και μελέτη τεχνικών και ρυμοτομικών έργων καθώς και στην σύνταξη κτηματολογικών διαγραμμάτων είναι μια διαδικασία σημαντική για κάθε πόλη.

Επίσης για κάθε κατασκευή ή κτίσμα ή έργο είναι απαραίτητη η γνώση των υψομετρικών διαφορών σημαντικών σημείων και ο συχνός έλεγχος αυτών.

Τα όργανα με τα οποία μετρούνται όλες αυτές οι διαδικασίες και οι έλεγχοι είναι οι χωροβάτες και πλέον, στη σημερινή εποχή, οι ψηφιακοί χωροβάτες ακριβείας. Οι χωροβάτες είναι το βασικό όργανο για τη μέτρηση υψομετρικών διαφορών, η οποία επιτρέπει τον προσδιορισμό υψομέτρων σημείων της Φυσικής Γήινης Επιφάνειας (Φ.Γ.Ε.).

Οι ψηφιακοί χωροβάτες είναι αυτόματοι χωροβάτες με την ίδια σχεδόν μηχανική σχεδίαση με τους οπτικομηχανικούς. Οι βασικές διαφορές εντοπίζονται στον τρόπο λήψης των αναγνώσεων πάνω στις ειδικές κωδικοποιημένες σταδίες και στις διάφορες «ευκολίες», που παρέχει στον παρατηρητή η τεχνολογία (αυτόματη καταγραφή μετρήσεων, ενσωματωμένα προγράμματα αυτοελέγχου και μεθόδων υψομετρίας κ.λ.π.)

Η εξέλιξη των χωροβατών συμβαδίζει με την εξέλιξη της τεχνολογίας. Συνεχώς βελτιώνονται τα συστήματα μέτρησης, οι ακρίβειες και οι σκοπευτικές ικανότητες τόσο των χωροβατών όσο και των παρελκόμενων. Από τους απλούς χωροβάτες και τη σκόπευση με το απλό τηλεσκόπιο και λήψη ανάγνωσης πάνω σε απλή σταδία με το μάτι, με το πέρασμα των χρόνων, μεταφέρθηκαν οι διαδικασίες στους αυτόματους ψηφιακούς πλέον χωροβάτες ακριβείας, στις σταδίες με γραμμικό κώδικα και στην αυτόματη λήψη ανάγνωσης και καταγραφής. Επίσης οι ακρίβειες αλλά και οι δυνατότητες ανάγνωσης έχουν βελτιωθεί αρκετά. Η ανάγνωση μπορεί να φτάσει μέχρι και το $1 \cdot 10^{-5}$ m.

Όλη αυτή η εξέλιξη έχει πολλά θετικά στοιχεία και έχει ενδιαφέρον ο έλεγχος για την τελική ακρίβεια των παρεχόμενων μετρήσεων των χωροβατών και την επαναληψιμότητα αυτών.

Παλαιότερα έχουν γίνει κάποιες μεμονωμένες έρευνες για τους χωροβάτες Leica DNA 03 και NA 3003 [Leica AG, General notice for digital levels and staffs, Heerbrugg, Switzerland 1994] για την συμπεριφορά τους σε καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες όπως χαρακτηριστικά αναγράφεται. Επίσης τα πειράματα που έγιναν περιελάμβαναν έναν πολύ μικρό αριθμό μετρήσεων και με τυχαία επιλογή παραγόντων και κυρίως σε σταθερές συνθήκες.

Όπως ήταν αναμενόμενο αναλύθηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα πειράματα αυτά που έγιναν είτε από την ίδια την εταιρία είτε στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων του ΕΜΠ και διαπιστώθηκαν κάποια κενά κυρίως στην κατανόηση αυτών αλλά και την αξιοπιστία τους.

Έτσι κρίθηκε σκόπιμο, σύμφωνα με τα παραπάνω, να γίνει έλεγχος της επαναληψιμότητας και της γενικής συμπεριφοράς των συστημάτων μέτρησης υψομετρικών διαφορών στο χώρο, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που πιθανώς να επηρεάζουν και τις ενδεχόμενες μεταβολές τους.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζουν πραγματικά μεγάλο και αξιόλογο ενδιαφέρον και οδήγησαν σε πολύ χρήσιμα συμπεράσματα και προτάσεις, τα οποία μπορούν να αξιολογηθούν και να χρησιμοποιηθούν και σε μελλοντικές εφαρμογές και έρευνες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	IV
ΠΙΝΑΚΕΣ.....	VIII
ΣΧΗΜΑΤΑ.....	X
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	XI
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	XIII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	XVIII

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
----------------------	----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΕΡΙ ΧΩΡΟΒΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΩΝ.....	3
1.1 Γενικά	3
1.2 Ψηφιακοί χωροβάτες	4
1.3 Η μέθοδος ανάγνωσης της μέτρησης με ψηφιακούς χωροβάτες	7
1.4 Χωροσταθμικοί πήγεις ή σταδίες	11
1.4.1 Ο γραμμικός κώδικας (bar code).....	14
1.5 Χωροσταθμικές βάσεις (χελώνες)	15
1.6 Έλεγχοι – ρυθμίσεις χωροβατών και σταδίων	16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	27
2.1 Αντικείμενο της εργασίας.....	27
2.2 Λογισμικό αυτόματης καταγραφής μετρήσεων χωροβατών.....	28
2.3 Επεξεργασία των μετρήσεων.....	30
2.4 Εξοπλισμός	33
2.4.1 Οι Χωροβάτης Leica NA 3003 και Leica DNA 03.....	34
2.4.1.1 Η οθόνη και το πληκτρολόγιο	37

2.4.1.2 Το σύστημα μέτρησης του οργάνου.....	40
2.4.2 Η ψηφιακή σταδία Invar, GWCL92.....	47
2.4.3 Οι ψηφιακές σταδίες Invar, GPCL2 και GPCL3.....	49
2.4.4. Θερμόμετρα	51
2.4.4.1. AT MeteoStation	51
2.4.4.2 Tinytag plus 2 TGP-4500	55
2.4.5 Φωτόμετρα.....	58
2.4.5.1 HD450.....	58
2.4.5.2 Sekonic Zoom Master L-508.....	62
2.4.6 Άλλα όργανα.....	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ.....69

3.1 Γενικά	69
3.2 Συνδεσμολογία.....	71
3.3 Απόσταση μέτρησης 5m.....	75
3.3.1 Σταθερός φωτισμός.....	75
3.3.2 Διαχεόμενος φωτισμός	78
3.3.3 Κάθετος φωτισμός	82
3.4 Απόσταση μέτρησης 9m.....	86
3.4.1 Σταθερός φωτισμός.....	86
3.4.2 Διαχεόμενος φωτισμός	89
3.4.3 Κάθετος φωτισμός	93
3.5 Απόσταση μέτρησης 16m.....	96
3.5.1 Σταθερός φωτισμός.....	96
3.5.2 Διαχεόμενος φωτισμός.....	99
3.5.3 Κάθετος φωτισμός	104
3.6 Απόσταση μέτρησης 25m.....	108
3.6.1 Σταθερός φωτισμός.....	108
3.6.2 Διαχεόμενος φωτισμός	111
3.6.3 Κάθετος φωτισμός	115
3.7 Απόσταση μέτρησης 34m.....	115

3.7.1 Σταθερός φωτισμός.....	115
3.7.2 Διαχεόμενος φωτισμός	119
3.7.3 Κάθετος φωτισμός	119
3.8 Απόσταση μέτρησης 49m.....	119
3.8.1 Σταθερός φωτισμός.....	119
3.8.2 Διαχεόμενος φωτισμός	123
3.8.3 Κάθετος φωτισμός	123

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ.....	125
4.1 Γενικά	125
4.2 Συνδεσμολογία.....	127
4.3 Απόσταση μέτρησης 5m.....	130
4.4 Απόσταση μέτρησης 9m.....	135
4.5 Απόσταση μέτρησης 16m.....	140
4.6 Απόσταση μέτρησης 25m.....	145
4.7 Απόσταση μέτρησης 34m.....	150
4.8 Απόσταση μέτρησης 50m.....	155
4.9 Απόσταση μέτρησης 70m.....	162

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	167
5.1 Γενικά	167
5.2 Έλεγχος σε εσωτερικό χώρο.....	167
5.2.1 Σταθερός φωτισμός.....	167
5.2.2 Διαχεόμενος φωτισμός	172
5.2.3 Κάθετος φωτισμός	176
5.3 Έλεγχος σε εξωτερικό χώρο	180

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ...	185
-------------------------------------	------------

6.1 Συμπεράσματα	185
6.1.1 Γενικά	185
6.1.2 Έλεγχος σε εσωτερικό χώρο.....	187
6.1.3 Έλεγχος σε εξωτερικό χώρο	190
6.2 Προβλήματα.....	192
6.3 Προτάσεις	193
6.4 Διάρκεια εργασιών.....	194
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	197
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ.....	199
ABSTRACT.....	201

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1: Συνοπτική παρουσίαση των στατιστικών τεστ για την πλήρη διαδικασία ελέγχου.....	25
Πίνακας 2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά και ακρίβειες του ψηφιακού χωροβάτη ακριβείας NA 3003.	42
Πίνακας 2.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά και ακρίβειες του ψηφιακού χωροβάτη ακριβείας DNA 03.	44
Πίνακας 2.3: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της σταδίας GWCL92	48
Πίνακας 2.4: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της σταδίας GPCL2 και GPCL3.....	49
Πίνακας 2.5: Κύρια χαρακτηριστικά θερμομέτρου AT Meteostation.	51
Πίνακας 2.6: Μέγιστα και ελάχιστα καταγραφής του θερμομέτρου Tinytag plus 2 TGP-4500.	55
Πίνακας 2.7: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμομέτρου Tinytag plus 2 TGP-4500.	56
Πίνακας 2.8: Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτομέτρου HD450.	59
Πίνακας 2.9: Ακρίβεια και ανάλυση του φωτομέτρου HD450.....	59
Πίνακας 3.1: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 5 m (σταθερός φωτισμός).....	76
Πίνακας 3.2: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 5 m (διαχεόμενος φωτισμός).	79
Πίνακας 3.3: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 5 m (κάθετος φωτισμός).	83
Πίνακας 3.4: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m (σταθερός φωτισμός).	86

Πίνακας 3.5:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m (διαχεόμενος φωτισμός).....	90
Πίνακας 3.6:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m (κάθετος φωτισμός).....	94
Πίνακας 3.7:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m (σταθερός φωτισμός).....	97
Πίνακας 3.8:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m (διαχεόμενος φωτισμός).....	100
Πίνακας 3.9:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m (κάθετος φωτισμός).....	105
Πίνακας 3.10:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 25 m (σταθερός φωτισμός).....	108
Πίνακας 3.11:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 25 m (διαχεόμενος φωτισμός).....	112
Πίνακας 3.12:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 34 m (σταθερός φωτισμός).....	116
Πίνακας 3.13:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 49 m (σταθερός φωτισμός).....	120
Πίνακας 4.1:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 5 m.....	131
Πίνακας 4.2:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m.....	136
Πίνακας 4.3:	Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m.....	141

Πίνακας 4.4: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 25 m.	146
Πίνακας 4.5: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 34 m.	151
Πίνακας 4.6: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 50 m.	156
Πίνακας 4.7: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 70 m.	163
Πίνακας 6.1: Επαναληψιμότητα (τυπικό σφάλμα της μέτρησης σε μm) χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 για τον έλεγχο σε εσωτερικό χώρο.....	189
Πίνακας 6.2: Η επαναληψιμότητα του ψηφιακού χωροβάτη NA 3003, όπως αυτή δίνεται από την εταιρία.	189
Πίνακας 6.3: Επαναληψιμότητα (τυπικό σφάλμα της μέτρησης σε μm) χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο (φυσικές μεταβαλλόμενες συνθήκες).	192

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1: Οπτικομηχανικά μέρη ενός ψηφιακού χωροβάτη.	9
Σχήμα 3.1: Σχηματική παρουσίαση της συνδεσμολογίας των οργάνων στο πείραμα εσωτερικού χώρου στο τούνελ.	74
Σχήμα 4.1: Σχηματική παρουσίαση της συνδεσμολογίας των οργάνων στο πείραμα εξωτερικού χώρου στην ταράτσα.	129

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1: Ψηφιακός χωροβάτης.....	4
Εικόνα 1.2: Αριστερά η αναλογική σταδία και δεξιά η ψηφιακή σταδία.	12
Εικόνα 1.3: Αντηρίδες για τη στήριξη των σταδίων.	13
Εικόνα 1.4: Πρότυπος κώδικας εταιρίας Leica: (a)η ακολουθία του κώδικα και (b) η αντιπροσώπευση των 75 πρώτων στοιχείων του κώδικα στο κάτω μέρος της σταδίας.	15
Εικόνα 1.5: Τύποι χωροσταθμικών βάσεων (χελώνες).....	16
Εικόνα 1.6: Τοποθέτηση χωροβάτη για το πρώτο σετ μετρήσεων.	21
Εικόνα 1.7: Τοποθέτηση χωροβάτη για το δεύτερο σετ μετρήσεων...	21
Εικόνα 1.8: Τοποθέτηση οργάνου και σταδίων για την πλήρη διαδικασία ελέγχου.....	23
Εικόνα 2.1: Το περιβάλλον εργασίας του Tinytag plus 2 TGP-4500 και τα διαγράμματα που προκύπτουν.....	29
Εικόνα 2.2: Κανονικό αρχείο και μορφοποιημένο αρχείο.	29
Εικόνα 2.3: Το διάγραμμα μεταβολής μέτρησης σε συνάρτηση με το χρόνο και η προσαρμογή καμπύλης και εξίσωσης δευτέρου βαθμού.	32
Εικόνα 2.4: Τα αποτελέσματα που προκύπτουν και η προσαρμογή της εξίσωσης.....	32
Εικόνα 2.5: Ψηφιακός χωροβάτης ακριβείας Leica NA 3003.	35
Εικόνα 2.6: Ψηφιακός χωροβάτης ακριβείας Leica DNA 03.	36
Εικόνα 2.7: Η οθόνη του NA 3003 μετά από μια μέτρηση σε σειρά μετρήσεων.	38
Εικόνα 2.8: Το πληκτρολόγιο του NA 3003.	38
Εικόνα 2.9: Η οθόνη του DNA 03 μετά από μια μέτρηση.....	39
Εικόνα 2.10: Το πληκτρολόγιο του DNA 03.	40
Εικόνα 2.11: Το παράδειγμα που εφάρμοσε η εταιρία Leica.	46
Εικόνα 2.12: Η ψηφιακή σταδία Invar GWCL92	47

Εικόνα 2.13: Η σταδία Invar GPCL3 με bar code τοποθετημένη σε χωροσταθμική βάση (χελώνα), στηριγμένη πάνω σε ένα τρίποδα Βιομηχανικής Γεωδαισίας.	50
Εικόνα 2.14: Το AT Meteostation, που μετράει θερμοκρασία, πίεση και υγρασία.....	52
Εικόνα 2.15: Το λογισμικό επεξεργασίας για το AT Meteostation. ...	53
Εικόνα 2.16: Τοποθέτηση εξωτερικού αισθητήρα του AT Meteostation.	53
Εικόνα 2.17: Το tinytag plus 2 TGP-4500 που μετράει θερμοκρασία και σχετική υγρασία.	57
Εικόνα 2.18: Η τοποθέτηση του tinytag plus 2 TGP-4500 πάνω στη σταδία για την καταγραφή των μετρήσεων.....	57
Εικόνα 2.19: Το περιβάλλον εργασίας του tinytag plus 2 TGP-4500 και τα διαγράμματα που προκύπτουν.....	58
Εικόνα 2.20: Το φωτόμετρο HD450 που μετράει την ένταση του φωτός.	60
Εικόνα 2.21: Το περιβάλλον εργασίας του φωτομέτρου HD450.....	61
Εικόνα 2.22: Τοποθέτηση φωτομέτρου HD450 πάνω στη σταδία.	61
Εικόνα 2.23: Το φωτόμετρο Zoom-Master L-508 που μετράει την ένταση του φωτός.	63
Εικόνα 2.24: Η τοποθέτηση των δύο χωροβατών στο τούνελ της σχολής ΣΑΤΜ.	65
Εικόνα 2.25: Η στήριξη της σταδίας σε κατακόρυφη θέση πάνω σε μια ειδική βάση.....	65
Εικόνα 2.26: Ο προβολέας ρυθμιζόμενης έντασης με ελάχιστο φως, διαχεόμενο πάνω στη σταδία.	66
Εικόνα 2.27: Χωροσταθμική βάση ή χελώνα που χρησιμοποιήθηκε για την έδραση της σταδίας στο εξωτερικό πείραμα.	66
Εικόνα 2.28: Ο δεύτερος φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής και το φωτόμετρο HD450.	67
Εικόνα 3.1: Πάνω φαίνεται το τούνελ, η τοποθέτηση της σταδίας και του φακού ρυθμιζόμενης έντασης σε θέση για διαχεόμενο φωτισμό, ενώ κάτω φαίνονται οι δύο χωροβάτες, ο υπολογιστής το θερμόμετρο και η συνδεσμολογία τους.	73

Εικόνα 4.1: Αριστερά φαίνονται , η τοποθέτηση των δυο χωροβατών και του ενός θερμομέτρου και η συνδεσμολογία τους με τον υπολογιστή, ενώ δεξιά φαίνονται η σταδία με τη στήριξή της, ο μικρότερος υπολογιστής το θερμόμετρο και το φωτόμετρο και η συνδεσμολογία τους.....128

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

- Διάγραμμα 2.1: Διαγράμματα της θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο από το AT Meteostation.....54
- Διάγραμμα 3.1: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - σταθερός φωτισμός).....77
- Διάγραμμα 3.2: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - διαχεόμενος φωτισμός).....80
- Διάγραμμα 3.3: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03,NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - διαχεόμενος φωτισμός).....80
- Διάγραμμα 3.4: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - κάθετος φωτισμός).....84
- Διάγραμμα 3.5: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - κάθετος φωτισμός).....84
- Διάγραμμα 3.6: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - σταθερός φωτισμός).....87
- Διάγραμμα 3.7: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - διαχεόμενος φωτισμός).....91
- Διάγραμμα 3.8: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - διαχεόμενος φωτισμός).....91

Διάγραμμα 3.9: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - κάθετος φωτισμός).	95
Διάγραμμα 3.10: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - κάθετος φωτισμός).	95
Διάγραμμα 3.11: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - σταθερός φωτισμός).	98
Διάγραμμα 3.12: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - διαχεόμενος φωτισμός).	101
Διάγραμμα 3.13: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - διαχεόμενος φωτισμός).	102
Διάγραμμα 3.14: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - κάθετος φωτισμός).	106
Διάγραμμα 3.15: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - κάθετος φωτισμός).	106
Διάγραμμα 3.16: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m - σταθερός φωτισμός).	109
Διάγραμμα 3.17: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m – διαχεόμενος φωτισμός).	113
Διάγραμμα 3.18: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m - διαχεόμενος φωτισμός).	113
Διάγραμμα 3.19: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 34m - σταθερός φωτισμός).	117
Διάγραμμα 3.20: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 49m - σταθερός φωτισμός).	121

Διάγραμμα 4.1: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m).....	132
Διάγραμμα 4.2: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m).....	133
Διάγραμμα 4.3: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m).....	137
Διάγραμμα 4.4: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m).....	138
Διάγραμμα 4.5: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m).....	142
Διάγραμμα 4.6: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m).....	143
Διάγραμμα 4.7: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m).....	147
Διάγραμμα 4.8: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m).....	148
Διάγραμμα 4.9: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 34m).....	152
Διάγραμμα 4.10: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 34m).....	153
Διάγραμμα 4.11: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 50m).....	157
Διάγραμμα 4.12: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 50m).....	159

Διάγραμμα 4.13:	Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 70m).....	163
Διάγραμμα 4.14:	Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 70m).	164
Διάγραμμα 5.1:	Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της καλύτερης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (σταθερός φωτισμός).....	168
Διάγραμμα 5.2:	Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της καλύτερης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003 (σταθερός φωτισμός).....	168
Διάγραμμα 5.3:	Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 (σταθερός φωτισμός).....	171
Διάγραμμα 5.4:	Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (διαχεόμενος φωτισμός).	173
Διάγραμμα 5.5:	Τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (διαχεόμενος φωτισμός).	173
Διάγραμμα 5.6:	Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003 (διαχεόμενος φωτισμός).	174
Διάγραμμα 5.7:	Τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003 (διαχεόμενος φωτισμός).	174
Διάγραμμα 5.8:	Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 (διαχεόμενος φωτισμός).	175
Διάγραμμα 5.9:	Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη NA 3003 (διαχεόμενος φωτισμός).	175
Διάγραμμα 5.10:	Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (κάθετος φωτισμός).	178

Διάγραμμα 5.11: Τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (κάθετος φωτισμός).....	178
Διάγραμμα 5.12: Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 (κάθετος φωτισμός).....	179
Διάγραμμα 5.13: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της μέσης (καλύτερης) τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03.	181
Διάγραμμα 5.14: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της μέσης (καλύτερης) τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003.	181
Διάγραμμα 5.15: Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003	182
Διάγραμμα 6.1: Διάγραμμα κατανομής χρόνου στις εργασίες εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.	195

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός της μεταβολής της ανάγνωσης (επαναληψιμότητας) συστημάτων μέτρησης υψομετρικών διαφορών. Τα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν τους ψηφιακούς χωροβάτες (Leica DNA 03 και Leica NA 3003) σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος και σε εξωτερικές μεταβαλλόμενες και φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος. Επίσης ελέγχθηκε πόσο επηρεάζουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, ο φωτισμός και η επαναληψιμότητα των χωροβατών στις συνθήκες αυτές τη συμπεριφορά των χωροβατών.

Ο ορισμός της επαναληψιμότητας σύμφωνα με την εταιρία Leica είναι η τυπική απόκλιση μιας απλής μέτρησης σε καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες [Leica AG, General notice for digital levels and staffs, Heerbrugg, Switzerland 1994].

Πραγματοποιήθηκαν πειράματα – έλεγχοι τόσο σε εσωτερικό όσο και σε εξωτερικό χώρο σε διάφορες αποστάσεις και με διαφορετικούς φωτισμούς (φυσικός, τεχνητός, σταθερός, κάθετος, διαχεόμενος).

Στο **πρώτο κεφάλαιο** αναφέρονται γενικά στοιχεία για τους ψηφιακούς χωροβάτες, τη λειτουργία τους, τις δυνατότητές τους, ο τρόπος χρήσης τους, τα σφάλματά τους και οι έλεγχοι που γίνονται για την ορθή λειτουργία τους. Επίσης περιγράφονται και όλα τα παρελκόμενα των ψηφιακών χωροβατών, όπως είναι οι χωροσταθμικοί πήχεις ή σταδίες και οι χωροσταθμικές βάσεις ή χελώνες.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναλύονται διεξοδικά η μεθοδολογία ελέγχου και ο εξοπλισμός που περιελάμβαναν τα πειράματα. Πιο συγκεκριμένα περιγράφονται αναλυτικά οι δύο χωροβάτες, οι σταδίες και τα παρελκόμενα αυτών που χρησιμοποιήθηκαν και όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Επίσης αναφέρονται και περιγράφονται όλα τα όργανα που έλαβαν μέρος στη διαδικασία του πειράματος και τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τη λήψη των ατμοσφαιρικών συνθηκών και του φωτισμού (φωτόμετρα, θερμόμετρα). Επιπλέον περιγράφονται όλα τα λοιπά και απλά πλην όμως χρήσιμα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν (όπως βάσεις, προβολέας κ.α) καθώς και όλα τα λογισμικά των προγραμμάτων και των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν

για την επεξεργασία των μετρήσεων. Τέλος υπάρχει μια αναφορά για τον τρόπο επεξεργασίας των μετρήσεων και τη διαχείριση αυτών.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** περιγράφεται η διαδικασία ελέγχου σε εσωτερικό χώρο, ο εξοπλισμός που περιλαμβάνεται και η συνδεσμολογία των οργάνων. Περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και για τους δύο χωροβάτες, για κάθε απόσταση ξεχωριστά και για κάθε είδος φωτισμού ξεχωριστά, τα διαγράμματα που συνοδεύουν αυτά, ο σχολιασμός και οι παρατηρήσεις που προκύπτουν για το κάθε ένα από τα πειράματα.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος σε εσωτερικό χώρο. Πραγματοποιήθηκε μια πρώτη είδους βελτιστοποίηση για την διαπίστωση και κατάληξη των χρονικών ορίων και διαστημάτων που θα γινόταν το πείραμα και η οποία προέκυψε από ολόήμερες μετρήσεις. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των χωροβατών σε κάποιες συγκεκριμένες αποστάσεις που ήταν 5, 9, 16, 25, 34 και 49 m, με σκοπεύσεις και λήψεις αναγνώσεων πάνω στη σταδία. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν για όλες τις αποστάσεις και όπου ήταν δυνατό κάθε φορά με σταθερό τεχνητό φωτισμό, με μεταβαλλόμενο, σε τρεις τυχαίες εντάσεις, διαχεόμενο φωτισμό και με μεταβαλλόμενο, σε τρεις τυχαίες εντάσεις, κάθετο φωτισμό.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφεται η διαδικασία ελέγχου σε εξωτερικό χώρο, ο εξοπλισμός που περιλαμβάνεται και η συνδεσμολογία των οργάνων. Περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και για τους δύο χωροβάτες, για κάθε απόσταση ξεχωριστά, τα διαγράμματα που συνοδεύουν αυτά, ο σχολιασμός και οι παρατηρήσεις που προκύπτουν για το κάθε ένα από τα πειράματα.

Επιλέχθηκε οι μετρήσεις στο συγκεκριμένο πείραμα να διαρκούν περίπου από το πρωί μέχρι τη δύση του ηλίου για να ληφθούν υπόψη όλες οι συνθήκες που επικρατούν και μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Το πείραμα αυτό περιελάμβανε μετρήσεις στις αποστάσεις των 5, 9, 16, 25, 34, 50 και 70 m.

Για όλα τα πειράματα, οι μετρήσεις αφορούσαν αναγνώσεις πάνω στη σταδία από τους δύο χωροβάτες, λήψη όλων των ατμοσφαιρικών συνθηκών (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία) με τη βοήθεια ειδικών οργάνων και λήψη αναγνώσεων της έντασης του φωτισμού.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιλαμβάνεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων, τόσο για τον έλεγχο σε εσωτερικό χώρο, όσο και για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο. Η ανάλυση αποτελείται κυρίως από

σχολιασμό και περιγραφή των διαγραμμάτων που προέκυψαν για τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης, μέσης τιμής και μέγιστων διαφορών σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης, για όλα τα πειράματα. Τέλος γίνεται αναφορά για την επαναληψιμότητα των χωροβατών σε όλες τις συνθήκες ξεχωριστά. Επίσης προσαρμόζονται οι συναρτήσεις και μοντελοποιούνται οι μετρήσεις.

Στο **έκτο κεφάλαιο** αναλύονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω αποτελέσματα και την ανάλυσή τους. Περιλαμβάνονται επίσης και οι προτάσεις που μπορούν να διατυπωθούν και προκύπτουν από την αξιολόγηση των συμπερασμάτων.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν, περιληπτικά είναι:

- Για όλες τις αποστάσεις και τον έλεγχο σε εσωτερικό χώρο οι συνθήκες είναι σταθερές και δεν επηρεάζουν αρκετά τις μετρήσεις.
- Αντίθετα για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο, η θερμοκρασία και ο φωτισμός επηρεάζουν αρκετά τις μετρήσεις.
- Όσο μεγαλώνει η απόσταση μέτρησης τόσο αυξάνονται τα σφάλματα και οι διαφορές των μετρήσεων.
- Ο χωροβάτης DNA 03 είναι σαφώς μεγαλύτερης ακρίβειας και σταθερότητας από τον χωροβάτη NA 3003 καθώς σε όλες τις αποστάσεις παρουσίαζε πάντα σφάλματα και διαφορές μικρότερες από αυτές του NA 3003.
- Προέκυψε η επαναληψιμότητα των δύο χωροβατών σε κάθε τύπο μέτρησης (εξωτερικό χώρο, εσωτερικό χώρο, διάφορες εντάσεις φωτισμού).
- Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η ικανότητα αυτόματης λήψης και καταγραφής των μετρήσεων από τους χωροβάτες χωρίς την επέμβαση του ανθρώπινου χεριού.
- Η συμπεριφορά των χωροβατών είναι σαφώς καλύτερη στους εσωτερικούς χώρους και στις σταθερές συνθήκες με οποιοδήποτε φωτισμό από ότι στους εξωτερικούς χώρους και τις φυσικές μεταβαλλόμενες συνθήκες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός της μεταβολής της ανάγνωσης (επαναληψιμότητας) συστημάτων μέτρησης υψομετρικών διαφορών. Τα συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν τους ψηφιακούς χωροβάτες (Leica DNA 03 και Leica NA 3003) σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος και σε εξωτερικές μεταβαλλόμενες και φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος. Επιλέχθηκαν οι δύο αυτοί τύποι χωροβατών καθώς υπήρχε η δυνατότητα διασύνδεσής τους με κεντρικό υπολογιστή και αυτόματη λήψη και καταγραφή των αναγνώσεων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί μειώνονται οι κραδασμοί πάνω στο χωροβάτη την στιγμή της μέτρησης από το πάτημα του πλήκτρου μέτρησης από τον παρατηρητή.

Επίσης βασικό μέλημα, είναι ο προσδιορισμός της επαναληψιμότητας των δύο χωροβατών υπό αυτές τις συνθήκες και η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το πόσο επηρεάζει τόσο ο φυσικός, όσο και ο τεχνητός φωτισμός την απόδοση των χωροβατών. Αλλά και κατά πόσο επηρεάζουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία) που επικρατούν τόσο κοντά στο χωροβάτη, όσο και στις σταδίες.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος σε εσωτερικό χώρο που περιελάμβανε μετρήσεις των χωροβατών σε κάποιες συγκεκριμένες αποστάσεις που ήταν 5, 9, 16, 25, 34 και 49 m, με σκοπεύσεις και λήψεις αναγνώσεων πάνω στη σταδία. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν για όλες τις αποστάσεις και όπου ήταν δυνατό κάθε φορά με σταθερό τεχνητό φωτισμό, με μεταβαλλόμενο, σε τρεις τυχαίες εντάσεις, διαχεόμενο φωτισμό και με μεταβαλλόμενο, σε τρεις τυχαίες εντάσεις, κάθετο φωτισμό.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος σε εξωτερικό χώρο που περιελάμβανε μετρήσεις στις αποστάσεις των 5, 9, 16, 25, 34, 50 και 70 m για όλη σχεδόν την ημέρα.

Για όλα τα πειράματα, οι μετρήσεις αφορούσαν αναγνώσεις πάνω στη σταδία από τους δύο χωροβάτες, λήψη όλων των ατμοσφαιρικών συνθηκών (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία) με τη βοήθεια ειδικών οργάνων και λήψη αναγνώσεων της έντασης του φωτισμού.

Στη συνέχεια υπήρξε η κατάλληλη επεξεργασία των μετρήσεων και η εξαγωγή όλων των απαραίτητων διαγραμμάτων και αμέσως μετά η ανάλυση των αποτελεσμάτων, η σύγκριση των δύο συστημάτων και η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικών με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΕΡΙ ΧΩΡΟΒΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΩΝ

1.1 Γενικά

Οι χωροβάτες είναι το βασικό όργανο για τη μέτρηση υψομετρικών διαφορών, η οποία επιτρέπει τον προσδιορισμό υψομέτρων σημείων της Φυσικής Γήινης Επιφάνειας (Φ.Γ.Ε.). Για την απευθείας μέτρηση των υψομετρικών διαφορών, όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιούνται κατάλληλα όργανα και παρελκόμενα που είναι:

- Χωροβάτες
- Χωροσταθμικοί πήγεις ή σταδίες (αναλογικές ή ψηφιακές)
- Χωροσταθμικές βάσεις ή αλλιώς ‘‘χελώνες’’.

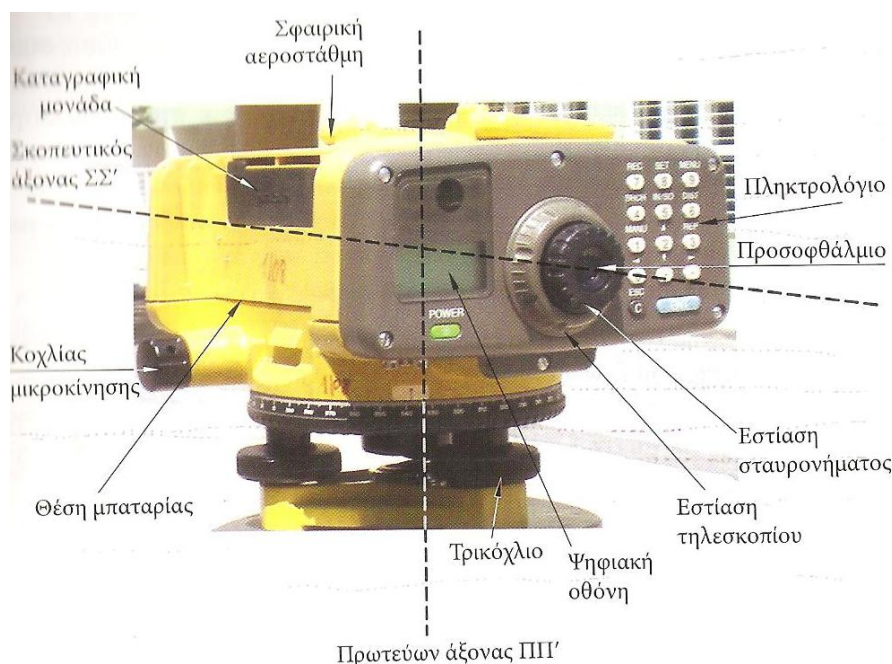
Η ορθή λειτουργία ενός χωροβάτη βασίζεται στις βασικές συνθήκες λειτουργίας και οι οποίες είναι:

- Ο σκοπευτικός άξονας $\Sigma\Sigma'$ ή σκοπευτική γραμμή πρέπει να είναι παράλληλος με την κανονική ευθεία $ΚΚ'$ της αεροστάθμης $[\Sigma\Sigma' // ΚΚ']$. (κύρια συνθήκη)
- Η κανονική ευθεία $ΚΚ'$ της αεροστάθμης πρέπει να είναι κάθετη στον πρωτεύοντα άξονα $\Pi\Pi'$ $[ΚΚ' \perp \Pi\Pi']$. (βοηθητική συνθήκη)

Με τη βοήθεια του τηλεσκοπίου ορίζεται ένας σκοπευτικός άξονας ($\Sigma\Sigma'$), ο οποίος μπορεί να οριζοντιώνεται με ακρίβεια. Ο άξονας αυτός υλοποιείται από το κέντρο του σταυρονήματος που είναι χαραγμένο στο τηλεσκόπιο του οργάνου και το οπτικό κέντρο του αντικειμενικού φακού του τηλεσκοπίου. Η οριζοντίωση του σκοπευτικού άξονα γίνεται με σωληνωτή αεροστάθμη ή μηχανικό εκκρεμές που περιέχουν οι οπτικομηχανικοί χωροβάτες. Στους αντίστοιχους ψηφιακούς χωροβάτες η αντίστοιχη λειτουργία αποκαθίσταται με ειδικό ισοσταθμητή.

Όταν αυτό επιτυγχάνεται τότε ο σκοπευτικός άξονας $\Sigma\Sigma'$, είναι παράλληλος στο οριζόντιο επίπεδο που ορίζει ο μηχανισμός οριζοντίωσης.

Όταν το τηλεσκόπιο του χωροβάτη περιστρέφεται γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ΄, τότε η σκοπευτική γραμμή διαγράφει ένα οριζόντιο επίπεδο που είναι κάθετο στην κατακόρυφο του τόπου στο σημείο τοποθέτησης του χωροβάτη. [Πανταζής Γ., Λάμπρου Ε., 2010]



Εικόνα 1.1: Ψηφιακός χωροβάτης.

1.2 Ψηφιακοί χωροβάτες

Οι ψηφιακοί χωροβάτες είναι αυτόματοι χωροβάτες με την ίδια σχεδόν μηχανική σχεδίαση με τους οπτικομηχανικούς. Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω είναι η δεύτερη κατηγορία χωροβατών με βάση τον τρόπο που λαμβάνονται οι μετρήσεις και ως προς τον οποίο έχουν την κύρια διαφορά από την πρώτη κατηγορία, τους οπτικομηχανικούς. Λειτουργούν με τον ίδιο μηχανισμό και η διαδικασία οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα ΣΣ΄ δεν διαφέρει σε τίποτα από αυτή που ακολουθείται στα συμβατικής τεχνολογίας αντίστοιχα όργανα. Οι βασικές διαφορές εντοπίζονται στον τρόπο λήψης των αναγνώσεων

πάνω στις ειδικές κωδικοποιημένες σταδίες και στις διάφορες «ευκολίες», που παρέχει στον παρατηρητή η τεχνολογία (αυτόματη καταγραφή μετρήσεων, ενσωματωμένα προγράμματα αυτοελέγχου και μεθόδων υψομετρίας κ.λ.π.)

Η διαδικασία μιας μέτρησης με τον ψηφιακό χωροβάτη είναι σχετικά απλή: Αρχικά, αφού οριζοντιωθεί το όργανο κατά τα γνωστά με τη βοήθεια μιας σφαιρικής αεροστάθμης και σκοπευθεί η σταδία, με το πάτημα ενός πλήκτρου μέτρησης εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου το αποτέλεσμα της μέτρησης μετά από μερικά δευτερόλεπτα (3 – 5 sec). Το όργανο έχει προσαρμοσμένη στο τηλεσκόπιό του μια CCD κάμερα, με την οποία παίρνει μια «εικόνα» από την ειδική κωδικοποιημένη σταδία και ύστερα από επεξεργασία, δίνει το αποτέλεσμα της μέτρησης. Έτσι γίνεται η λήψη και η καταγραφή στην οθόνη του χωροβάτη μιας μέτρησης και στη συνέχεια αυτή αποθηκεύεται στην ενσωματωμένη καταγραφική μονάδα που διαθέτουν οι χωροβάτες αυτού του είδους.

Οι ψηφιακοί χωροβάτες με το λογισμικό που διαθέτουν μπορούν να εκτελούν διάφορα προγράμματα μετρήσεων σύμφωνα με την επιθυμία του χρήστη. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Λαμβάνουν μια απλή ανάγνωση πάνω στη σταδία την οποία εμφανίζουν στην οθόνη τους.
- Λαμβάνουν η επαναλαμβανόμενες αναγνώσεις πάνω στη σταδία και στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται ο μέσος όρος τους, η τυπική τους απόκλιση σ και ο αριθμός n των αναγνώσεων.
- Λαμβάνουν αναγνώσεις μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη αβεβαιότητα για την εργασία που εκτελείται, όπως αυτή έχει καθοριστεί από τον χρήστη εκ των πρότερων.
- Λαμβάνουν πολλαπλές αναγνώσεις με προκαθορισμένη σειρά.

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα όμως, η ψηφιακή τεχνολογία των οργάνων αυτών, παρέχει στο χρήστη ευκολίες όπως η δυνατότητα αυτοελέγχου και αυτορρυθμίσεων του οργάνου. Δηλαδή έχουν τη δυνατότητα μέσω ειδικού λογισμικού που διαθέτουν, ελέγχου της θέσης του σκοπευτικού τους άξονα ΣΣ' (έλεγχος μέσου - άκρου), αποθήκευσης της τιμής της απόκλισης από την ορθή θέση και απευθείας διόρθωσης των μετρήσεων λόγω αυτού του σφάλματος. Ακόμα οι ψηφιακοί χωροβάτες έχουν τη δυνατότητα ηλεκτρονικού ελέγχου της ορθής θέσης τους και ειδοποίησης του χρήστη όταν δεν πληρούνται οι συνθήκες λειτουργίας τους. Επίσης στον ενσωματωμένο υπολογιστή τους υπάρχει μια ποικιλία προγραμμάτων που ο παρατηρητής μπορεί να

χρησιμοποιήσει κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, όπως προγράμματα που ανταποκρίνονται στο τρόπο διεξαγωγής των μετρήσεων για την ανάλογη καταγραφή ή αυτόματου υπολογισμού και άμεσης εμφάνισης αποτελεσμάτων κλεισίματος χωροσταθμικών οδεύσεων ή βρόγχων η διεξαγωγής μετρήσεων με ανάποδη σταδία για χωροσταθμίσεις οροφής και πολλά ακόμα.

Η χρήση των ψηφιακών χωροβατών έχει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα από τα οποία τα κυριότερα είναι:

- Μειώνει σημαντικά το χρόνο παραμονής στο πεδίο. Η ταχύτητα (απόδοση) ενός συνεργείου που εκτελεί μετρήσεις γεωμετρικής χωροστάθμησης βελτιώνεται κατά 2.5 – 3 φορές, σε σχέση με την παλαιότερη κλασική διαδικασία και τη χρήση των οπτικομηχανικών χωροβατών.
- Εξαλείφει το σφάλμα εκτίμησης της ανάγνωσης πάνω στη σταδία, από τον παρατηρητή.
- Εξαλείφει το χονδροειδές σφάλμα ανάγνωσης του παρατηρητή και της καταγραφής των αναγνώσεων, αφού αυτή γίνεται αυτόματα σε ενσωματωμένη καταγραφική μονάδα όπως προαναφέρθηκε.
- Χρησιμοποιώντας σταδίες invar, οι οποίες περιγράφονται σε παρακάτω κεφάλαιο, είναι δυνατός ο προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών, με αβεβαιότητες που φθάνουν τα ± 0.2 mm/km.
- Η απόσταση μεταξύ χωροβάτη – σταδίας κατά τη μέτρηση μπορεί να ξεπεράσει τα 100 m.
- Είναι δυνατή η λήψη ανάγνωσης ακόμη και αν αποκρύπτεται το τμήμα της σταδίας που βρίσκεται στο κεντρικό σταυρόνημα του χωροβάτη. Το λογισμικό του οργάνου μπορεί να αναγνωρίσει τυχόν κάλυψη της σταδίας από εμπόδια και να την αγνοήσει κατά τη διάρκεια του τελικού συσχετισμού. Η διαδικασία του συσχετισμού μπορεί να καλύψει μεγάλο ποσοστό κάλυψης, αλλά για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των μετρήσεων τίθεται ένα ανώτατο όριο της τάξης του 30%.
- Είναι δυνατή η λήψη ανάγνωσης όταν καλύπτονται τα 2/3 του οπτικού πεδίου του τηλεσκοπίου από τη σταδία.

Από την άλλη πλευρά όμως εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι ψηφιακοί χωροβάτες έχουν και κάποια μειονεκτήματα και τα οποία αφορούν κυρίως:

- Την αδυναμία μέτρησης και λήψη ανάγνωσης σε περιβάλλον με περιορισμένο ή πολύ έντονο ή ανομοιόμορφο φωτισμό. Το σύστημα μέτρησης λαμβάνει υπόψη του τυχόν ανομοιογενή φωτισμό της σταδίας, όπως για παράδειγμα την επίδραση των σκιών. Από πειράματα, έχει φανεί ότι με το φυσικό φως, μετρήσεις μπορεί να γίνουν και μετά τη δύση του ηλίου σε αποστάσεις χωροβάτη σταδίας μέχρι και 70 m. Όμως παρ' όλα αυτά, σε εσωτερικούς χώρους, η δυνατότητα αυτή περιορίζεται, ειδικά όταν ο φωτισμός προέρχεται από λυχνίες Neon, διότι δεν παρέχουν υπέρυθρο φως ικανοποιητικής ισχύος. Έτσι σε ορισμένες περιπτώσεις και εφαρμογές σε κλειστούς χώρους (π.χ. Eurotunnel) χρησιμοποιούνται πάνω από το χωροβάτη ειδικοί προβολείς αλογόνου, ώστε ο τεχνητός φωτισμός να μην επηρεάζει την απόδοση του οργάνου. Επίσης λειτουργούν τα όργανα αυτά αρκετά καλά και με τεχνητό φωτισμό φθορίου.
- Το υψηλό κόστος αγοράς τους σε σχέση με τους αντίστοιχους οπτικομηχανικούς.

Κλείνοντας την παράγραφο αυτή είναι καλό να αναφερθεί το γεγονός ότι σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, όπως έλλειψη μπαταρίας, έντονος ή ελλιπής φωτισμός, αδυναμία εστίασης και διάφορες άλλους παραμέτρους που επηρεάζουν τη μη λειτουργία της ψηφιακής διαδικασίας, οι ψηφιακοί χωροβάτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως οπτικομηχανικοί με την ίδια διαδικασία που ακολουθείται στους αντίστοιχους οπτικομηχανικούς χωροβάτες. [Μπαλοδήμος Δ., Αραμπατζή Ο., 2004][Πανταζής Γ., Λάμπρου Ε., 2010]

1.3 Η μέθοδος ανάγνωσης της μέτρησης με ψηφιακούς χωροβάτες

Οι ψηφιακοί χωροβάτες χρησιμοποιούν τη μέθοδο της συσχέτισης για την παραγωγή της μέτρησης. Η μέτρηση περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Σκόπευση και εστίαση (παρατηρητής).
- Έναρξη ψηφιακής μέτρησης (ενεργοποίηση πλήκτρου από τον παρατηρητή).
- Προσεγγιστική συσχέτιση.
- Αναλυτική συσχέτιση.

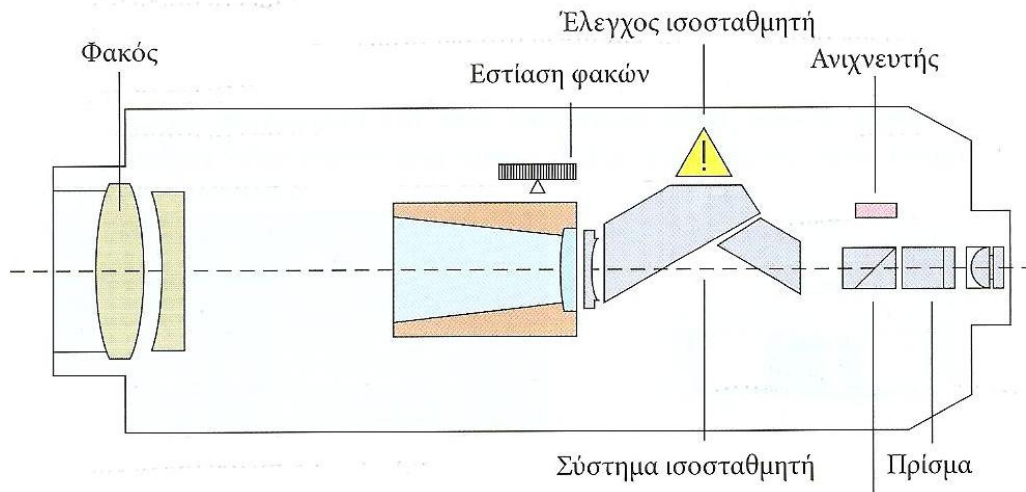
Αρχικά σκοπεύεται η σταδία και με τη χρήση ειδικού κοχλία εστιάζεται η εικόνα. Με την έναρξη της ψηφιακής μέτρησης ο χωροβάτης, με τη CCD κάμερα, που προαναφέρθηκε και την οποία διαθέτει το όργανο, λαμβάνει μια εικόνα του τμήματος της σταδίας που βρίσκεται στο οπτικό του πεδίο. Την εικόνα αυτή τη συγκρίνει με το πρότυπο που έχει ήδη αποθηκευμένο στη μνήμη του. Ακολουθώντας τη συσχετίζει, αρχικά προσεγγιστικά και στη συνέχεια αναλυτικά, με αυτό και υπολογίζει την ανάγνωση του κεντρικού σταυρονήματος. Ο χρόνος που απαιτείται για την αναλυτική συσχέτιση εξαρτάται από την απόσταση στην οποία είναι τοποθετημένη η σταδία και από την ποιότητα του μετρητικού σήματος, αλλά ποτέ δεν υπερβαίνει τα λίγα (2 - 3) sec.

Όταν αυτά τα τέσσερα στάδια που αναφέρθηκαν παραπάνω ολοκληρωθούν, η μέτρηση εμφανίζεται στην ψηφιακή οθόνη για λίγα δευτερόλεπτα και καταγράφεται στη μνήμη του οργάνου, σύμφωνα με το λογισμικό που φέρει κάθε χωροβάτης.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται μια τομή κατά μήκος του οπτικού άξονα του οργάνου, παρουσιάζονται τα οπτικομηχανικά μέρη ενός ψηφιακού χωροβάτη.

Η πορεία της οπτικής ακτίνας διέρχεται μέσα από τον ισοσταθμητή (compensator) που την καθιστά οριζόντια. Η κλίση του ισοσταθμητή στους ψηφιακούς χωροβάτες ελέγχεται ηλεκτρονικά και έτσι, όταν η απόκλιση ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή, ο παρατηρητής, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ειδοποιείται για να επανεξετάσει τη χονδρική οριζοντίωση του οργάνου.

Μετά την εστίαση, η οπτική πληροφορία (η εικόνα του γραμμικού κώδικα – barcode) στην ψηφιακή ανάγνωση περνά μέσα από ένα διαχωριστή δέσμης φωτός σε μια διάταξη ανιχνευτών διόδων. Ο διαχωριστής δέσμης φωτός διαχωρίζει το φως που εισέρχεται στο οπτικό σύστημα σε δύο μέρη. Το ένα είναι το ορατό φάσμα της ακτινοβολίας που περνά ανεμπόδιστο από το διαχωριστή δέσμης (beam splitter) και καταλήγει στον παρατηρητή. Το δεύτερο είναι το υπέρυθρο φάσμα της ακτινοβολίας που ανακλάται από τον διαχωριστή ακτίνας και καταλήγει σε έναν ανιχνευτή (detector diode array) ευαίσθητο στο υπέρυθρο φάσμα. Αυτή η διαδικασία δεν επηρεάζει το ποσοστό του φωτός που χρειάζεται ο παρατηρητής για να δει, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει και αρκετό φως στον ανιχνευτή.



Σχήμα 1.1: Οπτικομηχανικά μέρη ενός ψηφιακού χωροβάτη.

Συνήθως η γραμμή του ανιχνευτή στους ψηφιακούς χωροβάτες έχει μήκος 65mm και περιέχει 256 φωτο-ευαίσθητες φωτοδιόδους (εικονοστοιχεία – pixels) διαστάσεων 25 μm το κάθε ένα. Ο ρυθμιζόμενος φωτοφράκτης των φωτοδιόδων είναι επίσης 25 μm .

Η υπέρυθρη εικόνα του barcode που φτάνει στον ανιχνευτή μετατρέπεται σε αναλογικό σήμα video, το οποίο στη συνέχεια ενισχύεται και ψηφιοποιείται ηλεκτρονικά σε μετρητικό σήμα. Το μετρητικό σήμα αυτό αποτελείται από 256 pixels με ψηφιακές τιμές που αντιστοιχούν σε 256 τόνους του γκρι.

Το οπτικό σύστημα έχει γωνιακό άνοιγμα 2° , που σημαίνει ότι στην ελάχιστη απόσταση λειτουργίας του οργάνου των 1.8 m, στον ανιχνευτή φτάνει μια εικόνα της σταδίας μεγέθους 61 mm, ενώ στη μέγιστη απόσταση λειτουργίας των 100 m, η αντίστοιχη εικόνα είναι της τάξης των 3.5 m.

Το σύστημα επεξεργασίας βασίζεται σε ένα μικροεπεξεργαστή που αναλαμβάνει όλους τους πολύπλοκους υπολογισμούς της συσχέτισης και τις λειτουργίες αναφοράς.

Στους ψηφιακούς χωροβάτες ένας εστιακός κρυπτογράφος καθορίζει τη θέση της εστίασης των φακών και έτσι παρέχει προσεγγιστική πληροφορία και για την απόσταση μεταξύ χωροβάτη και σταδίας. Η κατά προσέγγιση απόσταση υπολογίζεται από τη θέση της εστίασης των φακών οι οποίοι κινούνται περίπου 14 mm. Το εύρος της εστίασης για τους περισσότερους ψηφιακούς χωροβάτες κυμαίνεται από 1.80 m έως και 100 m.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα μέσω ενός ηλεκτρονικού ανιχνευτή να εμφανίζεται η απόκλιση του ισοσταθμητή κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μετά τη σκόπευση και την εστίαση στη σταδία και το πάτημα του κουμπιού μέτρησης για να αρχίσει η ψηφιακή ανάγνωση, ακολουθεί το στάδιο του συσχετισμού το οποίο με τη σειρά του περιλαμβάνει δύο στάδια. Αυτό του απλού ή προσεγγιστικού συσχετισμού και αυτό του τελικού ή αναλυτικού συσχετισμού.

Με την ενεργοποίηση της εντολής μέτρησης, ο χωροβάτης ελέγχει την οριζοντίωση, καθορίζει τη θέση του φακού εστίασης και με βάση την ένταση του σήματος, καθορίζει το αναγκαίο χρονικό διάστημα για τον ικανό χρωματισμό των pixels για την ολοκλήρωση της μέτρησης. Παράλληλα, αποθηκεύει το υπέρυθρο φάσμα της εικόνας σε ψηφιακή μορφή των 256 pixels.

Στο στάδιο του απλού ή προσεγγιστικού συσχετισμού, προσδιορίζεται μια προσεγγιστική τιμή της απόστασης οργάνου – σταδίας, με βάση τη θέση του φακού εστίασης, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$df = k / s \quad (1.1)$$

όπου: df = η απόσταση οργάνου – σταδίας

k = οπτική σταθερά

s = η θέση των φακών εστίασης

Η προσεγγιστική αυτή απόσταση χρησιμοποιείται σαν αρχική τιμή για τον καθορισμό του ύψους σκόπευσης και της κλίμακας της εικόνας.

Στο στάδιο του τελικού ή αναλυτικού συσχετισμού, ο ενσωματωμένος στο όργανο μικροεπεξεργαστής συγκρίνει την εικόνα των 256 pixels που έχει πάρει, με σταθερά διαστήματα που έχει στη μνήμη του και υπολογίζει την ακριβή θέση του οριζοντίου νήματος πάνω στη σταδία καθώς και την απόσταση οργάνου – σταδίας.

Όταν όλα αυτά τα στάδια έχουν τελειώσει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, τότε τα αποτελέσματα επεξεργάζονται σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει επιλεγεί, καταγράφονται στην ενσωματωμένη καταγραφική μονάδα

του οργάνου (αν έχει γίνει εκ των προτέρων η επιλογή αυτή) και στη συνέχεια εμφανίζονται στην οθόνη.

Με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω αλλά και ακολουθώντας πιστά αυτά τα στάδια που αναλύθηκαν γίνεται γενικά η ανάγνωση της μέτρησης με τους ψηφιακούς χωροβάτες πάνω στις ειδικές κωδικοποιημένες σταδίες με το γραμμικό κώδικα - barcode. [Μπαλοδήμος Δ., Αραμπατζή Ο., 2004][Πανταζής Γ., Λάμπρου Ε., 2010]

1.4 Χωροσταθμικοί πήχεις ή σταδίες

Ανάλογα με τις απαιτήσεις ακριβείας κάθε εργασίας, χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών αριθμημένοι πήχεις, που ονομάζονται χωροσταθμικοί πήχεις ή σταδίες.

Οι χωροσταθμικοί πήχεις ή σταδίες είναι ειδικοί πήχεις που φέρουν χαραγμένη σε όλο το μήκος του αναλογική ή ψηφιακή κλίμακα. Χρησιμοποιούνται για τη λήψη ανάγνωσης από τον παρατηρητή η τον χωροβάτη.

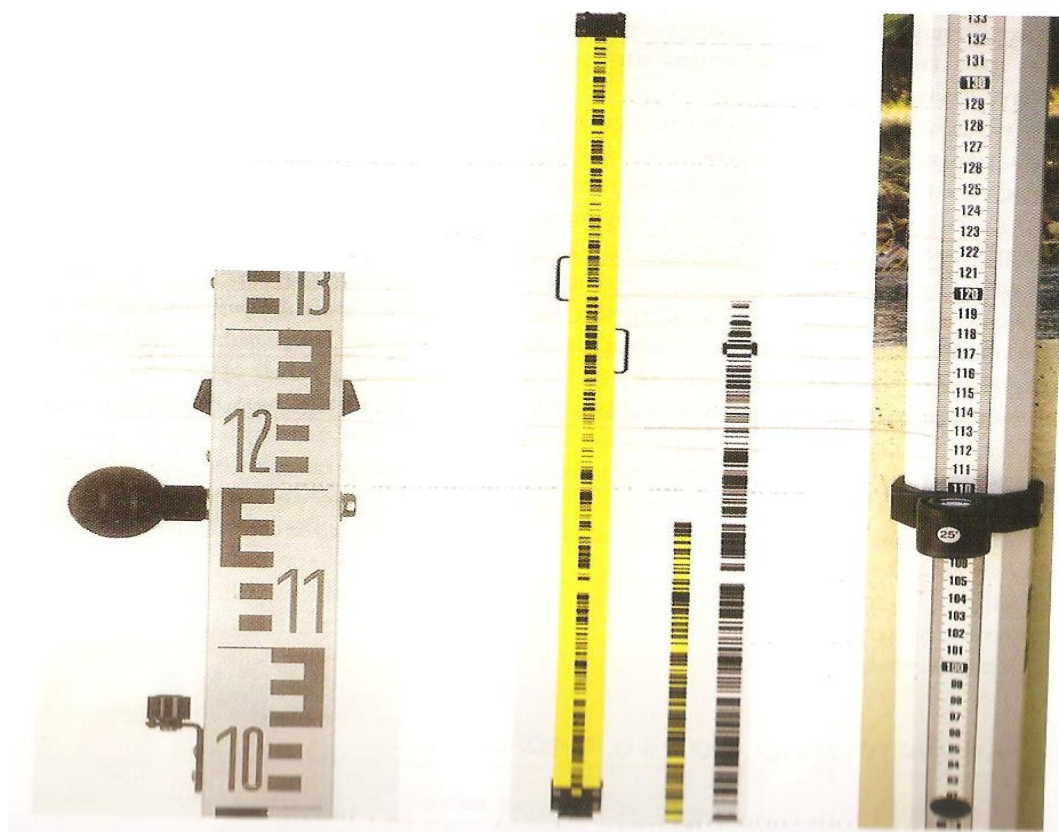
Για απλές χωροσταθμίσεις με τους οπτικομηχανικούς χωροβάτες χρησιμοποιούνται οι απλές αναλογικές σταδίες. Αυτές έχουν μήκος 3 m ή 4 m και είναι διηρημένες ανά 1cm ή 10 mm ή 5 mm ή 1 mm. Είναι κατασκευασμένες από ξύλο (παλαιότερα) ή αλουμίνιο και, για ευκολία μεταφοράς, είναι αναδιπλούμενες («σπαστές») ή μπορεί να είναι και τηλεσκοπικές. Μπορούν να αναδιπλώνονται σε 2 ή 4 μέρη. Συνήθως έχουν μια σφαιρική αεροστάθμη, για την τοποθέτηση τους από το στοχοφόρο σε κατακόρυφη θέση κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

Αντίθετα για χωροσταθμίσεις με τη βοήθεια ψηφιακών χωροβατών χρησιμοποιούνται οι ψηφιακές σταδίες. Είναι ειδικές κωδικοποιημένες σταδίες που έχουν χαραγμένο ψηφιακό ραβδοκώδικα (barcode). Είναι κατασκευασμένες από συνθετικό υλικό fibre-glass με πολύ μικρό συντελεστή γραμμικής διαστολής (μικρότερο από 10^{-5}) ή αλουμίνιο. Η κλασική διαίρεση της σταδίας σε εκατοστά ή χιλιοστά έχει πλέον αντικατασταθεί από barcode. Η κωδικοποίηση αυτή διαμορφώνει ανάλογα το φως που ανακλάται από τη σταδία στο χωροβάτη, ανάλογα με το χρώμα και το εύρος των διαστημάτων της σταδίας. Επίσης οι σταδίες αυτές φέρουν στο πίσω μέρος τους και αναλογική κλίμακα με

υποδιαίρεσεις ανά 1 mm, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως αναλογικές. Και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν απλές κωδικοποιημένες σταδίες και κωδικοποιημένες σταδίες από invar για μεγαλύτερες ακρίβειες.

Επίσης όπως είναι φυσικό όλες οι σταδίες κάθε κατηγορίας φέρουν πάνω τους σφαιρική αεροστάθμη για την τοποθέτησή τους σε κατακόρυφη θέση, αφού κατά τη διάρκεια των μετρήσεων πρέπει η σταδία να είναι παράλληλη με τη διεύθυνση της κατακορύφου, στο σημείο τοποθέτησής της.

Τέλος για την ακριβή και σταθερή τοποθέτηση της σταδίας σε κατακόρυφη θέση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές αντηρίδες, ώστε να αποφεύγονται οι ταλαντώσεις τη στιγμή λήψης της ανάγνωσης.



Invar απλή πίσω όψη

Εικόνα 1.2: Αριστερά η αναλογική σταδία και δεξιά η ψηφιακή σταδία.



Εικόνα 1.3: Αντηρίδες για τη στήριξη των σταδίων.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων πρέπει να παραμένει η σταδία αυτή κατακόρυφη. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σφαιρική αεροστάθμη που φέρει επάνω και στο πίσω μέρος της η σταδία αυτή. Παρατηρώντας τη σταδία από την μπροστινή πλευρά και χρησιμοποιώντας ένα σταθερό και οριζοντιωμένο χωροβάτη μπορεί κανείς να πει εάν η σταδία είναι κάθετη με το κατακόρυφο σταυρόνημα. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου μπορεί η σφαιρική αεροστάθμη να είναι στο κέντρο αλλά η σταδία να μην είναι κατακόρυφη. Τότε πρέπει να γίνει έλεγχος της σταδίας και να διορθωθεί το σφάλμα της σφαιρικής αεροστάθμης. Οι έλεγχοι που γίνονται για τις σταδίες αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κατάλληλο κεφάλαιο.

Ο ψηφιακός χωροβάτης δεν αναγνωρίζει τη σταδία σε όλο της το μήκος συνεπώς και η σταδία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλο το μήκος της. Το σύστημα απαιτεί τουλάχιστον το 80 % της σταδίας να έχει bar code. Έτσι το μέγιστο ύψος σκόπευσης κάθε φορά μειώνεται κατά 1 % της απόστασης.

Όσον αφορά την διατήρηση και την αποθήκευση των σταδίων πρέπει αυτή να προσεκτική και συχνή. Πρέπει να υπάρχει πάντα καθαρισμός μιας λερωμένης σταδίας με ένα υγρό πανί. Επίσης πρέπει να αποθηκεύεται στην ειδική θήκη που τη συνοδεύει και σε θερμοκρασίες - 25° C έως και +70° C. Τέλος για τη μεταφορά των σταδίων αυτών πρέπει

να μεριμνάζεται η χρησιμοποίηση της θήκης ή κάποιου άλλου ασφαλή αποθηκευτικού χώρου. [Leica, General notice for digital levels and staffs]

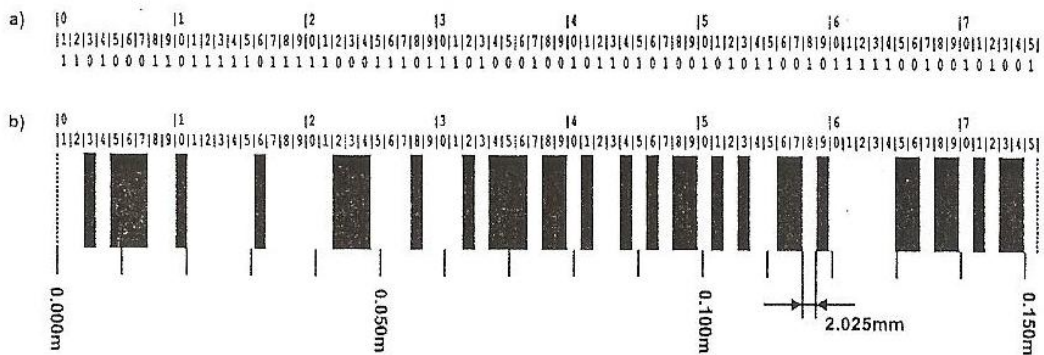
1.4.1 Ο γραμμικός κώδικας (bar code)

Αρχικά ο κώδικας είχε σχεδιαστεί για σταδίες μήκους 4.05 m από υλικό fiberglass. Ο γραμμικός κώδικας αυτός για τις σταδίες invarπου χρησιμοποιούνται είναι σχεδόν πανομοιότυπος εκτός από το κάτω μέρος των στοιχείων του κώδικα. Ο συνολικός κωδικός, όσον αφορά το μήκος των 4.05 m περιέχει 2000 στοιχεία με το πλάτος ενός ενιαίου στοιχείου να είναι 2.025 mm. Ο κώδικας αυτός έχει βελτιστοποιηθεί για τις μεθόδους συσχέτισης για να αποδίδει τόσο το ύψος όσο και την απόσταση σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ψηφιακού χωροβάτη NA 2000.

Τα στοιχεία του κώδικα είναι διατεταγμένα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η εικόνα να είναι μοναδική για όλο το φάσμα της λειτουργίας του χωροβάτη και η οποία ανιχνεύεται από τον αισθητήρα του χωροβάτη, την κάμερα CCD. Όλο το φάσμα λειτουργίας του χωροβάτη μπορεί να είναι $1,8 \leq d \leq 110$ m για την απόσταση σκόπευσης έως και $0 \leq h \leq 4.05$ για το ύψος σκόπευσης. Ο σχεδιασμός του κώδικα είναι μέχρι και 15 γειτονικά διαστήματα του ίδιου τύπου, δηλαδή τα στοιχεία του κωδικού μπορεί να είναι από 2.025 mm έως και 30.375 mm σε μέγεθος.

Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν: η πάνω (a), την ακολουθία των πρώτων 75 μεμονωμένων τιμών του κώδικα και η δεύτερη (b) τα φωτεινά και μαύρα σημεία που αντιστοιχούν σε αυτά και βρίσκονται στο κάτω μέρος της σταδίας.

Σε μικρές αποστάσεις σκόπευσης το μέγεθος των pixel (εικονοστοιχείων) είναι σχετικά μικρό συγκριτικά με το πλάτος ενός ενιαίου στοιχείου cw. Στη μικρότερη απόσταση σκόπευσης των 1.8 m η εικόνα της σταδίας στην CCD κάμερα είναι 61 mm και πρέπει τα 30 στοιχεία που περιλαμβάνονται να είναι αρκετά για τη λήψη του υψομέτρου, για λήψη ανάγνωσης. Ως εκ τούτου, αποτελεί προϋπόθεση ότι η ακολουθία του κώδικα στην ελάχιστη απόσταση να είναι μοναδική σε όλο τον κώδικα.



Εικόνα 1.4: Πρότυπος κώδικας εταιρίας Leica: (a) η ακολουθία του κώδικα και (b) η αντιπροσώπευση των 75 πρώτων στοιχείων του κώδικα στο κάτω μέρος της σταδίας.

Αν τώρα η απόσταση μεγαλώνει όλα τα στοιχεία του κωδικού μπορούν να προβληθούν στην κάμερα και η τιμή ενός pixel προέρχεται από διάφορα στοιχεία στου κώδικα. Σαν αποτέλεσμα αυτό έχει η εικόνα του κώδικα να γίνεται θολή. Κατά τη μέγιστη απόσταση παρατήρησης το κάθε pixel είναι τόσο μεγάλο όσο $6,7 \cdot cw$. Αυτό κάνει αναγκαίο το γεγονός τα στοιχεία του κωδικού να είναι μοναδικά σε όλο το μήκος της σταδίας, προκειμένου να πάρει σωστές μετρήσεις όσον αφορά το υψόμετρο αλλά και την απόσταση. Για την εκπλήρωση των παραπάνω δύο απαιτήσεων συνδυάστηκαν 2 διαφορετικοί κώδικες για να προκύψει τελικά ο κώδικας αυτός της εταιρίας Leica. [Woschitz H., 2003]

1.5 Χωροσταθμικές βάσεις (χελώνες)

Οι χωροσταθμικές βάσεις ή αλλιώς χελώνες είναι ειδικές βάσεις που χρησιμοποιούνται για τη σταθερή έδραση των σταδίων στο έδαφος. Είναι απαραίτητο παρελκόμενο για τη σωστή εκτέλεση των μετρήσεων.

Το σχήμα των βάσεων αυτών, είναι κυρτό προς την εξωτερική πλευρά ή με ειδική προεξοχή, ώστε να εξασφαλίζει τη μοναδικότητα του σημείου επαφής του άκρου της σταδίας με τη βάση.

Ανάλογα με το μέγεθος τους έχουν πολύ μεγάλο βάρος, ώστε να είναι δύσκολη η μετακίνησή τους από το σημείο όπου τοποθετούνται.



Εικόνα 1.5: Τύποι χωροσταθμικών βάσεων (χελώνες)

Οι βάσεις αυτές είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται σε όλα τα ενδιάμεσα σημεία τοποθέτησης της σταδίας κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης μιας χωροστάθμησης. Έτσι η σταδία εδράζεται στο ίδιο μοναδικό σημείο κατά την περιστροφή ή την επανατοποθέτησής της, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Δεν τοποθετούνται ποτέ στο αρχικό σημείο και τελικό σημείο της χωροσταθμικής όδευσης. Στα σημεία αυτά, που είναι οι χωροσταθμικές αφετηρίες (Réréres) τοποθετείται απευθείας η σταδία. [Πανταζής Γ., Λάμπρου Ε., 2010]

1.6 Έλεγχοι – ρυθμίσεις χωροβατών και σταδίων

Οι έλεγχοι και οι ρυθμίσεις των τοπογραφικών οργάνων είναι μια από τις σημαντικότερες ενέργειες του Τοπογράφου Μηχανικού γιατί μόνο έτσι μπορεί να πιστοποιήσει την ορθή λειτουργία τους και να εξασφαλίσει την ακρίβεια με την οποία μπορούν αυτά να μετρήσουν, σύμφωνα και με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή τους.

Η αναλυτική διαδικασία των ελέγχων και ρυθμίσεων των γεωδαιτικών οργάνων αποτελεί αντικείμενο της Μετρολογίας. Υπάρχουν έλεγχοι και

ρυθμίσεις που μπορούν να γίνουν μόνο σε ειδικά εργαστήρια (Μετρολογικά Εργαστήρια), σύμφωνα με διεθνώς καθορισμένα πρότυπα (ISO / DIN) και άλλοι που μπορούν και επιβάλλεται να γίνονται στο ύπαιθρο από τον παρατηρητή, πριν και μετά από κάθε περίοδο μετρήσεων και εργασιών υπαίθρου.

Στην περίπτωση των χωροβατών, ο έλεγχος των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα ΣΣ' (είτε μέσω σωληνωτής αεροστάθμης, είτε μέσω ισοσταθμητών) επιβάλλεται και είναι εύκολο να γίνεται στο ύπαιθρο, πριν και μετά τις μετρήσεις («έλεγχος από το μέσο και το άκρο»). Στην περίπτωση δε, των ψηφιακών χωροβατών, το αποτέλεσμα του ελέγχου μπορεί να αποθηκεύεται στη μνήμη του οργάνου, ώστε οι μετρήσεις να είναι απαλλαγμένες από πιθανό σφάλμα. Επίσης στην περίπτωση των χωροβατών, εκτός από τα ίδια τα όργανα ελέγχονται και οι χωροσταθμικές πήχεις (σταδίες) ώστε να διασφαλίζεται η μη ύπαρξη σφάλματος λόγω των σταδίων αυτών και κακής κατασκευής τους ή αλλοίωσής τους.

Αρχικά θα παρουσιαστούν οι έλεγχοι και οι ρυθμίσεις που γίνονται στα ίδια τα όργανα, τους χωροβάτες.

Για τους **ψηφιακούς χωροβάτες**, οι έλεγχοι μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- ❖ Έλεγχος του μηχανικού μέρους του οργάνου
- ❖ Έλεγχος της ορθής λειτουργίας του τηλεσκοπίου
 - Έλεγχος κατακορυφότητας του σταυρονήματος: Οι ψηφιακοί χωροβάτες διαθέτουν οπτικό και ηλεκτρονικό σταυρόνημα. Ο έλεγχος του πρώτου γίνεται όπως και στα οπτικομηχανικά όργανα ενώ ο έλεγχος κατακορυφότητας του ηλεκτρονικού σταυρονήματος γίνεται σε ένα ειδικό collimator (τηλεσκόπιο που εστιάζει στο άπειρο) με τη βοήθεια ειδικού προγράμματος που διαθέτει το ίδιο το όργανο.
 - Έλεγχος της επίδρασης της εστίασης: Η διαδικασία μέτρησης με ψηφιακό χωροβάτη προϋποθέτει ακριβής εστίαση στο αντικείμενο. Αν η εστίαση δεν είναι η σωστή, η διαδικασία ηλεκτρονικής μέτρησης διακόπτεται και το όργανο δίνει μήνυμα λάθους.
- ❖ Έλεγχος της ορθής λειτουργίας των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα ΣΣ' .

- ❖ Προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μιας παρατήρησης.
- ❖ Εργαστηριακός προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος ανά km χωροστάθμησης.
- ❖ Έλεγχος της επαναληψιμότητας (repeatability) των μετρήσεων (έλεγχος της ακρίβειας της ηλεκτρονικής μέτρησης σε συνάρτηση με την απόσταση οργάνου – σταδίας). Επαναληψιμότητα είναι η τυπική απόκλιση μιας απλής μέτρησης και υπολογίζεται ως εξής:

- Υπολογίζεται αρχικά ο μέσος όρος ενός αριθμού n μετρήσεων:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1.1)$$

- Στη συνέχεια υπολογίζονται η τυπική απόκλιση της μιας μέτρησης χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\sigma_{\text{μιας μέτρησης}} = \pm \sqrt{\frac{[uu]}{n-1}} \quad (1.2)$$

όπου uu: το άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων, n: ο αριθμός των μετρήσεων, xi: οι μετρήσεις.

Για τους **χωροσταθμικούς πήχεις ή σταδίες**, οι έλεγχοι μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- ❖ Έλεγχος της ορθής κατασκευής της σταδίας.
 - Έλεγχος του «μηδενός» στο σημείο στήριξης της σταδία στη χωροσταθμική βάση - χελώνα (για κάθε τύπο σταδίας). Αν υπάρχει «σφάλμα του μηδενός», για ένα ζεύγος σταδίων αυτό εξαλείφεται σε δύο συνεχείς στάσεις χωροβάτη, εφόσον η σταδία που χρησιμοποιείται στην πρώτη στάση σαν «όπισθεν», χρησιμοποιηθεί στην επόμενη στάση σαν «έμπροσθεν» κ.ο.κ. Σε μια χωροσταθμική όδευση λοιπόν, το σφάλμα αυτό εξαλείφεται αν ο αριθμός των στάσεων χωροβάτη είναι άρτιος.
 - Έλεγχος της σφαιρικής αεροστάθμης της σταδίας (για κάθε τύπο σταδίας). Στις κωδικοποιημένες σταδίες (χρήση ψηφιακού χωροβάτη) η ανάγνωση σε μη κατακόρυφα τοποθετημένη σταδία είναι αδύνατη (διακόπτεται με την εμφάνιση μηνύματος λάθους στην οθόνη του οργάνου)

- Έλεγχος του συνολικού μήκους της σταδίας («διαφορά από το πρότυπο») (έχει νόημα μόνο για χωροσταθμήσεις ακριβείας, δηλαδή για σταδίες invar).
- Έλεγχος της κλίμακας αρίθμησης της σταδίας (για σταδίες invar κυρίως).

❖ Έλεγχος της επίδρασης των εξωτερικών συνθηκών κατά τη χρήση της σταδίας (για σταδίες invar κυρίως).

- Έλεγχος του μήκους της ταινίας invar λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας ελέγχου.
- Έλεγχος του μήκους της ταινίας invar λόγω της μεταβολής της τάσης ελέγχου.

Οι έλεγχοι των σταδίων προϋποθέτουν τη χρήση ενός συγκριτή ακριβείας που μπορεί να λειτουργεί μόνο σε ένα οργανωμένο μετρολογικό εργαστήριο. [Μπαλοδήμος Δ., Αραμπατζή Ο., 2004] [Takalo M.– Rouhiainen P.,2004] [Woschitz H., Brunner K. F., Heister H., 2002]

Αυτοί ήταν οι κύριοι έλεγχοι που γίνονται στους χωροβάτες (τόσος οπτικομηχανικούς όσο και ψηφιακούς) κάθε τύπου και στις σταδίες. Είναι απαραίτητοι για να μπορεί να εξασφαλιστεί η ορθή λειτουργία τους και η ακρίβεια η ζητούμενη στις μετρήσεις σύμφωνα με τις ειδικές προδιαγραφές τους. Πρέπει να γίνονται συχνά και κυρίως πριν και μετά από κάθε εφαρμογή.

Σύμφωνα όμως και με τα πρότυπα ISO (ISO 17123-2) υπάρχουν ακόμα δύο συγκεκριμένοι έλεγχοι. Η **απλή διαδικασία ελέγχου** και η **πλήρης διαδικασία ελέγχου**, οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω.

Όσον αφορά την **απλή διαδικασία ελέγχου**, ισχύει:

Για να διατηρηθεί η επίδραση της διάθλασης όσο το δυνατόν μικρότερη, πρέπει να επιλέγεται μια αρκετά οριζόντια επιφάνεια δοκιμής. Δύο υψομετρικά σημεία Α και Β επιλέγονται περίπου σε απόσταση $\Delta=60$ m (ή τόσο ώστε να καλύπτει το εύρος της εφαρμογής που πρόκειται να ακολουθήσει τον έλεγχο). Για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων οι σταδίες πρέπει να έχουν τοποθετηθεί σε σταθερές θέσεις, βάσεις, οι οποίες είναι καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος και ελέγχονται συνεχώς.

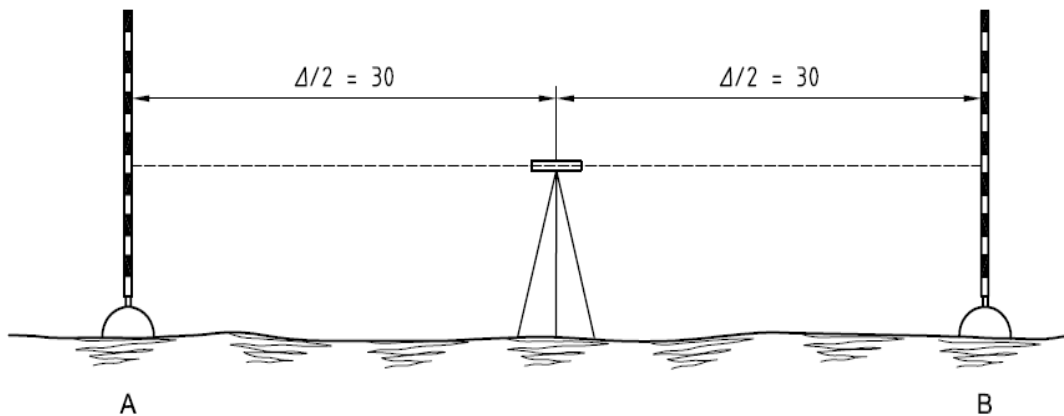
Πριν από την έναρξη των μετρήσεων επιτρέπεται στο όργανο να «εγκλιματιστεί» με τον περιβάλλον και τη θερμοκρασία που υπάρχει, αφήνοντάς το κάποια λεπτά ανοικτό χωρίς να ληφθεί μέτρηση. Ο χρόνος που απαιτείται είναι περίπου δύο λεπτά ανά βαθμό Κελσίου στην αλλαγή της θερμοκρασίας. Επιπλέον, φροντίζει ο παρατηρητής την ευθυγράμμιση και τον έλεγχο αυτής πριν την έναρξη της δοκιμής, όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω.

Όσον αφορά τη διαδικασία της δοκιμής και των μετρήσεων, αυτές διενεργούνται σε δύο διαφορετικά σετ μετρήσεων. Στο πρώτο σετ μετρήσεων, πρέπει ο χωροβάτης να τοποθετηθεί στη μέση της απόστασης AB δηλαδή περίπου στα 30 μέτρα από το A και το B (αν υποτεθεί ότι η απόσταση AB είναι ίση με $\Delta=60$ m). Αυτή η διαδικασία ελαχιστοποιεί την επίδραση της διάθλασης και της μετατόπισης του άξονα ευθυγράμμισης.

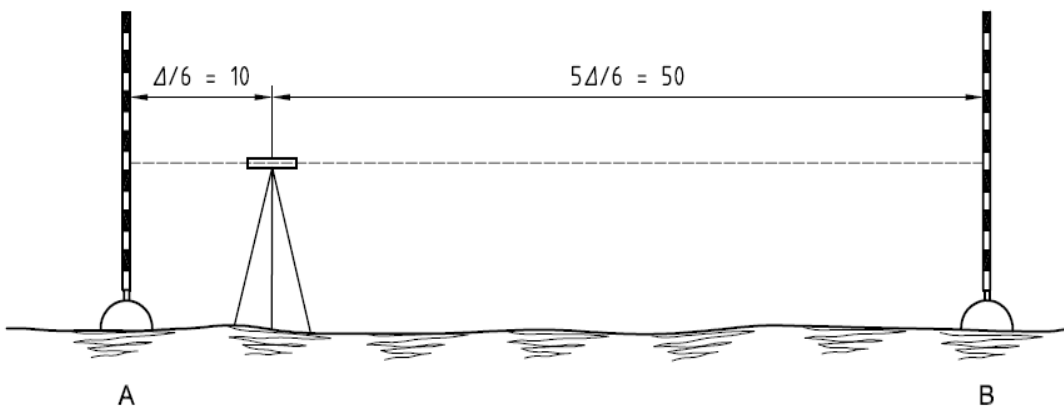
Στη συνέχεια πρέπει να γίνουν μια σειρά από δέκα μετρήσεις. Κάθε μέτρηση θα περιλαμβάνει σκόπευση στην σταδία A σαν όπισθεν και μια σκόπευση στη σταδία B σαν έμπροσθεν ($j=1 \dots 10$). Μεταξύ κάθε ζεύγους ανάγνωσης πρέπει να μετακινείται ελάχιστα το όργανο σε μια ελαφρώς διαφορετική θέση. Μπορεί να μετακινηθεί το όργανο και κατά την κατακόρυφη έννοια μόνο ώστε να μην μετακινείται ολόκληρο το σύστημα του οργάνου. Μετά τις πρώτες πέντε μετρήσεις πρέπει να αντιστραφούν η όπισθεν ανάγνωση και η έμπροσθεν και γίνονται άλλες πέντε μετρήσεις.

Για το δεύτερο σετ μετρήσεων ο χωροβάτης τοποθετείται σε απόσταση $\Delta/6 = 10$ m από το σημείο A και $5 \cdot \Delta/6 = 50$ m από το σημείο B. Τοποθετείται κοντά στο σημείο A. Στη συνέχεια γίνονται ξανά όπως και στο πρώτο σετ άλλες δέκα μετρήσεις με τον ίδιο τρόπο ($j=11 \dots 20$).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι διαφορές μεταξύ των όπισθεν και έμπροσθεν αναγνώσεων $d_j = O - E$ για $j=1 \dots 20$ και αμέσως μετά υπολογίζεται ο αριθμητικός μέσος όρος των υψομετρικών διαφορών από την πρώτη σειρά μετρήσεων d_1 για $j=1 \dots 10$. Η τιμή αυτή d_1 θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την πραγματική διαφορά ύψους μεταξύ των δύο σημείων A και B. Στη συνέχεια υπολογίζονται τα υπόλοιπα r_j αφαιρώντας από τη μέση τιμή d_1 την κάθε μέτρηση για το πρώτο σετ μετρήσεων, για $j=1 \dots 10$. Συνεπώς το άθροισμα των υπολοίπων πρέπει να προκύψει ίσο με μηδέν για το πρώτο σετ μετρήσεων (εξαιρούνται τα σφάλματα στρογγυλοποίησης). Επίσης υπολογίζεται και η τυπική απόκλιση s που αφορά το πρώτο σετ μετρήσεων κατά τα γνωστά, χρησιμοποιώντας σαν βαθμό ελευθερίας το $\nu = 10-1 = 9$.



Εικόνα 1.6: Τοποθέτηση χωροβάτη για το πρώτο σετ μετρήσεων.



Εικόνα 1.7: Τοποθέτηση χωροβάτη για το δεύτερο σετ μετρήσεων.

Στη συνέχεια υπολογίζονται τα υπόλοιπα r_j αφαιρώντας από τη μέση τιμή d_1 την κάθε μέτρηση για το πρώτο σετ μετρήσεων, για $j=1 \dots 10$. Συνεπώς το άθροισμα των υπολοίπων πρέπει να προκύψει ίσο με μηδέν για το πρώτο σετ μετρήσεων (εξαιρούνται τα σφάλματα στρογγυλοποίησης). Επίσης υπολογίζεται και η τυπική απόκλιση s που αφορά το πρώτο σετ μετρήσεων κατά τα γνωστά, χρησιμοποιώντας σαν βαθμό ελευθερίας το $\nu = 10 - 1 = 9$.

Αμέσως μετά με την ίδια διαδικασία υπολογίζεται και ο αριθμητικός μέσος όρος των υψομετρικών διαφορών από τη δεύτερη σειρά μετρήσεων d_2 για $j=11 \dots 20$.

Η διαφορά των δύο μέσων όρων $d_1 - d_2$ πρέπει να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια απόκλισης $\pm p$ (σύμφωνα με το ISO 4463-1) που ισχύουν για την εφαρμογή που πρόκειται να γίνει. Αν δεν δίνεται το $\pm p$

εκ των προτέρων, η διαφορά πρέπει να είναι όπως αποδείχθηκε πειραματικά $|d_1 - d_2| < 2.5 \cdot s$, όπου s η τυπική απόκλιση που υπολογίστηκε προηγουμένως για τις δέκα πρώτες μετρήσεις.

Εάν η διαφορά αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη, τότε δείχνει μια υπερβολική αβεβαιότητα της μέτρησης σε όλο το μήκος της απόστασης των 50 m που προκύπτει από την λανθασμένη ανάγνωση, την διάθλαση και τη μετατόπιση του άξονα ευθυγράμμισης.

Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει:

- Να ελέγχεται το σφάλμα ευθυγράμμισης σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήστη του οργάνου
- Να μειώνεται η μέγιστη απόσταση σκόπευσης. [International Standard, ISO 17123-2]

Όσον αφορά την **πλήρη διαδικασία ελέγχου**, ισχύει:

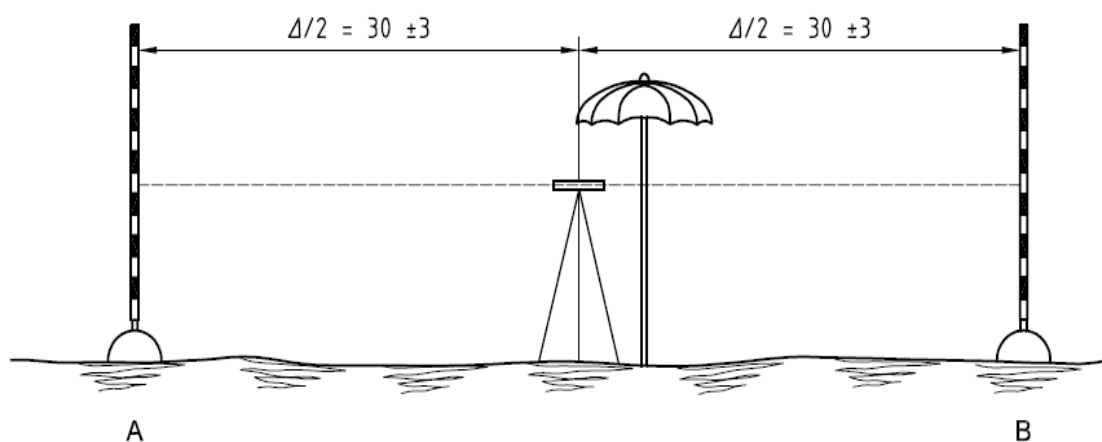
Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, για να ελαχιστοποιείται η επίδραση της διάθλασης όσο το δυνατόν περισσότερο, πρέπει να επιλέγεται μια αρκετά οριζόντια επιφάνεια δοκιμής. Το έδαφος θα πρέπει να είναι συμπαγές και η επιφάνεια ενιαία, ενώ πρέπει να αποφεύγονται οι δρόμοι που καλύπτονται με άσφαλτο ή σκυρόδεμα. Στην περίπτωση που υπάρχει άμεσο ηλιακό φως πρέπει να καλύπτεται το όργανο για να έχει σκιά, π.χ. από μια ομπρέλα.

Τοποθετούνται οι σταδίες σε δύο σταθερά σημεία A και B όπως και στην προηγούμενη περίπτωση σε απόσταση περίπου $\Delta=60$ m και σε σταθερές βάσεις. Ο χωροβάτης τοποθετείται επίσης στη μέση αυτής της απόστασης, για να απέχει περίπου το ίδιο από τα σημεία A και B ($\Delta/2 = 30 \pm 3$ m), ώστε να μειώσει την επιρροή της διάθλασης και της μετατόπισης του άξονα ευθυγράμμισης.

Πριν την έναρξη των μετρήσεων και της διαδικασίας ελέγχου αφήνεται το όργανο για να ενσωματώσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ελέγχεται το σφάλμα ευθυγράμμισης όπως και στην περίπτωση του απλού ελέγχου.

Δύο σετ μετρήσεων περιλαμβάνεται και σε αυτόν τον έλεγχο. Στο πρώτο σετ πρέπει να γίνουν μια σειρά από είκοσι ζεύγη μετρήσεων. Κάθε μέτρηση θα περιλαμβάνει σκόπευση στην σταδία A σαν όπισθεν και μια σκόπευση στη σταδία B σαν εμπροσθεν ($j=1 \dots 20$). Μεταξύ κάθε ζεύγους ανάγνωσης πρέπει να μετακινείται ελάχιστα το όργανο σε μια ελαφρώς διαφορετική θέση. Μετά τις πρώτες δέκα μετρήσεις πρέπει να

αντιστραφούν η όπισθεν ανάγνωση και η έμπροσθεν και γίνονται άλλες δέκα μετρήσεις.



Εικόνα 1.8: Τοποθέτηση οργάνου και σταδίων για την πλήρη διαδικασία ελέγχου.

Πριν την έναρξη των μετρήσεων και της διαδικασίας ελέγχου αφήνεται το όργανο για να ενσωματώσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ελέγχεται το σφάλμα ευθυγράμμισης όπως και στην περίπτωση του απλού ελέγχου.

Δύο σετ μετρήσεων περιλαμβάνεται και σε αυτόν τον έλεγχο. Στο πρώτο σετ πρέπει να γίνουν μια σειρά από είκοσι ζεύγη μετρήσεων. Κάθε μέτρηση θα περιλαμβάνει σκόπευση στην σταδία A σαν όπισθεν και μια σκόπευση στη σταδία B σαν έμπροσθεν ($j=1 \dots 20$). Μεταξύ κάθε ζεύγους ανάγνωσης πρέπει να μετακινείται ελάχιστα το όργανο σε μια ελαφρώς διαφορετική θέση. Μετά τις πρώτες δέκα μετρήσεις πρέπει να αντιστραφούν η όπισθεν ανάγνωση και η έμπροσθεν και γίνονται άλλες δέκα μετρήσεις.

Στη συνέχεια οι σταδίες από τα σημεία A και B αλλάζουν θέση μεταξύ τους (τα σημεία A και B εναλλάσσονται) και ξεκινά η ίδια διαδικασία είκοσι μετρήσεων με τον ίδιο τρόπο που έγιναν και στο πρώτο σετ. Αυτό είναι το δεύτερο σετ μετρήσεων ($j=21 \dots 40$).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι διαφορές μεταξύ των όπισθεν και έμπροσθεν αναγνώσεων $d_j = O - E$ για $j=1 \dots 40$ και αμέσως μετά υπολογίζεται ο αριθμητικός μέσος όρος των υψομετρικών διαφορών από την πρώτη σειρά μετρήσεων d_1 για $j=1 \dots 20$ και από τη δεύτερη σειρά μετρήσεων d_2 για $j=21 \dots 40$.

Η διαφορά $d_1 - d_2$ δεν έχει καμία επίδραση στην πειραματική τυπική απόκλιση, αλλά αποτελεί δείκτη της διαφοράς στο σημείο μηδέν των δύο σταδίων. Στη συνέχεια υπολογίζονται κατά τα γνωστά τα υπόλοιπα των δύο σετ μετρήσεων r_j . Συνεπώς το άθροισμα των υπολοίπων πρέπει να προκύψει ίσο με μηδέν και για τα δύο σετ μετρήσεων (εξαιρούνται τα σφάλματα στρογγυλοποίησης).

Επίσης υπολογίζεται και η τυπική απόκλιση s που αφορά και τα δύο σετ μετρήσεων κατά τα γνωστά, χρησιμοποιώντας σαν βαθμό ελευθερίας το $\nu = 2 \cdot (20-1) = 38$. Τέλος υπολογίζεται η πειραματική τυπική απόκλιση για μετάβαση και επιστροφή μήκους 1 km κατά τα πρότυπα ISO που είναι:

$$s_{\text{ISO-LEV}} = \frac{s}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{1\,000\text{ m}}{60\text{ m}}} = s \times 2,89 \quad (1.3)$$

Όπου αντί για 60m κάθε φορά τοποθετείται το μήκος της βάσης AB.

Για την αξιολόγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων, συνιστώνται διάφορα στατιστικά τεστ που αφορούν μόνο την πλήρη διαδικασία ελέγχου. Για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων πραγματοποιούνται στατιστικές δοκιμές με τη χρήση:

- της πειραματικής τυπικής απόκλισης s ,
- και της διαφοράς δ στο σημείο μηδέν των δύο σταδίων και της τυπικής της απόκλισης s_δ .

για να απαντηθούν ερωτήματα όπως:

- a) Είναι η υπολογισμένη τυπική απόκλιση s μικρότερη από αυτή που δίνει ο κατασκευαστής, σ ;
- b) Ανήκουν και οι δυο πειραματικές τυπικές αποκλίσεις s και \hat{s} , όπως αυτές προσδιορίζονται στα δυο διαφορετικά δείγματα μετρήσεων, στον ίδιο πληθυσμό με την προϋπόθεση ότι και τα δυο δείγματα έχουν τον ίδιο βαθμό ελευθερίας, ν ;

Η πειραματική τυπικές αποκλίσεις, s και \hat{s} , μπορούν να ληφθούν από:

- Δύο δείγματα μετρήσεων από το ίδιο όργανο, αλλά διαφορετικούς παρατηρητές.
- Δύο δείγματα μετρήσεων από το όργανο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.
- Δύο δείγματα των μετρήσεων από διαφορετικά όργανα.

- c) Είναι η διαφορά δ στο σημείο μηδέν των δύο σταδίων ίση με μηδέν;

Οι δοκιμές αυτές γίνονται για επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha = 0.95$ ή 95% και για βαθμούς ελευθερίας $\nu=38$.

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$s = \hat{s}$	$s \neq \hat{s}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

Πίνακας 1.1: Συνοπτική παρουσίαση των στατιστικών τεστ για την πλήρη διαδικασία ελέγχου.

Για την απάντηση στο ερώτημα a) χρησιμοποιείται το τεστ χ^2 κατά τα γνωστά και για να ισχύσει η μηδενική υπόθεση, που λέει ότι η πειραματική τυπική απόκλιση, s , είναι μικρότερη ή ίση με μια θεωρητική ή προκαθορισμένη τιμή που δίνεται από τον κατασκευαστή, πρέπει να ισχύει :

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(\nu)}{\nu}} \quad (1.4)$$

Αλλιώς απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση.

Για την απάντηση στο ερώτημα b) χρησιμοποιείται το τεστ F κατανομή (κατανομή Fisher) κατά τα γνωστά και για να ισχύει η μηδενική υπόθεση πρέπει να ισχύει :

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)} \leq \frac{s^2}{\hat{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu) \quad (1.5)$$

Ενώ για την απάντηση στο ερώτημα c) χρησιμοποιείται το τεστ t κατανομή (κατανομή Student) κατά τα γνωστά και για να ισχύει η μηδενική υπόθεση πρέπει να ισχύει :

$$|\delta| \leq s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(\nu) \quad (1.6)$$

Ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας και, κατά συνέπεια, οι αντίστοιχες τιμές των δοκιμών $\chi_{1-\alpha}^2(\nu)$, $F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)$ και $t_{1-\alpha/2}(\nu)$ αλλάζουν εάν αλλάξει και ο αριθμός των μετρήσεων. Τα στοιχεία αυτά περιέχονται σε κατάλληλα βιβλία στατιστικής. [International Standard, ISO 17123-2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

2.1 Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο της εργασίας είναι να ελεγχθεί η μεταβολή της μέτρησης (ανάγνωσης) και η επαναληψιμότητα των χωροβατών τόσο σε σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος, όσο και σε μεταβαλλόμενες φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος.

Επίσης εξετάζεται η γενικότερη συμπεριφορά των χωροβατών σε αυτές τις συνθήκες και κατά πόσο η θερμοκρασία χωροβάτη και σταδίας αλλά και ο φωτισμός στη σταδία, επηρεάζουν ή όχι το αποτέλεσμα της ανάγνωσης.

Τα πειράματα που εκτελέστηκαν είναι:

1. Έλεγχος σε εσωτερικό χώρο με μετρήσεις σε αποστάσεις 5, 9, 16, 25, 34 και 49 m, με σκοπεύσεις και λήψεις αναγνώσεων πάνω στη σταδία.

Σε κάθε απόσταση έγιναν μετρήσεις σε σταθερό φωτισμό, σε διαχεόμενο φωτισμό (υψηλό, μεσαίο και χαμηλό) και κάθετο φωτισμό (υψηλό, μεσαίο και χαμηλό).

Η διαδικασία των μετρήσεων διαρκούσε:

- για το σταθερό φωτισμό 2 ώρες και λαμβάνονταν με βήμα μετρήσεων ανά 3 λεπτά,
- για τον κάθετο και διαχεόμενο φωτισμό 3 ώρες και λαμβάνονταν με βήμα μετρήσεων ανά 2 λεπτά, όπου κάθε μία ώρα από αυτές άλλαζε η ένταση του φωτισμού, συνεπώς για κάθε ένταση φωτισμού υπήρξαν μετρήσεις για μια ώρα ανά δύο λεπτά.

2. Έλεγχος σε εξωτερικό χώρο με μετρήσεις σε αποστάσεις 5, 9, 16, 25, 34, 50 και 70 m.

Η διαδικασία των μετρήσεων διαρκούσε σχεδόν από το πρωί έως ότου να δύσει ο ήλιος εκτός από μερικές περιπτώσεις που δεν το επέτρεπαν οι συνθήκες που επικρατούσαν την ώρα αυτή. Το βήμα των μετρήσεων ήταν ανά 5 λεπτά της ώρας από την ώρα εκκίνησης μέχρι και την ώρα λήξης.

Σημαντικό ρόλο έπαιξε η αυτοματοποίηση των πειραμάτων – ελέγχων. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν για την εκτέλεση τους οι δυο ψηφιακοί χωροβάτες που έχουν τη δυνατότητα διασύνδεσης με H/Y. οι χωροβάτες αυτοί είναι ο DNA 03 και ο NA 3003 της εταιρίας Leica με τις αντίστοιχες invar σταδίες τους.

Τέλος γίνεται και μια σύγκριση μεταξύ των δύο αυτών χωροβατών για να διαπιστωθεί ποιος από τους δύο είναι πιο αποδοτικός και με μικρότερα σφάλματα στις συγκεκριμένες συνθήκες. Προκειμένου να ελεγχθούν όλα αυτά τα στοιχεία επιλέχθηκαν διάφορα όργανα για τη διεκπεραίωση των πειραμάτων.

2.2 Λογισμικό αυτόματης καταγραφής μετρήσεων χωροβατών

Το λογισμικό αυτό είναι σχεδιασμένο για την καταγραφή των μετρήσεων αυτόματα από τους δύο χωροβάτες και όχι χειροκίνητα από τον χρήστη. Είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic και δημιουργήθηκε στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής [Νικολίτσας Κ. 2011].

Το περιβάλλον εργασίας του είναι όπως αυτό φαίνεται στην εικόνα 2.1 και είναι σε μορφή .exe. Μπορεί να οριστεί σε λεπτά το βήμα καταγραφής των μετρήσεων (interval), αφού πρώτα έχει επιλεγεί η κατάλληλη θύρα (COM) η οποία αντιπροσωπεύει τον κάθε χωροβάτη και η οποία θα έχει φροντιστεί να ανοίξει με την εντολή Open Port (Com1) για να επικοινωνούν χωροβάτης - υπολογιστής. Οι δύο χωροβάτες συνδέονται μέσω ενός καλωδίου USB ο καθένας και χρησιμοποιούν δύο διαφορετικά προγράμματα αλλά με την ίδια μορφή και λειτουργία. Η εντολή για τη μέτρηση δίνεται μέσω του υποπρογράμματος ώστε να μη δημιουργούνται κραδασμοί από την επαφή με τα πλήκτρα του χωροβάτη. Για τον χωροβάτη DNA 03, το πρόγραμμα αυτό έχει την ομώνυμη ονομασία "DNA03" και για τον χωροβάτη NA 3003, το πρόγραμμα αυτό έχει την ομώνυμη ονομασία "NA3003".

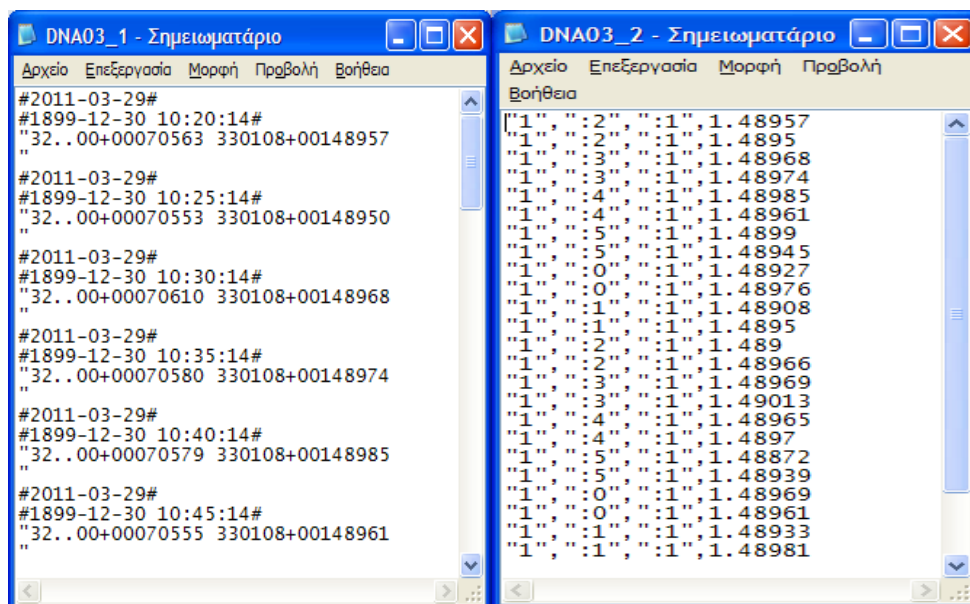
Έτσι κάθε φορά που υπάρχουν μετρήσεις για τον κάθε χωροβάτη αυτές αποθηκεύονται στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή σε μορφή .txt με τα εξής ονόματα: DNA03.txt και NA3003.txt αντίστοιχα. Τέλος για την καλύτερη αξιοποίηση και επεξεργασία των μετρήσεων μπορεί να γίνει

μορφοποίηση των αρχείων έτσι ώστε μετά να είναι εύκολα αναγνώσιμα σε ένα excel.



Εικόνα 2.1: Το περιβάλλον εργασίας του προγράμματος αυτόματης καταγραφής μετρήσεων.

Το αρχικό αρχείο περιελάμβανε την ημερομηνία, την ώρα της μέτρησης καθώς και την υπολογιζόμενη απόσταση χωροβάτη-σταδίας. Ενώ το μορφοποιημένο απλά το χώριζε σε στήλες και φαινόταν κανονικά μόνο η καταγραφή της μέτρησης σε κάθε γραμμή για να μπορεί με ευκολία να εισαχθεί σε ένα αρχείο excel.



Εικόνα 2.2: Κανονικό αρχείο και μορφοποιημένο αρχείο.

2.3 Επεξεργασία των μετρήσεων

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μετρούνται:

- Οι αναγνώσεις πάνω στις σταδίες,
- οι θερμοκρασίες σταδίας και χωροβάτη,
- η πίεση,
- η υγρασία
- και η ένταση του φωτισμού.

Στη συνέχεια υπολογίζονται:

- οι μέσες (καλύτερες) τιμές για κάθε σετ μετρήσεων,
- οι τυπικές αποκλίσεις, το τυπικό σφάλμα της μιας μέτρησης και της καλύτερης τιμής
- οι μέγιστες διαφορές,
- οι μεταβολές από την ελάχιστη τιμή και η ελάχιστη και μέγιστη τιμή.

Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων έγινε ο υπολογισμός του μέσου όρου των μετρήσεων χρησιμοποιώντας τον απλό τύπο:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

όπου x_i : οι μετρήσεις, n : ο αριθμός των μετρήσεων.

Στη συνέχεια υπολογίζονταν η τυπική απόκλιση της μιας μέτρησης χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\sigma_{\text{μιας μέτρησης}} = \pm \sqrt{\frac{[uu]}{n-1}} \quad (2.2)$$

όπου uu : το άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων, n : ο αριθμός των μετρήσεων.

Και τέλος υπολογίζονταν η τυπική απόκλιση της μέσης τιμής χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$\sigma_{\text{μέσης τιμής}} = \pm \frac{\sigma_{\text{μιας μέτρησης}}}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

όπου $\sigma_{\text{μιας μέτρησης}}$: η τυπική απόκλιση της μιας μέτρησης, n : ο αριθμός των μετρήσεων.

Επίσης με τη βοήθεια των δυνατοτήτων του excel υπολογίζονταν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές που χρειαζόταν και δημιουργούνταν τα κατάλληλα διαγράμματα, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω.

Τα κυριότερα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν αφορούσαν το κάθε μετρούμενο μέγεθος σε συνάρτηση με το χρόνο και πολλές φορές πολλά από αυτά τα μεγέθη τοποθετούνταν μαζί σε ένα διάγραμμα για την εξαγωγή χρησιμότερων συμπερασμάτων.

Τέτοια διαγράμματα είναι:

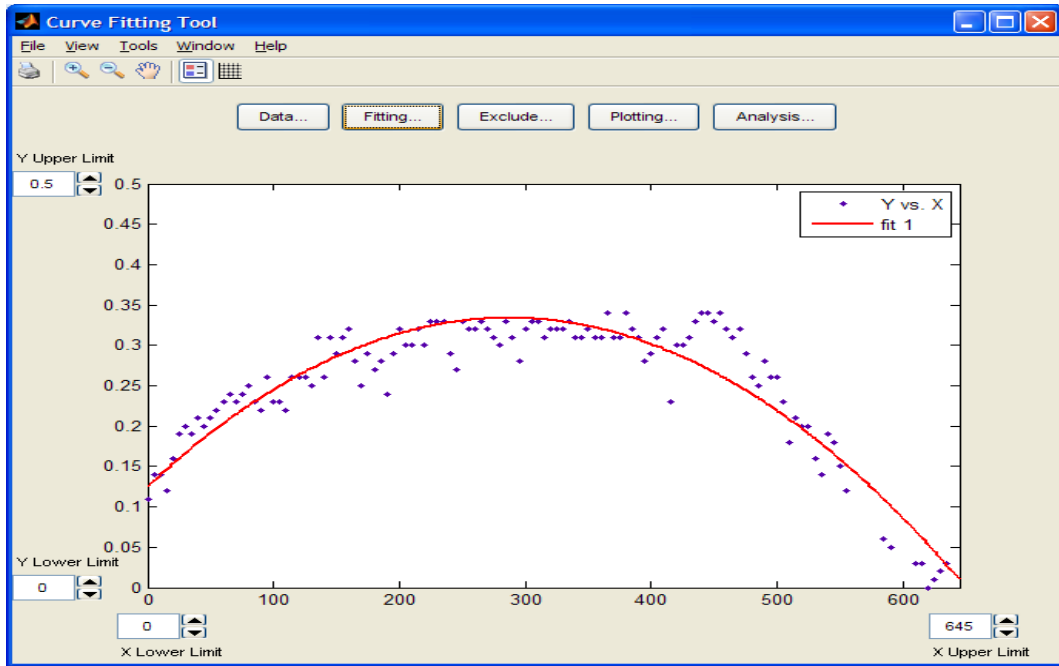
- της μεταβολής της μέτρησης σε σχέση με την μεταβολή της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο,
- της μεταβολής της μέτρησης μαζί με τις μεταβολές των θερμοκρασιών (σταδίας και χωροβάτη) του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο.

Επιπλέον δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα της τυπικής απόκλισης της μιας μέτρησης, της μέσης τιμής σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης και των μέγιστων διαφορών των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης.

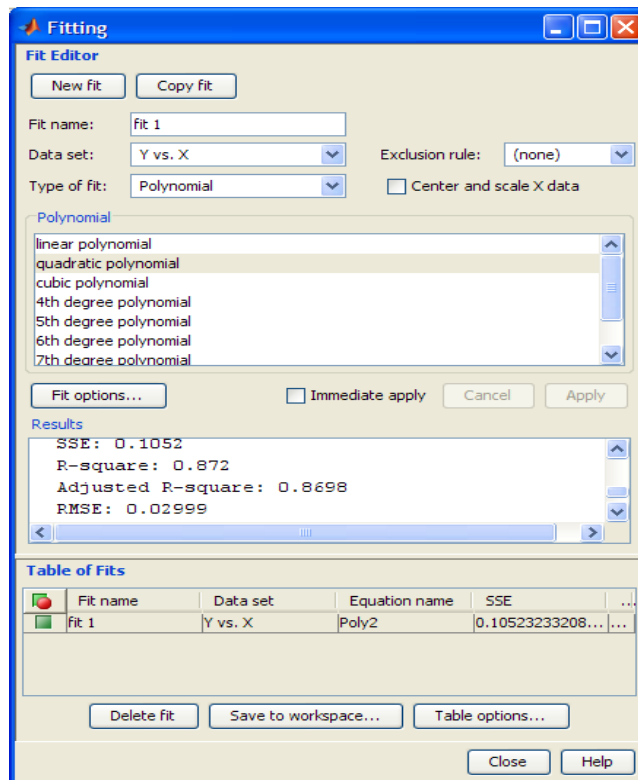
Με τη βοήθεια του λογισμικού matlab και της εντολής cftool πραγματοποιήθηκαν σε όποια διαγράμματα θεωρήθηκε σημαντικό οι προσαρμογές ευθειών και εξισώσεων που αφορούσαν εξισώσεις γραμμικές, πρώτου βαθμού και εκθετικές.

Αυτό έγινε για να διαπιστωθεί αν σε όλες τις αποστάσεις μέτρησης παρατηρούνταν η ίδια συμπεριφορά για τους χωροβάτες αλλά και για να διαπιστωθεί η πορεία που ακολουθούσαν τα τυπικά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και των μέγιστων διαφορών σε συνάρτηση πάντα με την απόσταση μέτρησης.

Με την επεξεργασία αυτή προκύπτουν, η εξίσωση προσαρμογής και η καμπύλη της, το σ_0 της προσαρμογής και τα τυπικά σφάλματα των συντελεστών της εξίσωσης και διάφορα άλλα στοιχεία που δείχνουν το πόσο καλά η όχι προσαρμόζεται η συγκεκριμένη καμπύλη στα σημεία (R^2 , SSE, RMSE). Στην εικόνα 2.3 και 2.4 φαίνεται το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν.



Εικόνα 2.3: Το διάγραμμα μεταβολής μέτρησης σε συνάρτηση με το χρόνο και η προσαρμογή καμπύλης και εξίσωσης δευτέρου βαθμού.



Εικόνα 2.4: Τα αποτελέσματα που προκύπτουν και η προσαρμογή της εξίσωσης.

2.4 Εξοπλισμός

Τα όργανα και τα παρελκόμενα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των ελέγχων είναι:

- 2 ψηφιακοί χωροβάτες ακριβείας (DNA 03 και NA 3003) μαζί με τα παρελκόμενά τους (φορτιστές, μπαταρίες και ειδικά καλώδια USB για σύνδεση με τον υπολογιστή)
- Δύο σταδίες Invar με barcode, μία μήκους 0.935 m (GWCL92) για την πραγματοποίηση του πειράματος στις διάφορες αποστάσεις από 5-35 m, και μία μήκους 2.0 m (GPCL2) για την διεκπεραίωση του πειράματος στα 49 m, διότι η άλλη σταδία ήταν μικρή και δεν μπορούσαν οι χωροβάτες να λάβουν ανάγνωση καθώς η εικόνα που λάμβαναν ήταν μεγαλύτερη σε μήκος από ότι η σταδία. Και μία σταδία Invar με barcode μήκους 3.0 m (GPCL3) για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο.
- 3 τρίποδες Βιομηχανικής Γεωδαισίας για την τοποθέτηση του χωροβατών και της σταδίας, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο της συνδεσμολογίας.
- Ένα θερμόμετρο AT Meteostation για την καταγραφή των ατμοσφαιρικών συνθηκών στο χώρο των χωροβατών, μαζί με έναν εξωτερικό αισθητήρα και ένα καλώδιο USB.
- Ένα θερμόμετρο Tinytag plus 2 για την καταγραφή των ατμοσφαιρικών συνθηκών στο σημείο σκόπευσης πάνω στη σταδία, για τον εξωτερικό έλεγχο.
- Ένα φωτόμετρο Seconic Zoom Master L-508 για την καταγραφή της έντασης του φωτισμού στο σημείο σκόπευσης πάνω στη σταδία, μαζί με μπαταρίες για τον εσωτερικό έλεγχο.
- Ένα φωτόμετρο HD450 για την καταγραφή της έντασης του φωτισμού στο σημείο σκόπευσης πάνω στη σταδία, μαζί με μπαταρίες και ένα καλώδιο USB για τον εξωτερικό έλεγχο.
- Δυο φορητοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές για την απευθείας καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσεων σε αυτόν εξοπλισμένος πάντα με το κατάλληλο λογισμικό λειτουργίας και επεξεργασίας του κάθε οργάνου και συνοδευόμενος από τα παρελκόμενά του (ποντίκι, βάση εξαερισμού, κ.λ.π.).
- Δύο ειδικές βάσεις εξαναγκασμένης κέντρωσης για την τοποθέτηση του χωροβάτη DNA 03 και της εκάστοτε σταδίας που γινόταν οι σκοπεύσεις.
- Μια βαριά χωροσταθμική πήχης ή χελώνα για την έδραση πάνω σε αυτήν της σταδίας.

- Μια κολλητική και μια μονωτική ταινία για την στήριξη των οργάνων και του προβολέα.
- Ένας προβολέας ρυθμιζόμενης έντασης.
- 3 μπαλαντέζες για την τροφοδοσία του υπολογιστή και κυρίως του φακού με ρεύμα.

2.4.1 Οι Χωροβάτες Leica NA 3003 και Leica DNA 03

Ο χωροβάτης NA 3003 μαζί με το NA 2002 είναι ο προκάτοχος του DNA 03. Τα όργανα αυτά είναι εξοπλισμένα με ένα σύστημα αισθητήρων, το οποίο επεξεργάζεται το σήμα του που δέχεται από τη μέτρηση σε barcode, βασισμένο στις αποδεδειγμένες μεθόδους συσχετισμού. Οι χωροβάτες αυτοί διευκολύνουν την καθημερινή εργασία και ελαχιστοποιούν το κόστος σε χρόνο. Έχει δυνατότητες πολύ εξελιγμένες όπως αυτόματα συγκρίσιμα αποτελέσματα. Πλεονεκτήματα όπως μη απαραίτητη καμία ανάγνωση, καμία αντιγραφή και κανένας υπολογισμός με το χέρι είναι πολύ σημαντικά στην εξοικονόμηση κόστους και χρόνου.

Για τον DNA 03 σε σχέση με τον NA 3003, μια περαιτέρω στρατηγική σχεδίου ήταν να χρησιμοποιηθούν οι έννοιες σχεδίου που αποδείχτηκαν επιτυχείς στα όργανα TPS. Το ψηφιακό σχέδιο χωροβατών ενσωμάτωσε την έννοια μπαταριών Camcorder (συμπεριλαμβανομένου του φορτιστή), την επίδειξη και το σχεδιάγραμμα πληκτρολογίων του TPS700 και μιας δομής αποθήκευσης και σχήματος στοιχείων βασισμένων στο TPS700. Οι εκτιμήσεις σχεδίου παρέχουν τα οφέλη για το χρήστη. Η τρέχουσα ψηφιακή σειρά χωροβατών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σχέση με τα νέα προϊόντα της Leica.

Το πιο ευδιάκριτο στοιχείο του NA 3003 είναι το μέτωπο, η μπροστινή μεριά, όπου υπάρχει μια μικρή οθόνη LCD και ένα πληκτρολόγιο για την ευκολότερη διαχείριση των δεδομένων, ενώ στο DNA 03 η μόνη διαφορά έγκειται στο ότι το πληκτρολόγιο έχει πλήρεις αλφανουμερικές ικανότητες.

Στον NA 3003 στο δεξί χέρι η υποδοχή για μια κάρτα μνήμης που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των στοιχείων και των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Στο DNA03 στο αριστερό χέρι η

υποδοχή για την κάρτα PCMCIA που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των στοιχείων και των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

Και στους δυο χωροβάτες οι οριζόντιες κινήσεις γίνονται από τον κοχλία μικρομετακίνησης που βρίσκεται και στο πλάι του οργάνου, στη δεξιά πλευρά. Η θέση του κουμπιού μέτρησης βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του οργάνου και σε σχέση με παλαιότερα όργανα αυτή μεταφέρθηκε κινήθηκε προς το κέντρο του οργάνου προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο αντίκτυπος στο όργανο κατά συμπίεση του κουμπιού. Τέλος διαθέτει και σφαιρική αεροστάθμη τόσο στο μέτωπο του, όσο και από πάνω για την οριζοντίωση του η οποία συντελείται εντελώς με τη βοήθεια ειδικού ισοσταθμητή όπως αυτή περιγράφηκε στο κεφάλαιο που αφορά τους ψηφιακούς χωροβάτες.



Εικόνα 2.5: Ψηφιακός χωροβάτης ακριβείας Leica NA3003.

Ο χωροβάτες αυτοί χρησιμοποιούν έναν μαγνητικό ισοσταθμητή. Λόγω των μη μαγνητικών χαρακτηριστικών όλων των τμημάτων του εκκρεμούς, το οποίο περιλαμβάνεται στον ισοσταθμητή, η λειτουργία του ισοσταθμητή δεν επηρεάζεται από το μαγνητικό πεδίο της Γης. Η πλατφόρμα του μετατοπίστηκε πιο κοντά στο τηλεσκόπιο και κοντά στο κάτω μέρος του περιβλήματος του τηλεσκοπίου. Η θέση αυτή εγγυάται μια υψηλότερη σταθερότητα της φυσαλίδας της αεροστάθμης ακόμα και κάτω από τις επιρροές των αλλαγών θερμοκρασίας.

Η μέτρηση πάνω στη σταδία με το γραμμικό κώδικα barcode λαμβάνεται από μια υψηλής ακρίβειας και ευκρίνειας CCD κάμερα που είναι ευαίσθητη στο ορατό φως του φάσματος.



Εικόνα 2.6: Ψηφιακός χωροβάτης ακριβείας Leica DNA 03.

Το εισερχόμενο φως είναι χωρισμένο σε ένα μέρος για την οπτική μέτρηση (οπτική πορεία) και ένα μέρος για την ηλεκτρονική μέτρηση (CCD).

Το φως από τους πυρακτωμένους ή λαμπτήρες αλογόνου λαμπτήρες είναι κατάλληλο για το φωτισμό προσωπικού κατά μέτρηση στους σκοτεινούς όρους. Ενώ αντίθετα το φως που είναι από Neon καθιστά δύσκολη έως αδύνατη τη μέτρηση όσον αφορά πάντα σε σκοτεινά μέρη.

Όσον αφορά τον χωροβάτη NA 3003, οι μετρήσεις αποθηκεύονται αυτόματα σε δυαδικό σύστημα σε μια εσωτερική μνήμη. Η αποθήκευση των στοιχείων γίνεται μέσω της εντολής SET RECORD module/serial (module για αποθήκευση στη μνήμη του χωροβάτη και serial για αποθήκευση μέσω σύνδεσης σε υπολογιστή ή κάποιο πρόγραμμα). Επίσης η αποθήκευση στοιχείων γίνεται για τις εντολές απλής μέτρησης και αρχή και συνέχιση χωροστάθμησης. ο χωροβάτης αυτός χρησιμοποιεί την κάρτα μνήμης REC-Module GRM10 που είναι χωρητικότητας 64 Kbyte και μπορεί να αποθηκεύσει μέχρι 8000 δεδομένα που αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αποθηκεύσει 1140 στάσεις χωροβάτη για μετάβαση και επιστροφή ή περίπου 2000 απευθείας μετρήσεις. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξωτερικές συσκευές μνήμης και τερματικά όπως τα GRE3 και GRE4. Τέλος είναι συμβατό και με RS-232C για την αποθήκευση στοιχείων σε υπολογιστή. Οι χρήστες που προτιμούν να εργαστούν χωρίς κάρτα μπορούν να μεταφορτώσουν τα στοιχεία από την εσωτερική μνήμη μέσω της εντολής RS232 ή SET RECORD serial, που υπάρχει στο πρόγραμμα του οργάνου και αφορά τον τρόπο αποθήκευσης, στον H/Y.

Αντίθετα, όσον αφορά το χωροβάτη DNA 03, η έννοια αποθήκευσης στοιχείων είναι βασισμένη στο TPS700. Οι μετρήσεις αποθηκεύονται αυτόματα σε δυαδικό σύστημα σε μια εσωτερική μνήμη με μια ικανότητα αποθήκευσης 6000 δεδομένων ή 1650 στασεις (Εμπροσθεν - Όπισθεν). Επιπλέον τα στοιχεία που αποθηκεύονται στην εσωτερική μνήμη μπορούν να αντιγραφούν σε μια κάρτα PCMCIA. Τα στοιχεία που αντιγράφονται στην κάρτα μετατρέπονται σε ένα αναγνώσιμο σχήμα XML ή ASCII. Η άμεση αποθήκευση των μετρήσεων στην κάρτα δεν είναι δυνατή. Η αποθήκευση των στοιχείων όσον αφορά την κάρτα είναι χρήσιμη για την εύκολη μεταφορά των στοιχείων στο γραφείο. Οι χρήστες που προτιμούν να εργαστούν χωρίς κάρτα μπορούν να μεταφορτώσουν τα στοιχεία από την εσωτερική μνήμη μέσω της εντολής RS232, που υπάρχει στο πρόγραμμα του οργάνου και αφορά τον τρόπο αποθήκευσης, στον H/Y. Το πρόγραμμα επιτρέπει επίσης στο χρήστη για να μεταφορτώσει ή να φορτώσει τα αρχεία από την κάρτα PCMCIA. Η κάρτα PCMCIA είναι επίσης χρήσιμη για τις συντεταγμένες των σταθερών σημείων και των κωδικών τους. Το περιεχόμενο τέτοιων αρχείων μπορεί να μεταφορτωθεί στο όργανο όταν απαιτείται. Το σύστημα είναι συμβατό με τη λάμψη και τις κάρτες SRAM με μια ικανότητα που δεν υπερβαίνει 32MB [Leica AG, General notice for digital levels and staffs, Heerbrugg, Switzerland 1994].

2.4.1.1 Η οθόνη και το πληκτρολόγιο

Ο NA 3003 είναι ένα από τα όργανα που είναι εξοπλισμένο με μια οθόνη LCD, μικρών διαστάσεων. Είναι 2 γραμμές σε 8 χαρακτήρες, σαφώς μικρότερων διαστάσεων από τον νεότερο και πιο σύγχρονο DNA 03. Τα πλεονεκτήματα της οθόνης φαίνονται και από την εικόνα του παραδείγματος μέτρησης που ακολουθεί.

Όπως φαίνεται στην οθόνη δεν εμφανίζεται όλη η σχετική πληροφορία όπως η αρίθμηση των μετρήσεων, η πραγματική ανάγνωση υψομέτρου πάνω στη σταδία, η σταθερή απόκλιση της μέτρησης καθώς επίσης και του μέσου όρου, όπως συμβαίνει με τον DNA 03. Εμφανίζει μόνο ένα στοιχείο κάθε φορά. Αυτό μπορεί να είναι είτε η μέτρηση, είτε ο αύξων αριθμός της μέτρησης, είτε ο κωδικός του σημείου κ.ά.

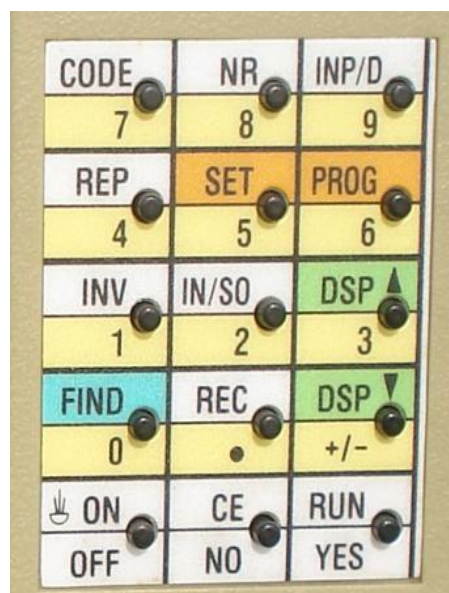
Επίσης στην οθόνη αυτή εμφανίζονται μηνύματα λάθους όταν υπάρχει ελλιπής ή ανομοιομορφος φωτισμός ή όταν ο χωροβάτης και η

σκοπευτική του γραμμή δεν είναι στην κανονική της θέση, δεν είναι οριζοντιωμένη.



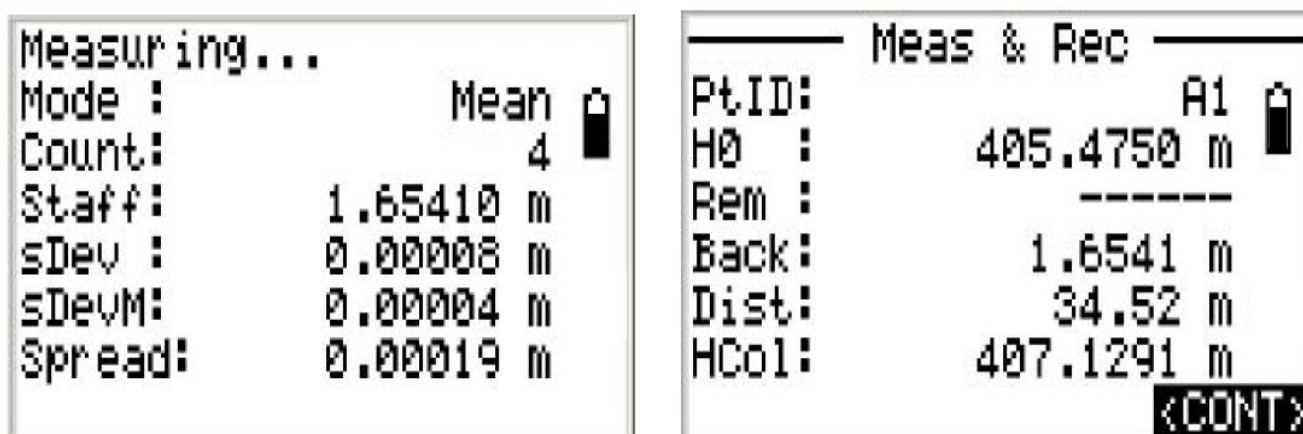
Εικόνα 2.7: Η οθόνη του NA 3003 μετά από μια μέτρηση σε σειρά μετρήσεων.

Το πληκτρολόγιο του οργάνου είναι αρκετά μεγάλο και τα κύρια κουμπιά είναι αυτά της εισόδου στο όργανο και της πλοήγησης σε αυτό. Με το κουμπί CE/NO πραγματοποιείται γρήγορη έξοδο από μια λειτουργία ενώ με το κουμπί ON/OFF ανοίγει και κλείνει ο χωροβάτης. Με το κουμπί RUN/YES υπάρχει άμεση πρόσβαση στα δεδομένα και τη διαχείρισή τους ενώ με το κουμπί SET μπορούν να πραγματοποιηθούν διάφορες ρυθμίσεις.



Εικόνα 2.8: Το πληκτρολόγιο του NA 3003.

Ο DNA 03 είναι ένα από τα πρώτα όργανα που είναι εξοπλισμένο με μια οθόνη LCD τέτοιων διαστάσεων. Είναι 8 γραμμές σε 24 χαρακτήρες. Είναι όμοια και περίπου ίδια στο χειρισμό με τα όργανα TPS700 για την καλύτερη εξυπηρέτηση του χρήστη. Τα πλεονεκτήματα της οθόνης φαίνονται και από την εικόνα του παραδείγματος μέτρησης που ακολουθεί:



Εικόνα 2.9: Η οθόνη του DNA 03 μετά από μια μέτρηση.

Όπως φαίνεται στην οθόνη εμφανίζεται όλη η σχετική πληροφορία όπως η αρίθμηση των μετρήσεων, η πραγματική ανάγνωση υψομέτρου πάνω στη σταδία, η σταθερή απόκλιση της μέτρησης καθώς επίσης και του μέσου όρου, συμπεριλαμβανομένης της διάδοσης όλων των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων. Επίσης εμφανίζει εάν επιλεγθεί το υψόμετρο του σημείου, τη διόρθωσή του, τη σκόπευση στη σταδία και την απόσταση από αυτή. Επίσης στην οθόνη αυτή εμφανίζονται μηνύματα λάθους όταν υπάρχει ελλιπής ή ανομοιόμορφος φωτισμός ή όταν ο χωροβάτης και η σκοπευτική του γραμμή δεν είναι στην κανονική της θέση, δεν είναι οριζοντιωμένη.

Το πληκτρολόγιο έχει πλήρεις αλφανουμερικές ικανότητες. Τα κύρια κουμπιά είναι αυτά της εισόδου στο όργανο και της πλοήγησης σε αυτό. Τα πλήκτρα λειτουργίας και εντολών βρίσκονται στην αριστερή πλευρά του πληκτρολογίου ενώ αυτά που αφορούν αριθμούς και γράμματα είναι στη δεξιά πλευρά του πληκτρολογίου. Με το κουμπί ESC μπορεί κανείς να έχει γρήγορη έξοδο από μια λειτουργία ενώ με το κουμπί DATA μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση στα δεδομένα και τη διαχείρισή τους.



Εικόνα 2.10: Το πληκτρολόγιο του DNA 03.

2.4.1.2 Το σύστημα μέτρησης του οργάνου

Η διαδικασία της μέτρησης αποτελείται από τρία στάδια τα οποία είναι τα εξής:

1. Αναμονή. Ο χρόνος αναμονής του ενός δευτερολέπτου (1 sec) είναι απαραίτητος για να επιτραπεί στον ισοσταθμητή να θέσει το όργανο στην καταλληλότερη και οριζόντια θέση για να ξεκινήσει η μέτρηση.
2. Μέτρηση – έκθεση – λήψη εικόνας από τη σταδία. Ο συνολικός χρόνος μέτρησης είναι από 1.0 sec υπό κανονικές συνθήκες έως και 1.5 sec στην χειρότερη περίπτωση για τον NA 3003 και αντίστοιχα από 0.5 sec έως και 1.0 sec για τον DNA 03. Σε αυτή τη χρονική περίοδο μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκεκριμένες σαρώσεις οι οποίες μπορεί να είναι μέχρι και 36 για την περίπτωση του DNA 03 ανάλογα με το χρόνο σάρωσης.
3. Απλός και τελικός συσχετισμός. Η αλλιώς προσεγγιστικός και αναλυτικός συσχετισμός. Η διαδικασία αυτή εξηγήθηκε σε κατάλληλο κεφάλαιο που αφορά τους ψηφιακούς χωροβάτες και αναφέρεται στη σύγκριση της εικόνας που έχει ληφθεί με τα πρότυπα που έχει στη μνήμη του ο χωροβάτης αυτός. Ο χαρακτηριστικός χρόνος για τη διαδικασία αυτή είναι μέχρι και 2 sec για τον NA 3003 ενώ μέχρι και 1.5 sec για τον DNA 03.

Έτσι ο συνολικός χρόνος για μια απλή μέτρηση είναι περίπου 4 sec για τον NA 3003 και 3 sec για τον DNA 03 ενώ όταν υπάρχουν επαναλαμβανόμενες ή συνεχόμενες μετρήσεις αυτός ο χρόνος

ελαχιστοποιείται διότι δεν γίνεται συνέχεια ο έλεγχος του ισοσταθμητή. Επίσης αυτό συμβαίνει υπό κανονικές συνθήκες φωτισμού. Αντίθετα υπό χαμηλό ή ελλιπή φωτισμό η διαδικασία της μέτρησης μπορεί να κρατήσει έως και 7 δευτερόλεπτα όσον αφορά το χωροβάτη NA 3003.

Το οπτικό σύστημα του χωροβάτη NA 3003 έχει γωνιακό άνοιγμα 2° , που σημαίνει ότι στην ελάχιστη απόσταση λειτουργίας του οργάνου των 1.8 m, στον ανιχνευτή φτάνει μια εικόνα της σταδίας μεγέθους 61 mm, ενώ στη μέγιστη απόσταση λειτουργίας των 100 m, η αντίστοιχη εικόνα είναι της τάξης των 3.5 m.

Αντίθετα, όσον αφορά το χωροβάτη DNA 03, υπάρχει ένα διαφορετικό οπτικό πεδίο για τα στάδια του συσχετισμού. Για τον απλό ή προσεγγιστικό συσχετισμό το πλήρες οπτικό πεδίο είναι 2° και η απαραίτητη απόσταση έως και 50 m. Το οπτικό πεδίο μειώνεται σε τελική γωνία 1.4° στην μέγιστη απόσταση των 110 m. Για τον τελικό ή αναλυτικό συσχετισμό, χρησιμοποιείται ένα οπτικό πεδίο της τάξης 1.1° . Κατά τη μέτρηση στο τέλος της σταδίας και του κώδικα, η εικόνα μετατοπίζεται στο ορατό τμήμα του κώδικα. Συνεπώς οποιαδήποτε κάλυψη όσον αφορά τη λειτουργία της συσχέτισης πρέπει να αποφεύγεται.

Οι κυριότερες μετρήσεις που μπορούν να γίνουν με τους δύο αυτούς χωροβάτες είναι:

- Λαμβάνουν μια απλή ανάγνωση πάνω στη σταδία την οποία εμφανίζουν στην οθόνη τους.
- Λαμβάνουν η επαναλαμβανόμενες αναγνώσεις πάνω στη σταδία και στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται ο μέσος όρος ή και η διάμεσος τους, η τυπική τους απόκλιση σ και ο αριθμός n των αναγνώσεων.
- Λαμβάνουν αναγνώσεις μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη αβεβαιότητα για την εργασία που εκτελείται, όπως αυτή έχει καθοριστεί από τον χρήστη εκ των πρότερων.
- Λαμβάνουν πολλαπλές αναγνώσεις με προκαθορισμένη σειρά.

Η διαδικασία λήψης μέτρησης είναι αυτή που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 2 και συγκεκριμένα στην παράγραφο που αφορά τους ψηφιακούς χωροβάτες και τη διαδικασία λήψης μιας μέτρησης.

Ένα από τα βασικά ερωτήματα για κάθε τύπο χωροβάτη είναι η ποια είναι η απόδοσή του και ποιες οι ακρίβειες που μπορούν να επιτευχθούν. Έτσι και σε αυτόν τον ψηφιακό χωροβάτη τίθενται αυτά τα ερωτήματα σε σχέση πάντα με το εύρος σκόπευσης πάνω στη σταδία (0 - 4.05 m) και

σε σχέση με την απόσταση σταδίας χωροβάτη που κυμαίνεται από 1.80 – 110 m για τις απλές σταδίες.

Όσον αφορά τις συνθήκες φωτισμού, οι χωροβάτες που αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό, μπορούν να μετράνε τέλεια και χωρίς δυσκολίες κάτω από κανονικό φως και φυσικό φως. Είναι πολύ σημαντικό να φωτίζεται η σταδία ολόκληρη. Αν οι συνθήκες φυσικού φωτισμού δυσκολέψουν (π.χ. ομίχλη, σκιές) τότε ο χρόνος μέτρησης παρατείνεται. Σε συνθήκες όπου δεν είναι δυνατή η μέτρηση λόγω φωτισμού τότε το όργανο εμφανίζει ένα μήνυμα λάθους στην οθόνη του.

Η υψηλή ευαισθησία του αισθητήρα που περιέχουν ο NA 3003 και DNA 03 είναι υπεύθυνη για σταθερές μετρήσεις σε κακές συνθήκες φωτισμού, για παράδειγμα, το σούρουπο. Μετρήσεις στο σκοτάδι είναι ικανές να γίνουν μόνο με τη χρήση κατάλληλου φωτισμού ο οποίος αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο. Μια σημαντική παρατήρηση για τον NA 3003 είναι το γεγονός ότι για να γίνει μια μέτρηση σε σκοτάδι πρέπει η σταδία να φωτίζεται ομοιόμορφα ολόκληρη και όχι μόνο σε ένα σημείο. Δεν είναι δυνατή η μέτρηση ποτέ όταν η σταδία δεν φωτίζεται με διαχεόμενο φωτισμό ομοιόμορφα όπως αντίθετα συμβαίνει με την περίπτωση του DNA 03. Καμιά φορά είναι δυνατή η μέτρηση με φωτισμό στο σημείο που σκοπεύει το όργανο αλλά με πολύ λιγότερη ικανότητα. Επίσης, όπως όλοι οι χωροβάτες δεν μπορούν να μετρήσουν όταν έχουν τον ήλιο κόντρα και απέναντί τους, όταν δηλαδή ο ήλιος είναι χαμηλά στον ουρανό. Μια λύση είναι να τοποθετηθεί κάτι που να κάνει σκιά κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

Στον πίνακα 2.1 περιλαμβάνονται όλα τα χαρακτηριστικά και οι ακριβείες που μπορούν να επιτευχθούν με τον ψηφιακό χωροβάτη ακριβείας NA 3003.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΚΡΙΒΕΙΕΣ	
Δυνατότητες χρήσης	Γρήγορες μετρήσεις υψομέτρων, μετρήσεις υψομετρικών διαφορών, χαράξεις, μετρήσεις ακριβείας κ.ά.
Ακρίβεια	Τυπική απόκλιση μέτρησης ύψους ανά km (μετάβαση επιστροφή) (ISO 17123-2).
Ηλεκτρονική μέτρηση υψομέτρου	
Σταδίες Invar	0.4 mm
Απλές σταδίες	1.2 mm
Οπτική μέτρηση υψομέτρου	2.0 mm
Ηλεκτρονική μέτρηση απόστασης	1-5 cm

Εύρος απόστασης μέτρησης	
Ηλεκτρονική μέτρηση	
Μήκος σταδίας = 3m/2m (απλές σταδίες)	1.8 m - 60 m
Μήκος σταδίας = 3m (σταδίες Invar)	1.8 m - 60 m (προτείνεται από την εταιρία)
Μήκος σταδίας = 4m/2.70m (απλές σταδίες)	1.8 m - 100 m
Οπτική μέτρηση	από 0.60 m και πάνω (μόνο απλές σταδίες)
Χρόνος μέτρησης	περίπου 4 δευτερόλεπτα (3 sec) σε κανονικές συνθήκες φωτισμού ή έως και 7 σε χαμηλό ή ελλιπή φωτισμό.
Τύπος μετρήσεων και αποτελέσματα	Ενιαία μέτρηση, μέση τιμή, διάμεσος, τυπική απόκλιση, επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, απλή μέτρηση, μετρήσεις έως ότου επιτευχθεί συγκεκριμένη ακρίβεια κ.ά.
Προγράμματα μετρήσεων	Μέτρηση και καταγραφή, ύψομετρο και απόσταση, Μετάβαση και Επιστροφή.
Ικανότητα κωδικοποίησης σημείων	Ένα μόνο σημείο, συνεχόμενη κωδικοποίηση,
Αποθήκευση δεδομένων	Πρόσθετη μνήμη 8000 δεδομένων ή 1140 στάσεων χωροβάτη.
	Δυνατότητα κάρτας εισαγωγής REC-Module
	Αποθήκευση αμέσως σε υπολογιστή.
Τηλεσκοπίο	
Μεγέθυνση	24 x
Γωνία ανοίγματος	2°
Οπτικό πεδίο	3.5 m σε απόσταση 100 m και 61 mm σε απόσταση 1.80 m
Ισοσταθμητής	
Τύπος	Εκκρεμές με μαγνητική απόσβεση
Εύρος κλίσης	±10'
Ακρίβεια ρύθμισης ισοσταθμητή	0.8"
Οθόνη	LCD, 2 γραμμές με 8 χαρακτήρες
Μπαταρία	Λειτουργεί με μπαταρία
	GEB79 (μεγαλύτερης διάρκειας 8 ώρες), GEB71 και GEB70 (μικρότερης διάρκειας)
Μονάδες απόστασης	μέτρα (m), πόδια(ft), ίντσες(inches)
Βάρος	2.5 kg (μαζί με την μπαταρία GEB79)
Συνθήκες λειτουργίας	
Θερμοκρασία μέτρησης	- 20 °C έως + 50 °C
Θερμοκρασία αποθήκευσης	- 40 °C έως + 70 °C
Σκόνης / νερό (IEC60529)	IP53
Υγρασία	95%, μη συμπύκνωση

Πίνακας 2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά και ακρίβειες του ψηφιακού χωροβάτη ακριβείας NA 3003.

Στον επόμενο πίνακα (πίνακας 2.2) περιλαμβάνονται όλα τα χαρακτηριστικά και οι ακρίβειες που μπορούν να επιτευχθούν με τον ψηφιακό χωροβάτη ακριβείας DNA 03.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΚΡΙΒΕΙΕΣ	
Δυνατότητες χρήσης	Γρήγορες μετρήσεις υψομέτρων, μετρήσεις υψομετρικών διαφορών, μετρήσεις Α' και Β' τάξης δικτύων, χαράξεις, μετρήσεις ακριβείας κ.ά.
Ακρίβεια	Τυπική απόκλιση μέτρησης ύψους ανά km (μετάβαση επιστροφή) (ISO 17123-2).
Ηλεκτρονική μέτρηση υψομέτρου	
Σταδίες Invar	0.3 mm
Απλές σταδίες	1.0 mm
Οπτική μέτρηση υψομέτρου	2.0 mm
Ηλεκτρονική μέτρηση απόστασης	1cm/20 m ή 5mm/10m (τυπική απόκλιση)
Εύρος απόστασης μέτρησης	
Ηλεκτρονική μέτρηση	
Μήκος σταδίας $\geq 3m$ (απλές σταδίες)	1.8 m - 110 m
Μήκος σταδίας = 3m (σταδίες Invar)	1.8 m - 60 m (προτείνεται από την εταιρία)
Μήκος σταδίας = 2.70m (απλές σταδίες)	1.8 m - 100 m
Μήκος σταδίας = 1.82 /2m (απλές σταδίες)	1.8 m - 60 m
Οπτική μέτρηση	από 0.60 m και πάνω
Χρόνος μέτρησης	περίπου 3 δευτερόλεπτα (3 sec)
Τύπος μετρήσεων και αποτελέσματα	Ενιαία μέτρηση, μέση τιμή, διάμεσος, τυπική απόκλιση, επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, απλή μέτρηση, μετρήσεις έως ότου επιτευχθεί συγκεκριμένη ακρίβεια κ.ά.
Προγράμματα μετρήσεων	Μέτρηση και καταγραφή, υψόμετρο και απόσταση, Μετάβαση και Επιστροφή διαφόρων ειδών, γρήγορο κλείσιμο, χαράξεις.
Ικανότητα κωδικοποίησης σημείων	Ένα μόνο σημείο, συνεχόμενη κωδικοποίηση,
Αποθήκευση δεδομένων	Εσωτερική μνήμη 6000 μετρήσεων ή 1650 στάσεων χωροβάτη.
	Δυνατότητα κάρτας εισαγωγής PCMCIA (ATA-Flash/SRAM/CF).
	Αποθήκευση αμέσως σε υπολογιστή σε GSI μορφή μέσω RS232.
	ανταλλαγή δεδομένων, εσωτερική μνήμη GSI8/GSI16/XML
Τηλεσκοπίο	

Μεγέθυνση	24 x
Γωνία ανοίγματος	2°
Οπτικό πεδίο	3.5 m σε απόσταση 100 m
Ισοσταθμητής	
Τύπος	Εκκρεμές με μαγνητική απόσβεση
Εύρος κλίσης	±10'
Ακρίβεια ρύθμισης ισοσταθμητή	0.3"
Οθόνη	LCD, 8 γραμμές με 24 χαρακτήρες
Μπαταρία	Λειτουργεί με μπαταρία
	GEB111 12ωρη λειτουργία
	GEB121 24ωρη λειτουργία
	Αλκαλική μπαταρία, 6x LR6/AA/AM3, 1.5V προσαρμογέας μπαταρίας GAD39.
Βάρος	2.8 kg (μαζί με την μπαταρία GEB111)
Συνθήκες λειτουργίας	
Θερμοκρασία μέτρησης	- 20 °C έως + 50 °C
Θερμοκρασία αποθήκευσης	- 40 °C έως + 70 °C
Σκόνης / νερό (IEC60529)	IP53
Υγρασία	95%, μη συμπύκνωση

Πίνακας 2.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά και ακρίβειες του ψηφιακού χωροβάτη ακριβείας DNA 03.

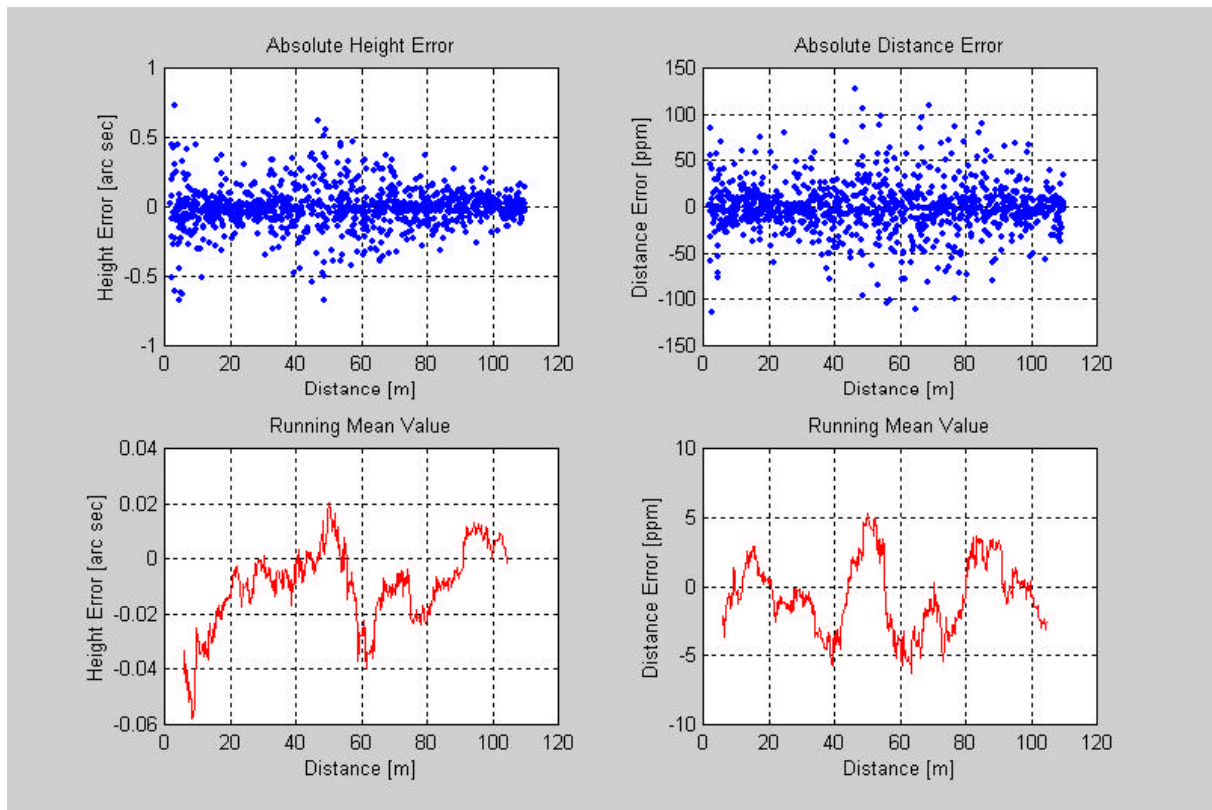
Για τον χωροβάτη DNA 03 σημαντικό είναι να τονισθούν κάποια στοιχεία όπως:

Με τα σύγχρονα εργαλεία λογισμικού προσομοίωσης είναι δυνατό να προσομοιωθεί ένας μεγάλος αριθμός τυχαίων μετρήσεων σε ολόκληρη την περιοχή μέτρησης προκειμένου να εξεταστεί για παράδειγμα η απόδοση των αλγορίθμων του προσεγγιστικού ή απλού και τελικού ή αναλυτικού συσχετισμού.

Η εταιρία Leica εφαρμόζει ένα τέτοιο πείραμα όπου στα πάνω διαγράμματα παρουσιάζεται η διάδοση των σφαλμάτων ύψους και απόστασης σε ένα δείγμα 1000 μετρήσεων, σε σχέση πάντα με την απόσταση σκόπευσης, που διανέμονται τυχαία σε μια περιοχή. Τα κάτω διαγράμματα παρουσιάζουν τις αποκλίσεις από την πραγματική τιμή για κάθε 100 μετρήσεις σε κάθε σημείο. Οι μέσες τιμές και τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος δείχνουν, όπως φαίνεται στην εικόνα, την καλή απόδοση των συσχετισμών και διορθώσεων.

Ο χωροβάτης αυτός έχει τη δυνατότητα μετατροπής των στοιχείων που αποθηκεύει σε διάφορες μορφές όπως XML, GSI-8και GSI-16. Οι

λειτουργίες του προσφέρουν εξαιρετική ευκολία και ευελιξία για κατέβασμα δεδομένων από το όργανο.



Εικόνα 2.11: Το παράδειγμα που εφάρμοσε η εταιρία Leica.

Επίσης χρησιμοποιείται και το λογισμικό LevelPak-Pro για την εισαγωγή, την επεξεργασία και την εξαγωγή δεδομένων από αυτόν τον χωροβάτη. Το λογισμικό αυτό μπορεί να εισάγει δεδομένα από το χωροβάτη σε μορφή XML και να υποστηρίζει GSI μορφές καθιστώντας το έτσι συμβατό και με προηγούμενες γενιές ψηφιακών χωροβατών.

Ακόμη χρήσιμα στοιχεία που αφορούν τους δύο αυτούς χωροβάτες είναι η επαναληψιμότητα των μετρήσεων όπως αυτή δίνεται από την εταιρία.

Για τον μεν NA 3003 η επαναληψιμότητα είναι η εξής:

- Για απόσταση 5m : <0.01mm.
- Για απόσταση 10m : 0.01mm.
- Για απόσταση 20m : 0.03mm.
- Για απόσταση 30m : <0.05mm.

Οι παραπάνω τιμές αφορούν καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες και καλές συνθήκες φωτισμού ενώ είναι τόσο για ψηφιακές σταδίες απλές όσο και για σταδίες Invar. Η επαναληψιμότητα (τυπική απόκλιση μιας μόνο μέτρησης) είναι ένα μεγάλο θέμα και το οποίο θα διερευνηθεί στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας [Leica AG, General notice for digital levels and staffs, Heerbrugg, Switzerland 1994].

Αντίθετα για τον χωροβάτη DNA 03 δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από την εταιρία για την επαναληψιμότητα αυτού.

2.4.2 Η ψηφιακή σταδία Invar, GWCL92

Η σταδία αυτή έχει ακριβές μήκος 93.5 cm. Είναι της εταιρίας Leica και κατασκευάστηκε κυρίως για χρήση σε εσωτερικούς χώρους με σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας (περίπου 20-25° C), για ξηρό περιβάλλον και οι οποίες δεν έχουν άμεση θέρμανση λόγω της ηλιοφάνειας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και σε εξωτερικούς χώρους εφόσον οι προηγούμενες προϋποθέσεις μπορούν να επιτευχθούν. Μπορεί επίσης να τοποθετηθεί σε ειδικές βάσεις για την μεγαλύτερη σταθερότητά της.



Εικόνα 2.12: Η ψηφιακή σταδία Invar GWCL92.

Η σταδία αυτή είναι φτιαγμένη από υλικό fiberglass και όσον αφορά το υπόστρωμα και εκεί που σκοπεύει ο χωροβάτης, δηλαδή η ταινία

μέτρησης είναι από υλικό invar (κράμα νικελίου -36% και σιδήρου -64%, που έχει την ιδιότητα να επηρεάζεται λιγότερο από οποιοδήποτε άλλο υλικό στην έκθεσή του στις συνθήκες του περιβάλλοντος όπως είναι και η θερμοκρασία).

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Όνομα σταδίας	GWCL92
Συνολικό μήκος σταδίας	93.5 cm ή 0.935 m
Περιοχή μήκους μέτρησης	0.03-0.93 m
Βάρος (με την βάση)	1.7kg
Υλικό	
Σώματος σταδίας	Συνθετικό fiberglass
Ταινία	Invar
Βάση	Προστασία από χάλυβα
Κατηγορία	bar code (γραμμικός κώδικας)
Μήκος κώδικα	22 mm
Πλάτος ενός μονού στοιχείου	2.025 μμ
Ακρίβεια	Σύμφωνα με DIN 18717
Συντελεστής διαστολής ταινίας Invar	<1ppm/°C
Απόσταση σκόπευσης	1.8 m - 30 m, πάνω από 30 m το ωφέλιμο μήκος της σταδίας μειώνεται
Ωφέλιμο μήκος σταδίας	Εξαρτάται από την απόσταση σκόπευσης
Μείωση	1% της απόστασης σκόπευσης
Στη μέγιστη απόσταση: 30 m	60 cm
Πλάκα βάσης	Εναλλασσόμενη
	Ορθογώνια πλάκα
	Μπουλόνι με στρογγυλεμένο κεφάλι
Θερμοκρασίες	
Λειτουργίας	-10° C έως +40° C
Αποθήκευσης	-25° C έως +70° C
Σφαιρική αεροστάθμη	1
Ευαισθησία	20'2mm
Ρυθμιζόμενη	χρησιμοποιώντας 3 βίδες ρύθμισης
Επαναληψιμότητα, τυπική απόκλιση μιας μέτρησης με τον NA 3000.*	5 m < 0.01 mm 10 m = 0.01 mm 20 m = 0.03 mm 30 m < 0.05 mm
Προδιαγραφές με τον NA 3000, τυπική απόκλιση σε 1 km διπλής χωροστάθμησης.	0.4 mm

Πίνακας 2.3: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της σταδίας GWCL92

*Μετρήσεις υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες.

2.4.3 Οι ψηφιακές σταδίες Invar, GPCL2 και GPCL3

Η σταδίες αυτές έχουν ακριβές μήκος 2.0 m (GPCL2) και 3.0 m (GPCL3) αντίστοιχα. Είναι της εταιρίας Leica και κατασκευάστηκε από την εταιρία NEDO στη Γερμανία για χρήση τόσο σε εξωτερικούς όσο και εσωτερικούς χώρους. Οι σταδίες αυτές είναι σταδίες ακριβείας και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται προσεκτικά ως τέτοιες. Η σταδία αυτή είναι φτιαγμένη από υλικό fiberglass ή και αλουμίνιο.

Αν υπάρχει πτώση πάνω από 10 cm τότε μπορεί να επηρεαστεί το μηδενικό σημείο και για να διαπιστωθεί αυτό καλό είναι να γίνουν μετρήσεις ίδιου σημείου και με άλλη σταδία.

Ακόμα μπορεί να συνοδεύεται και από αντηρίδες για την στήριξή της σε κατακόρυφη θέση με την προϋπόθεση πάντα να μην αφήνεται εντελώς μόνη, κυρίως όταν βρίσκεται σε εξωτερικό περιβάλλον, γιατί υπάρχει κίνδυνος πτώσης λόγω του αέρα και μπορεί να προκληθεί ζημιά.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Όνομα σταδίας	GPCL2 και GPCL3
Συνολικό μήκος σταδίας	2.0 m και 3.0 αντίστοιχα m
Περιοχή μήκους μέτρησης	0.035-1.94 m και 0.035-2.98 m
Βάρος	4.2kg και 4.9 kg
Υλικό	
Σώματος σταδίας	Συνθετικό fiberglass ή αλουμίνιο
Ταινία	Invar
Βάση	Προστασία από χάλυβα
Κατηγορία	bar code (γραμμικός κώδικας)
Μήκος κώδικα	22 mm
Πλάτος ενός μονού στοιχείου	2.025 μμ
Ακρίβεια	Ανοχή σύμφωνα με την απόσταση L, $\Delta L = \pm(0.02 \text{ mm} + L \cdot 2 \cdot 10^{-5})$
Συντελεστής διαστολής ταινίας Invar	<1ppm/°C
Απόσταση σκόπευσης	1.8 m - 60 m
Βαθμονόμηση	
Αρχική βαθμονόμηση	
Πιστοποιητικό βαθμονόμησης	Διαθέσιμο μόνο για καινούριες σταδίες
- Μέσος συντελεστής κλίμακας	Μετράται όταν η σταδία είναι κατακόρυφη
-Συντελεστής γραμμικής διαστολής	Συλλέγεται από ένα εύρος θερμοκρασιών 0 °C - 40 °C

Επαναβαθμονόμηση	Χρησιμοποιώντας τοπικές μεθόδους και συγκρίσεις
Πλάκα βάσης	
Κάθετη στον άξονα της σταδίας	Ανοχή = $\pm 5'$
Επίπεδο	Ανοχή = ± 0.02 mm
Θερμοκρασίες	
Λειτουργίας	-20° C έως +50° C
Αποθήκευσης	-40° C έως +70° C
Σφαιρική αεροστάθμη	1, αφαιρούμενη
Ευαισθησία	30'/2mm
Ρυθμιζόμενη	Χρησιμοποιώντας 3 βίδες ρύθμισης
Μηδενικό σφάλμα	Ανοχή = ± 0.05 mm αναφερόμενο στο κέντρο της βάσης.
Προδιαγραφές με τον NA 2002, τυπική απόκλιση σε 1 km διπλής χωροστάθμησης	0.9 mm
Προδιαγραφές με τον NA 3000, τυπική απόκλιση σε 1 km διπλής χωροστάθμησης	0.4 mm

Πίνακας 2.4: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της σταδίας GPCL2 και GPCL3 αντίστοιχα .



Εικόνα 2.13: Η σταδία Invar GPCL3 με bar code τοποθετημένη σε χωροσταθμική βάση (χελώνα), στηριγμένη πάνω σε ένα τρίποδα Βιομηχανικής Γεωδαισίας.

2.4.4. Θερμόμετρα

2.4.4.1. AT MeteoStation

Το όργανο αυτό είναι σχεδιασμένο για την λήψη θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης τόσο για τον αέρα όσο και για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Είναι της εταιρίας Leica και περιέχει αισθητήρες για τη σωστή παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών.

Είναι ένα από τα πιο ακριβή όργανα για την παρακολούθηση αλλά και τη διόρθωση των ατμοσφαιρικών συνθηκών και είναι ένα απαραίτητο αξεσουάρ για οποιεσδήποτε μετρήσεις ακριβείας. Το AT MeteoStation έχει δύο ενσωματωμένους εξωτερικούς αισθητήρες. Ο ένας λαμβάνει τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν στον αέρα κάθε χρονική στιγμή (air temperature), ενώ ο άλλος μπορεί να λάβει τις ατμοσφαιρικές συνθήκες ενός συγκεκριμένου αντικειμένου (object temperature).

Ο εξωτερικός αισθητήρας τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο αλλά να λαμβάνει τις συνθήκες του γύρω χώρου και φυσικά κοντά στους δύο χωροβάτες, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.16.

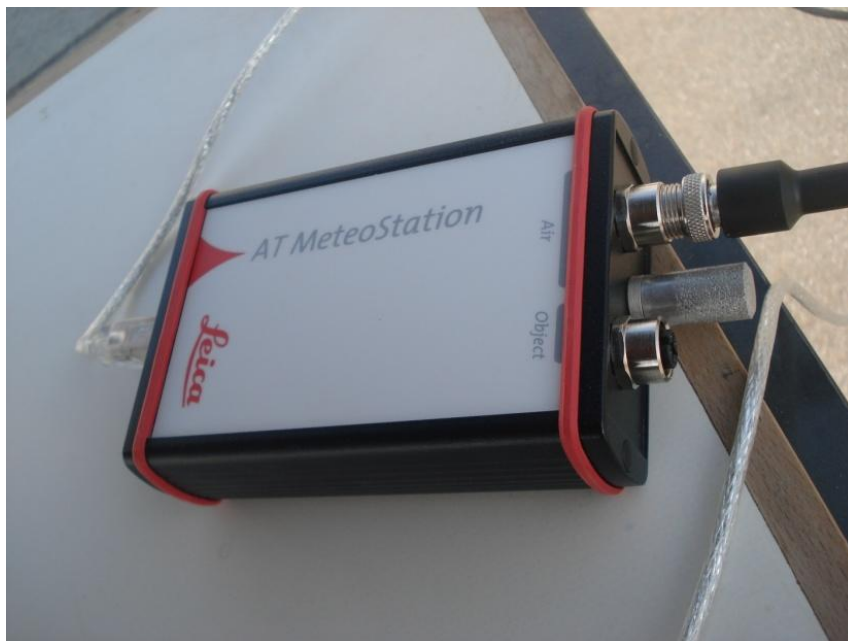
Οι δύο αυτοί αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν προαιρετικά ανάλογα με την περίπτωση μέτρησης. Το όργανο έχει ενσωματωμένες τις μονάδες μέτρησης τόσο της θερμοκρασίας (°C), όσο και της υγρασίας (%) και της πίεσης (mbar ή hPa). Τα κύρια χαρακτηριστικά του οργάνου παρουσιάζονται στον πίνακα:

	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ακρίβεια
Πίεση	500hPa	1100hPa	±1hPa
Θερμοκρασία	-10°C	+60°C	±0.3°C
Υγρασία	0%	95%	±5%

Πίνακας 2.5: Κύρια χαρακτηριστικά θερμομέτρου AT MeteoStation.

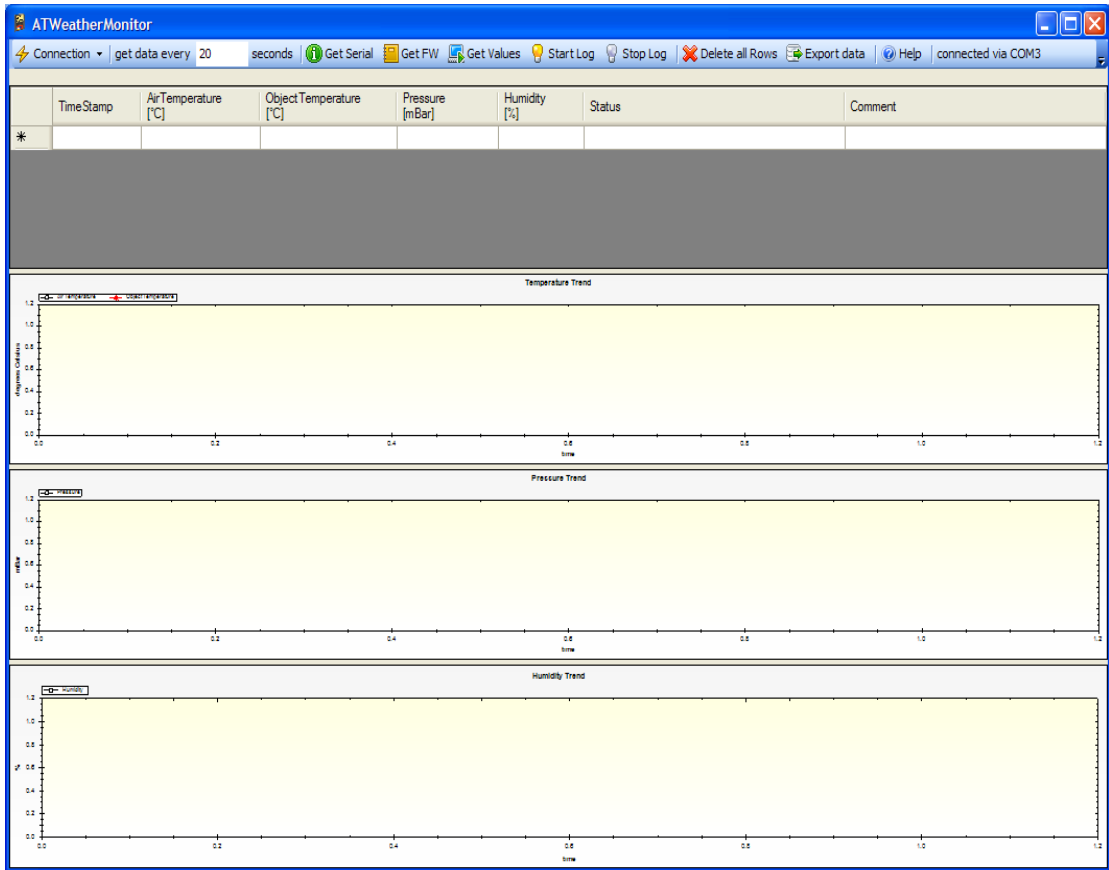
Η συνδεσμολογία γίνεται μέσω ενός καλωδίου USB σε έναν υπολογιστή χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό για την λήψη και καταγραφή των μετρήσεων.

Ο σταθμός δηλαδή συνδέεται με τον AT Controller μέσω ενός καλωδίου USB και τα δεδομένα μπορεί να είναι προσβάσιμα μέσω του emScon Interface.



Εικόνα 2.14: Το AT Meteostation, που μετράει θερμοκρασία, πίεση και υγρασία.

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την καταγραφή των μετρήσεων είναι το AT WeatherMonitorLogger v1.3 (c) 2008,2009 Leica Geosystems AG. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.12 το περιβάλλον εργασίας του είναι αυτό και για να αρχίσει να λειτουργεί πρέπει πρώτα να γίνει η κατάλληλη σύνδεση (Connection) με την θύρα (COM) στην οποία έχει συνδεθεί το όργανο. Για αυθαίρετες μετρήσεις χρησιμοποιείται η εντολή Get Values. Το βήμα μπορεί να οριστεί (με την εντολή get data every.....seconds) στις μετρήσεις σε δευτερόλεπτα για λήψη αυτόματων μετρήσεων με το βήμα αυτό. Είτε αυτό είναι ανά 5 λεπτά (300 δευτερόλεπτα) είτε ανά 2 λεπτά (120 δευτερόλεπτα) είτε ανά 3 λεπτά (180 δευτερόλεπτα. Τέλος με την εντολή export data μπορούν να αποθηκευθούν οι μετρήσεις αυτές σε ένα αρχείο .csv για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Το λογισμικό αυτό έχει τη δυνατότητα εκτός από την καταγραφή των μετρήσεων και της δημιουργίας διαγραμμάτων των μετρήσεων θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας σε συνάρτηση του χρόνου.

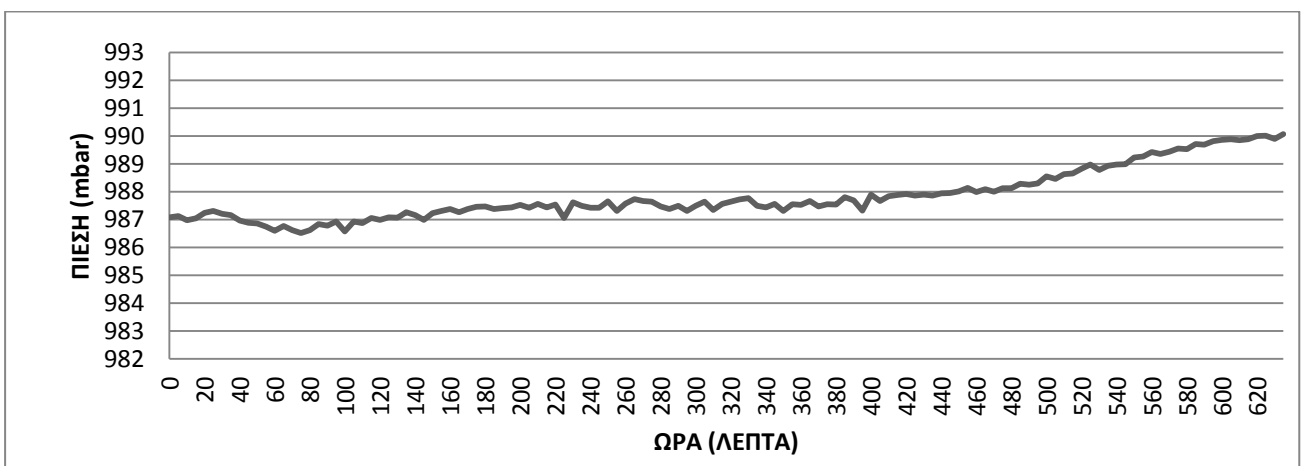
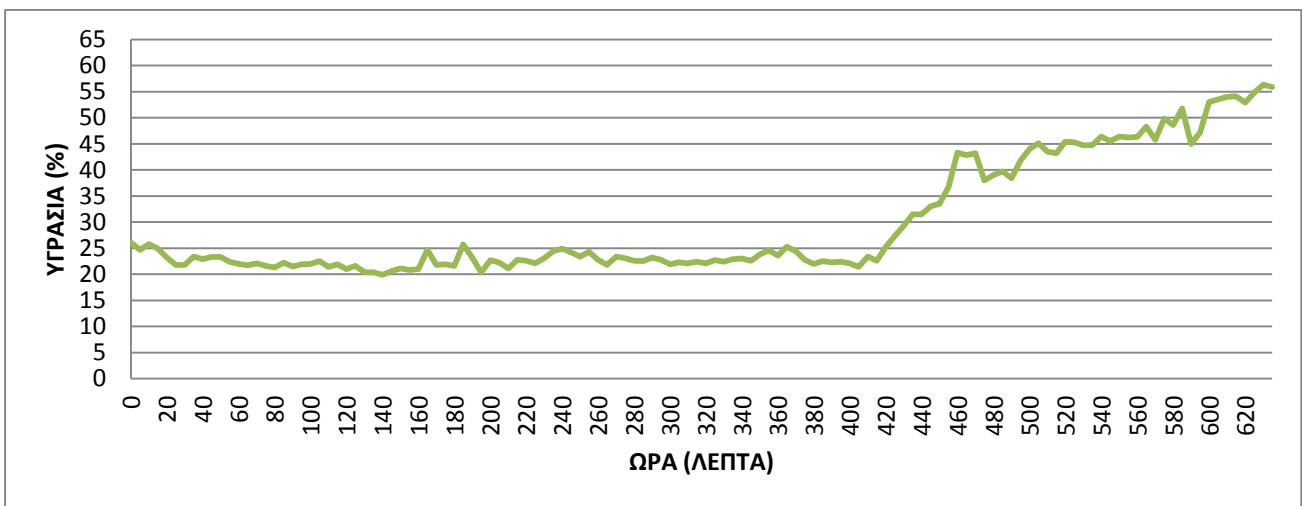
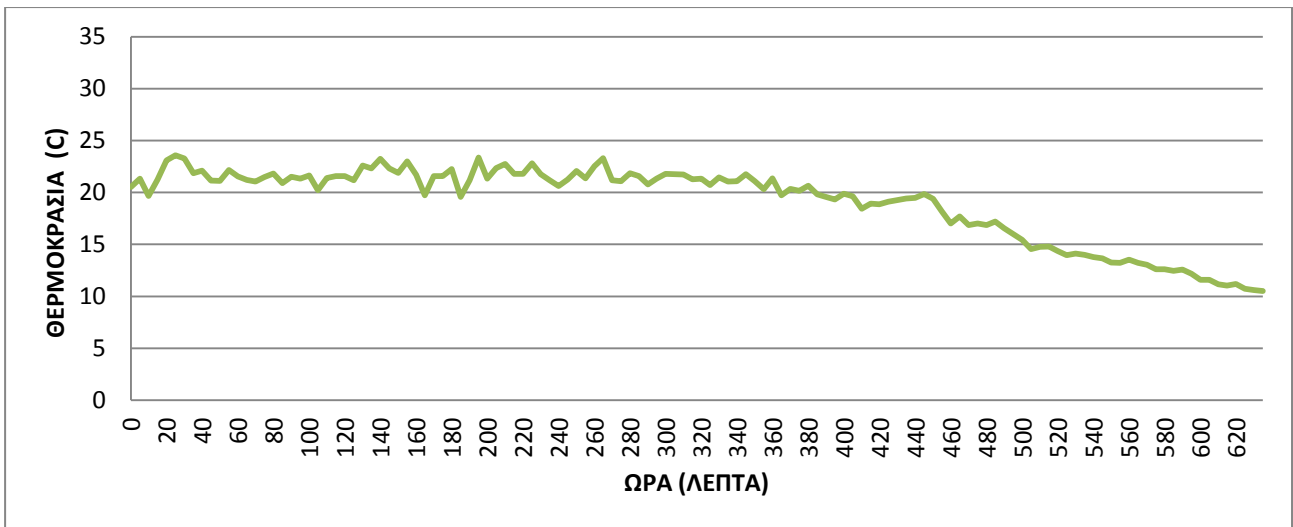


Εικόνα 2.15: Το λογισμικό επεξεργασίας για το AT Meteostation.

Ο εξωτερικός αισθητήρας τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο αλλά να λαμβάνει τις συνθήκες του γύρω χώρου και φυσικά κοντά στους δύο χωροβάτες, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.16.



Εικόνα 2.16: Τοποθέτηση εξωτερικού αισθητήρα του AT Meteostation.



Διάγραμμα 2.1: Διαγράμματα της θερμοκρασίας, υγρασίας και πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο από το AT Meteostation.

2.4.4.2 Tinytag plus 2 TGP-4500

Το όργανο αυτό χρησιμοποιείται για την λήψη θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε συγκεκριμένο χώρο στον οποίο βρίσκεται. Είναι της εταιρίας Gemini και περιέχει αισθητήρες για τη σωστή παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών. Είναι το μοντέλο TGP-4500.

Φημίζεται για την αντοχή και την αξιοπιστία του. Είναι αδιάβροχο και είναι σχεδιασμένο για τις δύσκολες εξωτερικές συνθήκες και για σκληρά βιομηχανικά περιβάλλοντα. Έχει ενσωματωμένους αισθητήρες PT100 και PT1000. Τα κύρια χαρακτηριστικά του συνδέονται με την υψηλή ακρίβεια ανάγνωσης και επίλυσης των δεδομένων, με το μεγάλο όγκο χωρητικότητας δεδομένων, τη χαμηλής μπαταρίας οθόνη και με τη μεγάλη διάρκεια της μπαταρίας.

Το tinytag plus 2 TGP-4500 λειτουργεί αυτόματα και αυτόνομα εφόσον έχουν δοθεί αρχικά οι σωστές εντολές μέσω ενός υπολογιστή. Για να γίνει αυτό συνδέεται το όργανο μέσω ενός καλωδίου USB σε έναν υπολογιστή και χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό προγραμματίζονται οι εντολές που αφορούν την ημερομηνία και ώρα έναρξης καταγραφής, το βήμα καταγραφής, την ημερομηνία και ώρα λήξης καταγραφής ή το χρονικό διάστημα καταγραφής.

	Ελάχιστο	Μέγιστο	Ακρίβεια	Δυνατότητα καταγραφής
Θερμοκρασία	.-25°C	+.85°C	±0.1°C	0.01 °C ή και καλύτερη
Υγρασία	0% RH	100% RH	±3% RH στους 25	καλύτερη από 0.3% RH

Πίνακας 2.6: Μέγιστα και ελάχιστα καταγραφής του θερμομέτρου Tinytag plus 2 TGP-4500.

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι απλό και βρίσκεται στην αγορά ξεχωριστά από το όργανο και είναι το Tinytag Explorer 4.7 και το οποίο εγκαθίσταται σε έναν υπολογιστή. Το λογισμικό αυτό έχει τη δυνατότητα εκτός από την καταγραφή των μετρήσεων και της δημιουργίας διαγραμμάτων των μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας σε συνάρτηση του χρόνου. Η καταγραφή μπορεί να συνεχιστεί έως ότου τελειώσει η μπαταρία έχοντας τη δυνατότητα εφόσον έχει γεμίσει η

μνήμη να καταχωρεί τις νέες μετρήσεις πάνω στις πρώτες σβήνοντας τις παλιές.

Μέγεθος μνήμης	32K
Αναγνώσεις	32000
Ανάλυση	12bit
Καταγραφή ανάγνωσης	πραγματική, ελάχιστη και μέγιστη
Διάστημα καταγραφής	1 δευτερόλεπτο έως 10 ημέρες
Πλήρως προγραμματιζόμενο	Ναι
Διάρκεια ζωής μπαταρίας	έως και 12 μήνες
Άλλα χαρακτηριστικά	Εσωτερική παρακολούθηση μπαταρίας
	Έχει δύο συναγερμούς (αν λειτουργεί και τότε παίρνει μέτρηση),
IP κατηγορία	IP68 αδιάβροχο
Συνθήκες λειτουργίας	-40°C έως +85°C
Διαστάσεις	34x52x80 mm
Βάρος	55g

Πίνακας 2.7: Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμομέτρου Tinytag plus 2 TGP-4500.

Στην εικόνα 2.17 παρουσιάζεται το Tinytag plus 2 TGP-4500 που μετράει θερμοκρασία και σχετική υγρασία.

Στην εικόνα 2.19 παρουσιάζεται το διάγραμμα θερμοκρασίας και υγρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο, έτσι όπως προκύπτει από το λογισμικό του οργάνου.

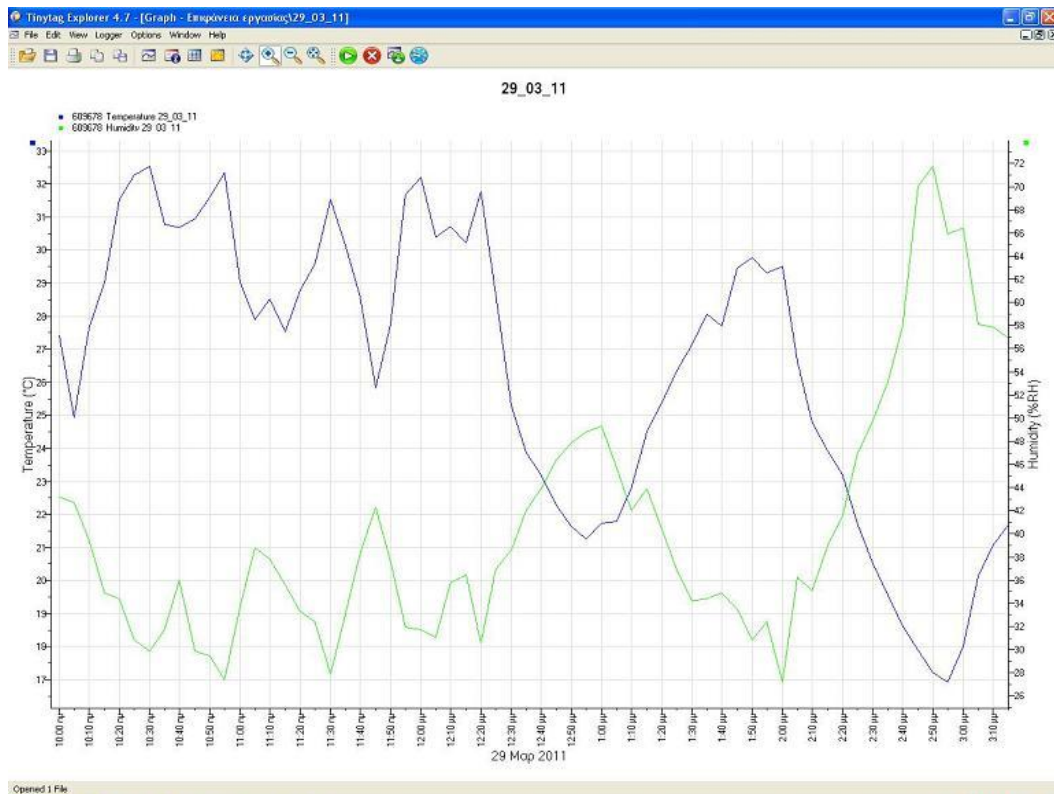
Το συγκεκριμένο όργανο τοποθετήθηκε με τη βοήθεια ταινίας στο πλάι της σταδίας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 2.18.



Εικόνα 2.17: Το tinytag plus 2 TGP-4500 που μετράει θερμοκρασία και σχετική υγρασία.



Εικόνα 2.18: Η τοποθέτηση του tinytag plus 2 TGP-4500 πάνω στη σταδία για την καταγραφή των μετρήσεων.



Εικόνα 2.19: Το περιβάλλον εργασίας του Tinytag plus 2 TGP-4500 και τα διαγράμματα που προκύπτουν.

2.4.5 Φωτόμετρα

2.4.5.1 HD450

Το φωτόμετρο HD450 είναι σχεδιασμένο για την λήψη της έντασης του φωτός σε ένα συγκεκριμένο χώρο- σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Είναι της εταιρίας Extech Instruments και περιέχει αισθητήρες για τη σωστή παρακολούθηση της έντασης του φωτός.

Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της έντασης του φωτός και είναι ένα χρήσιμο για οποιασδήποτε μέτρηση της έντασης του φωτός και διόρθωση των αποτελεσμάτων σε ορισμένες περιπτώσεις.

Έχει αισθητήρα που βρίσκεται έξω από το όργανο και συνδέεται με αυτό με ένα καλώδιο. Τα κύρια χαρακτηριστικά του σχετίζονται με την υψηλή ακρίβεια ανάγνωσης και επίλυσης των δεδομένων, με το μεγάλο

όγκο χωρητικότητας δεδομένων, την εξωτερική μπαταρία και με τη μεγάλη διάρκεια καταγραφής των μετρήσεων.

Αποθηκευτική ικανότητα	
Αυτόματα	Έως και 16000 αναγνώσεις
Χειροκίνητα	Αποθηκεύει ή κάνει ανάκληση μέχρι και 99 αναγνώσεις
Οθόνη	LCD με ραβδόγραμμα για την καταγραφή της έντασης του φωτός συναρτήση του χρόνου
Ποικιλία μέτρησης	Μέχρι και 40000 Fc ή 400000 Lux
Καταγραφή	Μέγιστη και ελάχιστη τιμή
	Πραγματική τιμή
	Ωρα μετρήσεων
Θύρα	Ενσωματωμένη θύρα USB
Μπαταρία	Εξωτερική 9V (διάρκεια=100 ώρες)
Διαστάσεις	170x80x40 mm
Βάρος	390g

Πίνακας 2.8: Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτομέτρου HD450.

Όσον αφορά τις ακρίβειες και την ανάλυση αυτές φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Μονάδες	Τάξη	Ανάλυση	Ακρίβεια
LUX	400	0.1	± (5% rdg + 10 digits)
	4000	1	
	40.00k	0.01k	± (10% rdg + 10 digits)
	400.0k	0.1k	
Foot Candles	40	0.01	± (5% rdg + 10 digits)
	400	0.1	
	4000	1	± (10% rdg + 10 digits)
	40.00k	0.01k	

Πίνακας 2.9: Ακρίβεια και ανάλυση του φωτομέτρου HD450.

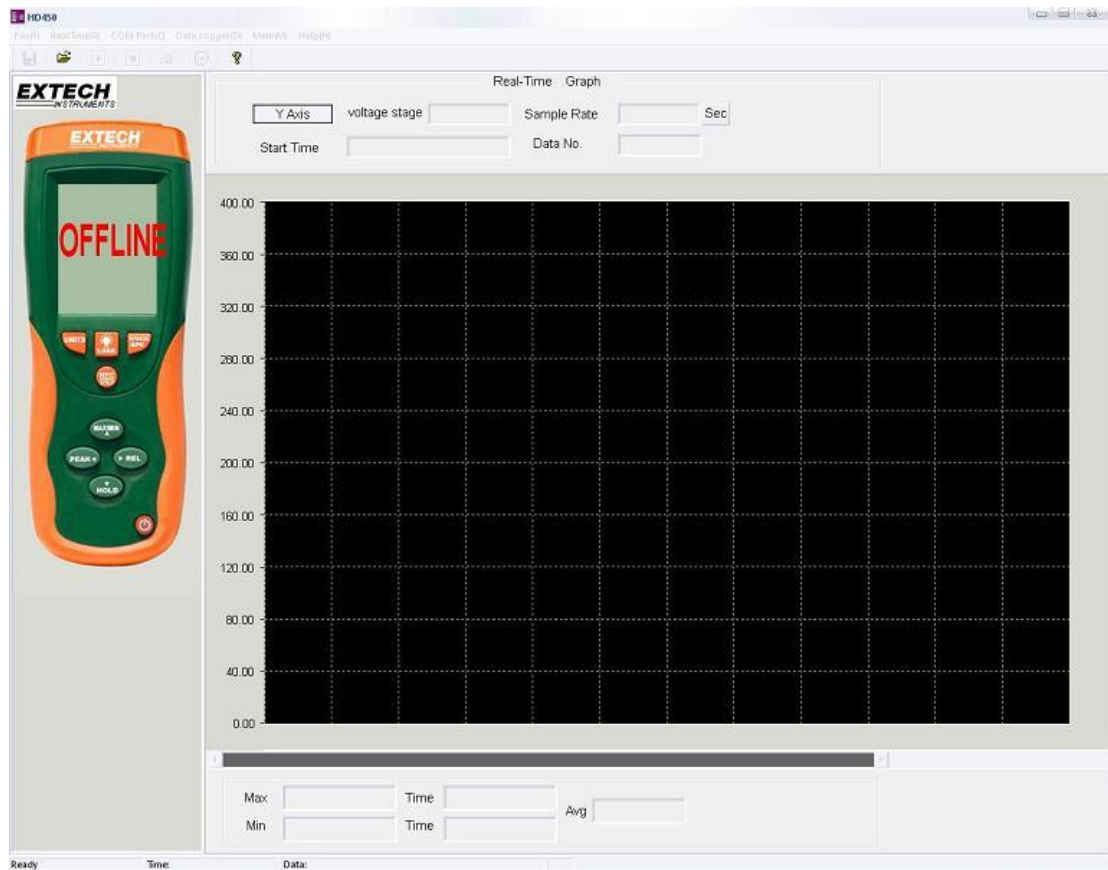


Εικόνα 2.20: Το φωτόμετρο HD450 που μετράει την ένταση του φωτός.

Συνδέεται μέσω ενός καλωδίου USB σε υπολογιστή (H/Y) χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό για την λήψη και καταγραφή των μετρήσεων. Τα δεδομένα μπορεί να είναι επεξεργάσιμα ανά πάσα στιγμή.

Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την καταγραφή των μετρήσεων είναι το HD450. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.18 το περιβάλλον εργασίας του είναι αυτό και για να αρχίσει να λειτουργεί πρέπει πρώτα να γίνει η κατάλληλη σύνδεση (Connection) με την θύρα (COM) στην οποία έχει συνδεθεί το όργανο. Μπορεί οριστεί συγκεκριμένο βήμα στις μετρήσεις σε δευτερόλεπτα για λήψη αυτόματων μετρήσεων με το βήμα αυτό. Είτε αυτό είναι ανά 5 λεπτά (300 δευτερόλεπτα) είτε ανά 2 λεπτά (120 δευτερόλεπτα) είτε ανά 3 λεπτά (180 δευτερόλεπτα). Τέλος με την εντολή save μπορούν να αποθηκευθούν οι μετρήσεις αυτές σε ένα αρχείο .txt για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Το λογισμικό αυτό έχει τη δυνατότητα εκτός από την καταγραφή των μετρήσεων και της δημιουργίας διαγραμμάτων των μετρήσεων φωτισμού σε συνάρτηση του χρόνου. Ακόμα στην οθόνη του προγράμματος εμφανίζονται η μέγιστη και ελάχιστη τιμή της έντασης του φωτός και ο μέσος όρος των μετρήσεων.

Ο εξωτερικός αισθητήρας τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο και στο πλάι της σταδίας. Στερεώθηκε με τη βοήθεια μιας ταινίας σχεδόν δίπλα στο σημείο όπου σκόπευαν οι δύο χωροβάτες πάνω στη σταδία. Η τοποθέτησή του αυτή φαίνεται και στην εικόνα 2.22.



Εικόνα 2.21: Το περιβάλλον εργασίας του φωτομέτρου HD450.



Εικόνα 2.22: Τοποθέτηση φωτομέτρου HD450 πάνω στη σταδιά.

2.4.5.2 Sekonic Zoom Master L-508

Το Sekonic Zoom Master L-508 είναι σχεδιασμένο για την λήψη της έντασης του φωτός τόσο του ηλιακού όσο και του τεχνητού φωτός. Είναι της εταιρίας Sekonic Exposure Meters και περιέχει αισθητήρες για τη σωστή παρακολούθηση της έντασης του φωτός.

Είναι ένα από τα πιο ακριβή όργανα για την παρακολούθηση της έντασης του φωτός και είναι ένα απαραίτητο για οποιεσδήποτε μετρήσεις ακριβείας. Είναι ένα όργανο το οποίο έχει ως σκοπό να είναι το απόλυτο όργανο και με όλες τις δυνατότητες ακόμα και για τους πιο απαιτητικούς επαγγελματίες. Το όργανο αυτό μετράει την ένταση του φωτός σε μονάδες Expose Value.

Είναι αδιάβροχο και δεν επηρεάζεται από τη βροχή αλλά απαγορεύεται ρητά η μέτρηση κάτω από το νερό ή η πλύση του με νερό. Έχει σφραγισμένο περίβλημα και έχουν γίνει όλοι οι έλεγχοι που το καθιστούν ανθεκτικό στο νερό και στην υγρασία. Περιλαμβάνει μια κάμερα ποιότητας με 9 στοιχεία φακών που απαιτούνται για την εκτέλεση από 1° έως και 4° ζουμ. Επίσης περιλαμβάνει μια μεγάλη οθόνη LCD και κάνει εύκολη την ανάγνωση για τον παρατηρητή και εκτός αυτού, όταν υπάρχει σκοτάδι ανάβει αυτόματα φωτίζοντας την οθόνη για ευκολότερη ανάγνωση. Για να μην συνωστίζονται οι έλεγχοι και οι λειτουργίες, τέσσερις λειτουργίες που χρησιμοποιούνται λιγότερο περιορίζονται σε DIP διακόπτες, που βρίσκονται στο χώρο της μπαταρίας.

Λόγω των πολλών χαρακτηριστικών του και των διαφορετικών λειτουργιών του, το φωτόμετρο αυτό, το L-508, χρειάζεται για τη λειτουργία του το εκτενή εγχειρίδιο από το οποίο ακολουθείται ή υπάρχει διαθέσιμο στην εταιρία κατασκευής του οργάνου. Όμως γενικά οι πιο πολλές λειτουργίες του είναι απλές και πολύ χρήσιμες. Το όργανο αυτό έχει υποστεί εκτεταμένους ποιοτικούς ελέγχους σε κάθε του βήμα κατασκευής.

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι:

- Αυτόματος φωτισμός EV 3 και βάση της επιλογής με το διακόπτη DIP.
- Υποδοχή τριπόδου για την τοποθέτηση μετρητών στον θεματικό τομέα της μέτρησης με ασύρματο φλας.
- Δέχεται Nikon TM βίδα για διόρθωση διόπτρας.

- Μπαταρία τύπου AA όπως μαγγανίου, αλκαλικές, λιθίου ή ξηρού κυττάρου.
- Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας : -10 °C έως +50 °C.
- Εύρος θερμοκρασίας αποθήκευσης: -20 °C έως +60 °C.
- Διαστάσεις : 84 x 156 x 40 mm.
- Βάρος: 210 g (χωρίς μπαταρία).
- Κανονικά εξαρτήματα που περιέχονται: Μαλακή θήκη, λουράκι, κάλυμμα φακού, συγχρονισμού τερματισμού καπάκι, AA μπαταρία.



Εικόνα 2.23: Το φωτόμετρο Zoom-Master L-508 που μετράει την ένταση του φωτός.

Οι βασικές λειτουργίες του οργάνου αυτού είναι:

1. Όταν έχει οριστεί για την ανάκλαση του φωτός (σημειακή μέτρηση). Αυτή η μέθοδος μετρά τη φωτεινότητα που αντανακλάται από ένα αντικείμενο. Είναι χρήσιμη για μακρινά αντικείμενα ή για αντικείμενα που παράγουν φως ή για υψηλής αντανάκλασης επιφάνειες.
2. Μέτρηση της έντασης του φωτός του περιβάλλοντος. Σε αυτή τη μέθοδο μετριέται η ένταση του φυσικού φωτός στο περιβάλλον ή σε ένα χώρο ή σε ένα αντικείμενο.
3. Αποθήκευση έως και 3 μετρήσεων για κάθε μέθοδο μέτρησης.

4. Λειτουργία μέσου όρου. Εμφανίζει το μέσο όρο των τιμών που έχουν αποθηκευθεί στη μνήμη. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να είναι 2 ή και 3.
5. Λειτουργία διαφοράς φωτεινότητας. Η λειτουργία αυτή είναι χρήσιμη για την αξιολόγηση και τον έλεγχο της φωτεινότητας και της διαφοράς της σε κάποιο συγκεκριμένο χώρο.

Και διάφορες άλλες και χρήσιμες λειτουργίες για τις οποίες μπορεί κανείς να ανατρέξει στο ειδικό εγχειρίδιο που συνοδεύει το όργανο (Users Manual).

Το συγκεκριμένο όργανο χρησιμοποιήθηκε μόνο στο εσωτερικό πείραμα στο τούνελ και χρησίμευσε για να ληφθεί η ένταση του τεχνητού φωτός που προσέπιπτε στη σταδία και στο σημείο όπου οι δύο χωροβάτες σκόπευαν. Αυτό το φως προερχόταν είτε από τα φώτα-λάμπες που βρισκόταν στην αίθουσα αυτή είτε από ένα φακό ο οποίος έριχνε φως στη σταδία είτε κάθετα είτε διαχεόμενα. Δηλαδή χρησιμοποιήθηκε μόνο ο αισθητήρας και η λειτουργία που μετρούσε την ένταση του φωτός σε συγκεκριμένο σημείο. Ο εξωτερικός αισθητήρας τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο και από μπροστά στη σταδία, σε σημείο όπου σκόπευαν οι δύο χωροβάτες. Οι μετρήσεις αυτές γινόταν με το πάτημα ενός πλαϊνού κουμπιού του οργάνου από τον παρατηρητή ενώ καταγραφόταν με το χέρι σε έντυπο σε μονάδες μέτρησης Expose Value και οι οποίες μέσω ειδικής κλίμακας αντιστοίχισης μετατρέπονταν αργότερα σε Lux.

2.4.6 Άλλα όργανα

Πέρα από τα όργανα που αναφέρθηκαν παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν και άλλα όργανα ή παρελκόμενα που βοήθησαν στην εκπόνηση των πειραμάτων, τόσο σε εσωτερικό χώρο (τούνελ), όσο και σε εξωτερικό χώρο (ταράτσα).

- ένας τρίποδας Βιομηχανικής Γεωδαισίας για το στήσιμο του χωροβάτη NA3003 και μια ειδική βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης για τον χωροβάτη DNA 03 όπως φαίνεται και στην παρακάτω φωτογραφία.



Εικόνα 2.24: Η τοποθέτηση των δύο χωροβατών στο τούνελ της σχολής ATM.

- Άλλη μια ειδική βάση με μια ειδική θήκη που τοποθετήτω επάνω της για την μόνιμη στήριξη των σταδίων στον εσωτερικό αυτό χώρο, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.25: Η στήριξη της σταδίας σε κατακόρυφη θέση πάνω σε μια ειδική βάση.

- Ένας προβολέας ρυθμιζόμενης έντασης φωτός για να μπορεί το πείραμα να γίνει σε 3 διαφορετικές εντάσεις φωτός που προσπίπτει είτε κάθετα είτε διαχεόμενα πάνω στη σταδία. Για την στήριξη του φακού αυτή ήταν είτε πάνω σε μια βάση από μπετό (βάθρο) όπως φαίνεται στην εικόνα 2.26 είτε πάνω σε ένα αναποδογυρισμένο σκαμπό και δεμένη με μια κολλητική ταινία σε κατάλληλη κάθε φορά θέση.



Εικόνα 2.26: Ο προβολέας ρυθμιζόμενης έντασης με ελάχιστο φως, διαχεόμενο πάνω στη σταδία.

- Μια μεγάλη και αρκετά βαριά χωροσταθμική βάση ή αλλιώς χελώνα για την σαφώς καλύτερη σταθερότητά της, ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα μετακίνησης της. Αυτή φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.27: Χωροσταθμική βάση ή χελώνα που χρησιμοποιήθηκε για την έδραση της σταδίας στο εξωτερικό πείραμα.



Εικόνα 2.28: Ο δεύτερος φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής και το φωτόμετρο HD450.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ

3.1 Γενικά

Ο έλεγχος έγινε στο εσωτερικό ενός κτηρίου, στο τούνελ του κτηρίου Λαμπαδαρίου της σχολής ΑΤΜ. Ελέγχεται η συμπεριφορά των δύο χωροβατών σε ελεγχόμενες και περίπου σταθερές συνθήκες σε εσωτερικό χώρο. Αντικείμενο στη διαδικασία αυτή είναι:

- Οι δύο χωροβάτες DNA 03 και NA 3003 θα ελεγχθούν στη φάση αυτή για την επαναληψιμότητα (τυπική απόκλιση μιας απλής μέτρησης) που παρουσιάζουν στις σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος, δηλαδή σε πραγματικές συνθήκες μέτρησης σε κτήρια και εσωτερικούς χώρους.
- Θα εξακριβωθεί αν και κατά πόσο επηρεάζει ο φωτισμός, η έντασή του και η γωνία πρόσπτωσης τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Η διαδικασία περιλαμβάνει μετρήσεις σε διάφορες αποστάσεις μεταξύ σταδίας και χωροβάτη οι οποίες είναι:

- 5 m, 9 m, 16 m, 25 m, 34 m, 49 m.

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται:

- με σταθερό φωτισμό με τα φώτα που υπήρχαν στο τούνελ από τις λάμπες που ήταν τοποθετημένες σε όλο το μήκος τους,
- με κάθετο φωτισμό προς την σταδία με τη βοήθεια ενός προβολέα που τοποθετούνταν απέναντι και κάθετα προς τη σταδία, σε **τρεις** διαφορετικές εντάσεις φωτισμού (υψηλή, μεσαία και χαμηλή ένταση)
- και τέλος με διαχεόμενο φωτισμό με τη βοήθεια του προβολέα που τοποθετούνταν κάτω από τη σταδία και φώτιζε διαχεόμενα προς τα πάνω όλη τη σταδία όσο ήταν δυνατόν, σε **τρεις** διαφορετικές εντάσεις και πάλι (υψηλή, μεσαία και χαμηλή ένταση).

Η διαδικασία των μετρήσεων διαρκούσε για μεν το σταθερό φωτισμό 2 ώρες και λαμβάνονταν με βήμα μετρήσεων ανά 3 λεπτά, ενώ δε για τον

κάθετο και διαχεόμενο φωτισμό 3 ώρες με βήμα μετρήσεων ανά 2 λεπτά, όπου κάθε μία ώρα από αυτές άλλαζε η ένταση του φωτισμού. Συνεπώς για κάθε ένταση φωτισμού υπήρξαν μετρήσεις για μια ώρα ανά δύο λεπτά. Στο διαχεόμενο φωτισμό ο προβολέας φώτιζε τη σταδία ολόκληρη όσο ήταν δυνατόν από κάτω προς τα πάνω με διαχεόμενο φως, ενώ στον κάθετο φωτισμό υπήρξε περίπου τοπικός φωτισμός.

Προκειμένου να προκύψουν τα χρονικά διαστήματα και το βήμα μέτρησης για κάθε είδους πείραμα από τα παραπάνω, έγινε πρώτα μια διαδικασία βελτιστοποίησης, καθώς υπήρξαν μετρήσεις ολόήμερες σε κάθε απόσταση και στη συνέχεια απομονώνονταν κάποιες από αυτές με κάποια βήματα συγκεκριμένα. Από αυτά υπήρξε το συμπέρασμα ότι βγαίνουν τα ίδια αποτελέσματα και συμπεράσματα είτε υπάρχουν μετρήσεις όλη μέρα είτε σε χρονικά διαστήματα όπως αυτά που αναφέρθηκαν πριν.

Στο βήμα αυτό και τις ώρες αυτές με τους δύο χωροβάτες λαμβάνονταν οι αναγνώσεις στη σταδία Invar που είχε τοποθετηθεί κάθε φορά στην κατάλληλη απόσταση.

Με τη βοήθεια του θερμομέτρου (AT Meteostation) μετρούνταν η θερμοκρασία, η υγρασία και η πίεση στο χώρο που βρίσκονταν οι δύο χωροβάτες. Χρησιμοποιήθηκε μόνο ο ένας εξωτερικός αισθητήρας (από τους δύο που διαθέτει το όργανο) που μετρούσε τις ατμοσφαιρικές συνθήκες στο χώρο λειτουργίας των δύο χωροβατών. Ο εξωτερικός αισθητήρας τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο αλλά να λαμβάνει τις συνθήκες του περιβάλλοντα χώρου και φυσικά κοντά στους δύο χωροβάτες, όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα. Κάθε φορά που γινόταν ένα πείραμα προγραμματιζόταν, όπως αναφέρθηκε πριν, την ίδια στιγμή για τη λήψη των μετρήσεων και μετά το πέρας των μετρήσεων γίνεται η αποθήκευση των δεδομένων.

Ακόμα με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού φωτόμετρου (Seconic Zoom Master L-508) λαμβάνονταν την ίδια χρονική στιγμή οι αναγνώσεις τις έντασης του φωτός που προσέπιπτε πάνω στη σταδία και στο ύψος όπου στόχευαν οι δύο χωροβάτες. Το συγκεκριμένο όργανο χρησιμοποιήθηκε μόνο στο εσωτερικό πείραμα στο τούνελ. Αυτό το φως προερχόταν είτε από τα φώτα-λάμπες που βρίσκονταν στην αίθουσα αυτή είτε από ένα προβολέα ο οποίος έριχνε φως στη σταδία είτε κάθετα είτε διαχεόμενα. Δηλαδή χρησιμοποιήθηκε μόνο ο αισθητήρας και η λειτουργία που μετρούσε την ένταση του φωτός σε συγκεκριμένο σημείο. Ο εξωτερικός αισθητήρας τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην έρχεται

σε επαφή με κάποιο αντικείμενο και από μπροστά στη σταδία, σε σημείο όπου σκόπευαν οι δύο χωροβάτες. Οι μετρήσεις αυτές γίνονταν με το πάτημα ενός πλαϊνού κουμπιού του οργάνου από τον παρατηρητή ενώ καταγράφονταν με το χέρι σε έντυπο σε μονάδες μέτρησης Expose Value και οι οποίες μέσω ειδικής κλίμακας αντιστοίχισης μετατρέπονταν αργότερα σε Lux.

Επίσης με τη βοήθεια ενός προβολέα ρυθμιζόμενης έντασης, που τοποθετούνταν κάθε φορά σε κατάλληλη θέση, ρυθμιζόταν κάθε φορά η ένταση του φωτός που προσέπιπτε στο σημείο σκόπευσης της σταδίας. Τα όργανα αυτά που μόλις αναφέρθηκαν και οι δύο χωροβάτες ήταν συνδεδεμένοι με έναν υπολογιστή και κατέγραφαν μέσω αυτού τις απαραίτητες μετρήσεις.

Η σταδία που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα αυτό ήταν η GWCL92 της Leica με μήκος 93.5 cm για τις αποστάσεις μέτρησης 5, 9, 16, 25, και 34 m ενώ χρησιμοποιήθηκε η GPCL2 της Leica με μήκος 2 m για την απόσταση των 49 m.

3.2 Συνδεσμολογία

Η συνδεσμολογία ήταν ως εξής:

Τοποθετήθηκε ο ψηφιακός χωροβάτης DNA 03 πάνω σε μια ειδική βάση εξαναγκασμένης κέντρωσης και πάνω σε ένα ειδικό βάθρο που υπήρχε στο τούνελ.

Επίσης τοποθετήθηκε ο ψηφιακός χωροβάτης NA 3003 πάνω σε έναν τρίποδα Βιομηχανικής Γεωδαισίας ο οποίος είναι πάρα πολύ σταθερός και βαρύς. Αφού οριζοντιώθηκαν κατά τα γνωστά οι δύο χωροβάτες ήταν έτοιμοι για μέτρηση.

Πίσω τους τοποθετήθηκε ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής πάνω σε μια καρέκλα, με τον οποίο κάθε χωροβάτης συνδεόταν μέσω ενός ειδικού καλωδίου USB για την απευθείας καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσεων στον υπολογιστή μέσω του λογισμικού που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Επίσης στον υπολογιστή συνδεόταν, πάλι μέσω ενός καλωδίου USB, και το θερμόμετρο AT Meteostation για την καταγραφή της υγρασίας,

της θερμοκρασίας και της πίεσης απευθείας στον υπολογιστή μέσω του λογισμικού του θερμομέτρου.

Το θερμόμετρο τοποθετήθηκε πάνω στο βάθρο και ο ένας αισθητήρας του που λάμβανε τις μετρήσεις τοποθετήθηκε δίπλα εκεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην ακουμπάει σε κάποιο αντικείμενο αλλά να είναι ελεύθερο στον αέρα.

Ο υπολογιστής για την καλύτερη λειτουργία του τοποθετήθηκε πάνω σε μια βάση εξαερισμού ενώ τροφοδοτούνταν μέσω του τροφοδοτικού του με ρεύμα από μια πρίζα που βρισκόταν στο χώρο.

Στη συνέχεια τοποθετούνταν η σταδία πάνω σε μια άλλη ειδική βάση όπως ειπώθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η σταδία κάθε φορά τοποθετούνταν σε κατάλληλη απόσταση για τις μετρήσεις αφού είχε προηγουμένως κατακορυφωθεί.

Με τη βοήθεια ενός προβολέα γινόταν μετρήσεις με τεχνητό φωτισμό σε διάφορες εντάσεις, ο οποίος προσέπιπτε είτε κάθετα (απέναντι από τη σταδία κοιτώντας προς αυτήν) είτε διαχεόμενα (κάτω από τη σταδία κοιτώντας προς τα πάνω). Για την στήριξη του προβολέα, αυτή ήταν είτε πάνω σε μια βάση από μπετό (βάθρο) όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1, είτε πάνω σε ένα αναποδογυρισμένο σκαμπό και δεμένη με μια κολλητική ταινία σε κατάλληλη κάθε φορά θέση.

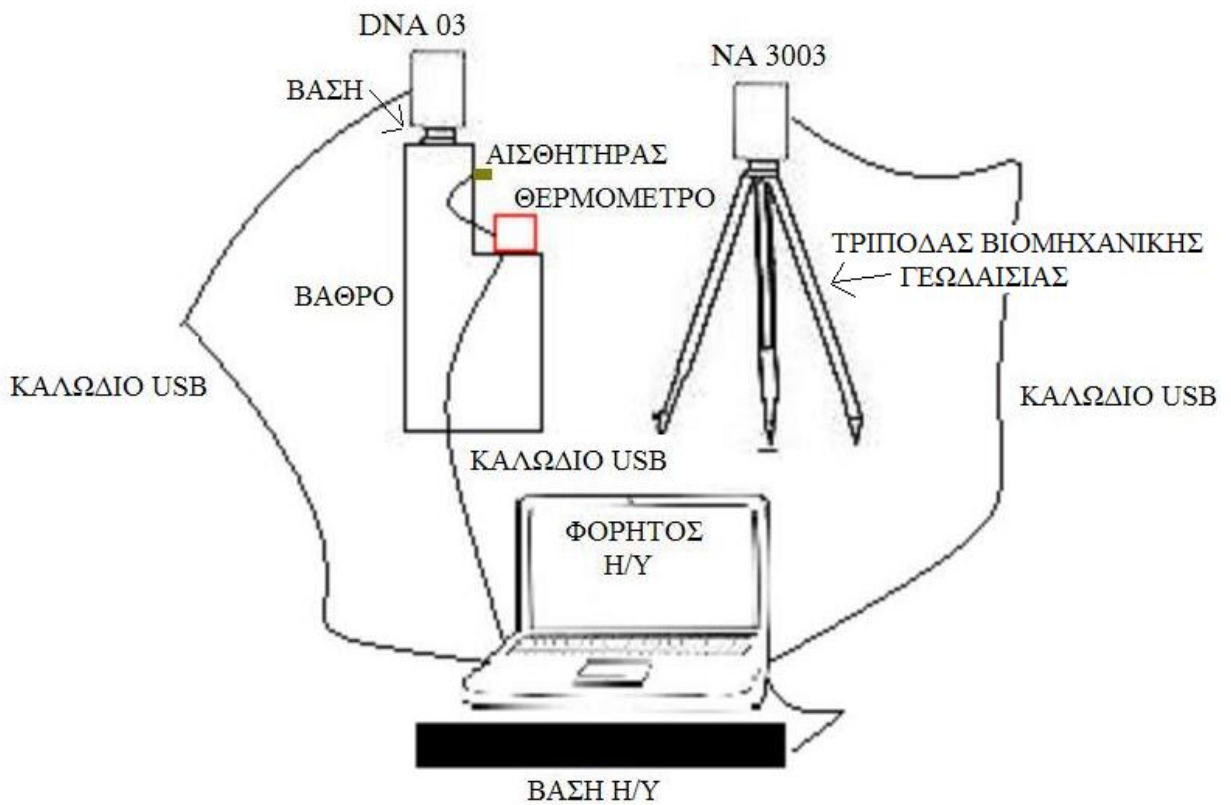
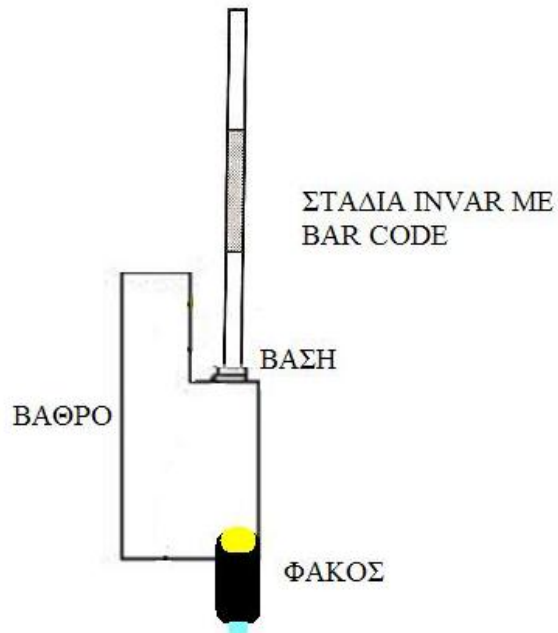
Ο προβολέας με τη βοήθεια μιας μπαλαντέζας τροφοδοτούνταν με ρεύμα ενώ για την πιο γρήγορη και καλύτερη εκτέλεση του πειράματος υπήρχαν τοποθετημένοι οι φορτιστές των μπαταριών των δύο χωροβατών στις πρίζες για να φορτίζουν συνεχώς τις άδειες μπαταρίες. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται περίπου η συνδεσμολογία αυτή και οι θέσεις των οργάνων αλλά και το τούνελ που έγινε το πείραμα.

Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι οι αναγνώσεις της έντασης του φωτός με το φωτόμετρο Sekonic Zoom Master L-508, γίνονταν με το χέρι από τον παρατηρητή και καταγράφονταν σε έντυπο. Τέλος ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι εκτός από τις αποστάσεις των 5, 9, 16, 25, 34 m που τοποθετήθηκε η μικρή σταδία των 93.5 cm και πάνω στο βάθρο όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, για την απόσταση των 49 m χρησιμοποιήθηκε η σταδία μήκους 2.0 m και τοποθετήθηκε στην ίδια βάση αλλά στο πάτωμα του χώρου αυτού. Αυτό έγινε επειδή με τη σταδία μήκους 0.935m δεν μπορούσε ο χωροβάτης να λάβει ανάγνωση και αυτό γιατί η σταδία ήταν πολύ μικρότερη από την εικόνα που λαμβάνει η κάμερα του χωροβάτη και δεν κάλυπτε σε επαρκές ποσοστό την εικόνα του χωροβάτη ο γραμμικός κώδικας.



Εικόνα 3.1: Πάνω φαίνεται το τούνελ, η τοποθέτηση της σταδίας και του φακού ρυθμιζόμενης έντασης σε θέση για διαχεόμενο φωτισμό, ενώ κάτω φαίνονται οι δύο χωροβάτες, ο υπολογιστής το θερμόμετρο και η συνδεσμολογία τους.

Παρακάτω στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται σχηματικά η περιγραφή της συνδεσμολογίας που μόλις αναφέρθηκε.



Σχήμα 3.1: Σχηματική παρουσίαση της συνδεσμολογίας των οργάνων στο πείραμα εσωτερικού χώρου στο τούνελ.

Αφού λοιπόν τοποθετούνταν όλα τα όργανα στη θέση τους, οι δύο χωροβάτες οριζοντιώνονταν με τη βοήθεια της σφαιρικής αεροστάθμης και του ισοσταθμητή που διαθέτουν, η σταδία τοποθετούνταν στη σωστή και κατακόρυφη θέση και τα όργανα με τα λογισμικά τους ρυθμίζονταν ώστε να είναι έτοιμα για μέτρηση, καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσεων, ξεκινούσε η διαδικασία των μετρήσεων. Δινόταν εντολή ταυτόχρονα σε όλα τα όργανα να ξεκινήσουν τη διαδικασία των μετρήσεων από δύο παρατηρητές. Και στη συνέχεια απλά ο ένας παρατηρητής παρακολουθούσε και έλεγχε την πορεία των μετρήσεων και επέλυε κάθε πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαζόταν, όπως έλλειψη μπαταρίας, διακοπή μετρήσεων και άλλα.

Τέλος κάθε φορά γινόταν χειροκίνητα η μέτρηση της έντασης του φωτισμού όποτε αυτό ήταν απαραίτητο με τη βοήθεια του φωτόμετρου που προαναφέρθηκε. Πρέπει να σημειωθεί ότι το φωτόμετρο αυτό μετρούσε την ένταση του φωτός σε μονάδες Expose value και στη συνέχεια μέσω γραμμικής παρεμβολής και της βοήθειας μιας κλίμακας γινόταν μετατροπή σε Lux, κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των μετρήσεων.

3.3 Απόσταση μέτρησης 5m.

3.3.1 Σταθερός φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 5m με σταθερό φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 23/03/2011 και ημέρα Τετάρτη. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 10:54:02 και έλαβε τέλος στις 12:54:02 το μεσημέρι όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το σταθερό φωτισμό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60295 m	0.37315 m
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60297 m	0.37320 m
Σύνολο μετρήσεων	41	41
Μέσος όρος	0.60296 m	0.37318 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±5.1 μm	±8.4 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±0.8 μm	±1.3 μm
Μέγιστη διαφορά	20·μm	50·μm
Φωτισμός	6.6 expose value ή 244 Lux	

Πίνακας 3.1: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 5 m (σταθερός φωτισμός).

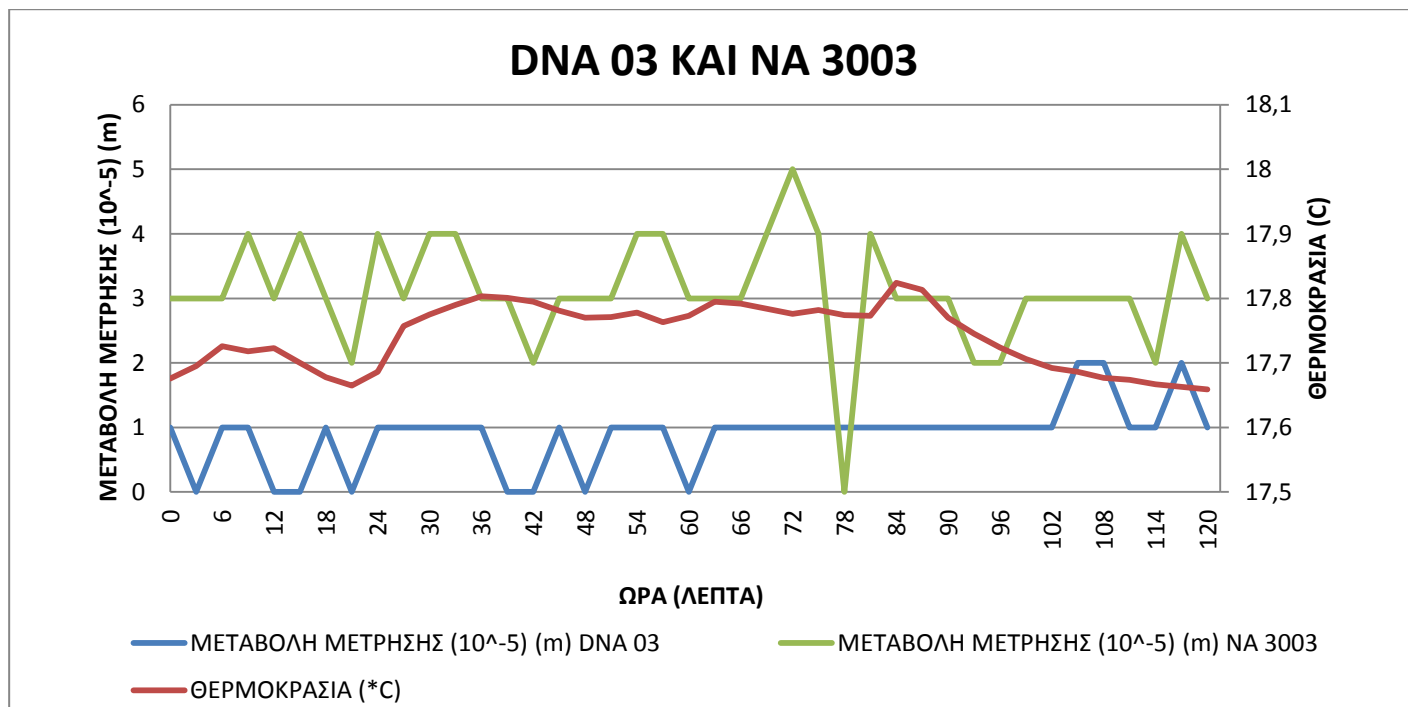
Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003. Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι πάρα πολύ μικρές έως μηδαμινές που σημαίνει ότι παρουσιάζουν μια πολύ καλή και σταθερή συμπεριφορά στις σταθερές συνθήκες.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Από το διάγραμμα μπορεί να παρατηρηθεί ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και του NA 3003 παρουσιάζει μια γραμμική μορφή.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές συνεχώς και υπάρχει πολύ μικρή και καθόλου έντονη ή απότομη διακύμανση των μετρήσεων.
- Παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης για τη θερμοκρασία, αφού και αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.3°C. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.

- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.



Διάγραμμα 3.1: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - σταθερός φωτισμός).

Γενικά λοιπόν για την απόσταση των 5 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε σταθερό φωτισμό ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, φωτισμός), αφού παραμένουν σχεδόν σταθερές αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι πάρα πολύ μικρές και ομαλές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στις σταδία Invar αλλά και στην αρκετά μικρή απόσταση μέτρησης.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 5 m με σταθερό φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες ισχύει ότι οι δύο χωροβάτες έχουν αρκετά καλή συμπεριφορά με μικρά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και πολύ μικρές μεταβολές στις μετρήσεις τους. Ακόμα τα σφάλματα

αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή είναι αρκετά μικρή.

3.3.2 Διαχεόμενος φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 5m με διαχεόμενο φωτισμό. Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 23/03/2011 και ημέρα Τετάρτη. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 16:59:08 και έλαβε τέλος στις 20:03:08 το απόγευμα όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το διαχεόμενο φωτισμό. Όπως ειπώθηκε πριν ο φωτισμός ήταν διαχεόμενος και η έντασή του άλλαζε κάθε μία ώρα. Ο προβολέας φώτιζε τη σταδία ολόκληρη από κάτω προς τα πάνω με διαχεόμενο φως.

Παρακάτω στον πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 5 m με διαχεόμενο φωτισμό.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.
- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι πάρα πολύ μικρές έως μηδαμινές που σημαίνει ότι παρουσιάζουν μια πολύ καλή και σταθερή συμπεριφορά στις σταθερές συνθήκες.
- Και για τους δύο χωροβάτες, όμοια αποτελέσματα όσον αφορά τη μέση τιμή με το σταθερό φωτισμό ή ελαφρώς αυξημένα.
- Επίσης για τον DNA 03 φαίνεται ότι με τη μείωση του φωτισμού έχει όμοια ή και καλύτερα αποτελέσματα από πλευράς σφαλμάτων και μέγιστης διαφοράς και αυτό οφείλεται κυρίως στην αντανάκλαση του φωτισμού στην σταδία και μετέπειτα στην CCD κάμερα του χωροβάτη.

- Αντίθετα για τον NA 3003 με τον υψηλό και μεσαίο φωτισμό προκύπτουν όμοια αποτελέσματα ενώ με την σημαντική μείωση του φωτισμού μειώνεται η απόδοση του χωροβάτη ελάχιστα όμως.

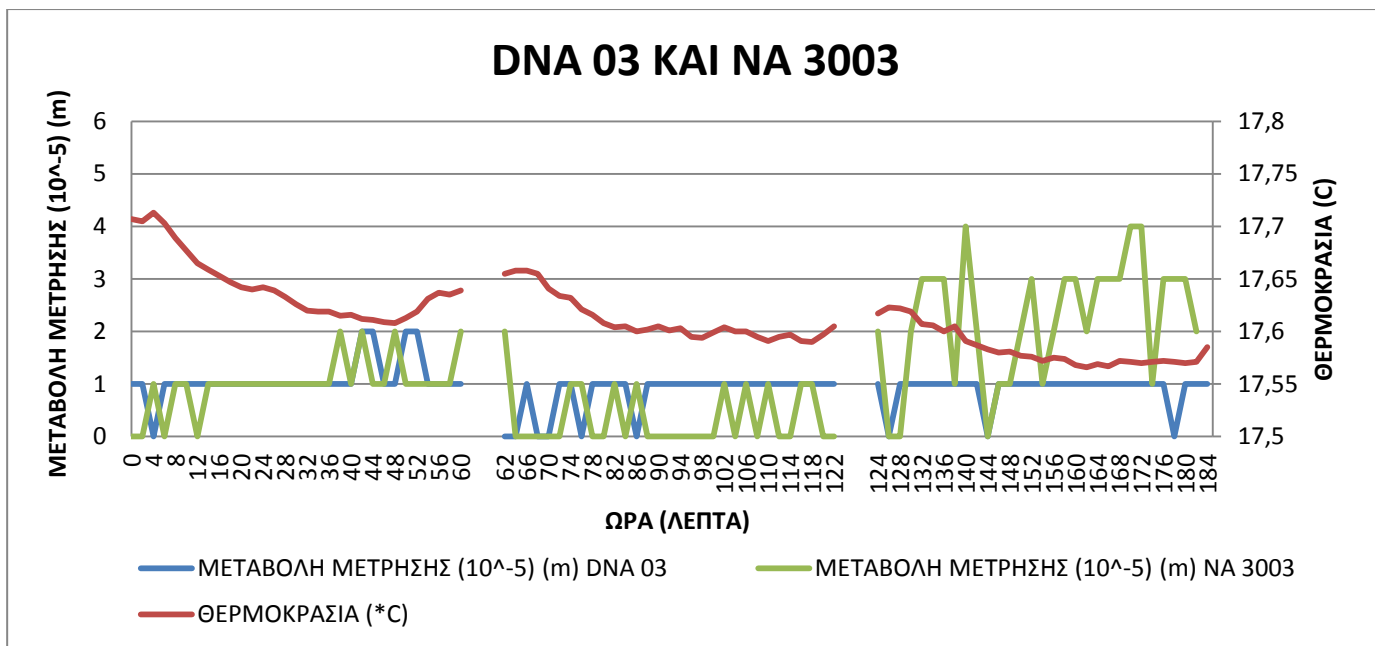
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60298 m	0.62593 m	0.60299 m	0.62593 m	0.60299 m	0.62591 m
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60300 m	0.62595 m	0.60300 m	0.62595 m	0.60300 m	0.62595 m
Σύνολο μετρήσεων	31	31	31	31	31	30
Μέσος όρος	0.60299 m	0.62594 m	0.60300 m	0.62594 m	0.60300 m	0.62593 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±4.0 μm	±5.2 μm	±4.0 μm	±5.5 μm	±3.0 μm	±11.7 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±0.7 μm	±0.9 μm	±0.7 μm	±1.0 μm	±0.5 μm	±2.1 μm
Μέγιστη διαφορά	20 μm	20 μm	10 μm	20 μm	10 μm	40 μm
Φωτισμός	10 expose value ή 2600 Lux		7.7 expose value ή 526 Lux		5.1 expose value ή 86.4 Lux	

Πίνακας 3.2: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 5 m (διαχεόμενος φωτισμός).

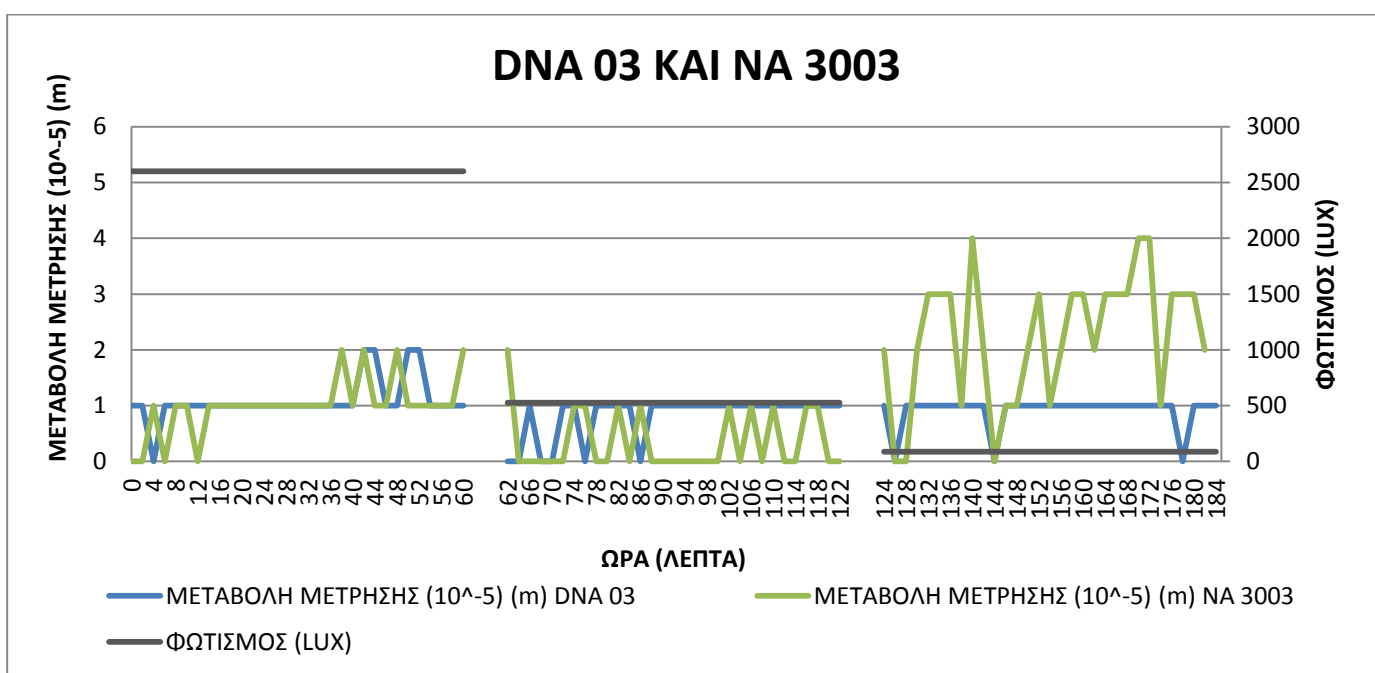
Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και του NA 3003 παρουσιάζει μια περίπου γραμμική μορφή ή καλύτερα σχεδόν μια ευθεία.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές συνεχώς και υπάρχει πολύ μικρή και καθόλου έντονη ή απότομη διακύμανση των μετρήσεων.



Διάγραμμα 3.2: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - διαχεόμενος φωτισμός).



Διάγραμμα 3.3: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - διαχεόμενος φωτισμός).

- Περίπου ίδιας μορφής καμπύλης για τη θερμοκρασία σε σχέση με τις μεταβολές των μετρήσεων, αφού και αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C . Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 5 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε διαχεόμενο φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι πάρα πολύ μικρές και ομαλές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στις σταδία Invar αλλά και στην αρκετά μικρή απόσταση μέτρησης.
- Λόγω της μικρής αντανάκλασης του φωτισμού στη σταδία με μικρότερες εντάσεις φωτισμού παρατηρούνται μικρότερες και ελάχιστες μεταβολές στις μετρήσεις και συνεπώς στα σφάλματα για τον χωροβάτη DNA 03.
- Λόγω της χαμηλής έντασης του φωτισμού την τελευταία ώρα παρατηρούνται μεγαλύτερες και πιο απότομες και συχνές μεταβολές στις μετρήσεις του χωροβάτη NA 3003.
- Συνεπώς μπορεί κανείς να πει ότι επηρεάζει ο φωτισμός τη διαδικασία μέτρησης με το χωροβάτη NA 3003 κυρίως όταν είναι πολύ χαμηλός.
- Επίσης, οι τυπικές αποκλίσεις στην περίπτωση αυτή είναι σχετικά μικρότερες από ότι στην περίπτωση του σταθερού φωτισμού, αλλά σχεδόν στα ίδια επίπεδα, ιδιαίτερα στην υψηλή και μεσαία ένταση φωτισμού.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 5 m σε με διαχεόμενο φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες ισχύει ότι οι δύο χωροβάτες έχουν αρκετά καλή συμπεριφορά με μικρά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και πολύ μικρές μεταβολές στις μετρήσεις τους. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή είναι αρκετά

μικρή. Αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις από την ένταση του φωτισμού ή και την αντανάκλασή του.

3.3.3 Κάθετος φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 5m με κάθετο φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 23/03/2011 και ημέρα Τετάρτη. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 13:33:53 και έλαβε τέλος στις 16:37:53 το απόγευμα όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με τον κάθετο φωτισμό. Όπως αναφέρθηκε πριν ο φωτισμός ήταν κάθετος και η έντασή του άλλαζε κάθε μία ώρα. Ο προβολέας φώτιζε τη σταδία όχι ολόκληρη από κάτω προς τα πάνω, όπως στο διαχεόμενο φως, αλλά τοποθετημένος σε κάποια απόσταση 2-3 m απέναντι στη σταδία, φωτίζοντάς την μόνο τοπικά σε ένα μέρος της, εκεί όπου σκόπευαν οι χωροβάτες.

Ο χωροβάτης DNA 03 είναι ικανός να μετρήσει όταν η σταδία δεν φωτίζεται ολόκληρη αλλά ένα μέρος της και φυσικά το σημείο όπου σκοπεύει και γύρω από αυτό. Αντιθέτως ο χωροβάτης NA 3003 δεν μπορεί να λάβει μέτρηση εάν δεν φωτίζεται ολόκληρη η σταδία. Έτσι συνέβη και στην περίπτωση αυτή, με τον χωροβάτη DNA 03 να μπορεί να λαμβάνει άνετα τις αναγνώσεις στη σταδία ενώ ο χωροβάτης NA 3003 δεν κατάφερε να λάβει ούτε μια μέτρηση παρά τις πολυάριθμες προσπάθειες για να τοποθετηθεί καλύτερα ο προβολέας ή να ρυθμιστεί το ύψος σκόπευσης του χωροβάτη. Επίσης δεν είναι δυνατόν να φωτιστεί η σταδία ολόκληρη με ένα απλό προβολέα όταν αυτός ρίχνει το φως κάθετα σε οποιαδήποτε απόσταση και αν τοποθετηθεί. Αυτό χρειάζεται ένα πολύ μεγαλύτερο προβολέα και σε μέγεθος και σε ένταση φωτισμού κάτι το οποίο στις πραγματικές συνθήκες μέτρησης δεν είναι εφικτό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 5 m με κάθετο φωτισμό.

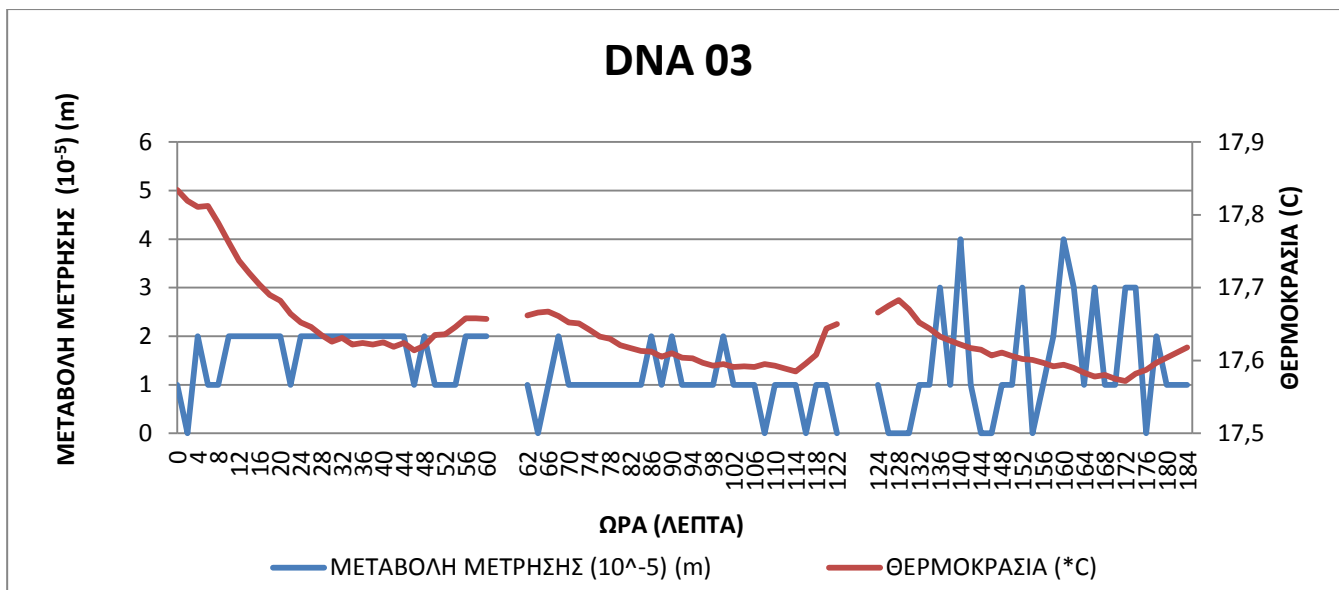
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60300 m	----	0.60300 m	----	0.60300 m	----
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60302 m	----	0.60302 m	----	0.60304 m	----
Σύνολο μετρήσεων	31	----	31	----	31	----
Μέσος όρος	0.60301 m	----	0.60301 m	----	0.60302 m	----
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	5.4 μm	----	5.2 μm	----	12.3 μm	----
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	1.0 μm	----	0.9 μm	----	2.2 μm	----
Μέγιστη διαφορά	$2 \cdot 10^{-5}$ m	----	$2 \cdot 10^{-5}$ m	----	$4 \cdot 10^{-5}$ m	----
Φωτισμός	12 expose value ή 10240 Lux		8.6 expose value ή 976 Lux		5.8 expose value ή 140.8 Lux	

Πίνακας 3.3: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 5 m (κάθετος φωτισμός).

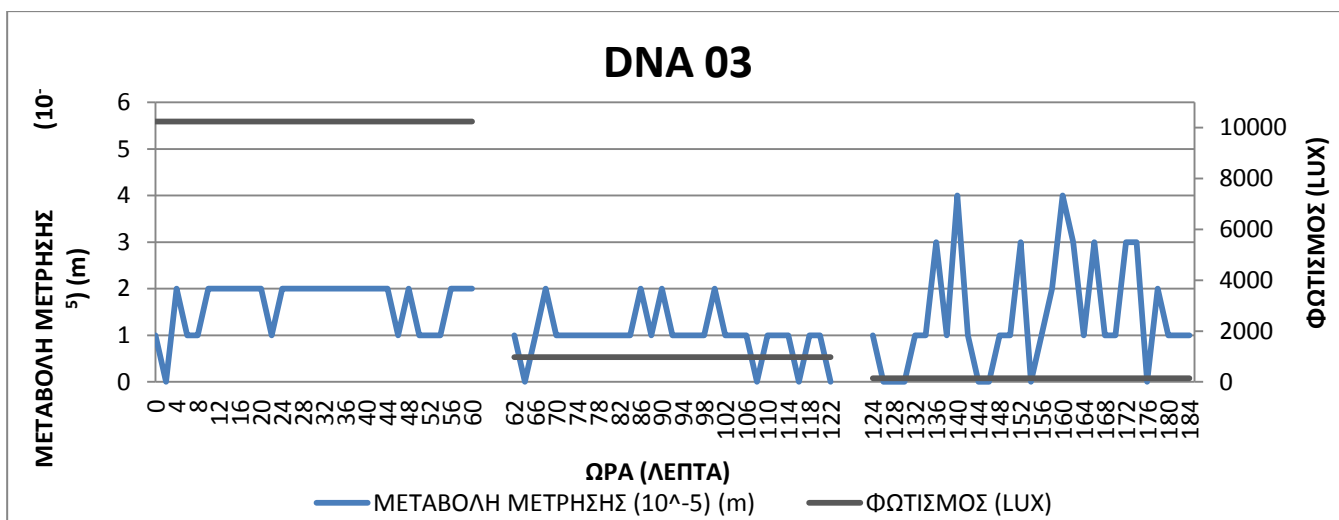
Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει ίδια περίπου αποτελέσματα και σε αριθμό αλλά και σε σφάλματα με την περίπτωση του σταθερού φωτισμού και του διαχεόμενου, ιδιαίτερα στις δύο πρώτες εντάσεις φωτισμού με μια διαφορά της τάξης του 1 μm στις τυπικές αποκλίσεις.
- Αντίθετα με αυτό που παρατηρήθηκε στο διαχεόμενο φωτισμό, στην χαμηλότερη ένταση του φωτισμού μειώνεται ελάχιστα η απόδοση του χωροβάτη, βγάζοντας μεν περίπου ίδια αποτελέσματα στον αριθμό αλλά με μεγαλύτερα σφάλματα μιας μέτρησης και ελάχιστης τιμής και μεγαλύτερες και πιο έντονες διαφορές από την μικρότερη τιμή.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.4: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - κάθετος φωτισμός).



Διάγραμμα 3.5: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m - κάθετος φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει μια περίπου γραμμική μορφή ή καλύτερα σχεδόν μια ευθεία.

- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές συνεχώς και υπάρχει πολύ μικρή και καθόλου έντονη ή απότομη διακύμανση των μετρήσεων.
- Λόγω της μικρής απόστασης χωροβάτη – σταδίας οι τιμές της μεταβολής των μετρήσεων από τη μικρότερη τιμή είναι σχετικά μικρές Αυτό οφείλεται κυρίως στην επίδραση του πολύ χαμηλού φωτισμού στις μετρήσεις του χωροβάτη.
- Έτσι μειώνοντας την ένταση του φωτισμού υπάρχει δυσκολία στη λήψη της ανάγνωσης.
- Μια περίπτωση ίδιας μορφής καμπύλης για τη θερμοκρασία, αφού και αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.3°C. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 5 m και τον χωροβάτη DNA 03 σε κάθετο φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι πάρα πολύ μικρές και ομαλές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στις σταδία Invar αλλά και στην αρκετά μικρή απόσταση μέτρησης.
- Λόγω της μικρής έντασης του φωτισμού στη σταδία με παρατηρούνται μεγαλύτερες και πιο συχνές μεταβολές στις μετρήσεις και συνεπώς στα σφάλματα. Συνεπώς μπορεί κανείς να πει ότι επηρεάζει ο φωτισμός τη διαδικασία μέτρησης με αυτό το χωροβάτη κυρίως όταν είναι πολύ χαμηλός.

Τέλος όπως ειπώθηκε ο χωροβάτης NA 3003 δεν ήταν ικανός υπό αυτές τις συνθήκες φωτισμού να λάβει καμία μέτρηση.

3.4 Απόσταση μέτρησης 9m.

3.4.1 Σταθερός φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 9m με σταθερό φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 26/03/2011 και ημέρα Σάββατο. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:33:03 και έλαβε τέλος στις 11:35:03 το μεσημέρι όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το σταθερό φωτισμό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.4 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 9 m με σταθερό φωτισμό.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60136 m	0.60269 m
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60139 m	0.60277 m
Σύνολο μετρήσεων	41	41
Μέσος όρος	0.60138 m	0.60272 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±5.7 μm	±16.4 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±0.9 μm	±2.6 μm
Μέγιστη διαφορά	30 μm	80 μm
Φωτισμός	6.5 expose value ή 225 Lux	

Πίνακας 3.4: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m (σταθερός φωτισμός).

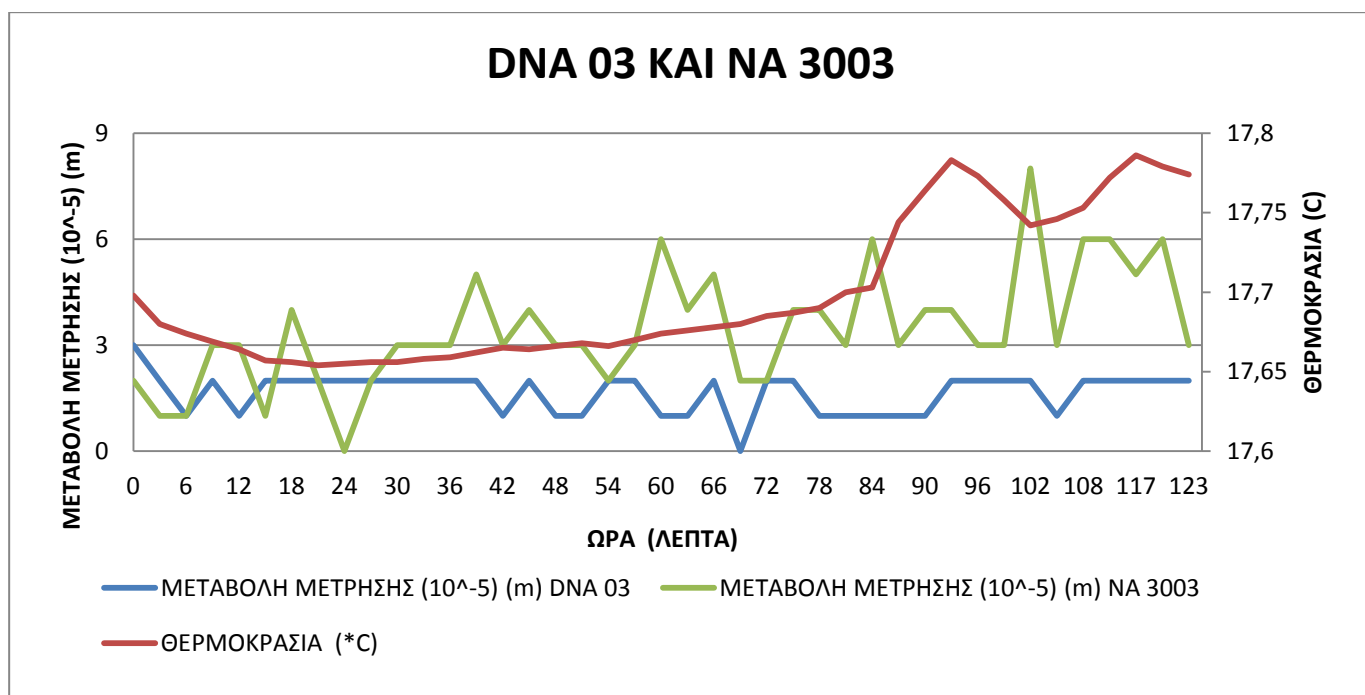
Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά

σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.

- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι πάρα πολύ μικρές που σημαίνει ότι παρουσιάζουν μια πολύ καλή και σταθερή συμπεριφορά στις σταθερές συνθήκες.
- Σε σχέση με την απόσταση των 5 m τα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά αυξήθηκαν λίγο και για τους δύο χωροβάτες και αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση της απόστασης.
- Αλλά οι διαφορές είναι πολύ μικρές από τα 5 m και μπορεί κανείς να πει ότι οι χωροβάτες έχουν την ίδια συμπεριφορά και στις δυο περιπτώσεις αφού εξάλλου οι δυο αυτές αποστάσεις είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.6: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - σταθερός φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και του NA 3003 παρουσιάζει σχεδόν μια ευθεία.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές συνεχώς και υπάρχει πολύ μικρή και καθόλου έντονη ή απότομη διακύμανση των μετρήσεων.
- Μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης για τη θερμοκρασία, αφού και αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C . Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 9 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε σταθερό φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, φωτισμός), αφού παραμένουν σχεδόν σταθερές αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι πάρα πολύ μικρές και ομαλές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια και την αξιοπιστία του κάθε χωροβάτη, στις σταδίες Invar αλλά και στην αρκετά μικρή απόσταση μέτρησης.
- Όπως αναφέρθηκε και πριν τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται στο ελάχιστο σε σχέση με την απόσταση των 5 m λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης αλλά είναι πολύ μικρές οι διαφορές διότι είναι πολύ κοντινές οι αποστάσεις συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει περίπου την ίδια συμπεριφορά και στις δύο περιπτώσεις.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 9 m με σταθερό φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες ισχύει ότι οι δύο χωροβάτες έχουν αρκετά καλή συμπεριφορά με μικρά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και πολύ μικρές μεταβολές στις μετρήσεις τους. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή είναι αρκετά μικρή. Επίσης παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση των δύο χωροβατών σε σχέση με την απόσταση των 5 m αλλά πολύ ελάχιστα σε

σημείο που να θεωρηθεί αμελητέα, συνεπώς οι δυο χωροβάτες έχουν περίπου την ίδια συμπεριφορά και στις δύο περιπτώσεις.

3.4.2 Διαχεόμενος φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 9 m με διαχεόμενο φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 27/03/2011 και ημέρα Κυριακή. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:19:49 και έλαβε τέλος στις 12:23:49 το απόγευμα όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το διαχεόμενο φωτισμό. Όπως αναφέρθηκε πριν ο φωτισμός ήταν διαχεόμενος και η έντασή του άλλαζε κάθε μία ώρα. Ο προβολέας φώτιζε τη σταδία ολόκληρη από κάτω προς τα πάνω με διαχεόμενο φως.

Παρακάτω στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 9 m με διαχεόμενο φωτισμό.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.
- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι μικρές που σημαίνει ότι παρουσιάζουν μια πολύ καλή και σταθερή συμπεριφορά στις συγκεκριμένες συνθήκες.
- Και για τους δύο όμοια αποτελέσματα όσον αφορά τη μέση τιμή με το σταθερό φωτισμό ή ελαφρώς αυξημένα.
- Για το χωροβάτη NA 3003, με τη μείωση του φωτισμού στο ελάχιστο αυξάνονται αρκετά τα σφάλματα και οι διαφορές κάτι που σημαίνει ότι ο χαμηλός φωτισμός επηρεάζει τη διαδικασία μέτρησης.
- Ακόμα φαίνεται ότι με τον πολύ υψηλό φωτισμό, ο οποίος είναι υψηλότερος και από το πείραμα του σταθερού φωτισμού, παρουσιάζονται και για τους δύο χωροβάτες καλύτερα

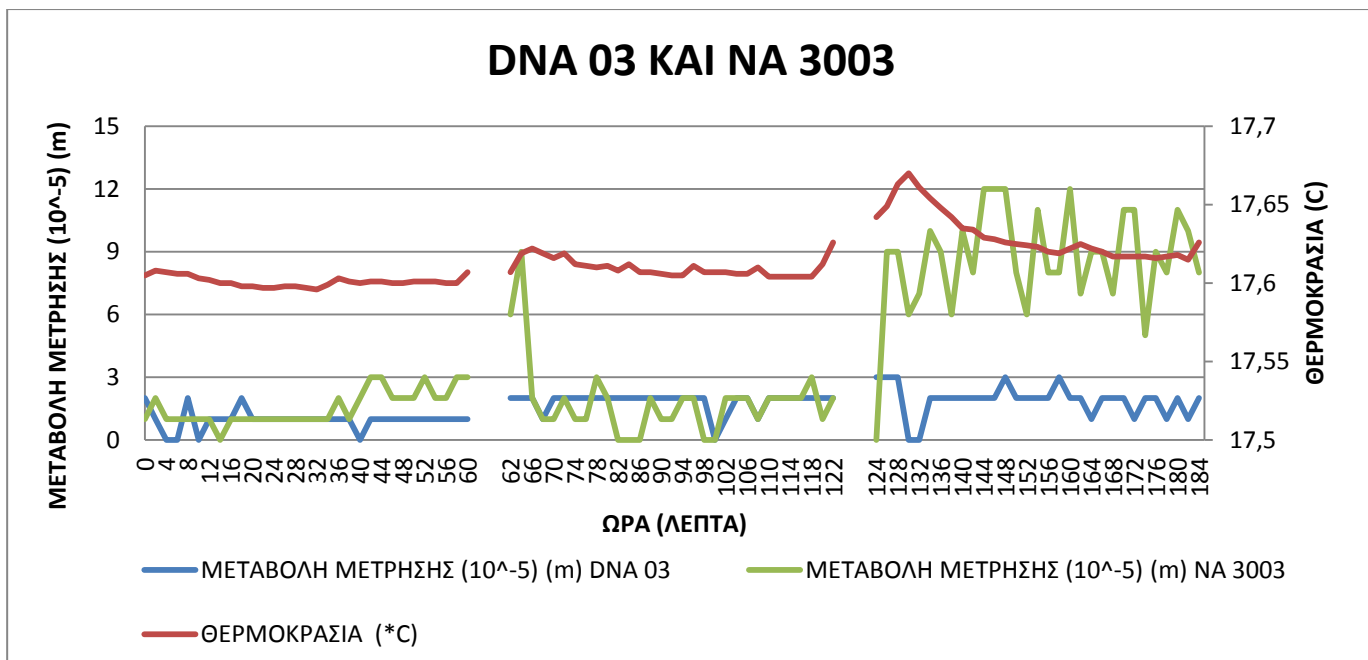
αποτελέσματα σφαλμάτων και διαφορών σε σχέση με τον σταθερό και χαμηλότερο φωτισμό.

- Αυτό είναι άλλη μια απόδειξη της επιρροής της μεταβολής του φωτισμού στις μετρήσεις των χωροβατών.
- Τέλος και εδώ όπως και στο σταθερό φωτισμό παρουσιάζονται ελαφρώς αυξημένα τα σφάλματα και οι διαφορές σε σχέση με το αντίστοιχο πείραμα στα 5 m και αυτό οφείλεται στην αύξηση της απόστασης μέτρησης.

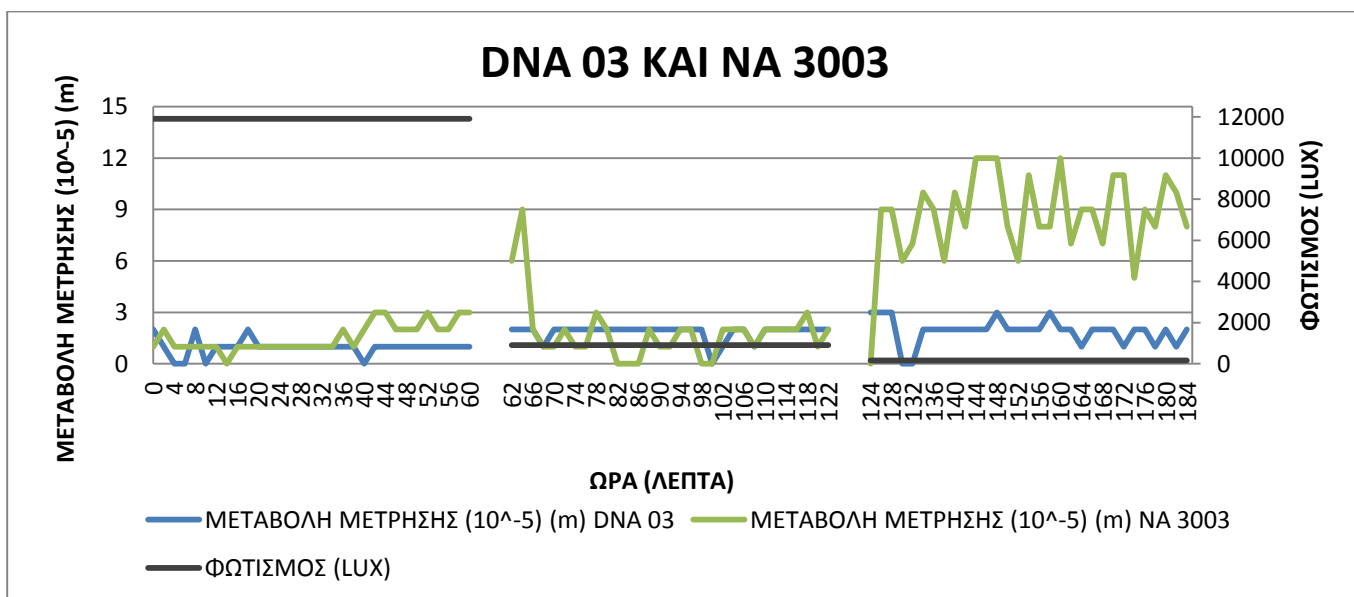
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60158 m	0.60553 m	0.60157 m	0.60549 m	0.60157 m	0.60551 m
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60160 m	0.60556 m	0.60159 m	0.60558 m	0.60160 m	0.60563 m
Σύνολο μετρήσεων	31	31	31	31	31	31
Μέσος όρος	0.60159 m	0.60555 m	0.60159 m	0.60551 m	0.60159 m	0.60560 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±4.8 μm	±8.1 μm	±4.5 μm	±17.7 μm	±7.5 μm	±25.4 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±0.9 μm	±1.5 μm	±0.8 μm	±3.2 μm	±1.3 μm	±4.6 μm
Μέγιστη διαφορά	20 μm	30 μm	20 μm	90 μm	30 μm	120 μm
Φωτισμός	12.2 expose value ή 11904 Lux		8.5 expose value ή 900 Lux		5.9 expose value ή 150.4 Lux	

Πίνακας 3.5: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m (διαχεόμενος φωτισμός).

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.7: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - διαχεόμενος φωτισμός).



Διάγραμμα 3.8: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - διαχεόμενος φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 παρουσιάζει μια περίπου ευθεία στις δυο πρώτες εντάσεις φωτισμού με μικρές μεταβολές ενώ στην τρίτη και χαμηλότερη ένταση φωτισμού παρουσιάζονται εντονότερες, πιο μεγάλες και πιο συχνές μεταβολές.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές συνεχώς και υπάρχει πολύ μικρή και καθόλου έντονη ή απότομη διακύμανση των μετρήσεων αρχικά αλλά στο τέλος στο χαμηλό φωτισμό αυξάνονται οι μεταβολές και η συχνότητά τους.
- Αυτό οφείλεται κυρίως στην ελαχιστοποίηση του φωτισμού. Έτσι μειώνοντας την ένταση του φωτισμού υπάρχει δυσκολία στη λήψη της ανάγνωσης.
- Επίσης σε σχέση με το αντίστοιχο διάγραμμα και πείραμα στην απόσταση των 5 m, παρουσιάζονται ελαφρώς αυξημένα τα σφάλματα και οι διαφορές και αυτό οφείλεται στην αύξηση της απόστασης μέτρησης.
- Υπάρχει μια περίπου ίδια μορφής καμπύλης για τη θερμοκρασία, αφού και αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 9 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε διαχεόμενο φωτισμό, ισχύει:

- Επηρεάζονται οι μετρήσεις από τη μείωση του φωτισμού όταν αυτός τείνει στο ελάχιστο αλλά εξαρτώνται και από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη στην απόσταση αυτή.
- Οι μεταβολές είναι μικρές και ομαλές στις δυο πρώτες περιπτώσεις φωτισμού και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στη σταδία Invar αλλά και στην αρκετά μικρή απόσταση μέτρησης και τον ικανοποιητικό φωτισμό της σταδίας, ενώ με τον χαμηλότερο φωτισμό μειώνεται η απόδοση του χωροβάτη.
- Τέλος παρατηρούνται αυξημένες μεταβολές ελάχιστες σε σχέση με το αντίστοιχο πείραμα στην απόσταση των 5 m και αυτό οφείλεται στην μικρή διαφορά των αποστάσεων 5 και 9 m.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 9 m με διαχεόμενο φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες διαπιστώνεται ότι οι δύο χωροβάτες έχουν αρκετά καλή συμπεριφορά με μικρά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και μικρές μεταβολές στις μετρήσεις τους όταν υπάρχει αρκετός φωτισμός. Αλλά με τη μείωσή του, μειώνεται και η απόδοση των χωροβατών σημαντικά σε κάποιες περιπτώσεις. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή είναι αρκετά μικρή. Επίσης παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση των δύο χωροβατών σε σχέση με την απόσταση των 5 m στο αντίστοιχο πείραμα αλλά πολύ ελάχιστα, συνεπώς οι δυο χωροβάτες έχουν περίπου την ίδια συμπεριφορά και στις δύο περιπτώσεις.

3.4.3 Κάθετος φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 9m με κάθετο φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 26/03/2011 και ημέρα Τετάρτη. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 15:30:46 και έλαβε τέλος στις 18:34:46 το απόγευμα όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με τον κάθετο φωτισμό.

Όπως αναφέρθηκε ο φωτισμός ήταν κάθετος και η έντασή του άλλαζε κάθε μία ώρα. Όπως και στην προηγούμενη απόσταση, στον κάθετο φωτισμό μέτρησε μόνο ο χωροβάτης DNA 03.

Παρακάτω στον πίνακα 3.6 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν για τον χωροβάτη DNA 03 για την απόσταση των 9 m με κάθετο φωτισμό.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει ίδια περίπου αποτελέσματα και σε αριθμό αλλά και σε σφάλματα με την περίπτωση του σταθερού φωτισμού και του διαχεόμενου, και στις τρεις εντάσεις φωτισμού.
- Αντίθετα με αυτό που παρατηρήθηκε στο διαχεόμενο φωτισμό, στην χαμηλότερη ένταση του φωτισμού δεν μειώνεται η απόδοση

του χωροβάτη, βγάζοντας περίπου ίδια αποτελέσματα στον αριθμό και ίδια σφάλματα μιας μέτρησης και ελάχιστης τιμής και ίσες διαφορές από την μικρότερη τιμή.

- Αυτό οφείλεται στην μικρή σχετικά απόσταση αλλά και την ικανότητα του χωροβάτη που τώρα δεν επηρεάζεται από την αντανάκλαση του φωτισμού πάνω στη σταδία λόγω της αυξημένης απόστασης μέτρησης.

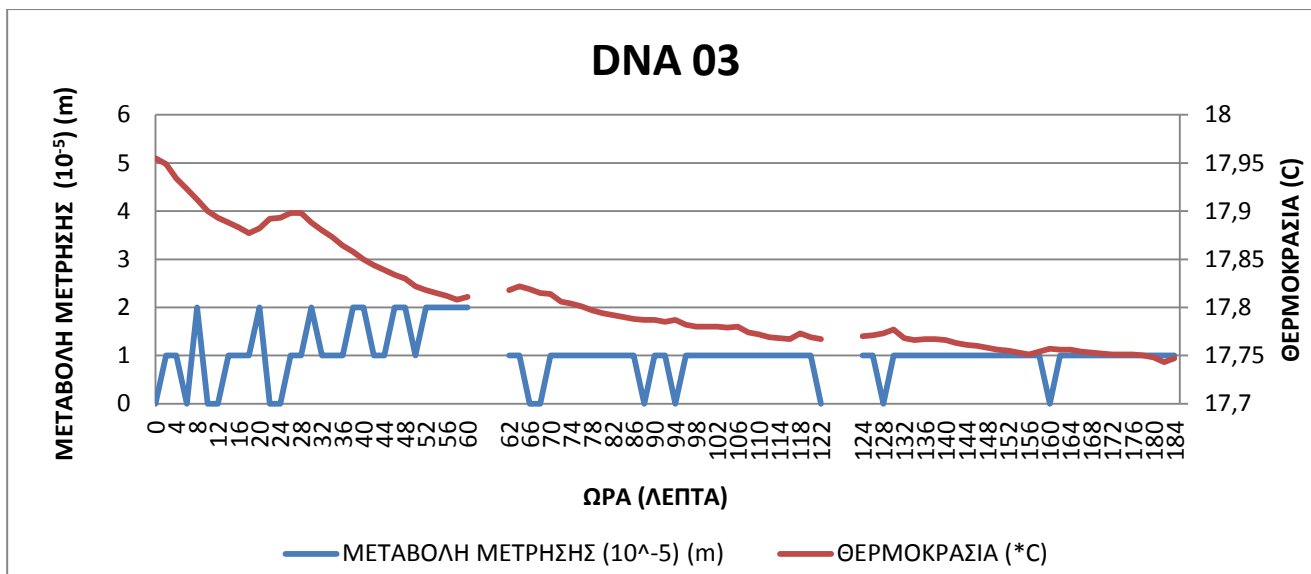
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60151 m	----	0.60152 m	----	0.60152 m	----
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60153 m	----	0.60153 m	----	0.60153 m	----
Σύνολο μετρήσεων	31	----	31	----	31	----
Μέσος όρος	0.60152 m	----	0.60153 m	----	0.60153 m	----
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±7.5 μm	----	±3.7 μm	----	±2.5 μm	----
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±1.3 μm	----	±0.7 μm	----	±0.4 μm	----
Μέγιστη διαφορά	20 μm	----	10 μm	----	10 μm	----
Φωτισμός	11.5 expose value ή 7200 Lux		8.0 expose value ή 640 Lux		5.1 expose value ή 86.4 Lux	

Πίνακας 3.6: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m (κάθετος φωτισμός).

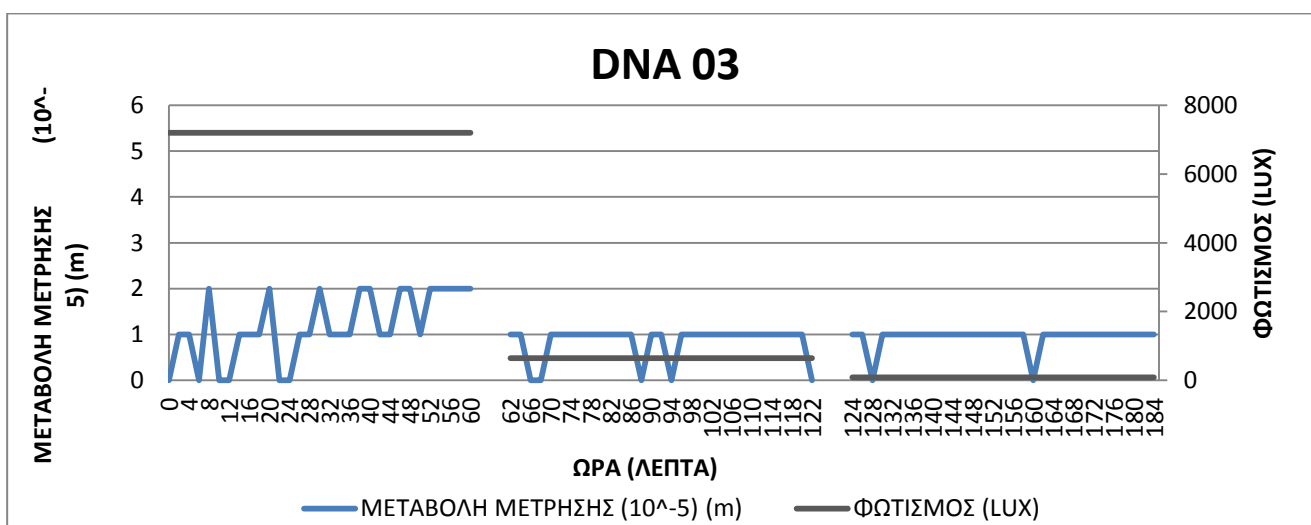
Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Από διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει μια περίπου γραμμική μορφή ή καλύτερα σχεδόν μια ευθεία στις δύο χαμηλότερες εντάσεις φωτισμού.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές συνεχώς και υπάρχει πολύ μικρή και καθόλου έντονη ή απότομη διακύμανση των μετρήσεων.



Διάγραμμα 3.9: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - κάθετος φωτισμός).



Διάγραμμα 3.10: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m - κάθετος φωτισμός).

- Γενικά παρατηρείται μια όμοια και σταθερή συμπεριφορά στην απόδοση του χωροβάτη και στις 3 εντάσεις φωτισμού.
- Παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλη για τη θερμοκρασία, αφού και αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια

περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.

- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 9 m και τον χωροβάτη DNA 03 σε κάθετο φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι πάρα πολύ μικρές και ομαλές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στις σταδία Invar αλλά και στην αρκετά μικρή απόσταση μέτρησης.
- Λόγω της μικρής έντασης του φωτισμού στη σταδία παρατηρούνται μεγαλύτερες και πιο συχνές μεταβολές στις μετρήσεις και συνεπώς στα σφάλματα. Συνεπώς μπορεί διαπιστώνεται ότι επηρεάζει ο φωτισμός τη διαδικασία μέτρησης με αυτό το χωροβάτη κυρίως όταν είναι πολύ χαμηλός.
- Τέλος παρατηρείται μια περίπου όμοια συμπεριφορά του χωροβάτη αυτού σε σχέση με το αντίστοιχο πείραμα των 5 m και αυτό οφείλεται στην μικρή διαφορά των δύο αποστάσεων.
- Τέλος όπως ειπώθηκε ο χωροβάτης NA 3003 δεν ήταν ικανός υπό αυτές τις συνθήκες φωτισμού να λάβει καμία μέτρηση.

3.5 Απόσταση μέτρησης 16m.

3.5.1 Σταθερός φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 16 m με σταθερό φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 25/03/2011 και ημέρα Παρασκευή. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:29:24 και έλαβε τέλος στις 11:29:24 το μεσημέρι όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το σταθερό φωτισμό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.7 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 16 m με σταθερό φωτισμό.

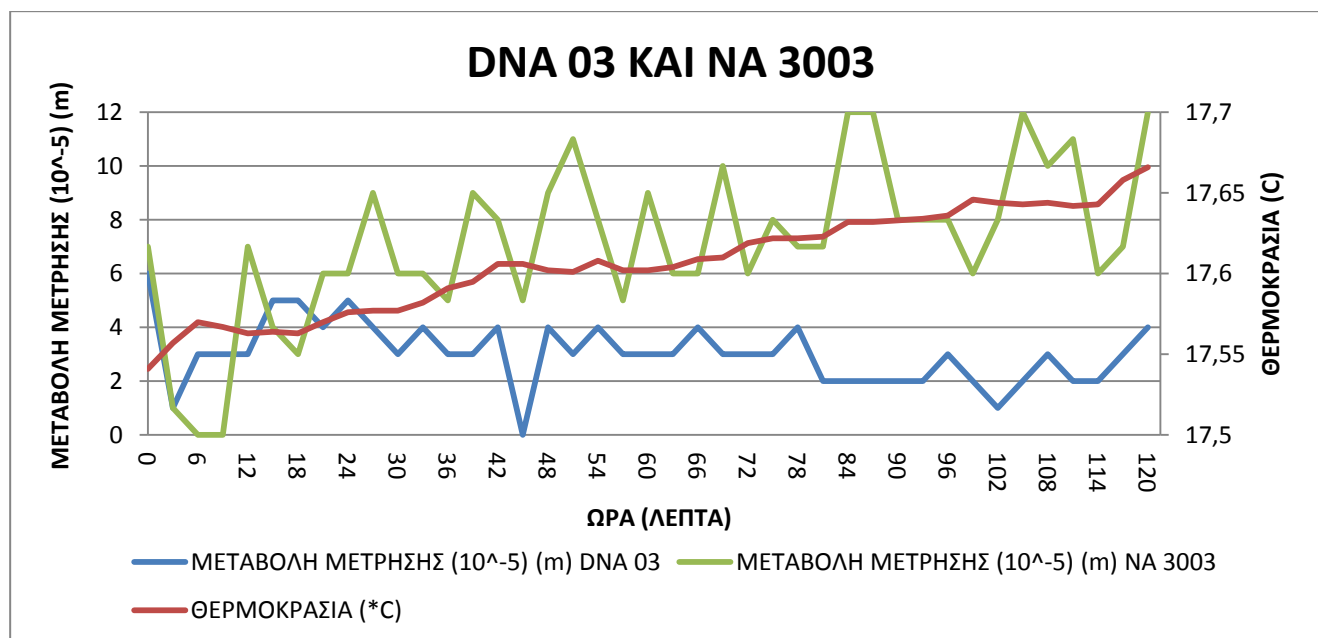
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60367 m	0.62687 m
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60373 m	0.62699 m
Σύνολο μετρήσεων	41	41
Μέσος όρος	0.60370 m	0.62694 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±11.8 μm	±29.7 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±1.8 μm	±4.6 μm
Μέγιστη διαφορά	60 μm	120 μm
Φωτισμός	6.5 expose value ή 225 Lux	

Πίνακας 3.7: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m (σταθερός φωτισμός).

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.
- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις (5 και 9 m), κάτι που σημαίνει ότι παρουσιάζουν καλή και σταθερή συμπεριφορά στις σταθερές συνθήκες.
- Αλλά τα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά αυξήθηκαν και για τους δύο χωροβάτες και αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση της απόστασης.
- Από την απόσταση αυτή των 16 m και μετά, όπως θα παρατηρηθεί και παρακάτω αυξάνονται συνεχώς τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές των χωροβατών όσο αυξάνεται και η απόσταση μέτρησης. Αυτό δείχνει ότι με την αύξηση της απόστασης μέτρησης, ιδιαίτερα από αυτό το σημείο και μετά, μειώνεται σημαντικά η απόδοση των δύο χωροβατών.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.11: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - σταθερός φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 παρουσιάζει μια σταθερότητα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι περίπου ίδιες συνεχώς και υπάρχει μικρή διακύμανση των μετρήσεων.
- Ισχύει μια σταθερή μορφή καμπύλης για τη θερμοκρασία περίπου ευθεία, λίγο αυξανόμενη αλλά με πολύ μικρό ρυθμό, αφού αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.3°C. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 16 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε σταθερό φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, φωτισμός), αφού παραμένουν σχεδόν σταθερές αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι σχετικά μικρές και ομαλές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στις σταδία Invar αλλά και στην αρκετά μικρή απόσταση μέτρησης.
- Όπως ειπώθηκε προηγουμένως τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται σε σχέση με την απόσταση των 5 m και 9 m λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης με τις διαφορές να είναι αρκετά μεγαλύτερες αυτή τη φορά διότι αυξάνεται αρκετά η απόσταση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη και την αλλαγή της συμπεριφοράς του.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 16 m με σταθερό φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες διαπιστώνεται ότι οι δύο χωροβάτες έχουν αρκετά καλή συμπεριφορά με μικρά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και πολύ μικρές μεταβολές στις μετρήσεις τους. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή μεγαλώνει σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Επίσης παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση των δύο χωροβατών σε σχέση με την απόσταση των 5 και 9 m αλλά, συνεπώς οι δυο χωροβάτες έχουν κάπως «χειρότερη» συμπεριφορά και απόδοση σε σχέση με πριν. Από την απόσταση αυτή και μετά τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές αυξάνονται σημαντικά όσο αυξάνεται η απόσταση μέτρησης, δείχνοντας έτσι τη μείωση στην απόδοση των δύο χωροβατών με την αύξηση της απόστασης μέτρησης.

3.5.2 Διαχεόμενος φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 16 m με διαχεόμενο φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 23/03/2011 και ημέρα Τετάρτη. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 11:51:13 και έλαβε τέλος στις 15:01:13 το μεσημέρι όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το διαχεόμενο φωτισμό.

Για τη δεύτερη ώρα και το μεσαίο φωτισμό, στο διάστημα 13:35:13 – 13:49:13 δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης NA 3003 διότι με τις παρούσες συνθήκες ήταν ακριβώς στο όριο των δυνατοτήτων του. Για την τρίτη ώρα και το χαμηλό φωτισμό, ο χωροβάτης αυτός δεν κατάφερε να πάρει μέτρηση λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων του στην απόσταση αυτή σε συνάρτηση με τη συγκεκριμένη ένταση φωτισμού.

Παρακάτω στον πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν για τους χωροβάτες DNA 03 και NA 3003 για την απόσταση των 16 m με διαχεόμενο φωτισμό.

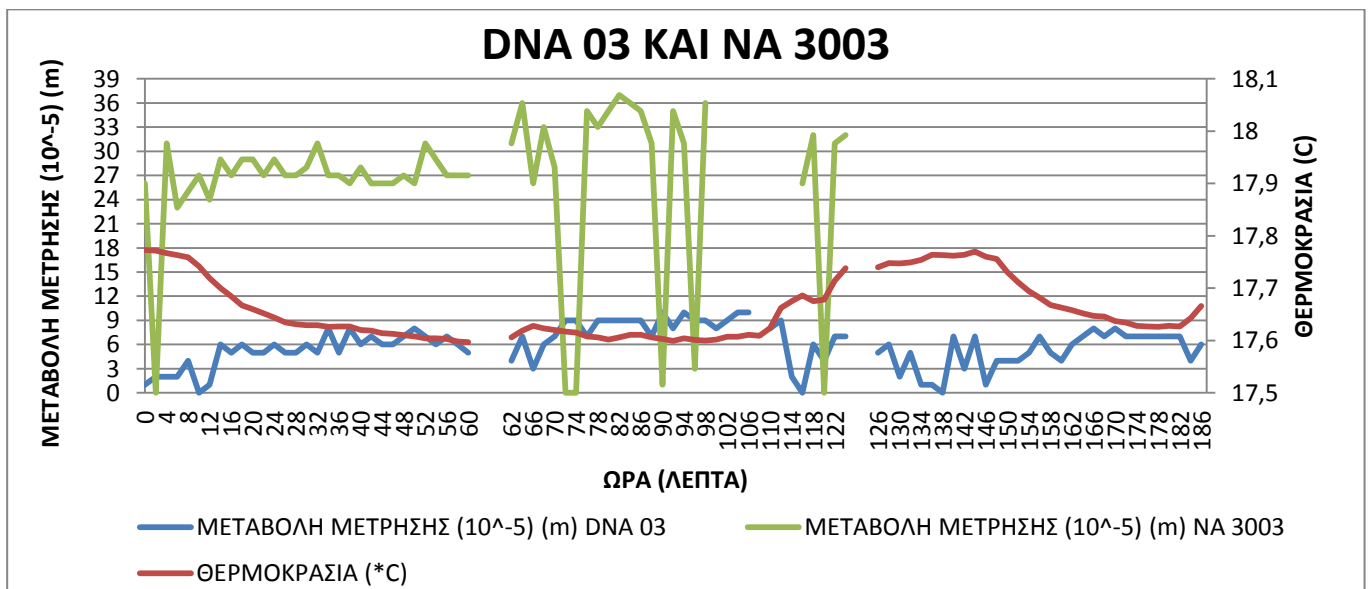
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60370 m	0.62685 m	0.60371 m	0.62685 m	0.60373 m	----
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60378 m	0.62716 m	0.60381 m	0.62722 m	0.60381 m	----
Σύνολο μετρήσεων	31	31	31	24	31	----
Μέσος όρος	0.60375 m	0.62711 m	0.60378 m	0.62711 m	0.60378 m	----
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±21.3 μm	±52.4 μm	±25.0 μm	±135.1 μm	±22.8 μm	----
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±3.8 μm	±9.4 μm	±4.5 μm	±27.6 μm	±4.1 μm	----
Μέγιστη διαφορά	80 μm	310 μm	100 μm	370 μm	80 μm	----
Φωτισμός	10.9 expose value ή 4816 Lux		8.0 expose value ή 640 Lux		6.0 expose value ή 160 Lux	

Πίνακας 3.8: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m (διαχεόμενος φωτισμός).

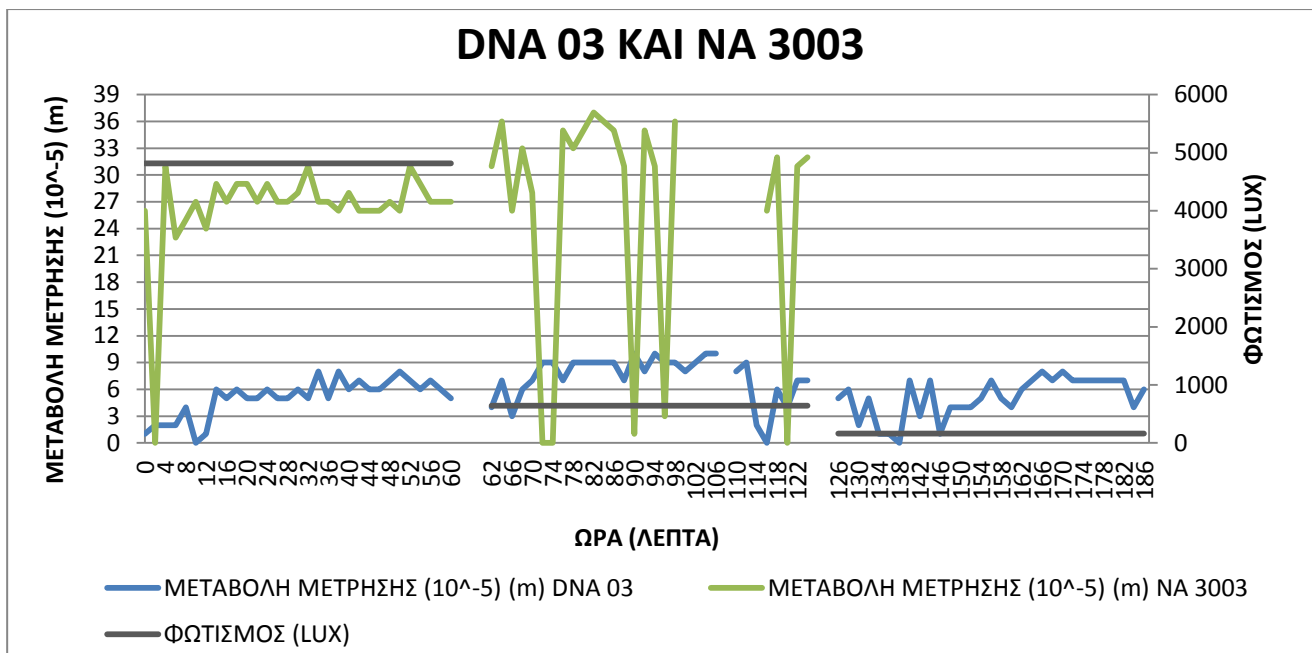
Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.
- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι σταθερές που σημαίνει ότι παρουσιάζουν σταθερή συμπεριφορά στις συγκεκριμένες συνθήκες.
- Με τη μείωση του φωτισμού στο ελάχιστο αυξάνονται αρκετά τα σφάλματα και οι διαφορές κάτι που σημαίνει ότι ο χαμηλός φωτισμός επηρεάζει τη διαδικασία μέτρησης.
- Τέλος και εδώ όπως και στο σταθερό φωτισμό παρουσιάζονται ελαφρώς αυξημένα τα σφάλματα και οι διαφορές σε σχέση με το αντίστοιχο πείραμα στα 5 και στα 9 m και αυτό οφείλεται στην αύξηση της απόστασης μέτρησης.
- Στην απόσταση αυτή ο χωροβάτης NA 3003 είναι περίπου στο όριο των δυνατοτήτων του όσον αφορά το συγκεκριμένο τρόπο φωτισμού.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.12: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - διαχεόμενος φωτισμός).



Διάγραμμα 3.13: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - διαχεόμενος φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει εντονότερες μεταβολές σε όλες τις εντάσεις φωτισμού με αρκετά μεγάλη συχνότητα, κάτι το οποίο συμβαίνει και για τον ΝΑ 3003 στις δύο πρώτες εντάσεις με μεγαλύτερες μεταβολές, αφού στην χαμηλότερη ένταση φωτισμού δεν κατάφερε να πάρει μέτρηση.
- Οι μεταβολές για τον DNA 03 από την μικρότερη τιμή είναι μικρές αρχικά και στη συνέχεια αυξάνονται έως ότου σταθεροποιηθούν κάπως. Υπάρχει μεγάλη, πολύ έντονη και απότομη διακύμανση των μετρήσεων.
- Οι μεταβολές για τον ΝΑ 3003 από την μικρότερη τιμή είναι αρχικά μια πολύ μεγάλη και στη συνέχεια ομαλοποιούνται κάπως όσον αφορά τον υψηλό φωτισμό, ενώ στη συνέχεια αυξάνονται και μειώνονται απότομα, μόλις επιδρά ο μεσαίος φωτισμός έως έρθει ο ελάχιστος φωτισμός και δεν καταφέρει ο χωροβάτης να λάβει καμία μέτρηση. Υπάρχει μεγάλη και πολύ έντονη και απότομη διακύμανση των μετρήσεων.
- Επίσης σε σχέση με τα αντίστοιχα διαγράμματα και πειράματα στις αποστάσεις των 5 m και 9 m, παρουσιάζονται αυξημένα τα

σφάλματα και οι διαφορές και αυτό οφείλεται στην αύξηση της απόστασης μέτρησης.

- Επίσης παρατηρείται μια αυξομείωση στη θερμοκρασία, αλλά είναι σχεδόν αμελητέα, αφού αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.3°C . Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου συμπεριφορά με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές και δεν επηρεάζονται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 16 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε διαχεόμενο φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις από τη μείωση του φωτισμού όταν αυτός τείνει στο ελάχιστο για τον DNA 03 αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη στην απόσταση αυτή.
- Ενώ αντίθετα επηρεάζονται οι μετρήσεις από τη μείωση του φωτισμού όταν αυτός τείνει στο ελάχιστο για τον NA 3003 καθώς στον ελάχιστο φωτισμό δεν κατάφερε να λάβει καμία μέτρηση.
- Οι μεταβολές μεγαλύτερες αυτή τη φορά και πιο απότομες και συχνές σε όλες τις περιπτώσεις φωτισμού και αυτό οφείλεται στην αρκετά μεγαλύτερη απόσταση μέτρησης.
- Τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται σε σχέση με την απόσταση των 5 m και 9 m λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης με τις διαφορές να είναι αρκετά μεγαλύτερες αυτή τη φορά διότι αυξάνεται αρκετά η απόσταση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη και την αλλαγή της συμπεριφοράς του. Παρατηρείται δηλαδή το ίδιο φαινόμενο που παρατηρήθηκε για τους χωροβάτες και στο σταθερό φωτισμό.
- Επίσης φαίνεται ότι στην απόσταση αυτή ο χωροβάτης NA 3003 είναι περίπου στο όριο των δυνατοτήτων του όσον αφορά το συγκεκριμένο τρόπο φωτισμού.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 16 m με διαχεόμενο φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες διαπιστώνεται ότι οι δύο χωροβάτες έχουν μέτρια συμπεριφορά με μεγαλύτερα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και έντονες μεταβολές στις μετρήσεις τους και κυρίως ο

χωροβάτης NA 3003. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή μεγαλώνει σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Επίσης παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση των δύο χωροβατών σε σχέση με την απόσταση των 5 και 9 m αλλά, συνεπώς οι δυο χωροβάτες έχουν κάπως «χειρότερη» συμπεριφορά και απόδοση σε σχέση με πριν. Από την απόσταση αυτή και μετά τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές αυξάνονται σημαντικά όσο αυξάνεται η απόσταση μέτρησης, δείχνοντας έτσι τη μείωση στην απόδοση των δύο χωροβατών με την αύξηση της απόστασης μέτρησης. Τέλος φάνηκε ότι ο χωροβάτης NA 3003 στην απόσταση αυτή και με το συγκεκριμένο φωτισμό δυσκολεύεται πολύ να λάβει αναγνώσεις πάνω στη σταδία ιδιαίτερα όσο μειώνεται η ένταση του φωτισμού.

3.5.3 Κάθετος φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 16 m με κάθετο φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 02/04/2011 και ημέρα Σάββατο. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 12:04:33 και έλαβε τέλος στις 15:08:33 το μεσημέρι όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με τον κάθετο φωτισμό.

Επίσης λόγω της μεγάλης απόστασης σκόπευσης αυτή τη φορά ο προβολέας τοποθετήθηκε πιο μακριά από τη σταδία και ως αποτέλεσμα αυτού ήταν οι εντάσεις του φωτισμού να μην είναι όμοιες με τις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά χαμηλότερες. Αποδείχθηκε όμως ότι ακόμα και με πολύ χαμηλότερη ένταση φωτισμού ο ένας χωροβάτης DNA 03, είναι ικανός να μετρήσει.

Όπως και στην προηγούμενη απόσταση, στον κάθετο φωτισμό μέτρησε μόνο ο χωροβάτης DNA 03.

Παρακάτω στον πίνακα 3.9 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν για τον χωροβάτη DNA 03 για την απόσταση των 16 m με κάθετο φωτισμό.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60475 m	----	0.60475 m	----	0.60476 m	----
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60479 m	----	0.60480 m	----	0.60480 m	----
Σύνολο μετρήσεων	31	----	31	----	31	----
Μέσος όρος	0.60478 m	----	0.60478 m	----	0.60477 m	----
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±12.3 μm	----	±13.1 μm	----	±10.5 μm	----
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±2.3 μm	----	±2.4 μm	----	±1.9 μm	----
Μέγιστη διαφορά	40 μm	----	50 μm	----	40 μm	----
Φωτισμός	9 expose value ή 1280 Lux		5.5 expose value ή 112 Lux		2.2 expose value ή 11.6 Lux	

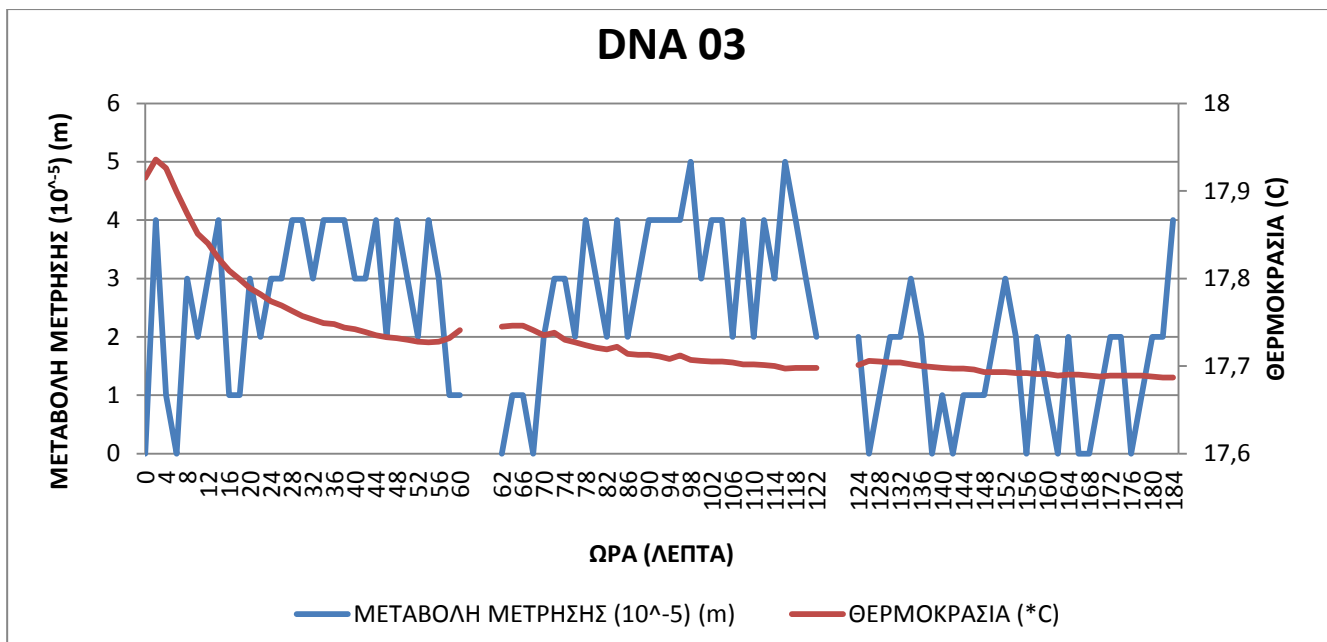
Πίνακας 3.9: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m (κάθετος φωτισμός).

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά μπορεί παρατηρείται ότι ο χωροβάτης DNA 03 δίνει ίδια περίπου αποτελέσματα και σε αριθμό αλλά και σε σφάλματα με την περίπτωση του σταθερού φωτισμού, και στις τρεις εντάσεις φωτισμού. Ενώ αντίθετα δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το διαχεόμενο φωτισμό με ελάχιστες όμως διαφορές.

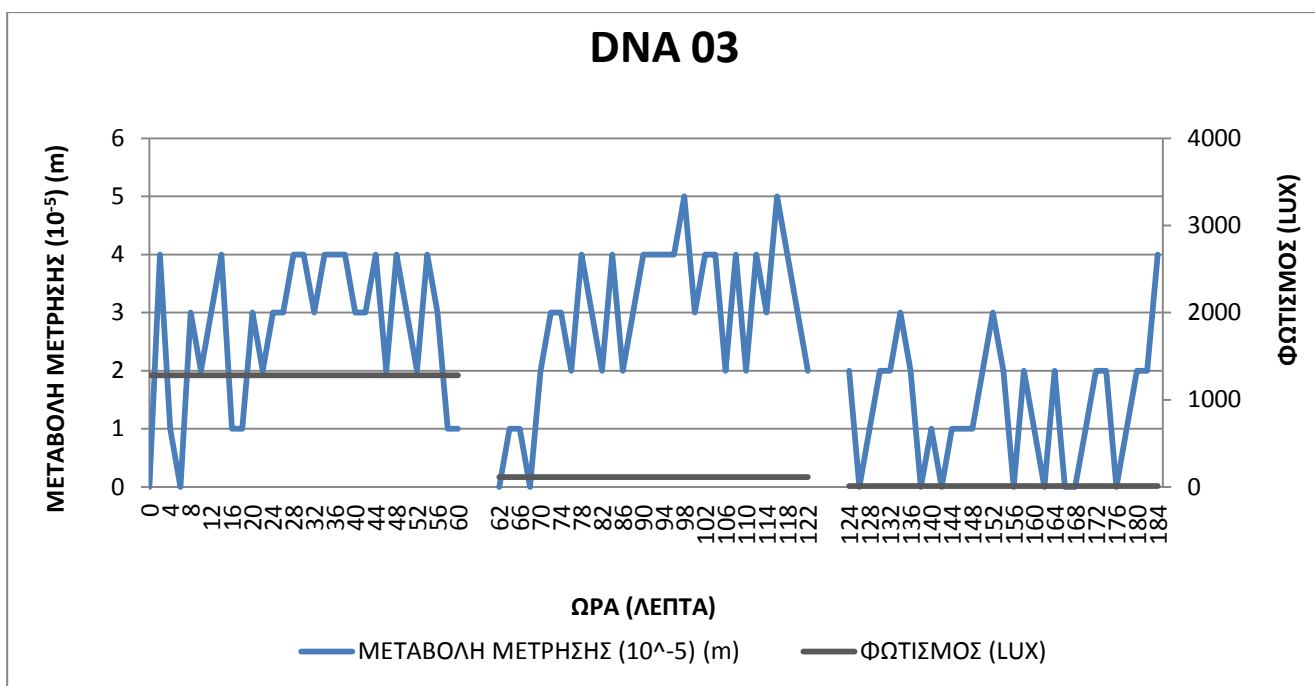
Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει εντονότερες μεταβολές σε όλες τις εντάσεις φωτισμού με αρκετά μεγάλη συχνότητα.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές αρχικά και στη συνέχεια αυξάνονται έως ότου σταθεροποιηθούν κάπως.
- Υπάρχει μεγάλη, πολύ έντονη και απότομη διακύμανση των μετρήσεων.



Διάγραμμα 3.14: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - κάθετος φωτισμός).



Διάγραμμα 3.15: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m - κάθετος φωτισμός).

- Επίσης σε σχέση με τα αντίστοιχα διαγράμματα και πειράματα στις αποστάσεις των 5 m και 9 m, παρουσιάζονται αυξημένα τα σφάλματα και οι διαφορές και αυτό οφείλεται στην αύξηση της απόστασης μέτρησης.
- Επίσης παρατηρείται μια μείωση στη θερμοκρασία, αλλά είναι σχεδόν αμελητέα, αφού αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.3°C.
Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου συμπεριφορά με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές και δεν επηρεάζονται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 16 m και τον χωροβάτη DNA 03 σε κάθετο φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις από τη μείωση του φωτισμού όταν αυτός τείνει στο ελάχιστο αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη στην απόσταση αυτή.
- Οι μεταβολές μεγαλύτερες αυτή τη φορά και πιο απότομες και συχνές σε όλες τις περιπτώσεις φωτισμού και αυτό οφείλεται στην αρκετά μεγαλύτερη απόσταση μέτρησης.
- Τέλος παρατηρούνται αυξημένες μεταβολές αλλά όχι αρκετά σε σχέση με το αντίστοιχο πείραμα στην απόσταση των 5 m και 9 m και αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη αύξηση της απόστασης.
- Τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται σε σχέση με την απόσταση των 5 m και 9 m λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης με τις διαφορές να είναι αρκετά μεγαλύτερες αυτή τη φορά διότι αυξάνεται αρκετά η απόσταση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη και την αλλαγή της συμπεριφοράς του.
Παρατηρείται δηλαδή το ίδιο φαινόμενο που παρατηρήθηκε για αυτόν το χωροβάτη και στο σταθερό και διαχεόμενο φωτισμό.

3.6 Απόσταση μέτρησης 25m.

3.6.1 Σταθερός φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 25 m με σταθερό φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 25/03/2011 και ημέρα Παρασκευή. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 15:53:52 και έλαβε τέλος στις 18:41:52 το απόγευμα όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το σταθερό φωτισμό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.10 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 25 m με σταθερό φωτισμό.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60255 m	0.60054 m
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60264 m	0.60076 m
Σύνολο μετρήσεων	41	41
Μέσος όρος	0.60260 m	0.60064 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±22.9 μm	±58.0 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±3.6 μm	±9.2 μm
Μέγιστη διαφορά	90 μm	220 μm
Φωτισμός	5.7 expose value ή 131.2 Lux	

Πίνακας 3.10: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 25 m (σταθερός φωτισμός).

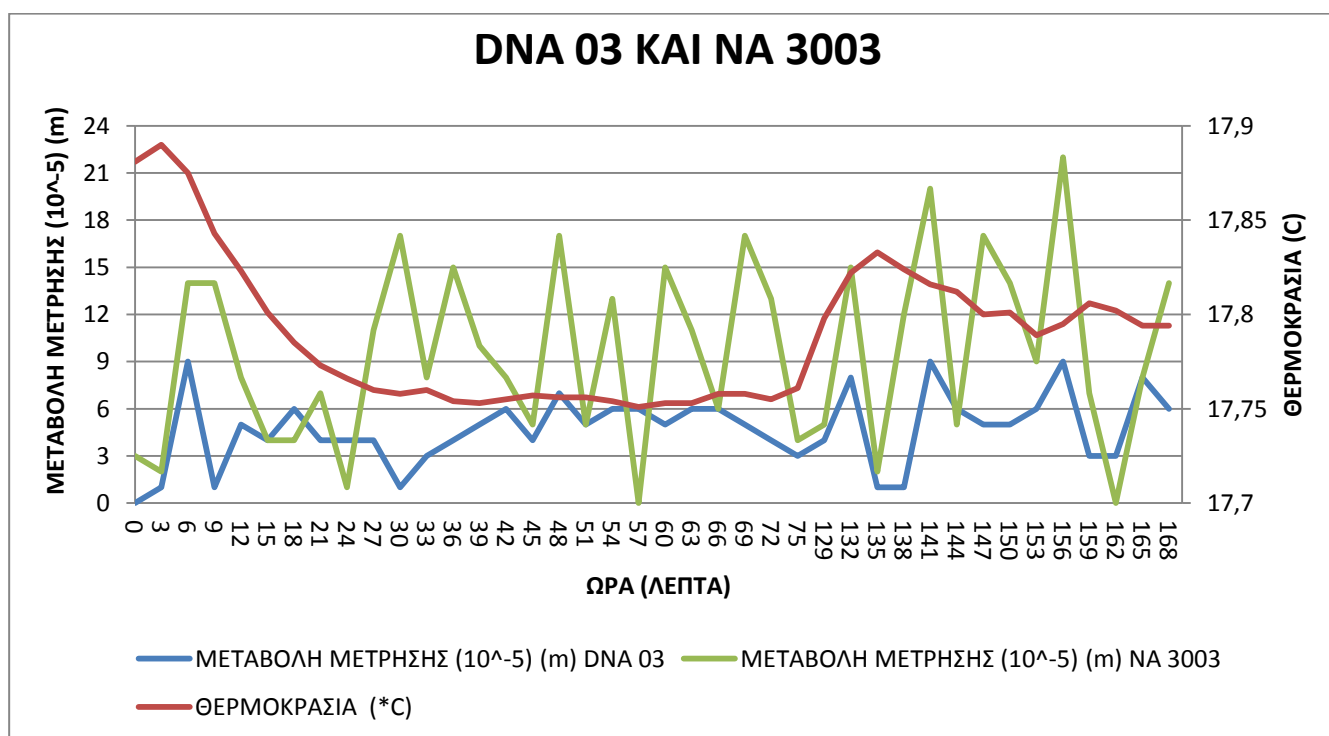
Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά

σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.

- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις (5 και 9 και 16 m), κάτι που σημαίνει ότι παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά σε αυτήν την απόσταση στις σταθερές συνθήκες.
- Τα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά αυξήθηκαν και για τους δύο χωροβάτες και αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση της απόστασης. Αυτό δείχνει ότι με την αύξηση της απόστασης μέτρησης, μειώνεται σημαντικά η απόδοση των δύο χωροβατών.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.16: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m - σταθερός φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει μια σταθερότητα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι περίπου ίδιες συνεχώς και υπάρχει μικρή διακύμανση των μετρήσεων.
- η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη NA 3003 παρουσιάζει μια μη σταθερότητα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και μια τάση να αυξομειώνονται πολύ έντονα. Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή αλλάζουν συνεχώς και υπάρχει μεγάλη διακύμανση των μετρήσεων.
- Επίσης παρατηρείται μια σταθερή μορφή καμπύλης για τη θερμοκρασία περίπου ευθεία, με λίγες αυξομειώσεις αλλά με πολύ μικρό ρυθμό, αφού αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C . Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 25 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε σταθερό φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, φωτισμός), αφού παραμένουν σχεδόν σταθερές αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι σχετικά σταθερές για τον DNA 03 και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στις σταδία Invar αλλά και στην απόσταση μέτρησης.
- Ενώ οι μεταβολές είναι σχετικά μεγάλες, συχνές και έντονες για τον NA 3003 και αυτό οφείλεται στις δυνατότητες του χωροβάτη, αλλά και στην αρκετά μεγάλη απόσταση μέτρησης.
- Τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται σε σχέση με την απόσταση των 5 m, 9 m και των 16 m λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης με τις διαφορές να είναι αρκετά μεγαλύτερες αυτή τη φορά διότι αυξάνεται αρκετά η απόσταση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη και την αλλαγή της συμπεριφοράς του.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 25 m με σταθερό φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες διαπιστώνεται ότι οι δύο χωροβάτες

έχουν «χειρότερη» συμπεριφορά με μεγάλα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και έντονες μεταβολές στις μετρήσεις τους. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή μεγαλώνει σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Επίσης παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση των δύο χωροβατών σε σχέση με την απόσταση των 5 και 9 και 16 m αλλά, συνεπώς οι δυο χωροβάτες έχουν κάπως «χειρότερη» συμπεριφορά και απόδοση σε σχέση με πριν. Από την απόσταση αυτή και μετά τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές αυξάνονται σημαντικά όσο αυξάνεται η απόσταση μέτρησης, δείχνοντας έτσι τη μείωση στην απόδοση των δύο χωροβατών με την αύξηση της απόστασης μέτρησης.

3.6.2 Διαχεόμενος φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 25 m με διαχεόμενο φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 27/03/2011 και ημέρα Κυριακή. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 12:53:21 και έλαβε τέλος στις 15:57:21 το απόγευμα όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το διαχεόμενο φωτισμό.

Ο χωροβάτης NA 3003 δεν κατάφερε να μετρήσει σε αυτήν την απόσταση φωτισμού παρά το γεγονός ότι έγιναν πάρα πολλές προσπάθειες, αλλάζοντας το ύψος του ή αλλάζοντας το φωτισμό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.11 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν για τον χωροβάτη DNA 03 για την απόσταση των 25 m με διαχεόμενο φωτισμό.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 παρουσιάζει σχεδόν σταθερή συμπεριφορά στις συγκεκριμένες συνθήκες.
- Με τη μείωση του φωτισμού στο ελάχιστο αυξάνονται αρκετά τα σφάλματα και οι διαφορές κάτι που σημαίνει ότι ο χαμηλός φωτισμός επηρεάζει τη διαδικασία μέτρησης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΥΨΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60161 m	----	0.60172 m	----	0.60161 m	----
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60184 m	----	0.60186 m	----	0.60184 m	----
Σύνολο μετρήσεων	31	----	31	----	31	----
Μέσος όρος	0.60181 m	----	0.60181 m	----	0.60178 m	----
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±50.3 μm	----	±34.6 μm	----	±48.6 μm	----
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±9.0 μm	----	±6.2 μm	----	±8.7 μm	----
Μέγιστη διαφορά	230 μm	----	140 μm	----	230 μm	----
Φωτισμός	11.8 expose value ή 9024 Lux		8.4 expose value ή 848 Lux		5.9 expose value ή 150.4 Lux	

Πίνακας 3.11: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 25 m (διαχεόμενος φωτισμός).

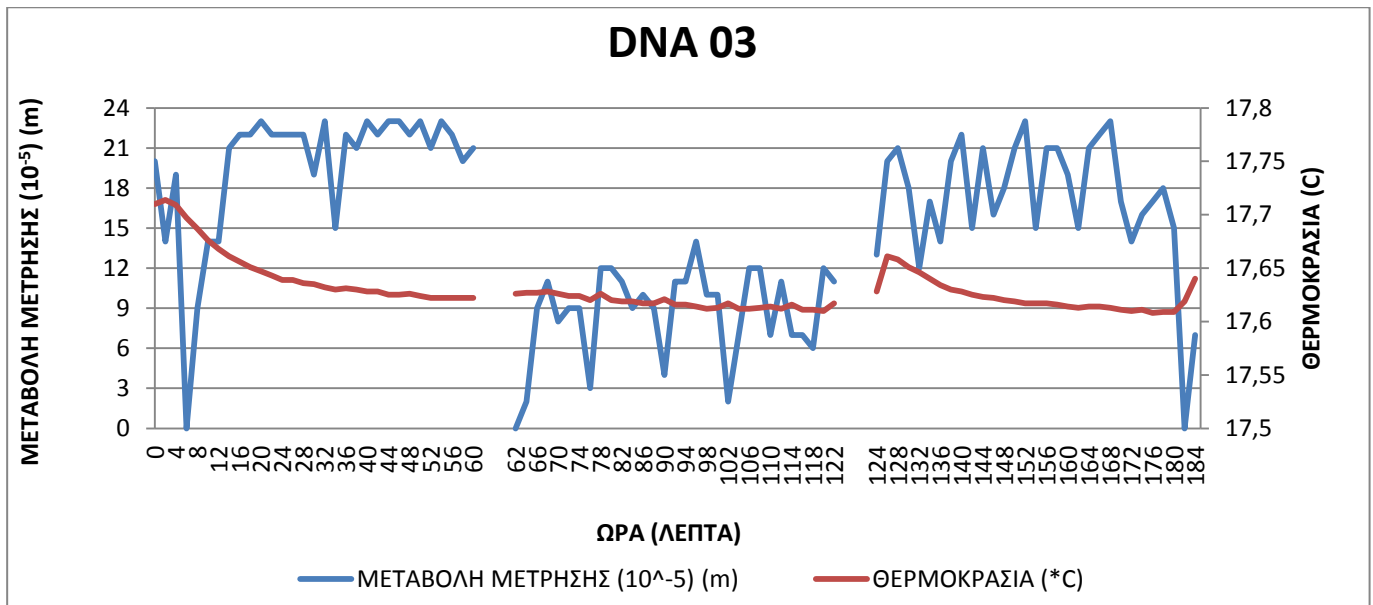
- Τέλος και εδώ όπως και στο σταθερό φωτισμό παρουσιάζονται ελαφρώς αυξημένα τα σφάλματα και οι διαφορές σε σχέση με τα αντίστοιχα πειράματα στις προηγούμενες αποστάσεις και αυτό οφείλεται στην αύξηση της απόστασης μέτρησης.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.

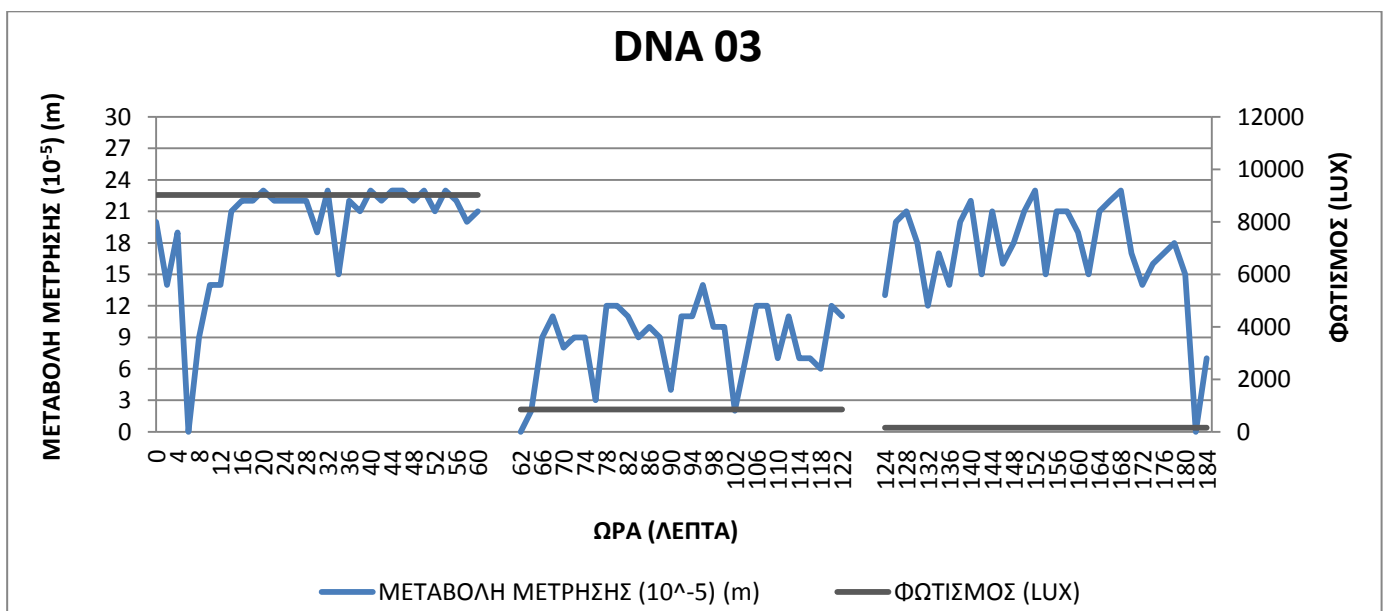
Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει εντονότερες μεταβολές σε όλες τις εντάσεις φωτισμού με αρκετά μεγάλη συχνότητα.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές αρχικά και στη συνέχεια αυξάνονται έως ότου σταθεροποιηθούν κάπως. Υπάρχει μεγάλη και πολύ έντονη και απότομη διακύμανση των μετρήσεων. Λόγω της μεγαλύτερης απόστασης χωροβάτη – σταδίας οι τιμές της μεταβολής των μετρήσεων από τη μικρότερη τιμή είναι σχετικά μεγάλες και μέχρι από $23 \cdot 10^{-5}$ m. Αυτό συμβαίνει και στις

τρεις εντάσεις του φωτισμού, όπου ο χωροβάτης παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά και απόδοση.



Διάγραμμα 3.17: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m – διαχεόμενος φωτισμός).



Διάγραμμα 3.18 Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m - διαχεόμενος φωτισμός).

- Εάν εξαιρεθούν μια δυο μετρήσεις στην πρώτη ένταση του φωτισμού φαίνεται ότι δεν υπάρχουν τόσο έντονες μεταβολές όσο στις άλλες εντάσεις και ως εκ τούτου, μειώνοντας το φωτισμό και ιδιαίτερα στη χαμηλότερη ένταση αυξάνονται οι μεταβολές, οι διαφορές και τα σφάλματα.
- Επίσης σε σχέση με τα αντίστοιχα διαγράμματα και πειράματα στις προηγούμενες αποστάσεις, παρουσιάζονται αυξημένα τα σφάλματα και οι διαφορές και αυτό οφείλεται στην αύξηση της απόστασης μέτρησης.
- Επίσης παρατηρείται μια αυξομείωση στη θερμοκρασία, αλλά είναι σχεδόν αμελητέα, αφού αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C . Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου συμπεριφορά με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές και δεν επηρεάζονται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 25 m και τον χωροβάτη DNA 03 σε διαχεόμενο φωτισμό, ισχύει:

- επηρεάζονται οι μετρήσεις από τη μείωση του φωτισμού όταν αυτός τείνει στο ελάχιστο αλλά εξαρτώνται και από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη στην απόσταση αυτή.
- Οι μεταβολές μεγαλύτερες αυτή τη φορά και πιο απότομες και συχνές σε όλες τις περιπτώσεις φωτισμού και αυτό οφείλεται στην αρκετά μεγαλύτερη απόσταση μέτρησης.
- Τέλος παρατηρούνται αυξημένες μεταβολές αρκετά σε σχέση με το αντίστοιχο πείραμα στην απόσταση των 5 m και 9 m και των 16 m και αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη αύξηση της απόστασης.
- Τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης με τις διαφορές να είναι αρκετά μεγαλύτερες αυτή τη φορά διότι αυξάνεται αρκετά η απόσταση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη και την αλλαγή της συμπεριφοράς του. Παρατηρείται δηλαδή το ίδιο φαινόμενο που παρατηρήθηκε για αυτόν το χωροβάτη και στο σταθερό φωτισμό.

3.6.3 Κάθετος φωτισμός

Στην συγκεκριμένη απόσταση αλλά και με τον κάθετο φωτισμό, εκτός από τον χωροβάτη NA 3003, δεν κατάφερε να μετρήσει ούτε και ο χωροβάτης DNA 03. Η εικόνα αυτή τη φορά που έπρεπε να ληφθεί σε αυτήν την απόσταση πάνω στη σταδία από την κάμερα του χωροβάτη, ήταν πολύ μεγαλύτερη από τις προηγούμενες φορές, λόγω της μεγαλύτερης απόστασης. Έτσι δεν κατέστη δυνατό να φωτιστεί όλα αυτό το τμήμα της σταδίας διότι χρειαζόταν να τοποθετηθεί πιο μακριά ένα μεγαλύτερος φακός και μεγαλύτερη ένταση φωτισμού. Κάτι το οποίο στις πραγματικές συνθήκες μέτρησης δεν είναι εφικτό.

3.7 Απόσταση μέτρησης 34m.

3.7.1 Σταθερός φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 34 m με σταθερό φωτισμό.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 25/03/2011 και ημέρα Παρασκευή. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 15:53:52 και έλαβε τέλος στις 18:41:52 το απόγευμα όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το σταθερό φωτισμό.

Το σύνολο των μετρήσεων για τον χωροβάτη NA 3003 ήταν 25 μετρήσεις. Αυτό συνέβη διότι ο χωροβάτης στην απόσταση αυτή δεν κατάφερε να λάβει πολλές από τις μετρήσεις αλλά εμφάνιζε σφάλμα λάθους, λόγω της περιορισμένης δυνατότητάς του να λάβει μετρήσεις. Ήταν περίπου στα όρια των δυνατοτήτων του με αυτή τη σταδία μήκους 93.5 cm στη συγκεκριμένη απόσταση στο συγκεκριμένο φωτισμό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.12, παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 34 m με σταθερό φωτισμό.

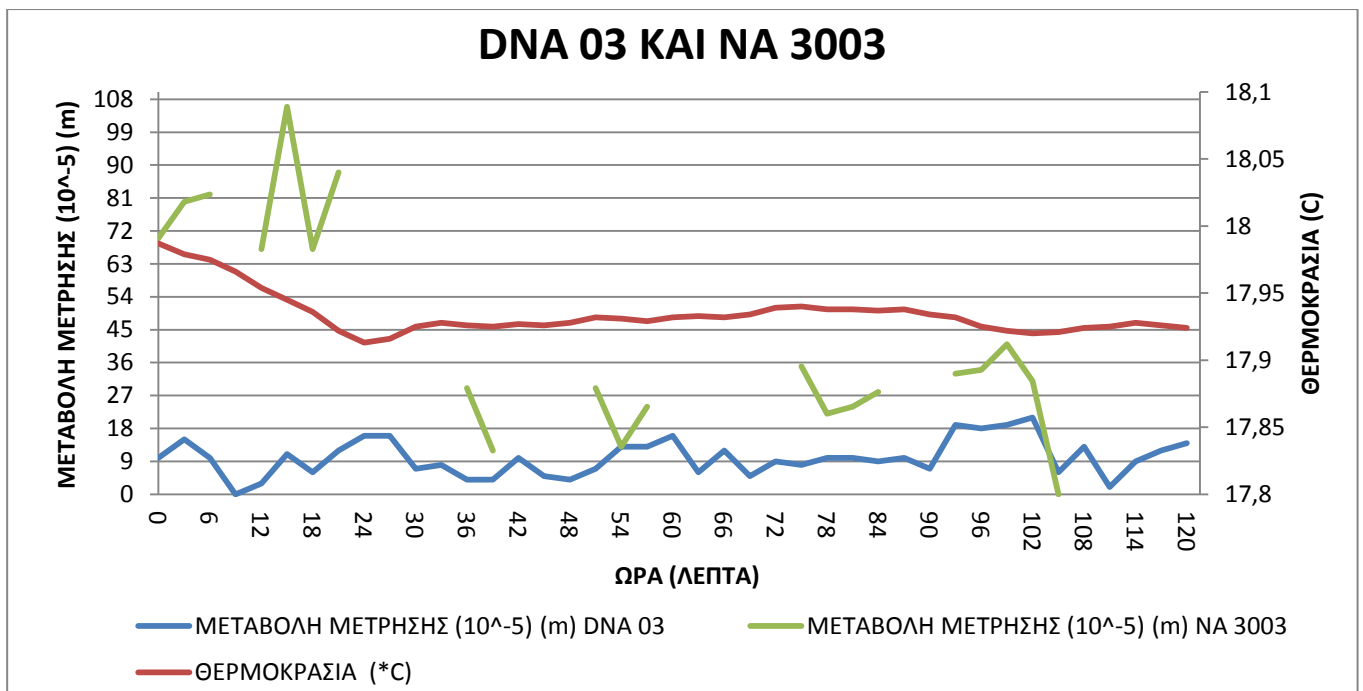
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	0.60734 m	0.53162 m
Μέγιστη Ανάγνωση	0.60755 m	0.53268 m
Σύνολο μετρήσεων	41	25
Μέσος όρος	0.60744 m	0.53204 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±49.8 μm	±288.9 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±7.8 μm	±57.8 μm
Μέγιστη διαφορά	210 μm	1060 μm
Φωτισμός	6.5 expose value ή 225 Lux	

Πίνακας 3.12: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 34 m (σταθερός φωτισμός).

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.
- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις, κάτι που σημαίνει ότι παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά σε αυτήν την απόσταση στις σταθερές συνθήκες.
- Τα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά αυξήθηκαν και για τους δύο χωροβάτες και αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση της απόστασης. Αυτό δείχνει ότι με την αύξηση της απόστασης μέτρησης, μειώνεται σημαντικά η απόδοση των δύο χωροβατών.
- Επίσης ο χωροβάτης NA 3003 έχει πλέον σημαντική δυσκολία στο να λάβει μέτρηση και εκτός αυτού τα σφάλματά του αυξήθηκαν κατακόρυφα. Όπως επίσης και οι διαφορές και οι μεταβολές των μετρήσεων.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.19: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 34m - σταθερός φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει μια σταθερότητα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι αυξημένες συνεχώς και υπάρχει μεγάλη διακύμανση των μετρήσεων.
- Αντίθετα, η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη ΝΑ 3003 παρουσιάζει μια αστάθεια κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και μια δυσκολία στη λήψη μέτρησης. Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή αλλάζουν συνεχώς και υπάρχει μεγάλη διακύμανση των μετρήσεων.
- Επίσης παρατηρείται μια σταθερή μορφή καμπύλης για τη θερμοκρασία, περίπου ευθεία, με λίγες αυξομειώσεις αλλά με πολύ μικρό ρυθμό, αφού αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 34 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε σταθερό φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, φωτισμός), αφού παραμένουν σχεδόν σταθερές αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές είναι σχετικά σταθερές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη DNA 03, στις σταδία Invar αλλά και στην απόσταση μέτρησης.
- Για τον NA 3003 οι μεταβολές είναι μεγάλες και έντονες και αυτό οφείλεται στις δυνατότητες του χωροβάτη, αλλά και στην αρκετά μεγάλη απόσταση μέτρησης.
- Όπως ειπώθηκε και πριν τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται σε σχέση με την απόσταση των 5 m, 9 m, 16 m και των 25 m λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης με τις διαφορές να είναι αρκετά μεγαλύτερες αυτή τη φορά διότι αυξάνεται αρκετά η απόσταση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη και την αλλαγή της συμπεριφοράς του.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 34 m με σταθερό φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες διαπιστώνεται ότι οι δύο χωροβάτες επιδεικνύουν «χειρότερη» συμπεριφορά με μεγάλα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και έντονες μεταβολές στις μετρήσεις τους. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή μεγαλώνει σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Επίσης παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση των δύο χωροβατών σε σχέση με την απόσταση των 5, 9, 16 και 25 m, συνεπώς οι δυο χωροβάτες έχουν κάπως «χειρότερη» συμπεριφορά και απόδοση σε σχέση με πριν. Από την απόσταση αυτή και μετά τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές αυξάνονται σημαντικά όσο αυξάνεται η απόσταση μέτρησης, δείχνοντας έτσι τη μείωση στην απόδοση των δύο χωροβατών με την αύξηση της απόστασης μέτρησης. Τέλος ο χωροβάτης NA 3003 δείχνει να φτάνει στα όριά του στις παρούσες συνθήκες με τη συγκεκριμένη σταδία στην συγκεκριμένη απόσταση μέτρησης.

3.7.2 Διαχεόμενος φωτισμός

Στη συγκεκριμένη απόσταση δεν ήταν δυνατόν να μετρήσει με το διαχεόμενο φωτισμό και ο χωροβάτης DNA 03 (εκτός του NA 3003 που είχε σταματήσει από την προηγούμενη απόσταση) και αυτό διότι οι απόσταση σε σχέση με τις συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού καθιστούσε τη μέτρηση αδύνατη.

3.7.3 Κάθετος φωτισμός

Στην συγκεκριμένη απόσταση ισχύει ότι και στην απόσταση των 25 m, δηλαδή κανένας από τους δύο χωροβάτες δεν κατάφερε να πάρει μέτρηση.

3.8 Απόσταση μέτρησης 49m.

3.8.1 Σταθερός φωτισμός

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 49 m με σταθερό φωτισμό, αλλά αυτή τη φορά με χρήση της σταδίας των 2 m διότι η σταδία μήκους 93.5 cm δεν επαρκούσε, δεν κάλυπτε την εικόνα λήψης των δύο χωροβατών.

Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 02/04/2011 και ημέρα Σάββατο. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:36:20 και έλαβε τέλος στις 11:36:20 το πρωί όπου είχε ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία μετρήσεων με το σταθερό φωτισμό.

Παρακάτω στον πίνακα 3.13, παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 49 m με σταθερό φωτισμό.

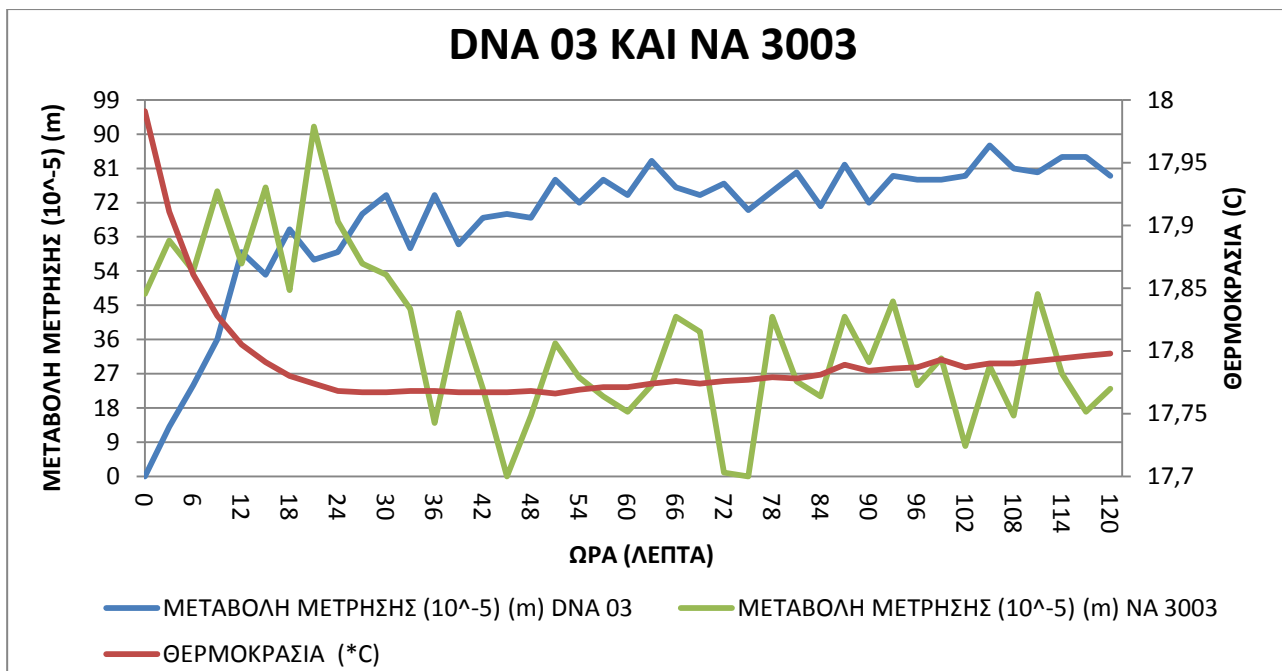
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.45084 m	1.42443 m
Μέγιστη Ανάγνωση	1.45181 m	1.42535 m
Σύνολο μετρήσεων	41	41
Μέσος όρος	1.45152 m	1.42479 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±188.0 μm	±213.2 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±29.4 μm	±33.3 μm
Μέγιστη διαφορά	870 μm	920 μm
Φωτισμός	6.3 expose value ή 199 Lux	

Πίνακας 3.13: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 49 m (σταθερός φωτισμός).

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι:

- Ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.
- Αλλά και για τους δύο χωροβάτες οι διαφορές αυτές είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις, κάτι που σημαίνει ότι παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά σε αυτήν την απόσταση στις σταθερές συνθήκες.
- Τα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά αυξήθηκαν και για τους δύο χωροβάτες και αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση της απόστασης. Αυτό δείχνει ότι με την αύξηση της απόστασης μέτρησης, μειώνεται σημαντικά η απόδοση των δύο χωροβατών.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.20: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 49m - σταθερός φωτισμός).

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 παρουσιάζει μια σταθερότητα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων μετά από ένα συγκεκριμένο σημείο και αφού πρώτα αυξάνονται οι διαφορές σταδιακά.
- Σε αντίθεση με τον NA 3003, που δεν παρουσιάζεται αυτή η σταθερότητα.
- Οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι αυξημένες συνεχώς και υπάρχει μεγάλη διακύμανση των μετρήσεων.
- Επίσης παρατηρείται μια σταθερή μορφή καμπύλης για τη θερμοκρασία περίπου ευθεία, με λίγες αυξομειώσεις αλλά με πολύ μικρό ρυθμό, αφού αυτή παρουσιάζει μεταβολές της τάξης του 0.2°C. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή είναι περίπου σταθερές χωρίς μεγάλες μεταβολές και διακυμάνσεις.
- Οι διαφορές αυτές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της πίεσης και της υγρασίας που παρατηρούνται είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Γενικά για την απόσταση των 49 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 σε σταθερό φωτισμό, ισχύει:

- Δεν επηρεάζονται οι μετρήσεις σχεδόν καθόλου από καμία παράμετρο (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, φωτισμός), αφού παραμένουν σχεδόν σταθερές αλλά εξαρτώνται από την ακρίβεια και την αξιοπιστία του ίδιου του χωροβάτη.
- Οι μεταβολές του DNA 03 είναι σχετικά σταθερές και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ακρίβεια του χωροβάτη, στις σταδίες Invar αλλά και στην απόσταση μέτρησης.
- Ενώ, για τον NA 3003, οι μεταβολές είναι μεγάλες και έντονες και αυτό οφείλεται στις δυνατότητες του χωροβάτη, αλλά και στην αρκετά μεγάλη απόσταση μέτρησης.
- Όπως ειπώθηκε και πριν τα σφάλματα και οι διαφορές αυξάνονται σε σχέση με την απόσταση των 5 m, 9 m, 16 m, 25 m και 34 m λόγω της αύξησης της απόστασης μέτρησης με τις διαφορές να είναι αρκετά μεγαλύτερες αυτή τη φορά διότι αυξάνεται αρκετά η απόσταση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη και την αλλαγή της συμπεριφοράς του.

Συνοψίζοντας για το πείραμα των 49 m με σταθερό φωτισμό σε εσωτερικές σταθερές συνθήκες διαπιστώνεται ότι οι δύο χωροβάτες επιδεικνύουν «χειρότερη» συμπεριφορά με μεγάλα σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής και έντονες μεταβολές στις μετρήσεις τους. Ακόμα τα σφάλματα αυτά επηρεάζονται κυρίως από την ακρίβεια κάθε χωροβάτη και από την απόσταση της σκόπευσης η οποία στην περίπτωση αυτή μεγαλώνει σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Επίσης παρατηρήθηκε ότι μειώνεται η απόδοση των δύο χωροβατών σε σχέση με την απόσταση των 5, 9, 16 και 25 m, συνεπώς οι δυο χωροβάτες έχουν κάπως «χειρότερη» συμπεριφορά και απόδοση σε σχέση με πριν. Για τον χωροβάτη NA 3003 σε σχέση με την απόσταση των 34 m η απόδοσή του παρέμεινε σχεδόν ίδια ή και λίγο καλύτερη αλλά αυτό οφείλεται στη δυσκολία λήψης μέτρησης στην απόσταση των 34 m, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Από την απόσταση αυτή και μετά τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές αυξάνονται σημαντικά όσο αυξάνεται η απόσταση μέτρησης, δείχνοντας έτσι τη μείωση στην απόδοση των δύο χωροβατών με την αύξηση της απόστασης μέτρησης.

3.8.2 Διαχεόμενος φωτισμός

Στη συγκεκριμένη απόσταση δεν ήταν δυνατόν να μετρήσει με το διαχεόμενο φωτισμό και ο χωροβάτης DNA 03 (εκτός του NA 3003 που είχε σταματήσει από την προηγούμενη απόσταση) και αυτό διότι οι απόσταση σε σχέση με τις συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού καθιστούσε τη μέτρηση αδύνατη.

3.8.3 Κάθετος φωτισμός

Στην συγκεκριμένη απόσταση ισχύει ότι και στην απόσταση των 25 m και 34 m, δηλαδή κανένας από τους δύο χωροβάτες δεν κατάφερε να λάβει μέτρηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ

4.1 Γενικά

Προκειμένου να ελεγχθεί η συμπεριφορά των χωροβατών αλλά και του συστήματος χωροβάτη-σταδία σε συνθήκες μεταβαλλόμενες και φυσικές, το πείραμα αυτό έγινε σε εξωτερικό χώρο, στην ταράτσα του κτηρίου Λαμπαδαρίου της σχολής ATM. Οι δύο χωροβάτες (DNA 03 και NA 3003) θα ελεγχθούν στη φάση αυτή για την επαναληψιμότητα (τυπική απόκλιση μιας απλής μέτρησης) που παρουσιάζουν στις φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος, δηλαδή σε πραγματικές συνθήκες μέτρησης στο ύπαιθρο. Ακόμα θα ελεγχθεί η συμπεριφορά τους υπό την επίδραση των καιρικών συνθηκών, κυρίως της θερμοκρασίας αλλά και της υγρασίας και της πίεσης, δηλαδή και για την καμπύλωση που προκαλείται στην οπτική ακτίνα των χωροβατών κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Τέλος θα εξακριβωθεί αν και κατά πόσο επηρεάζει ο φωτισμός, η έντασή του και η γωνία πρόσπτωσης, τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Η διαδικασία αυτή των ελέγχων, περιελάμβανε μετρήσεις σε διάφορες αποστάσεις μεταξύ σταδίας και χωροβάτη οι οποίες είναι: 5 m, 9 m, 16 m, 25 m, 34 m, 50 m και 70 m. Η διαδικασία των μετρήσεων διαρκούσε σχεδόν από το πρωί έως ότου να δύσει ο ήλιος εκτός από μερικές περιπτώσεις που δεν το επέτρεπαν οι συνθήκες που επικρατούσαν την ώρα αυτή. Το βήμα των μετρήσεων ήταν ανά 5 λεπτά της ώρας από την ώρα εκκίνησης μέχρι και την ώρα λήξης. Στο βήμα αυτό και τις ώρες αυτές με τους δύο χωροβάτες λαμβανόταν οι αναγνώσεις στη σταδία Invar που είχε τοποθετηθεί κάθε φορά στην κατάλληλη απόσταση.

Με τη βοήθεια του θερμομέτρου (AT Meteostation) μετρούνταν η θερμοκρασία, η υγρασία και η πίεση στο χώρο που βρισκόταν οι δύο χωροβάτες. Χρησιμοποιήθηκε μόνο ο ένας εξωτερικός αισθητήρας (από τους δύο που διαθέτει το όργανο) που μετρούσε τις ατμοσφαιρικές συνθήκες στο χώρο λειτουργίας των δύο χωροβατών. Ο εξωτερικός αισθητήρας τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με κάποιο αντικείμενο αλλά να λαμβάνει τις συνθήκες του περιβάλλοντα χώρου και φυσικά κοντά στους δύο χωροβάτες, όπως

φαίνεται και στην επόμενη εικόνα. Κάθε φορά που γινόταν ένα πείραμα προγραμματιζόταν, όπως αναφέρθηκε πριν, την ίδια στιγμή για τη λήψη των μετρήσεων και μετά το πέρας των μετρήσεων γίνεται η αποθήκευση των δεδομένων.

Με ένα δεύτερο θερμόμετρο (Tinytag plus 2) μετρούνταν επίσης και η θερμοκρασία και υγρασία στο χώρο της σταδίας και στο ύψος σκόπευσης των χωροβατών. Επίσης προγραμματιζόνταν από του υπεύθυνους του πειράματος μέσω του λογισμικού του η ημερομηνία και η ώρα λήψης καθώς και το διάστημα καταγραφής των μετρήσεων, από την προηγούμενη μέρα κάθε φορά για το Tinytag plus 2. Εν συνεχεία με τη βοήθεια του εν λόγω λογισμικού, μετά το τέλος των μετρήσεων κάθε ημέρας, αφού συνδεόταν ξανά το όργανο στον υπολογιστή λαμβάνονταν και αποθηκεύονταν τα δεδομένα σε αυτόν και σβήνονταν τα δεδομένα από το όργανο και στη συνέχεια προγραμματιζόνταν για την επόμενη ημέρα.

Τέλος με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού φωτομέτρου (HD450) λαμβάνονταν την ίδια χρονική στιγμή οι αναγνώσεις της έντασης του φωτός που προσέπιπτε πάνω στη σταδία και στο ύψος όπου στόχευαν οι δύο χωροβάτες. Τα όργανα αυτά που μόλις αναφέρθηκαν και οι δύο χωροβάτες ήταν συνδεδεμένοι με έναν υπολογιστή και κατέγραφαν μέσω αυτού τις απαραίτητες μετρήσεις. χρησιμοποιήθηκε μόνο ο εξωτερικός αισθητήρας που μετρούσε την ένταση του φωτός σε συγκεκριμένο σημείο. Επίσης γινόταν μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού προγραμματισμός επί τόπου για την ώρα και ημερομηνία των μετρήσεων, το βήμα και τη διάρκεια των μετρήσεων και μετά το πέρας αυτών γινόταν αμέσως η αποθήκευση των δεδομένων στον υπολογιστή.

Η σταδία που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα αυτό ήταν η GPCL3 της Leica με μήκος 3 m.

Η φορά μέτρησης, η σκοπευτική γραμμή των χωροβατών ήταν από νοτιοανατολικά προς βορειοδυτικά. Αμέσως μετά το πέρας της διαδικασίας μετρήσεων, υπήρξε η κατάλληλη διαδικασία επεξεργασίας αυτών.

4.2 Συνδεσμολογία

Όσον αφορά τα πειράματα που έλαβαν χώρα σε εξωτερικό χώρο, στην ταράτσα του κτηρίου Λαμπαδαρίου της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων μηχανικών, η συνδεσμολογία ήταν ως εξής:

Τοποθετήθηκε ο ψηφιακός χωροβάτης DNA 03 και ο ψηφιακός χωροβάτης NA 3003 πάνω σε δύο τρίποδες Βιομηχανικής Γεωδαισίας οι οποίοι είναι πάρα πολύ σταθεροί (εικόνα 4.1). Αφού οριζοντιώθηκαν κατά τα γνωστά οι δύο χωροβάτες ήταν έτοιμοι για μέτρηση. Πίσω τους τοποθετήθηκε ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής πάνω σε ένα γραφείο που τοποθετήθηκε εκεί, με τον οποίο κάθε χωροβάτης συνδεόταν μέσω ενός ειδικού καλωδίου USB για την απευθείας καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσεων στον υπολογιστή μέσω του λογισμικού που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

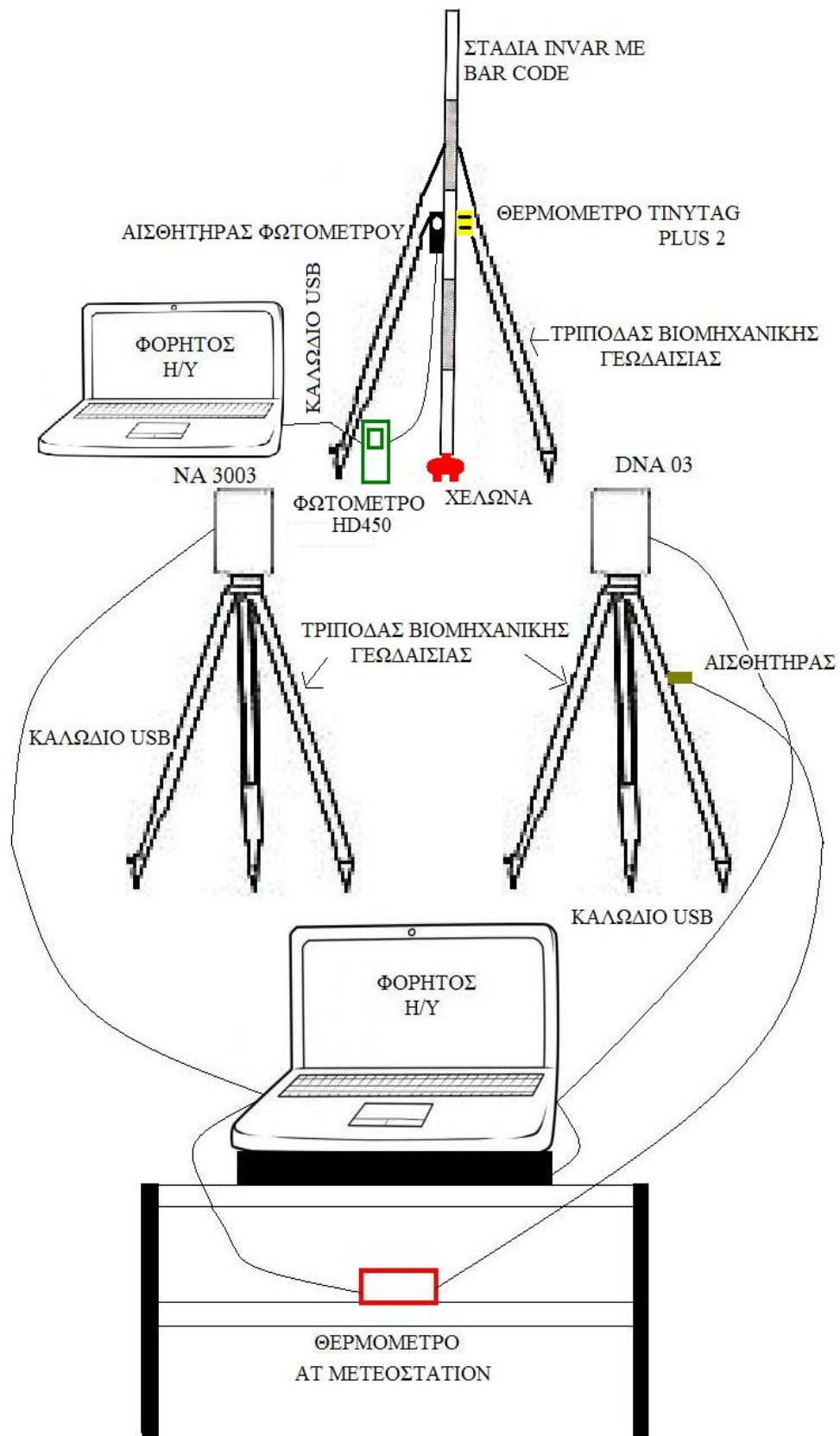
Επίσης στον υπολογιστή συνδεόταν, πάλι μέσω ενός καλωδίου USB, και το θερμόμετρο AT Meteostation για την καταγραφή της υγρασίας, της θερμοκρασίας και της πίεσης απευθείας στον υπολογιστή μέσω του λογισμικού του θερμομέτρου. Το θερμόμετρο τοποθετήθηκε πάνω στο γραφείο και ο ένας αισθητήρας του που λάμβανε τις μετρήσεις τοποθετήθηκε δίπλα εκεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην ακουμπάει σε κάποιο αντικείμενο αλλά να είναι ελεύθερο στον αέρα (είτε πάνω σε κάποιο από τους τρίποδες είτε κρεμασμένο σε κάποιο κάγκελο που υπήρχε εκεί. Ο υπολογιστής για την καλύτερη λειτουργία του τοποθετήθηκε πάνω σε μια βάση εξαερισμού ενώ τροφοδοτούνταν μέσω του τροφοδοτικού του με ρεύμα από μια πρίζα που βρισκόταν στο χώρο. Στη συνέχεια τοποθετούνταν η σταδία πάνω σε μια βαριά χωροσταθμική βάση (χελώνα) όπως ειπώθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η σταδία κάθε φορά τοποθετούνταν σε κατάλληλη απόσταση για τις μετρήσεις αφού είχε προηγουμένως κατακορυφωθεί. Για την καλύτερη στήριξη της σταδίας χρησιμοποιήθηκε ένας τρίποδας Βιομηχανικής Γεωδαισίας πίσω από αυτήν και αφού είχε κατακορυφωθεί σωστά, τότε δένονταν με τη βοήθεια μια κολλητικής ταινίας πάνω στο τρίποδα αυτό. Επίσης πάνω στη σταδία και στη μια πλευρά της στο πλάι, για την καταγραφή της θερμοκρασίας και τις υγρασίας στο χώρο αυτό τοποθετούνταν με τη βοήθεια κολλητικής ταινίας το θερμόμετρο Tinytag plus 2 (εικόνα 2.18). Ακόμα δίπλα στον τρίποδα που έφερε τη σταδία τοποθετήθηκε ένας μικρότερος φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής που συνδεόταν μέσω ενός καλωδίου USB με το φωτόμετρο HD450 για τη συνεχή καταγραφή του φυσικού – ηλιακού φωτός μέσω του λογισμικού του οργάνου αυτού. Ο αισθητήρας των φωτόμετρου αυτού τοποθετούνταν με τη βοήθεια

κολλητικής ταινίας πάνω στη σταδία, στη μια πλευρά της από το πλάι, περίπου στο ύψος που στόχευαν οι δύο χωροβάτες (εικόνα 2.22). Για την λειτουργία των δύο υπολογιστών χρησιμοποιούνταν 2 ή και τρεις μπαλαντέζες (ανάλογα με τις αποστάσεις από την κοντινότερη πρίζα) ώστε να τροφοδοτούνται αυτοί με ρεύμα. Για την πιο γρήγορη και καλύτερη εκτέλεση του πειράματος υπήρχαν τοποθετημένοι οι φορτιστές των μπαταριών των δύο χωροβατών στις πρίζες για να φορτίζουν συνεχώς τις άδειες μπαταρίες, μέσα σε ένα μικρό δωμάτιο που βρισκόταν στον περιβάλλοντα χώρο της ταράτσας, όπου έλαβε χώρα το πείραμα.



Εικόνα 4.1: Αριστερά φαίνονται , η τοποθέτηση των δυο χωροβατών και του ενός θερμομέτρου και η συνδεσμολογία τους με τον υπολογιστή, ενώ δεξιά φαίνονται η σταδία με τη στήριξή της, ο μικρότερος υπολογιστής το θερμοόμετρο και το φωτόμετρο και η συνδεσμολογία τους.

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται σχηματικά (σχήμα 4.1) η περιγραφή της συνδεσμολογίας που μόλις αναφέρθηκε όσον αφορά το πείραμα σε εξωτερικό χώρο, στην ταράτσα του κτηρίου Λαμπαδαρίου της Σχολής ΑΤΜ.



Σχήμα 4.1: Σχηματική παρουσίαση της συνδεσμολογίας των οργάνων στο πείραμα εξωτερικού χώρου στην ταράτσα.

Αφού λοιπόν τοποθετούνταν όλα τα όργανα στη θέση τους, οι δύο χωροβάτες οριζοντιωνόταν με τη βοήθεια της σφαιρικής αεροστάθμης και του ισοσταθμητή που διαθέτουν, η σταδία τοποθετούνταν στη σωστή και κατακόρυφη θέση και τα όργανα με τα λογισμικά τους ρυθμίζονταν ώστε να είναι έτοιμα για μέτρηση, καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσεων, ξεκινούσε η διαδικασία των μετρήσεων. Δινόταν εντολή ταυτόχρονα σε όλα τα όργανα να ξεκινήσουν τη διαδικασία των μετρήσεων από δύο παρατηρητές. Και στη συνέχεια απλά ο ένας παρατηρητής παρακολουθούσε και έλεγχε την πορεία των μετρήσεων και επέλυε κάθε πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαζόταν, όπως έλλειψη μπαταρίας, διακοπή μετρήσεων και άλλα.

4.3 Απόσταση μέτρησης 5m.

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 5m. Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 11/04/2011 και ημέρα Δευτέρα. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:50:22 και έλαβε τέλος στις 20:25:22 το απόγευμα, όπου και οι δύο χωροβάτες δεν ήταν ικανοί να λάβουν μέτρηση διότι είχε σκοτεινιάσει και δεν υπήρχε σχεδόν καθόλου φωτισμός.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα 19:10:22 – 19:30:22 και 19:45:22 – 19:55:22 δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης DNA 03 διότι ο ήλιος ήταν σχεδόν απέναντί του και σε γωνία 20 grad από την σκοπευτική γραμμή προς αριστερά. Έτσι οι ακτίνες του ηλίου είχαν διεύθυνση αντίθετη στη σκοπευτική γραμμή και για αυτό δεν ήταν δυνατή η λήψη της μέτρησης σε αυτά τα διαστήματα.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα 20:20:22 – 20:25:22 και έπειτα δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης NA 3003 διότι ο ήλιος είχε σχεδόν δύσει και το φως που υπήρχε ήταν πολύ ελάχιστο για τις δυνατότητες του χωροβάτη αυτού.

Παρακάτω στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 5 m.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.21555 m	1.23700 m
Μέγιστη Ανάγνωση	1.21589 m	1.23756 m
Σύνολο μετρήσεων	120	126
Μέσος όρος	1.21580 m	1.23735 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±83.1 μm	±132.9 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±7.6 μm	±11.8 μm
Μέγιστη διαφορά	0.34mm	0.56mm

Πίνακας 4.1: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβάτων για την απόσταση των 5 m.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά διαπιστώνεται ότι ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.

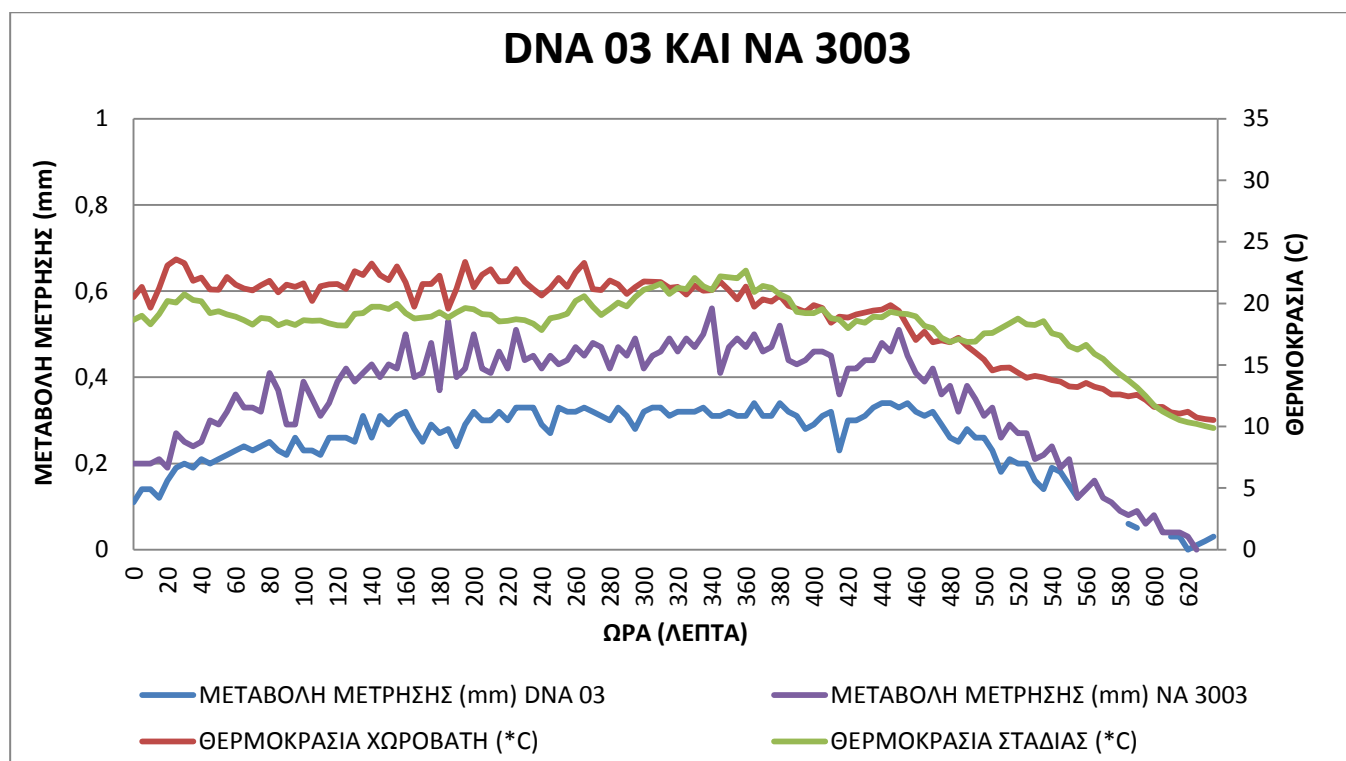
Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας (τόσο του χωροβάτη, όσο και της σταδίας) και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Από το διάγραμμα παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης τόσο για τη θερμοκρασία του χωροβάτη όσο και για τη θερμοκρασία της σταδίας. Φαίνεται επίσης ότι ακολουθούν μια όμοια μορφής καμπύλης οι θερμοκρασίες με τις μεταβολές των μετρήσεων και για τους δύο χωροβάτες. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή όταν μειώνονται οι θερμοκρασίες, μειώνονται και οι μεταβολές των μετρήσεων από την μικρότερη τιμή, μειώνονται δηλαδή και οι τιμές των μετρήσεων γενικά.

Οι δύο θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους και η μέγιστη διαφορά αυτών παρουσιάζεται κατά τις βραδινές ώρες λόγω του ότι στους χωροβάτες έπεφτε ο ήλιος ενώ στη σταδία από την μεριά του κώδικα, όχι. Αλλά και πάλι οι διαφορές αυτές είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Ακόμα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 σημειώνεται κατά τις απογευματινές ώρες, περίπου στις 17:10.

Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις βραδινές ώρες και συγκεκριμένα στις 20:10.

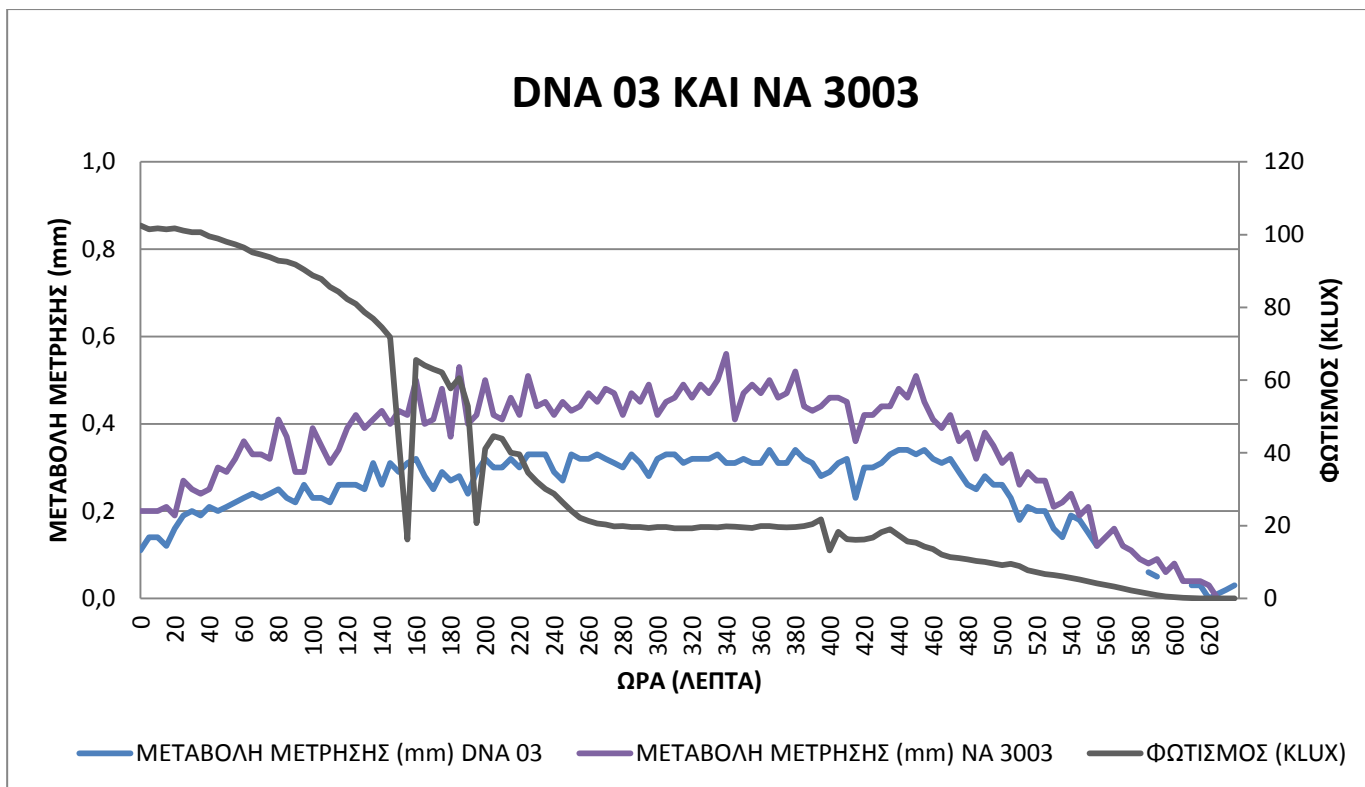


Διάγραμμα 4.1: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m).

Επίσης παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη NA 3003 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές προς απογευματινές ώρες, περίπου στις 15:30. Ενώ η μικρότερη τιμή σημειώνεται τις βραδινές ώρες και συγκεκριμένα στις 20:15, όπου ήταν και η τελευταία μέτρηση που κατάφερε να πάρει ο χωροβάτης αυτός, λόγω της μείωσης του φωτισμού και τον ερχομό της νύχτας.

Όσον αφορά το φωτισμό παρατηρείται ότι αυτός ακολουθεί μια μορφή πολυωνμική 6^{ου} βαθμού με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής. Η εξίσωση αυτή είναι:

$$y=3 \cdot 10^{-10} \cdot x^6 - 6 \cdot 10^{-10} \cdot x^5 - 2 \cdot 10^{-5} \cdot x^4 + 3.4 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 - 0.1937 \cdot x^2 + 2.3064 \cdot x + 95.13$$



Διάγραμμα 4.2: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 5m).

Παρατηρείται ότι ο φωτισμός σε κάποια σημεία μειώνεται απότομα προφανώς λόγω συννεφιάς ή άλλων παραγόντων που εμποδίζουν το πλούσιο ηλιακό φως. Η ένταση του φωτισμού αρχικά αυξάνεται λίγο και μετά όσο περνάει η μέρα και ο ήλιος πηγαίνει από πάνω και προς τα πίσω από τη σταδία, η ένταση του φωτός μειώνεται όπως είναι φυσιολογικό, ενώ καθώς φτάνουν οι βραδινές ώρες τότε το φως μειώνεται έως ότου η έντασή του μηδενιστεί τελείως το βράδυ. Λόγω της μικρής απόστασης οι απότομες αυτές μεταβολές στην ένταση του φωτός δεν επηρεάζουν σημαντικά τη διαδικασία και τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Ένα σημαντικό στοιχείο που παρατηρείται είναι ότι τις βραδινές ώρες, όπου η ένταση του φωτός μειώνεται αισθητά, οι μετρήσεις αρχίζουν να παίρνουν τις μικρότερες τιμές τους και οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή τείνουν να μηδενιστούν. Αυτό ισχύει και για τους δύο χωροβάτες. Άρα στη συγκεκριμένη απόσταση μπορεί να μην επηρεάζει αισθητά ο φωτισμός, όμως οι πολύ χαμηλές τιμές του στις βραδινές ώρες επηρεάζουν τις μετρήσεις, οι οποίες και μειώνονται αρκετά σε σχέση με τις προηγούμενες ώρες.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 αλλά και του NA 3003 παρουσιάζει μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 4.1 και 4.2.
- Η συνάρτηση για τον DNA 03 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y=2.531 \cdot 10^{-6} \cdot X^2+1.453 \cdot 10^{-3} \cdot X+0.1253$ με πολύ καλό συντελεστή $R^2=0.872$ (όσο πιο κοντά στο 1, τόσο καλύτερα προσαρμόζεται η εν λόγω εξίσωση στα σημεία της καμπύλης) και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 0.030$ mm.
- Η συνάρτηση για τον NA 3003 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y=-3.98 \cdot 10^{-6} \cdot X^2+2.24 \cdot 10^{-3} \cdot X+0.1744$ με πολύ καλό συντελεστή $R^2=0.9066$ (όσο πιο κοντά στο 1, τόσο καλύτερα προσαρμόζεται η εν λόγω εξίσωση στα σημεία της καμπύλης) και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 0.040$ mm.
- Αρχικά οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται και μετά το απόγευμα προς βράδυ μικραίνουν ξανά έως ότου πάρουν στο τέλος τη μικρότερη τιμή. Αυτό ισχύει και για τους δύο χωροβάτες.
- Ακόμα παρατηρείται ότι αυτές οι μεταβολές στο χωροβάτη NA 3003 είναι σχετικά πιο απότομες από ότι στο χωροβάτη DNA 03.

Γενικά λοιπόν μπορεί να διαπιστωθεί για την απόσταση των 5 m και τον χωροβάτη DNA 03 αλλά και τον χωροβάτη NA 3003 ότι:

- Επηρεάζει τις μετρήσεις τόσο η θερμοκρασία (χωροβάτη και σταδίας), δηλαδή η διάθλαση λόγω της θερμοκρασίας και των συνθηκών περιβάλλοντος, αφού ακολουθούν περίπου την ίδια καμπύλη και μειώνονται ή αυξάνονται συγχρόνως και οι μετρήσεις και οι θερμοκρασίες
- Επηρεάζει τις μετρήσεις και ο φωτισμός, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες, όπου μειώνεται αρκετά και έτσι μειώνονται και οι τιμές των μετρήσεων.
- Τέλος παρατηρείται, ότι τη μέγιστη τιμή τη λαμβάνουν οι χωροβάτες κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου είναι μέγιστες και οι θερμοκρασίες και πολύ υψηλή η ένταση του φωτισμού, ενώ τις ελάχιστες τιμές τις λαμβάνουν κατά τις βραδινές ώρες όπου είναι ελάχιστες οι θερμοκρασίες και σχεδόν μηδενικός ο φωτισμός.

Συνοψίζοντας διαπιστώνεται ότι και οι δύο χωροβάτες του πειράματος εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά επηρεαζόμενοι τόσο από τη διάθλαση λόγω θερμοκρασίας όσο και από το φωτισμό ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες.

4.4 Απόσταση μέτρησης 9m.

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 9m. Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 10/04/2011 και ημέρα Κυριακή. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:39:40 και έλαβε τέλος στις 20:24:40 το απόγευμα, όπου και οι δύο χωροβάτες δεν ήταν ικανοί να λάβουν μέτρηση διότι είχε σκοτεινιάσει και δεν υπήρχε σχεδόν καθόλου φωτισμός.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα 19:19:40 – 19:24:40 δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης DNA 03 διότι ο ήλιος ήταν σχεδόν απέναντί του και σε γωνία 20 grad από την σκοπευτική γραμμή προς αριστερά. Έτσι οι ακτίνες του ηλίου είχαν διεύθυνση αντίθετη στη σκοπευτική γραμμή για αυτό δεν ήταν δυνατή η λήψη της μέτρησης σε αυτά τα διαστήματα.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα 20:19:40 – 20:24:40 και έπειτα δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης NA 3003 διότι ο ήλιος είχε σχεδόν δύσει και το φως που υπήρχε ήταν πολύ ελάχιστο για τις δυνατότητες του χωροβάτη αυτού.

Παρακάτω στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 9 m.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003. Επίσης όσον αφορά το χωροβάτη DNA 03 παρατηρείται ότι τα μεγέθη στα σφάλματα των τυπικών αποκλίσεων αλλά και της μέγιστης διαφοράς παραμένουν σε ίδια επίπεδα με αυτά που παρουσιάστηκαν και στην απόσταση των 5 m και λίγο μικρότερα.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.27851 m	1.28892 m
Μέγιστη Ανάγνωση	1.27886 m	1.28952 m
Σύνολο μετρήσεων	128	128
Μέσος όρος	1.27872 m	1.28929 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±70.9 μm	±159.5 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±6.3 μm	±14.1 μm
Μέγιστη διαφορά	0.35mm	0.60mm

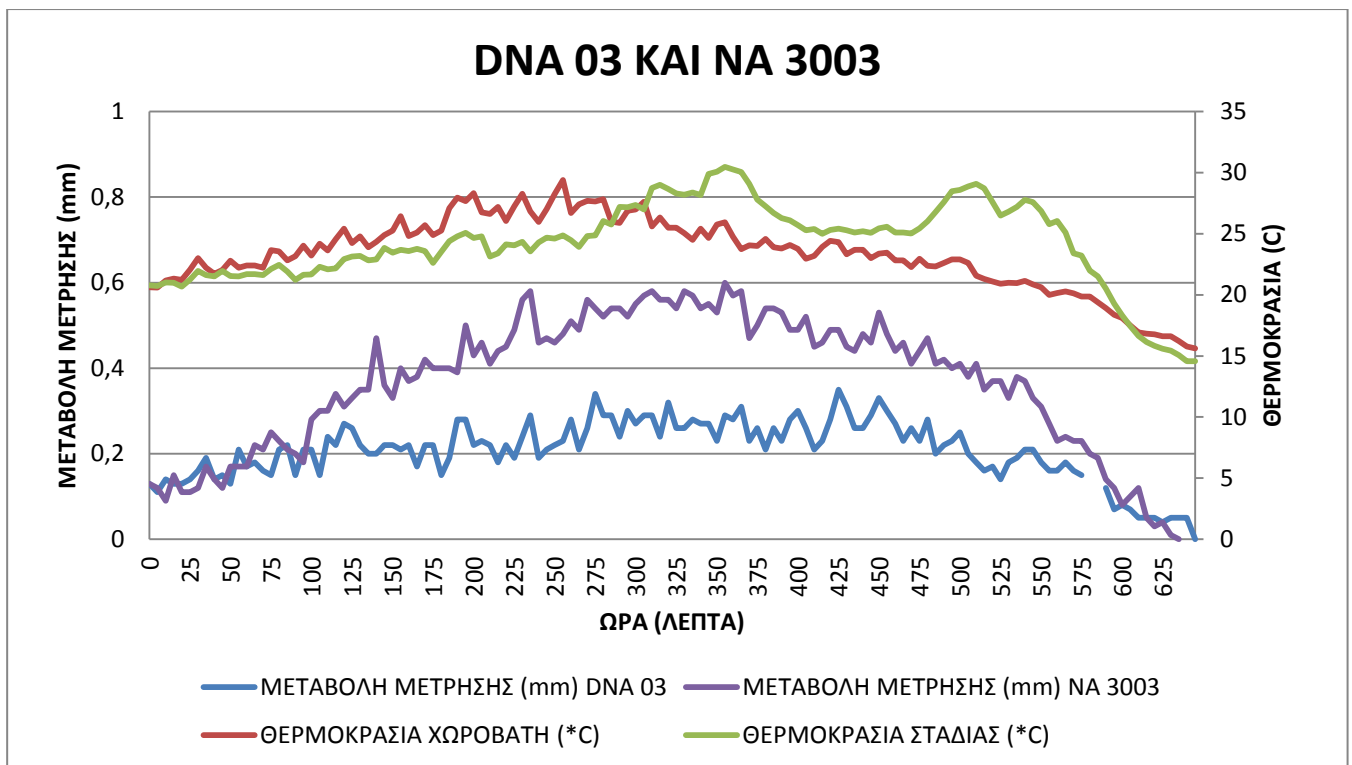
Πίνακας 4.2: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 9 m.

Αυτό συμβαίνει γιατί ο χωροβάτης αυτός έχει την ίδια απόδοση στις δυο αυτές αποστάσεις (5 και 9 m) διότι είναι πάρα πολύ κοντινός. Όσον αφορά τώρα, το χωροβάτη NA 3003 αυτός στην απόσταση των 9 m παρουσιάζει λίγο αυξημένα μεγέθη στα σφάλματα των τυπικών αποκλίσεων αλλά και της μέγιστης διαφοράς αλλά και πάλι είναι σχεδόν τα ίδια επίπεδα με μικρές διαφορές.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας (τόσο του χωροβάτη, όσο και της σταδίας) και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης τόσο για τη θερμοκρασία του χωροβάτη όσο και για τη θερμοκρασία της σταδίας. Φαίνεται επίσης ότι ακολουθούν μια όμοια μορφής καμπύλης οι θερμοκρασίες με τις μεταβολές των μετρήσεων και για τους δύο χωροβάτες. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή όταν μειώνονται οι θερμοκρασίες, μειώνονται και οι μεταβολές των μετρήσεων από την μικρότερη τιμή, μειώνονται δηλαδή και οι τιμές των μετρήσεων γενικά.

Οι δύο θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους και η μέγιστη διαφορά αυτών παρουσιάζεται κατά τις βραδινές ώρες λόγω του ότι στους χωροβάτες έπεφτε ο ήλιος ενώ στη σταδία από την μεριά του κώδικα, όχι. Αλλά και πάλι οι διαφορές αυτές είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.



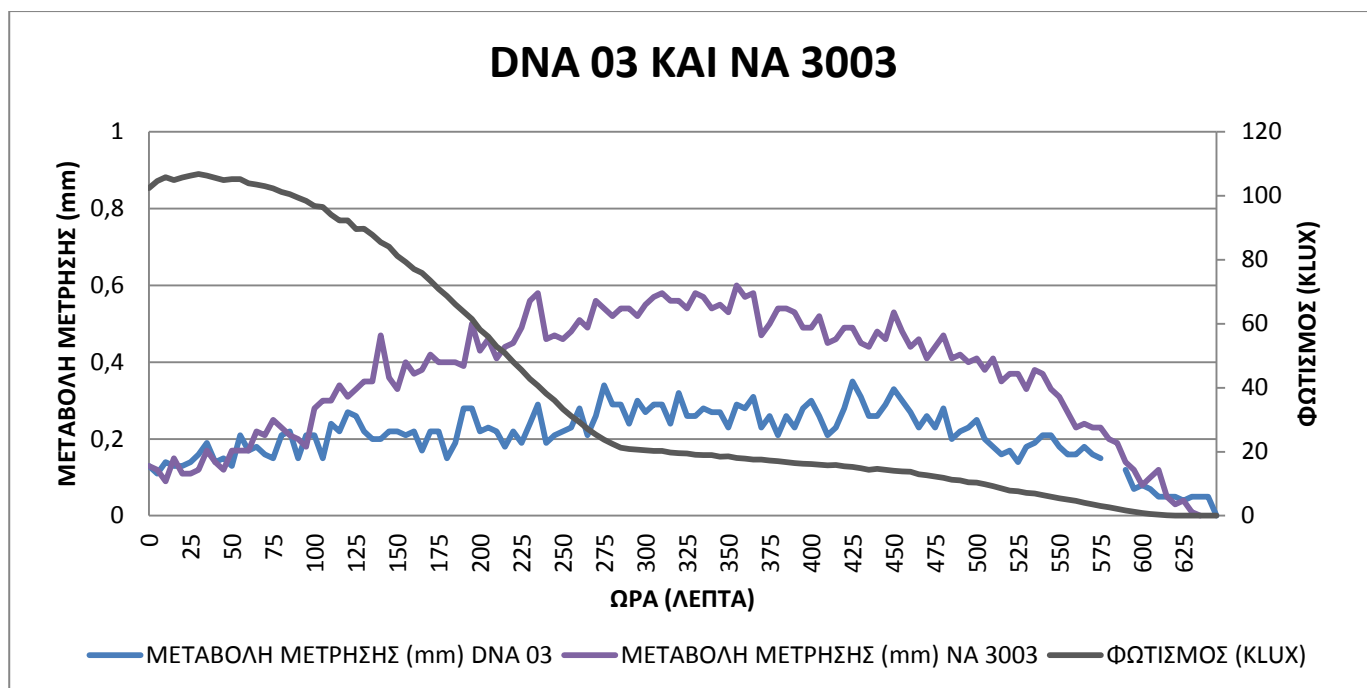
Διάγραμμα 4.3: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m).

Ακόμα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες, περίπου στις 16:44. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις βραδινές ώρες και συγκεκριμένα στις 20:24.

Ενώ παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη ΝΑ 3003 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες, περίπου στις 15:34. Αντίθετα η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις βραδινές ώρες και συγκεκριμένα στις 20:14.

Όσον αφορά το φωτισμό παρατηρείται ότι αυτός ακολουθεί μια μορφή πολυωνμική 6^{ου} βαθμού με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής. Η εξίσωση αυτή είναι:

$$y=1 \cdot 10^{-9} \cdot x^6 - 4 \cdot 10^{-7} \cdot x^5 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot x^4 - 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 - 0.0528 \cdot x^2 + 1.2159 \cdot x + 100.72$$



Διάγραμμα 4.4: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 9m).

Μπορεί να διαπιστωθεί ότι ο φωτισμός μειώνεται ομαλά προχωρώντας από το πρωί έως το βράδυ. Η ένταση του φωτισμού αρχικά αυξάνεται λίγο και μετά όσο περνάει η μέρα και ο ήλιος πηγαίνει από πάνω και προς τα πίσω από τη σταδία η ένταση του φωτός μειώνεται όπως είναι φυσιολογικό, ενώ καθώς φτάνουν οι βραδινές ώρες τότε το φως μειώνεται έως ότου η έντασή του μηδενιστεί τελείως το βράδυ. Ένα σημαντικό στοιχείο που μπορεί κανείς να παρατηρήσει είναι ότι τις βραδινές ώρες, όπου η ένταση του φωτός μειώνεται αισθητά, οι μετρήσεις αρχίζουν να παίρνουν τις μικρότερες τιμές τους και οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή τείνουν να μηδενιστούν. Άρα μπορεί να ειπωθεί ότι στη συγκεκριμένη απόσταση μπορεί να μην επηρεάζει αισθητά ο φωτισμός, όμως οι πολύ χαμηλές τιμές του στις βραδινές ώρες επηρεάζουν τις μετρήσεις, οι οποίες και μειώνονται αρκετά σε σχέση με τις προηγούμενες ώρες.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και του χωροβάτη NA 3003 παρουσιάζει μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως φαίνεται και στο διαγράμματα 4.3 και 4.4.

- Η συνάρτηση αυτή για τον DNA 03 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y = -1.881 \cdot 10^{-6} \cdot X^2 + 1.144 \cdot 10^{-3} \cdot X + 0.09961$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2 = 0.7289$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 0.037$ mm.
- Η συνάρτηση αυτή για τον NA 3003 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y = -5.046 \cdot 10^{-6} \cdot X^2 + 3.24 \cdot 10^{-3} X + 0.0192$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2 = 0.9415$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 0.039$ mm.
- Αρχικά οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται και μετά το απόγευμα προς βράδυ μικραίνουν ξανά έως ότου πάρει στο τέλος τη μικρότερη τιμή.
- Ακόμα παρατηρείται ότι αυτές οι μεταβολές στο χωροβάτη NA 3003 είναι σχετικά πιο απότομες από ότι στο χωροβάτη DNA 03.

Γενικά για την απόσταση των 9 m και τον χωροβάτη DNA 03 και τον χωροβάτη NA 3003 ισχύει:

- Επηρεάζει τις μετρήσεις η θερμοκρασία (χωροβάτη και σταδίας), δηλαδή η διάθλαση λόγω της θερμοκρασίας και των συνθηκών περιβάλλοντος, αφού ακολουθούν περίπου την ίδια καμπύλη και μειώνονται ή αυξάνονται συγχρόνως και οι μετρήσεις και οι θερμοκρασίες
- Επηρεάζει τις μετρήσεις και ο φωτισμός, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες, όπου μειώνεται αρκετά και έτσι μειώνονται και οι τιμές των μετρήσεων.
- Τέλος παρατηρείται όπως και στα 5 m, ότι τη μέγιστη τιμή τη λαμβάνουν οι χωροβάτες κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου είναι μέγιστες και οι θερμοκρασίες και πού υψηλή η ένταση του φωτισμού, ενώ τις ελάχιστες τιμές τις λαμβάνουν κατά τις βραδινές ώρες όπου είναι ελάχιστες οι θερμοκρασίες και σχεδόν μηδενικός ο φωτισμός.

Συνοψίζοντας διαπιστώνεται ότι και οι δύο χωροβάτες του πειράματος εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά επηρεαζόμενοι τόσο από τη διάθλαση λόγω θερμοκρασίας όσο και από το φωτισμό ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες στην απόσταση των 9 m, όπως συνέβαινε και στα 5 m. Ισχύει δηλαδή ακριβώς ότι ίσχυε και στην περίπτωση των 5 m. Πρέπει να σημειωθεί ότι παρουσιάζουν περίπου την ίδια συμπεριφορά με την προηγούμενη απόσταση και όχι μεταξύ τους οι δύο χωροβάτες.

4.5 Απόσταση μέτρησης 16m.

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 16m. Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 09/04/2011 και ημέρα Σάββατο. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:34:56 και έλαβε τέλος στις 20:24:56 το απόγευμα, όπου και οι δύο χωροβάτες δεν ήταν ικανοί να λάβουν μέτρηση διότι είχε σκοτεινιάσει και δεν υπήρχε σχεδόν καθόλου φωτισμός.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα 19:14:56 – 19:44:56 δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης DNA 03 διότι ο ήλιος ήταν σχεδόν απέναντί του και σε γωνία 20 grad από την σκοπευτική γραμμή προς αριστερά. Έτσι οι ακτίνες του ηλίου είχαν διεύθυνση αντίθετη στη σκοπευτική γραμμή και για αυτό δεν ήταν δυνατή η λήψη της μέτρησης σε αυτό το διάστημα.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα 19:44:56 – 19:49:56 δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης NA 3003 διότι ο ήλιος ήταν σχεδόν απέναντί του και σε γωνία 20 grad από την σκοπευτική γραμμή προς αριστερά. Ενώ το διάστημα 20:14:56 – 20:24:56 και έπειτα δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης αυτός διότι ο ήλιος είχε σχεδόν δύσει και το φως που υπήρχε ήταν πολύ ελάχιστο για τις δυνατότητες του χωροβάτη αυτού.

Παρακάτω στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 16 m.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003. Επίσης όσον αφορά το χωροβάτη DNA 03 φαίνεται ότι τα μεγέθη στα σφάλματα των τυπικών αποκλίσεων αλλά και της μέγιστης διαφοράς παραμένουν σε ίδια επίπεδα με αυτά που παρουσιάστηκαν και στην απόσταση των 5 m και 9 m και λίγο μεγαλύτερα. Αυτό συμβαίνει γιατί ο χωροβάτης αυτός έχει την ίδια απόδοση σε αυτές αποστάσεις (5 και 9 και 16 m) διότι είναι πάρα πολύ κοντινές. Όσον αφορά τώρα, το χωροβάτη NA 3003 αυτός στην απόσταση των 9 m παρουσιάζει λίγο αυξημένα μεγέθη στα σφάλματα των τυπικών αποκλίσεων αλλά και της μέγιστης διαφοράς αλλά και πάλι είναι σχεδόν τα ίδια επίπεδα με την

απόσταση των 5 m με μικρές διαφορές αλλά στην απόσταση των 16 m είναι σχετικά μικρότερα τα μεγέθη αυτά αλλά πάλι πολύ κοντά. Αυτό δείχνει ότι ο χωροβάτης NA 3003 έχει σχεδόν την ίδια απόδοση σε αυτές αποστάσεις (5 και 9 και 16 m) διότι είναι πάρα πολύ κοντινές.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.24673 m	1.27200 m
Μέγιστη Ανάγνωση	1.24707 m	1.27259 m
Σύνολο μετρήσεων	124	126
Μέσος όρος	1.24690 m	1.27236 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±73.8 μm	±131.2 μm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±6.6 μm	±11.6 μm
Μέγιστη διαφορά	0.34mm	0.59mm

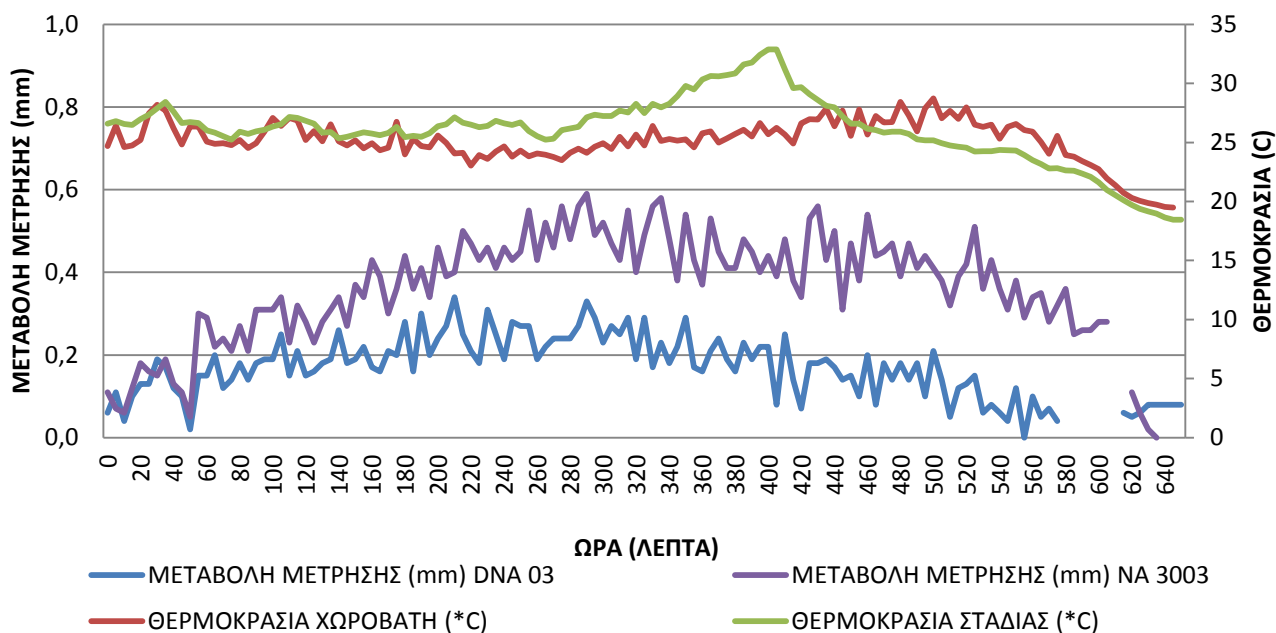
Πίνακας 4.3: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 16 m.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας (τόσο του χωροβάτη, όσο και της σταδίας) και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης τόσο για τη θερμοκρασία του χωροβάτη όσο και για τη θερμοκρασία της σταδίας. Φαίνεται επίσης ότι ακολουθούν μια όμοια μορφής καμπύλης οι θερμοκρασίες με τις μεταβολές των μετρήσεων και για τους δύο χωροβάτες.

Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή όταν μειώνονται οι θερμοκρασίες, μειώνονται και οι μεταβολές των μετρήσεων από την μικρότερη τιμή, μειώνονται δηλαδή και οι τιμές των μετρήσεων γενικά. Οι δύο θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους και η μέγιστη διαφορά αυτών παρουσιάζεται κατά τις βραδινές ώρες λόγω του ότι στου χωροβάτες έπεφτε ο ήλιος ενώ στη σταδία από την μεριά του κώδικα, όχι. Αλλά και πάλι οι διαφορές αυτές είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

DNA 03 ΚΑΙ ΝΑ 3003



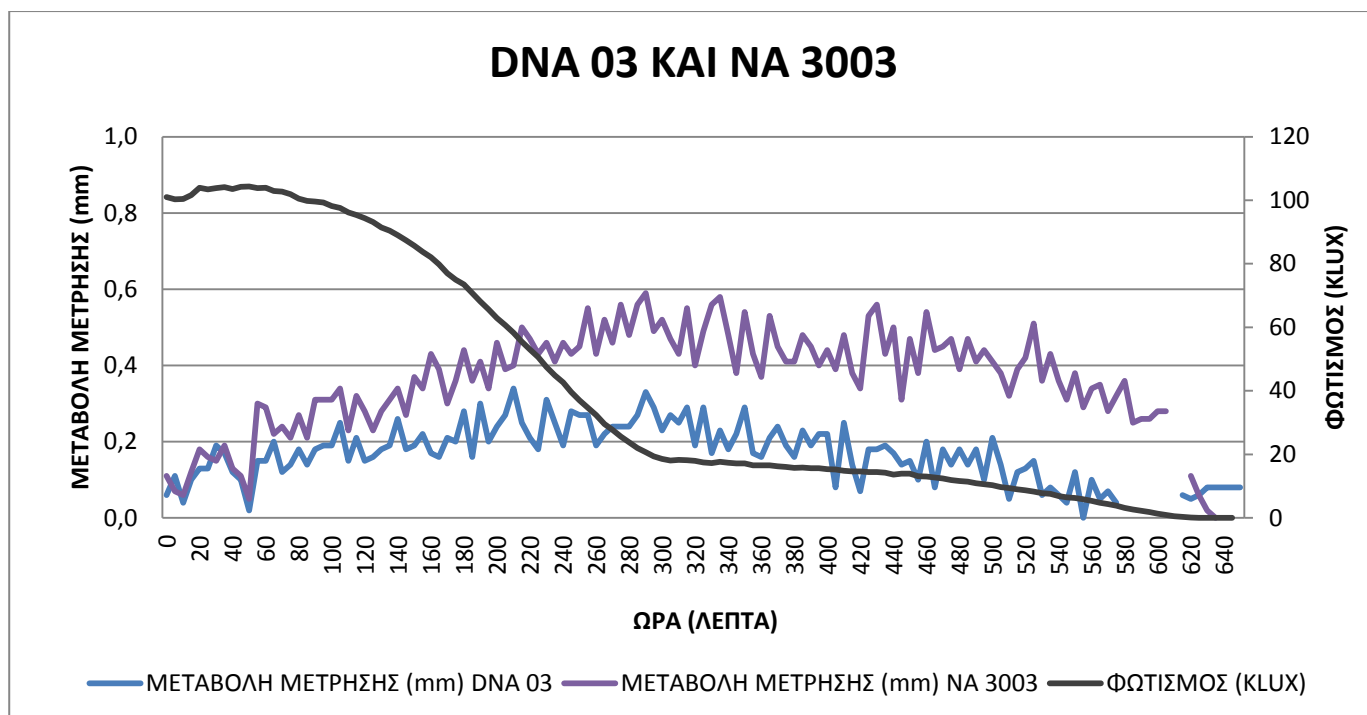
Διάγραμμα 4.5: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m).

Ακόμα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 13:05. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις βραδινές ώρες και συγκεκριμένα στις 18:50.

Τέλος παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη ΝΑ 3003 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 14:25. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις βραδινές ώρες και συγκεκριμένα στις 20:10.

Όσον αφορά το φωτισμό παρατηρείται ότι αυτός ακολουθεί μια μορφή πολυωνμική 6^{ου} βαθμού με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής. Η εξίσωση αυτή είναι:

$$y=2 \cdot 10^{-9} \cdot x^6 - 6 \cdot 10^{-7} \cdot x^5 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot x^4 - 3.6 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 + 0.0171 \cdot x^2 + 0.6655 \cdot x + 98.844$$



Διάγραμμα 4.6: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 16m).

Φαίνεται ότι ο φωτισμός μειώνεται ομαλά προχωρώντας από το πρωί έως το βράδυ. Η ένταση του φωτισμού αρχικά αυξάνεται λίγο και μετά όσο περνάει η μέρα και ο ήλιος πηγαίνει από πάνω και προς τα πίσω από τη σταδία η ένταση του φωτός μειώνεται όπως είναι φυσιολογικό, ενώ καθώς φτάνουν οι βραδινές ώρες τότε το φως μειώνεται έως ότου η έντασή του μηδενιστεί τελείως το βράδυ. Ένα σημαντικό στοιχείο που παρατηρείται είναι ότι τις βραδινές ώρες, όπου η ένταση του φωτός μειώνεται αισθητά, οι μετρήσεις αρχίζουν να παίρνουν τις μικρότερες τιμές τους και οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή τείνουν να μηδενιστούν. Άρα παρατηρείται ότι στη συγκεκριμένη απόσταση μπορεί να μην επηρεάζει αισθητά ο φωτισμός, όμως οι πολύ χαμηλές τιμές του στις βραδινές ώρες επηρεάζουν τις μετρήσεις, οι οποίες και μειώνονται αρκετά σε σχέση με τις προηγούμενες ώρες. Αυτό, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.6 ισχύει και για τους δύο χωροβάτες που εξετάζονται.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και του χωροβάτη ΝΑ 3003 παρουσιάζει μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 4.5 και 4.6.

- Η συνάρτηση αυτή για τον DNA 03 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y=-1.613 \cdot 10^{-6} \cdot X^2+8.845 \cdot 10^{-4} \cdot X+0.1053$ με όχι πολύ καλό όμως συντελεστή $R^2=0.5866$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 0.048$ mm. Αλλά και πάλι, όπως στις προηγούμενες αποστάσεις παρουσιάζει την ίδια περίπου μορφή καμπύλης.
- Η συνάρτηση αυτή για τον NA 3003 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y=-3.737 \cdot 10^{-6} \cdot X^2+2.515 \cdot 10^{-3} \cdot X+0.06624$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2=0.7858$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 0.061$ mm. Αλλά και πάλι, όπως στις προηγούμενες αποστάσεις, αλλά και στους 2 χωροβάτες, παρουσιάζει την ίδια περίπου μορφή καμπύλης.
- Αρχικά οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται και μετά το απόγευμα προς βράδυ μικραίνουν ξανά έως ότου πάρει στο τέλος τη μικρότερη τιμή.
- Ακόμα παρατηρείται ότι αυτές οι μεταβολές στο χωροβάτη NA 3003 είναι σχετικά πιο απότομες από ότι στο χωροβάτη DNA 03.

Γενικά για την απόσταση των 16 m και τον χωροβάτη DNA 03 και των χωροβάτη NA 3003 ισχύει:

- Επηρεάζει τις μετρήσεις η θερμοκρασία (χωροβάτη και σταδίας), δηλαδή η διάθλαση λόγω της θερμοκρασίας και των συνθηκών περιβάλλοντος, αφού ακολουθούν περίπου την ίδια καμπύλη και μειώνονται ή αυξάνονται συγχρόνως και οι μετρήσεις και οι θερμοκρασίες
- Επηρεάζει τις μετρήσεις και ο φωτισμός, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες, όπου μειώνεται αρκετά και έτσι μειώνονται και οι τιμές των μετρήσεων.
- Σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις μπορεί να ειπωθεί ότι υπάρχουν λίγο πιο έντονες μεταβολές μετρήσεων μεταξύ των κοντινών μετρήσεων, όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα, αλλά είναι σχεδόν στα ίδια επίπεδα και οι χωροβάτες έχουν σχεδόν την ίδια συμπεριφορά με τις προηγούμενες περιπτώσεις, όχι όμως και μεταξύ τους.
- Παρατηρείται όπως και στα 5 m και στα 9 m, ότι τη μέγιστη τιμή τη λαμβάνουν οι χωροβάτες κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου είναι μέγιστες και οι θερμοκρασίες και πού υψηλή η ένταση του φωτισμού, ενώ τις ελάχιστες τιμές τις λαμβάνουν κατά τις βραδινές ώρες όπου είναι ελάχιστες οι θερμοκρασίες και σχεδόν μηδενικός ο φωτισμός.

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι και οι δύο χωροβάτες του πειράματος εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά επηρεαζόμενοι τόσο από τη διάθλαση λόγω θερμοκρασίας όσο και από το φωτισμό ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες στην απόσταση των 16 m, όπως συνέβαινε και στις προηγούμενες 2 αποστάσεις (5 και 9 m). Φυσικά πάντα ο χωροβάτης DNA 03 δίνει καλύτερα αποτελέσματα με μικρότερα σφάλματα σε σχέση με τον χωροβάτη NA 3003 και αυτό συμβαίνει διότι ο DNA 03 είναι νεότερης γενιάς. Ισχύει δηλαδή ακριβώς ότι ίσχυε και στην περίπτωση των 5 m, και 9 m.

4.6 Απόσταση μέτρησης 25m.

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 25m. Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 08/04/2011 και ημέρα Παρασκευή. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:39:48 και έλαβε τέλος στις 20:14:48 το απόγευμα, όπου και οι δύο χωροβάτες δεν ήταν ικανοί να λάβουν μέτρηση διότι είχε σκοτεινιάσει και δεν υπήρχε σχεδόν καθόλου φωτισμός.

Για τον χωροβάτη DNA 03 ελήφθησαν όλες οι μετρήσεις χωρίς καμιά παρέμβαση ή διακοπή.

Αντίθετα πρέπει να σημειωθεί ότι το διάστημα 20:09:48 – 20:14:48 και έπειτα δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης αυτός διότι ο ήλιος είχε σχεδόν δύσει και το φως που υπήρχε ήταν πολύ ελάχιστο για τις δυνατότητες του χωροβάτη αυτού.

Παρακάτω στον πίνακα 4.4 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 25 m.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι εδώ, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003.

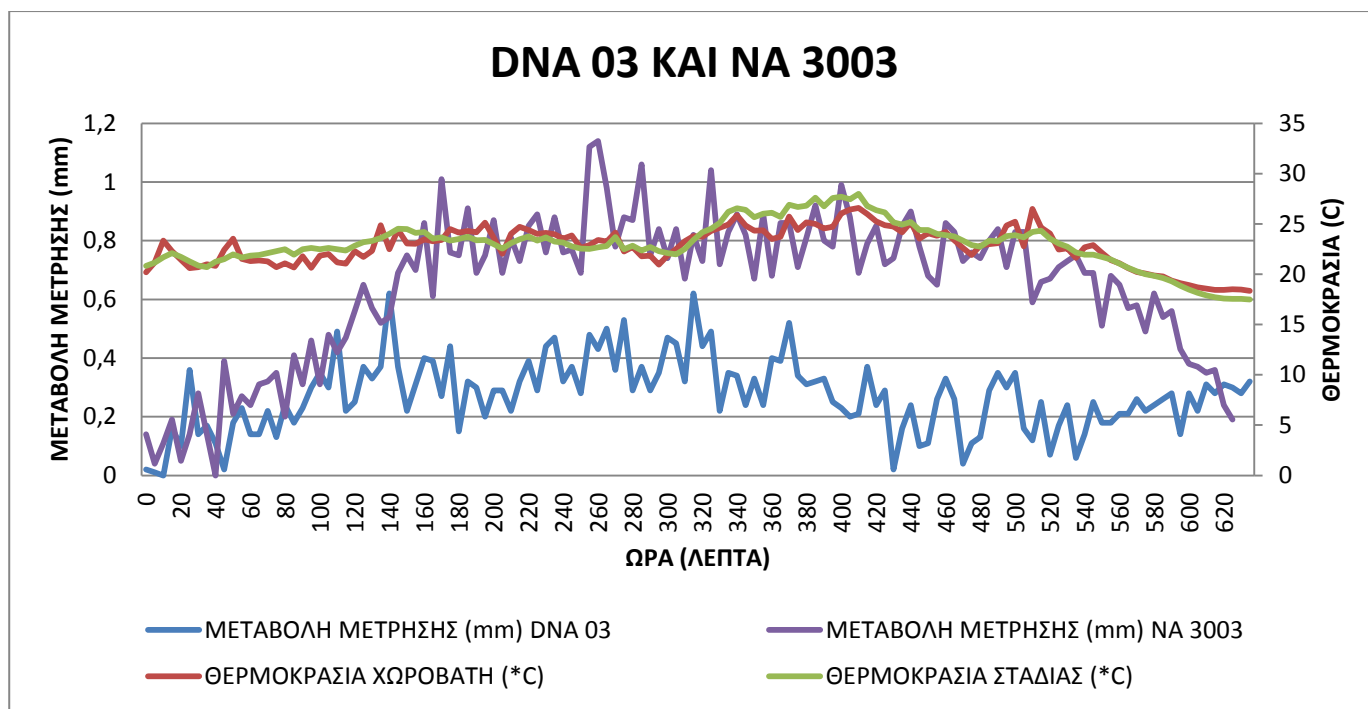
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.22962 m	1.25800 m
Μέγιστη Ανάγνωση	1.23024 m	1.25914 m
Σύνολο μετρήσεων	128	126
Μέσος όρος	1.22989 m	1.25864 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±123.3 μm ή ±0.123 mm	±248.5 μm ή ±0.248 mm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±10.9 μm	±22.1 μm
Μέγιστη διαφορά	0.62 mm	1.14 mm

Πίνακας 4.4: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 25 m.

Σε αντίθεση όμως με τις προηγούμενες περιπτώσεις (αποστάσεις 5m, 9m και 16m), αυτή τη φορά τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά από τη μικρότερη τιμή παρουσιάζουν μια αρκετά μεγάλη και σημαντική αύξηση και για τους δύο χωροβάτες. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση των χωροβατών από την απόσταση αυτή των 25 m και μετά αρχίζει να μειώνεται αισθητά και να δίνει «χειρότερα» αποτελέσματα, ενώ μέχρι και τις αποστάσεις από 5-16 m είχαν περίπου την ίδια συμπεριφορά κάθε φορά.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας (τόσο του χωροβάτη, όσο και της σταδίας) και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης τόσο για τη θερμοκρασία του χωροβάτη όσο και για τη θερμοκρασία της σταδίας. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες, δηλαδή όταν μειώνονται οι θερμοκρασίες, μειώνονται και οι μεταβολές των μετρήσεων από την μικρότερη τιμή, μειώνονται δηλαδή και οι τιμές των μετρήσεων γενικά. Οι δύο θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους παρουσιάζοντας κάποιες μικρές διαφορές σε κάποια σημεία, αλλά και πάλι οι διαφορές αυτές είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη. Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι οι θερμοκρασίες αυξάνονται, μειώνονται μέχρι ένα σημείο και στη συνέχεια αυξάνονται πάλι λίγο, κάτι το οποίο δικαιολογεί και την πορεία του διαγράμματος των μεταβολών των μετρήσεων.



Διάγραμμα 4.7: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m).

Ακόμα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 14:55. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις πρωινές, αυτή τη φορά, ώρες και συγκεκριμένα στις 09:50.

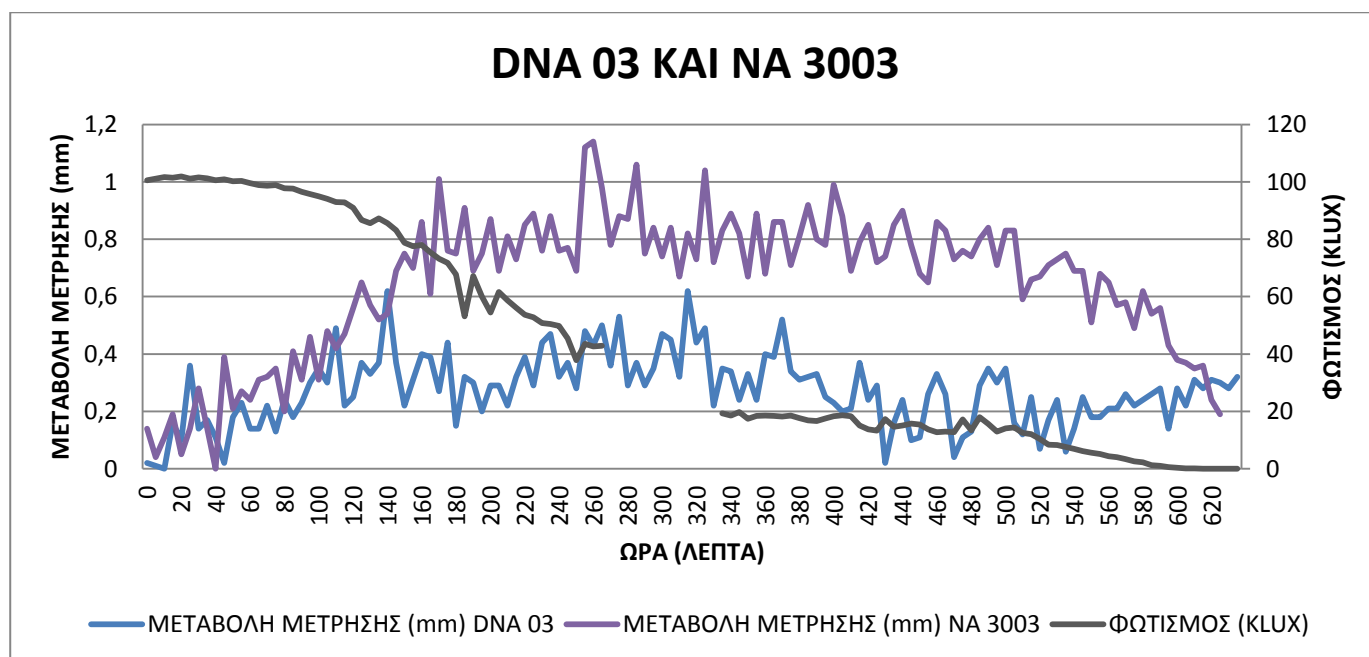
Αντίθετα η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη NA 3003 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 14:00. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις πρωινές, αυτή τη φορά, ώρες και συγκεκριμένα στις 10:20.

Όσον αφορά το φωτισμό παρατηρείται ότι αυτός ακολουθεί μια μορφή πολυωνυμική 6^{ου} βαθμού με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής. Η εξίσωση αυτή είναι:

$$y=1 \cdot 10^{-9} \cdot x^6 - 5 \cdot 10^{-7} \cdot x^5 + 6 \cdot 10^{-5} \cdot x^4 - 2.8 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 + 0.0195 \cdot x^2 + 0.0619 \cdot x + 100.79$$

Φαίνεται ότι ο φωτισμός μειώνεται ομαλά προχωρώντας από το πρωί έως το βράδυ. Η ένταση του φωτισμού αρχικά αυξάνεται λίγο και μετά όσο περνάει η μέρα και ο ήλιος πηγαίνει από πάνω και προς τα πίσω από τη σταδία η ένταση του φωτός μειώνεται όπως είναι φυσιολογικό, ενώ

καθώς φτάνουν οι βραδινές ώρες τότε το φως μειώνεται έως ότου η έντασή του μηδενιστεί τελείως το βράδυ.



Διάγραμμα 4.8: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 25m).

Ένα σημαντικό στοιχείο που μπορεί κανείς να παρατηρήσει είναι ότι τις βραδινές ώρες, όπου η ένταση του φωτός μειώνεται αισθητά, οι μετρήσεις αρχίζουν να παίρνουν τις μικρότερες τιμές τους και οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή τείνουν να μηδενιστούν. Άρα μπορεί να διαπιστωθεί ότι στη συγκεκριμένη απόσταση μπορεί να μην επηρεάζει αισθητά ο φωτισμός, όμως οι πολύ χαμηλές τιμές του στις βραδινές ώρες επηρεάζουν τις μετρήσεις, οι οποίες και μειώνονται αρκετά σε σχέση με τις προηγούμενες ώρες. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι στο διάστημα 14:09:48 – 15:09:48 δεν υπάρχουν μετρήσεις φωτισμού καθώς τελείωσε η μπαταρία του οργάνου και έπρεπε να αντικατασταθεί. Όμως από τις προηγούμενες περιπτώσεις, αλλά και τις επόμενες, όπως θα διαπιστωθεί, το διάγραμμα του φωτισμού ακολουθεί πάντα περίπου ίδια μορφής καμπύλη, οπότε δεν θεωρήθηκε απαραίτητο να γίνει ξανά το πείραμα αυτό.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 δεν παρουσιάζει ακριβώς μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως στα προηγούμενα, αλλά όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.7, τείνει προς αυτήν τη μορφή ικανοποιητικά.
- Η συνάρτηση αυτή για τον DNA 03 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y = -1.894 \cdot 10^{-6} \cdot X^2 + 1.185 \cdot 10^{-3} \cdot X + 0.1523$ με καθόλου όμως καλό συντελεστή $R^2 = 0.2221$ και μεγάλο τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 0.110$ mm.
- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη NA 3003 παρουσιάζει ακριβώς μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως στα προηγούμενα, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.7.
- Η συνάρτηση αυτή για τον NA 3003 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y = -7.035 \cdot 10^{-6} \cdot X^2 + 4.851 \cdot 10^{-3} \cdot X + 0.04832$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2 = 0.8194$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 0.106$ mm.
- Αρχικά οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή και για τους δύο χωροβάτες είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται και μετά το απόγευμα προς βράδυ μικραίνουν ξανά έως ότου αυξηθούν πάλι λίγο και μειωθούν ξανά μέχρι να πάρει στο τέλος τη μικρότερη τιμή. Αλλά και πάλι, όπως στις προηγούμενες αποστάσεις παρουσιάζει την ίδια περίπου μορφή καμπύλης.

Γενικά για την απόσταση των 25 m και τον χωροβάτη DNA 03 και τον χωροβάτη NA 3003, ισχύει:

- Επηρεάζει τις μετρήσεις η θερμοκρασία (χωροβάτη και σταδίας), δηλαδή η διάθλαση λόγω της θερμοκρασίας και των συνθηκών περιβάλλοντος, αφού ακολουθούν περίπου την ίδια καμπύλη και μειώνονται ή αυξάνονται συγχρόνως και οι μετρήσεις και οι θερμοκρασίες
- Επηρεάζει τις μετρήσεις και ο φωτισμός, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες, όπου μειώνεται αρκετά και έτσι μειώνονται και οι τιμές των μετρήσεων.
- Σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις διαπιστώνεται ότι υπάρχουν λίγο πιο έντονες μεταβολές μετρήσεων μεταξύ των κοντινών μετρήσεων, όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα, αλλά αυτή τη φορά δεν είναι στα ίδια επίπεδα και οι χωροβάτες δεν έχουν την ίδια συμπεριφορά με τις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά χειρότερη και με μεγαλύτερα σφάλματα.
- Παρατηρείται όπως και στα 5 m, στα 9 m και στα 16 m, ότι τη μέγιστη τιμή τη λαμβάνουν οι χωροβάτες κατά τις μεσημεριανές

ώρες όπου είναι μέγιστες και οι θερμοκρασίες και πού υψηλή η ένταση του φωτισμού, ενώ τις ελάχιστες τιμές τις λαμβάνουν κατά τις βραδινές ώρες ή στην περίπτωση αυτή (απόσταση 25 m) τις πρωινές ώρες και οι δυο χωροβάτες, όπου είναι ελάχιστες οι θερμοκρασίες.

Συνοψίζοντας διαπιστώνεται ότι και οι δύο χωροβάτες του πειράματος εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά επηρεαζόμενοι τόσο από τη διάθλαση λόγω θερμοκρασίας όσο και από το φωτισμό ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες στην απόσταση των 25 m, όπως συνέβαινε και στις προηγούμενες 3 αποστάσεις (5, 9 και 16 m). Φυσικά πάντα ο χωροβάτης DNA 03 δίνει καλύτερα αποτελέσματα με μικρότερα σφάλματα σε σχέση με τον χωροβάτη NA 3003 και αυτό συμβαίνει διότι ο DNA 03 είναι νεότερης γενιάς. Ισχύει δηλαδή ακριβώς ότι ίσχυε και στην περίπτωση των 5 m, 9 m και των 16 m με τη διαφορά ότι τώρα οι ελάχιστες τιμές των μετρήσεων παρουσιάζονται τις πρωινές ώρες αντί τις βραδινές που ήταν μέχρι τώρα.

4.7 Απόσταση μέτρησης 34m.

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 34m. Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 06/04/2011 και ημέρα Τετάρτη. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:33:41 και έλαβε τέλος στις 17:48:41 το απόγευμα.

Αυτό διότι υπήρχε πάρα πολύ δυνατός αέρας στην περιοχή με αποτέλεσμα την ώρα αυτή να «κουνηθεί», να μετακινηθεί η σταδία από τη θέση της, συνεπώς δεν θα είχε νόημα να υπάρξουν παραπάνω μετρήσεις σε άλλη θέση. Από τα αποτελέσματα τόσο της συγκεκριμένης ημέρας όσο και των υπολοίπων ημερών στα πειράματα θεωρήθηκε σκόπιμο να μην γίνουν άλλες μετρήσεις ή εκ νέου μετρήσεις από την αρχή καθώς τα δεδομένα αυτά είναι επαρκή. Μέχρι εκείνη τη στιγμή όμως ελήφθησαν όλες οι μετρήσεις χωρίς καμιά παρέμβαση ή διακοπή και από τους δύο χωροβάτες, και ο αριθμός των μετρήσεων κρίθηκε ικανοποιητικός.

Παρακάτω στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη

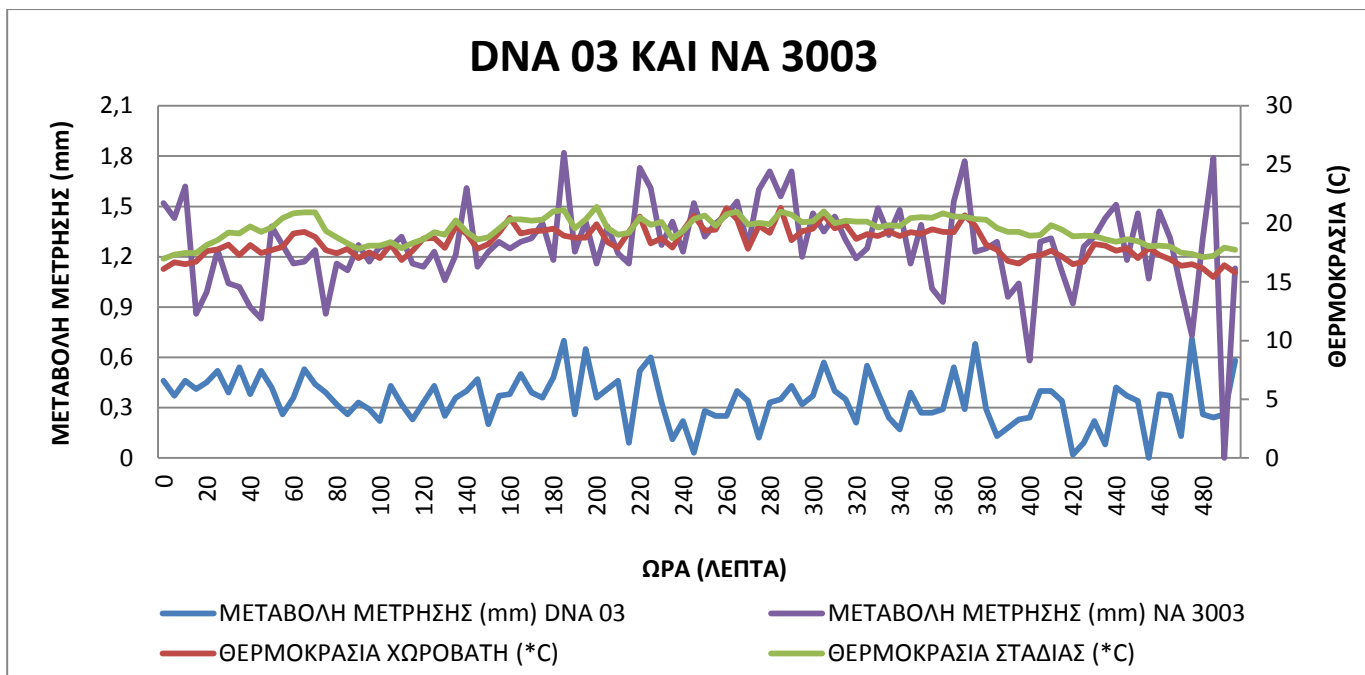
επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 34 m.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.27627 m	1.27129 m
Μέγιστη Ανάγνωση	1.27698 m	1.27311 m
Σύνολο μετρήσεων	100	100
Μέσος όρος	1.27662 m	1.27256 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±145.3 μm ή ±0.145 mm	±262.6 μm ή ±0.262 mm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±14.5 μm	±26.3 μm
Μέγιστη διαφορά	0.71 mm	1.82 mm

Πίνακας 4.5: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 34 m.

Από τα πρώτα στοιχεία παρατηρείται ότι εδώ, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003. Σε αντίθεση όμως με τις προηγούμενες περιπτώσεις (αποστάσεις 5m, 9m και 16m) και σε συνέχεια της προηγούμενης περίπτωσης (απόσταση 25m), αυτή τη φορά τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά από τη μικρότερη τιμή παρουσιάζουν μια αρκετά μεγάλη και σημαντική αύξηση και για τους δύο χωροβάτες. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση των χωροβατών από την απόσταση αυτή των 34 m μειώνεται αισθητά και δίνει «χειρότερα» αποτελέσματα σε σχέση με όλες τις προηγούμενες αποστάσεις.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας (τόσο του χωροβάτη, όσο και της σταδίας) και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

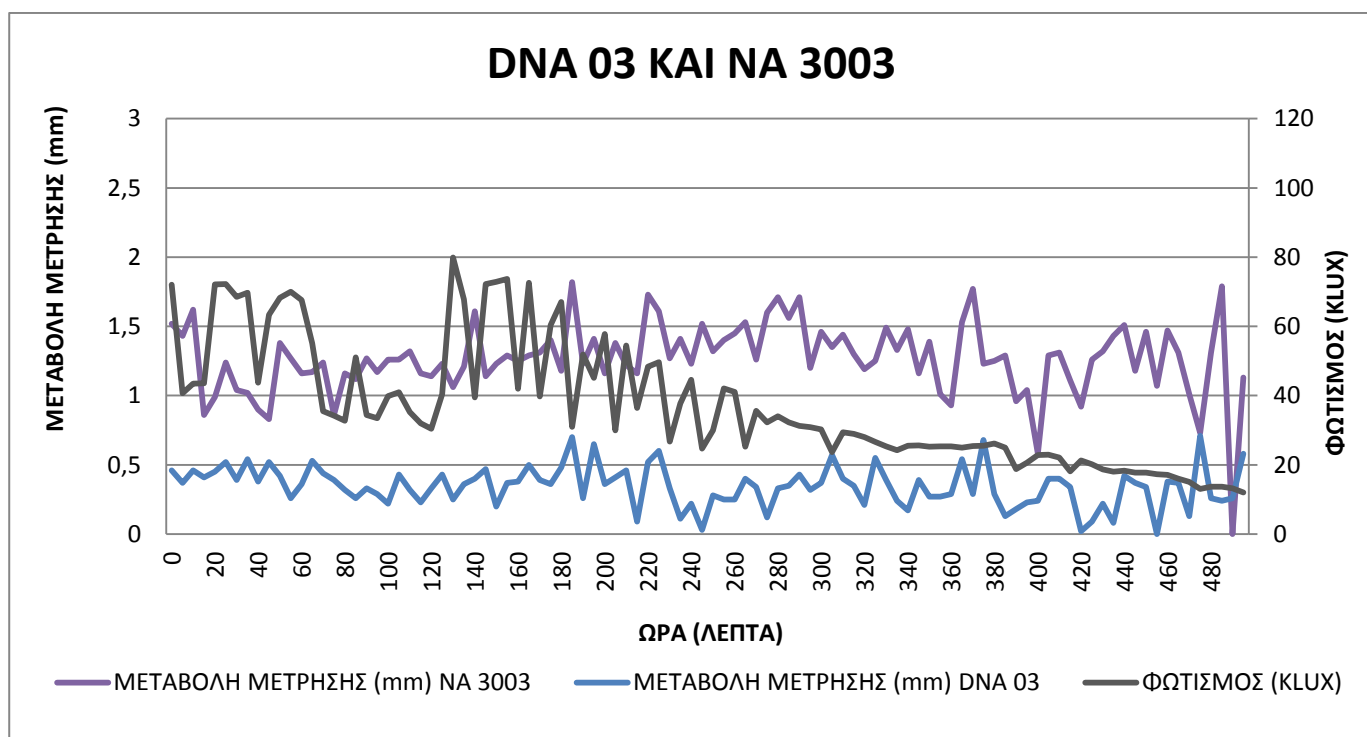


Διάγραμμα 4.9: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 34m).

Όσον αφορά τη σχέση των θερμοκρασιών και των μεταβολών των μετρήσεων παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης με τις προηγούμενες αποστάσεις τόσο για τη θερμοκρασία του χωροβάτη όσο και για τη θερμοκρασία της σταδίας. Αλλά οι αλλαγές αυτή τη φορά στις θερμοκρασίες είναι επίσης πιο έντονες από ότι στις προηγούμενες περιπτώσεις κάτι που δικαιολογεί και τη συμπεριφορά των μετρήσεων. Οι δύο θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους παρουσιάζοντας κάποιες μικρές διαφορές σε κάποια σημεία, αλλά και πάλι οι διαφορές αυτές είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Ακόμα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 12:39 αλλά και τις απογευματινές ώρες, περίπου στις 17:29. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις απογευματινές ώρες και συγκεκριμένα στις 17:09. Από αυτό φαίνεται ότι οι διακυμάνσεις στις μετρήσεις ήταν πολύ έντονες και απότομες καθώς μέσα σε διάστημα 20 λεπτών σημειώθηκε τόσο η μέγιστη, όσο και η ελάχιστη τιμή μέτρησης οι οποίες είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους, της τάξης των 0.7 mm.

Αντίθετα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη NA 3003 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 12:39 αλλά και τις απογευματινές ώρες, περίπου στις 17:39. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις απογευματινές ώρες και συγκεκριμένα στις 17:44. Από αυτό φαίνεται και εδώ ότι οι διακυμάνσεις στις μετρήσεις ήταν πολύ έντονες και απότομες καθώς μέσα σε διάστημα 5 λεπτών σημειώθηκε τόσο η μέγιστη, όσο και η ελάχιστη τιμή μέτρησης οι οποίες είχαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους, της τάξης των 1.8 mm.



Διάγραμμα 4.10: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 34m).

Όσον αφορά το φωτισμό παρατηρείται ότι αυτός, σε αυτή την περίπτωση, δεν ακολουθεί μια μορφή πολυωνυμική 6^{ου} βαθμού. Φαίνεται ότι ο φωτισμός αυξομειώνεται απότομα και πολύ έντονα και ομαλοποιείται η μείωσή του προχωρώντας από το μεσημέρι μετά τις 14:49 έως και το τέλος του πειράματος. Ένα σημαντικό στοιχείο που παρατηρείται επίσης από τα διαγράμματα είναι ότι αυτές οι απότομες αυξομειώσεις του φωτισμού μπορούν να δικαιολογήσουν τις απότομες αντιδράσεις και αυξομειώσεις των μετρήσεων. Σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις, αυτή τη φορά υπάρχει έντονη επιρροή του

φωτισμού στις μετρήσεις καθώς αυτός δεν μειώνεται ομαλά και σταθερά ακολουθώντας συγκεκριμένη καμπύλη αλλά έχει μια ακανόνιστη μορφή, τουλάχιστον στο μεγαλύτερο μέρος του πειράματος. Άρα στη συγκεκριμένη απόσταση μπορεί να επηρεάζει αισθητά ο φωτισμός. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι οι απότομες αλλαγές αυτές του φωτισμού οφείλονται στις κακές καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν εκείνη την ημέρα, στον συννεφιασμένο ουρανό και στις χαμηλές θερμοκρασίες όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα. Δηλαδή οι έντονες μεταβολές του φωτισμού προκάλεσαν και τις πολύ έντονες μεταβολές στις μετρήσεις των δύο χωροβατών, κάτι που δε συνέβαινε έως τώρα στις προηγούμενες αποστάσεις διότι εκεί ο φωτισμός ήταν ομαλός.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 αλλά και του χωροβάτη NA 3003 δεν παρουσιάζει ακριβώς μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως στα προηγούμενα, αλλά όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.9 και 4.10, αρχίζει να παρουσιάζει πολύ έντονες μεταβολές και ακανόνιστης μορφής.
- Στην περίπτωση αυτή δεν υπήρχε νόημα να γίνει κάποια προσαρμογή εξίσωσης και αυτό διότι η μορφή των καμπυλών των μετρήσεων των δύο χωροβατών είναι ακανόνιστης μορφής με πολύ έντονες διακυμάνσεις και καμία από τις γνωστές εξισώσεις δεν προσαρμοζόταν ικανοποιητικά.
- Αρχικά οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται, μετά μειώνονται πάλι λίγο και στη συνέχεια αυξάνονται και πάλι και συνεχίζεται η ίδια διαδικασία μέχρι το τέλος του πειράματος.

Γενικά λοιπόν διαπιστώνεται ότι για την απόσταση των 34 m και τον χωροβάτη DNA 03 και τον χωροβάτη NA 3003, ισχύει:

- Επηρεάζει τις μετρήσεις η θερμοκρασία (χωροβάτη και σταδίας), δηλαδή η διάθλαση λόγω της θερμοκρασίας και των συνθηκών περιβάλλοντος, αφού ακολουθούν απότομες αυξομειώσεις
- Επίσης επηρεάζει τις μετρήσεις ιδιαίτερα πολύ και ο φωτισμός, όπου αυξομειώνεται αρκετά και έτσι προκύπτουν και οι απότομες αυξομειώσεις και έντονες εναλλαγές στις τιμές των μετρήσεων και στις μεταξύ τους διαφορές.

- Σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις υπάρχουν αρκετά πιο έντονες μεταβολές μετρήσεων μεταξύ των κοντινών μετρήσεων, όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα, αλλά αυτή τη φορά δεν είναι στα ίδια επίπεδα και οι χωροβάτες δεν έχουν την ίδια συμπεριφορά με τις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά χειρότερη και με μεγαλύτερα σφάλματα και μια σχεδόν ακανόνιστη συμπεριφορά λόγω του «τρελού» φωτισμού που εναλλασσόταν στην περιοχή την ημέρα εκείνη.
- Επίσης πρέπει να αναφερθεί και το γεγονός ότι υπήρχε πάρα πολύ δυνατός αέρας την ημέρα εκείνη, γεγονός που σημαίνει ότι υπήρχαν αρκετές ταλαντώσεις τις σταδίας (δεξιά και αριστερά κυρίως και όχι πάνω – κάτω) αλλά επειδή και σε προηγούμενες περιπτώσεις και αποστάσεις υπήρχε αυτό το φαινόμενο και δεν παρατηρήθηκαν αυτές οι έντονες μεταβολές στις μετρήσεις, δεν μπορεί να ειπωθεί ότι στην περίπτωση αυτή είναι το κύριο αίτιο των έντονων και απότομων μεταβολών των μετρήσεων δύο χωροβατών αλλά οφείλεται κυρίως στα αίτια που προαναφέρθηκαν και ιδιαίτερα στο φωτισμό.

Συνοψίζοντας διαπιστώνεται ότι και οι δύο χωροβάτες του πειράματος εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά επηρεαζόμενοι λίγο από τη διάθλαση λόγω θερμοκρασίας αλλά πάρα πολύ από το φωτισμό στην απόσταση των 25 m. Φυσικά πάντα ο χωροβάτης DNA 03 δίνει καλύτερα αποτελέσματα με μικρότερα σφάλματα σε σχέση με τον χωροβάτη NA 3003 και αυτό συμβαίνει διότι ο DNA 03 είναι νεότερης γενιάς. Εδώ οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές εναλλάσσονται πολύ γρήγορα και σε σύντομο χρονικό διάστημα, κάτι που δείχνουν και τα διαγράμματα που υπάρχουν παραπάνω όσον αφορά την απόσταση των 25 m και για τους δύο χωροβάτες. Οι δύο αυτοί χωροβάτες λόγω όλων των αιτιών που προαναφέρθηκαν αλλά και της μεγαλύτερης, σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις, απόσταση, παρουσιάζουν με αρκετά πολύπλοκη και ακανόνιστη συμπεριφορά. Όμως πάντα σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές συνεχίζουν να αυξάνονται όταν αυξάνεται και η απόσταση μέτρησης.

4.8 Απόσταση μέτρησης 50m.

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 50m. Η

διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 05/04/2011 και ημέρα Τετάρτη. Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 09:06:23 και έλαβε τέλος στις 20:01:23 το απόγευμα, όπου και οι δύο χωροβάτες δεν ήταν ικανοί να λάβουν μέτρηση διότι είχε σκοτεινιάσει και δεν υπήρχε σχεδόν καθόλου φωτισμός.

Για τον χωροβάτη DNA 03 ελήφθησαν όλες οι μετρήσεις χωρίς καμιά παρέμβαση ή διακοπή μέχρι εκείνη την ώρα.

Ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι για τον χωροβάτη NA 3003 το διάστημα 17:01:23 - 18:31:23 και στις 18:41:23 και 19:06:23 και το διάστημα 19:21:23 - 19:26:23 δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης αυτός διότι ο ήλιος ήταν σχεδόν απέναντί του και σε γωνία 30 grad από την σκοπευτική γραμμή προς αριστερά. Έτσι οι ακτίνες του ηλίου είχαν διεύθυνση αντίθετη στη σκοπευτική γραμμή και για αυτό δεν ήταν δυνατή η λήψη της μέτρησης σε αυτά τα διαστήματα.

Επίσης πρέπει να ειπωθεί ότι το διάστημα 20:20:22 – 20:25:22 και έπειτα δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο NA 3003 διότι ο ήλιος είχε σχεδόν δύσει και το φως που υπήρχε ήταν πολύ ελάχιστο για τις δυνατότητες του χωροβάτη αυτού.

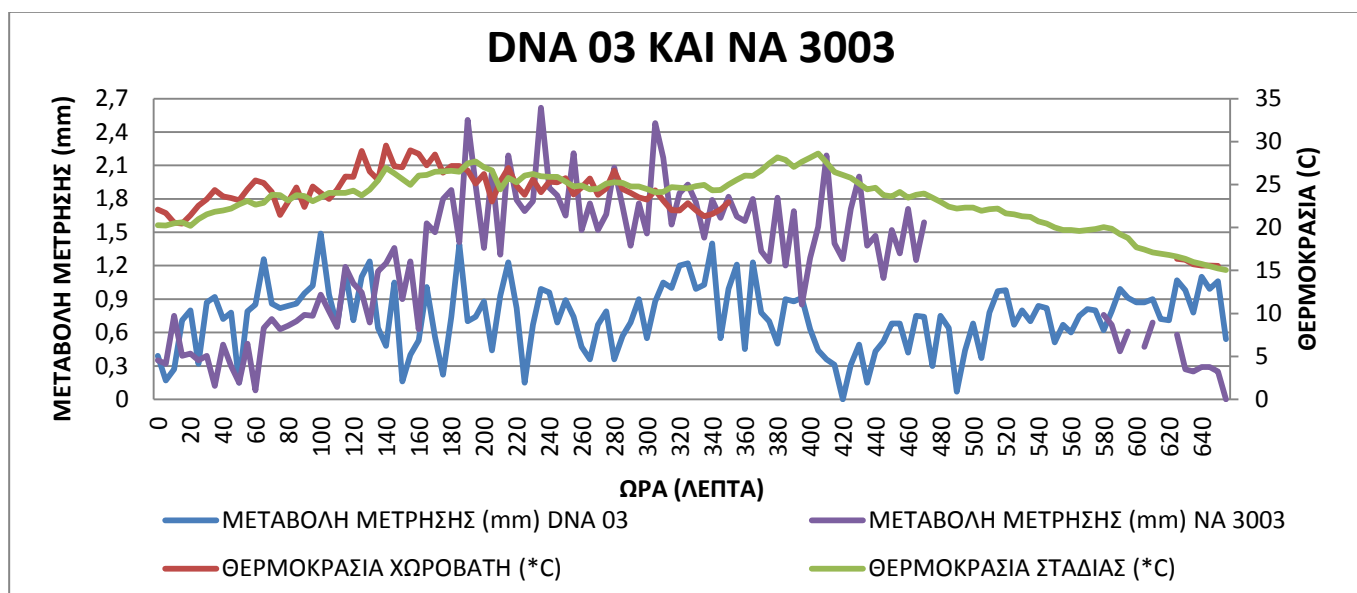
Παρακάτω στον πίνακα 4.6 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν και για τους δύο χωροβάτες για την απόσταση των 50 m.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.28025 m	1.27648 m
Μέγιστη Ανάγνωση	1.28174 m	1.27791 m
Σύνολο μετρήσεων	132	109
Μέσος όρος	1.28099 m	1.27770 m
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	±293.3 μm ή ±0.293 mm	±628.6 μm ή ±0.628 mm
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	±25.5 μm	±60.2 μm
Μέγιστη διαφορά	1.49 mm	2.62 mm

Πίνακας 4.6: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 50 m.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς καλύτερα αποτελέσματα και οι τιμές του είναι πιο κοντά στη μέση τιμή καθώς και τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης αλλά και της μέσης τιμής είναι πιο μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του NA 3003. Σε αντίθεση όμως με τις προηγούμενες περιπτώσεις (αποστάσεις 5m, 9m και 16m) και σε συνέχεια των υπολοίπων προηγούμενων περιπτώσεων (απόσταση 25m και 34 m), αυτή τη φορά τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής αλλά και η μέγιστη διαφορά από τη μικρότερη τιμή παρουσιάζουν μια αρκετά μεγάλη και σημαντική αύξηση και για τους δύο χωροβάτες. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση των χωροβατών από την απόσταση αυτή των 50 m μειώνεται αισθητά και δίνει «χειρότερα» αποτελέσματα σε σχέση με όλες τις προηγούμενες αποστάσεις. Επίσης παρατηρείται ότι τα σφάλματα αλλά και οι μέγιστες διαφορές από τη μικρότερη διπλασιάζονται ή και τριπλασιάζονται για τους δυο χωροβάτες στην απόσταση αυτή των 50 m, σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη απόσταση.

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας (τόσο του χωροβάτη, όσο και της σταδίας) και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Διάγραμμα 4.11: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, NA 3003 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 50m).

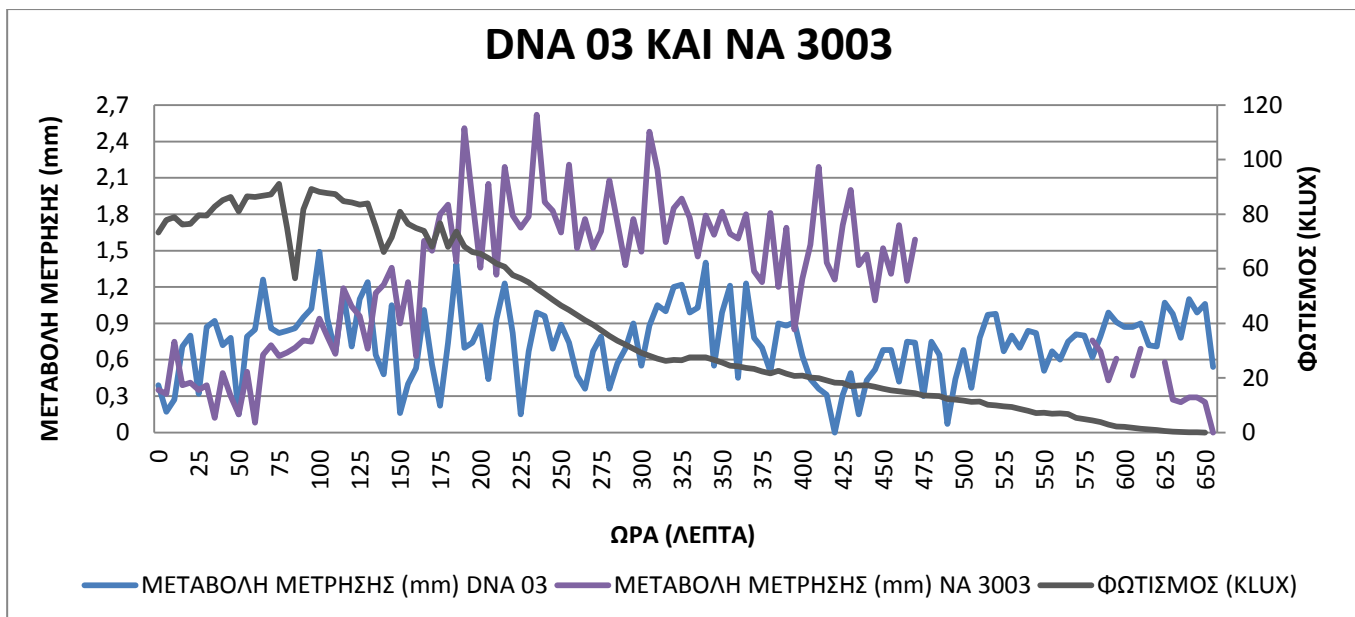
Παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης με τις προηγούμενες αποστάσεις τόσο για τη θερμοκρασία του χωροβάτη όσο και για τη θερμοκρασία της σταδίας. Αυτό σημαίνει πως και οι μετρήσεις ακολουθούν την ίδια περίπου καμπύλη με τις θερμοκρασίες με περισσότερες όμως έντονες διακυμάνσεις, δηλαδή όταν μειώνονται οι θερμοκρασίες, μειώνονται και οι μεταβολές των μετρήσεων από την μικρότερη τιμή, μειώνονται δηλαδή και οι τιμές των μετρήσεων γενικά. Αλλά οι αλλαγές αυτή τη φορά στις θερμοκρασίες είναι επίσης πιο έντονες από ότι στις προηγούμενες περιπτώσεις κάτι που δικαιολογεί και τη συμπεριφορά των μετρήσεων. Οι δύο θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους παρουσιάζοντας κάποιες μικρές διαφορές σε κάποια σημεία, αλλά και πάλι οι διαφορές αυτές είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι λόγω προβλήματος στο λογισμικό και στον υπολογιστή που χρησιμοποιούνταν στο πείραμα, δεν κατέστη δυνατή η λήψη θερμοκρασιών, υγρασίας και πίεσης χωροβάτη κατά το διάστημα 15:01:23 – 19:26:23. Όμως όπως διαπιστώθηκε από τις προηγούμενες αποστάσεις οι θερμοκρασίες χωροβάτη και σταδίας είναι πάρα πολύ κοντά σε κάθε χρονική στιγμή, χωρίς μεγάλες διαφορές. Άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η θερμοκρασία χωροβάτη ακολουθεί περίπου την ίδια πορεία με αυτήν της σταδίας. Συνεπώς δεν κρίθηκε σκόπιμη, η επανάληψη του πειράματος.

Ακόμα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 σημειώνεται κατά τις πρωινές ώρες, περίπου στις 10:46. Ενώ η μικρότερη τιμή σημειώνεται τις απογευματινές ώρες και συγκεκριμένα στις 16:06. Από αυτό καταλαβαίνει κανείς ότι οι διακυμάνσεις στις μετρήσεις ήταν πολύ έντονες και απότομες.

Επίσης παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη NA 3003 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 13:01. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις βραδινές, ώρες και συγκεκριμένα στις 20:01. Όπως δηλαδή συνέβαινε και στις πρώτες περιπτώσεις στις κοντινές αποστάσεις.

Όσον αφορά το φωτισμό παρατηρείται ότι αυτός ακολουθεί μια μορφή πολυωνμική 6^{ου} βαθμού με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής. Η εξίσωση αυτή είναι:

$$y=1 \cdot 10^{-9} \cdot x^6 - 4 \cdot 10^{-7} \cdot x^5 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot x^4 - 2.9 \cdot 10^{-3} \cdot x^3 + 0.0238 \cdot x^2 + 0.7788 \cdot x + 74.621$$



Διάγραμμα 4.12: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03, ΝΑ 3003 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 50m).

Παρατηρείται ότι ο φωτισμός σε κάποια σημεία μειώνεται απότομα προφανώς λόγω συννεφιάς ή άλλων παραγόντων που εμποδίζουν το πλούσιο ηλιακό φως. Η ένταση του φωτισμού αρχικά αυξάνεται λίγο και μετά όσο περνάει η μέρα και ο ήλιος πηγαίνει από πάνω και προς τα πίσω από τη σταδία η ένταση του φωτός μειώνεται όπως είναι φυσιολογικό, ενώ καθώς φτάνουν οι βραδινές ώρες τότε το φως μειώνεται έως ότου η έντασή του μηδενιστεί τελείως το βράδυ. Ένα σημαντικό στοιχείο που παρατηρείται είναι ότι τις βραδινές ώρες, όπου η ένταση του φωτός μειώνεται αισθητά, οι μετρήσεις αρχίζουν να παίρνουν τις μικρότερες τιμές τους και οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή να μικραίνουν. Στην περίπτωση αυτή δεν έγιναν μετρήσεις μέχρι αργά το απόγευμα που θα μπορούσαν να δείξουν όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις τη μείωση των τιμών των μετρήσεων με την μείωση έως και μηδενισμό της έντασης του φωτός. Άρα μπορεί να ειπωθεί ότι στη συγκεκριμένη απόσταση μπορεί να μην επηρεάζει αισθητά ο φωτισμός, όμως οι πολύ χαμηλές τιμές του στις βραδινές ώρες επηρεάζουν τις μετρήσεις, οι οποίες και μειώνονται αρκετά σε σχέση με τις προηγούμενες ώρες.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 δεν παρουσιάζει ακριβώς μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου

βαθμού, όπως στα προηγούμενα, αλλά όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.11, όπως και στην αμέσως προηγούμενη απόσταση παρουσιάζει πολύ έντονες μεταβολές και ακανόνιστης μορφής.

- Πλησιάζει όμως τη μορφή της καμπύλης που είχε στις αρχικές αποστάσεις με πιο έντονες όμως μεταβολές. Η καμπύλη αυτή μοιάζει σαν δύο φορές τις προηγούμενες.
- Η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη NA 3003 παρουσιάζει ακριβώς μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως στις πρώτες περιπτώσεις αλλά με μεγαλύτερες και πιο έντονες και απότομες μεταβολές, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.11.
- Η συνάρτηση αυτή για τον NA 3003 μπορεί να πάρει τη μορφή $Y = -1.569 \cdot 10^{-5} \cdot X^2 + 1.025 \cdot 10^{-2} \cdot X + 0.09209$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2 = 0.749$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 0.318$. Αλλά και πάλι, όπως στις προηγούμενες αποστάσεις παρουσιάζει την ίδια περίπου μορφή καμπύλης.
- Αρχικά οι μεταβολές για τον χωροβάτη DNA 03 από την μικρότερη τιμή είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται, μετά μειώνονται πάλι μετά το μεσημέρι λίγο και στη συνέχεια αυξάνονται κατά τις απογευματινές ώρες έως ότου πάλι μειωθούν λίγο.
- Αρχικά οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται και μετά το απόγευμα προς βράδυ μικραίνουν ξανά έως ότου αυξηθούν πάλι λίγο και μειωθούν ξανά μέχρι να πάρει στο τέλος τη μικρότερη τιμή.

Γενικά λοιπόν για την απόσταση των 50 m και τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003, ισχύει:

- Επηρεάζει τις μετρήσεις η θερμοκρασία (χωροβάτη και σταδίας), δηλαδή η διάθλαση λόγω της θερμοκρασίας και των συνθηκών περιβάλλοντος, αφού ακολουθούν απότομες αυξομειώσεις
- Επηρεάζει τις μετρήσεις ιδιαίτερα πολύ και ο φωτισμός, όπου αυξομειώνεται αρκετά και έτσι προκύπτουν και οι απότομες αυξομειώσεις και έντονες εναλλαγές στις τιμές των μετρήσεων και στις μεταξύ τους διαφορές.
- Σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις υπάρχουν αρκετά πιο έντονες μεταβολές μετρήσεων μεταξύ των κοντινών μετρήσεων, όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα,

αλλά αυτή τη φορά δεν είναι στα ίδια επίπεδα και ο χωροβάτης δεν έχει την ίδια συμπεριφορά με τις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά χειρότερη και με μεγαλύτερα σφάλματα και μια σχεδόν ακανόνιστη συμπεριφορά λόγω της μεγάλης απόστασης των μετρήσεων και κάποιων ενδεχομένων ταλαντώσεων λόγω αέρα, οι οποίες και αυτές λόγω της μεγάλης απόστασης, επηρεάζουν με τη σειρά τους τις μετρήσεις.

- Τέλος παρατηρείται όπως και στα 5 m, στα 9 m και στα 16 m, ότι τη μέγιστη τιμή τη λαμβάνουν οι χωροβάτες κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου είναι μέγιστες και οι θερμοκρασίες και πού υψηλή η ένταση του φωτισμού, ενώ τις ελάχιστες τιμές τις λαμβάνουν κατά τις βραδινές ώρες ή στην περίπτωση αυτή (απόσταση 25 m) τις πρωινές ώρες και οι δυο χωροβάτες, όπου είναι ελάχιστες οι θερμοκρασίες. Ισχύει δηλαδή ακριβώς ότι ισχυε και στην περίπτωση των 5 m, 9 m και των 16 m.

Συνοψίζοντας διαπιστώνεται ότι και οι δύο χωροβάτες του πειράματος εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά επηρεαζόμενοι από τη διάθλαση λόγω θερμοκρασίας αλλά και από το φωτισμό, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες στην απόσταση των 50 m. Φυσικά πάντα ο χωροβάτης DNA 03 δίνει καλύτερα αποτελέσματα με μικρότερα σφάλματα σε σχέση με τον χωροβάτη NA 3003 και αυτό συμβαίνει διότι ο DNA 03 είναι νεότερης γενιάς. Εδώ οι τιμές εναλλάσσονται πολύ γρήγορα και σε σύντομο χρονικό διάστημα, κάτι που δείχνουν και τα διαγράμματα που υπάρχουν παραπάνω όσον αφορά την απόσταση των 50 m και για τους δύο χωροβάτες. Οι δύο αυτοί χωροβάτες λόγω όλων των αιτιών που προαναφέρθηκαν αλλά και της μεγαλύτερης, σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις, απόσταση, παρουσιάζουν αρκετά πολύπλοκη, αλλά με κάποια ομοιότητα με τις αρχικές περιπτώσεις, συμπεριφορά. Όμως πάντα σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις τα σφάλματα και οι μέγιστες διαφορές συνεχίζουν να αυξάνονται όταν αυξάνεται και η απόσταση μέτρησης. Επίσης διαπιστώνεται ότι αυτή τη φορά (σε σχέση με την απόσταση των 34 m) και ενώ δεν υπήρχε το φαινόμενο της έντονης εναλλαγής του φωτισμού, οι χωροβάτες παρουσίασαν ξανά περίπου την ίδια συμπεριφορά με τις πρώτες περιπτώσεις (5, 9, 16 και 25 m) αλλά με μεγαλύτερα σφάλματα και μεταβολές. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διάθλαση λόγω θερμοκρασίας, στη μεγάλη απόσταση μέτρησης και ελάχιστα στο φωτισμό κυρίως τις βραδινές ώρες.

4.9 Απόσταση μέτρησης 70m.

Το στάδιο αυτό του πειράματος περιελάμβανε όλες τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν σε απόσταση χωροβάτη – σταδίας περίπου 70m. Η διαδικασία των μετρήσεων έγινε στις 04/04/2011 και ημέρα Δευτέρα.

Στην περίπτωση αυτή μετρήσεις και αναγνώσεις στη σταδία μπόρεσε να λάβει μόνο ο ένας χωροβάτης, ο DNA 03, ενώ ο άλλος, ο NA 3003 εμφάνιζε σφάλμα για μεγάλη απόσταση μέτρησης.

Αυτό είναι φυσιολογικό, διότι η ίδια η εταιρία κατασκευής των χωροβατών, η Leica προτείνει για μετρήσεις σε σταδίες Invar με barcode μέγιστη απόσταση 60 m. Όπως παρατηρήθηκε και αργότερα ακόμα και ο χωροβάτης DNA 03 που μπόρεσε να λάβει σε αυτή την απόσταση, κάποιες φορές εμφάνιζε μήνυμα λάθους και αδύνατης μέτρησης.

Η διαδικασία μετρήσεων ξεκίνησε στις 10:17:18 και έλαβε τέλος στις 18:47:18 το απόγευμα, όπου ο χωροβάτης DNA 03 ήταν αδύνατο να μετρήσει καθώς ο ήλιος βρισκόταν σχεδόν απέναντί του και σε γωνία 30 grad από την σκοπευτική γραμμή προς αριστερά. Έτσι οι ακτίνες του ηλίου είχαν διεύθυνση αντίθετη στη σκοπευτική γραμμή και για αυτό δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κάποια διαστήματα δεν μπόρεσε να λάβει μέτρηση ο χωροβάτης αυτός διότι είτε επειδή ήταν στο όριο της απόστασης σκόπευσης στη σταδία αυτή είτε λόγω του φωτός του ηλίου που έπεφτε πάνω στην κάμερα που διαθέτει και ήταν ακριβώς απέναντι.

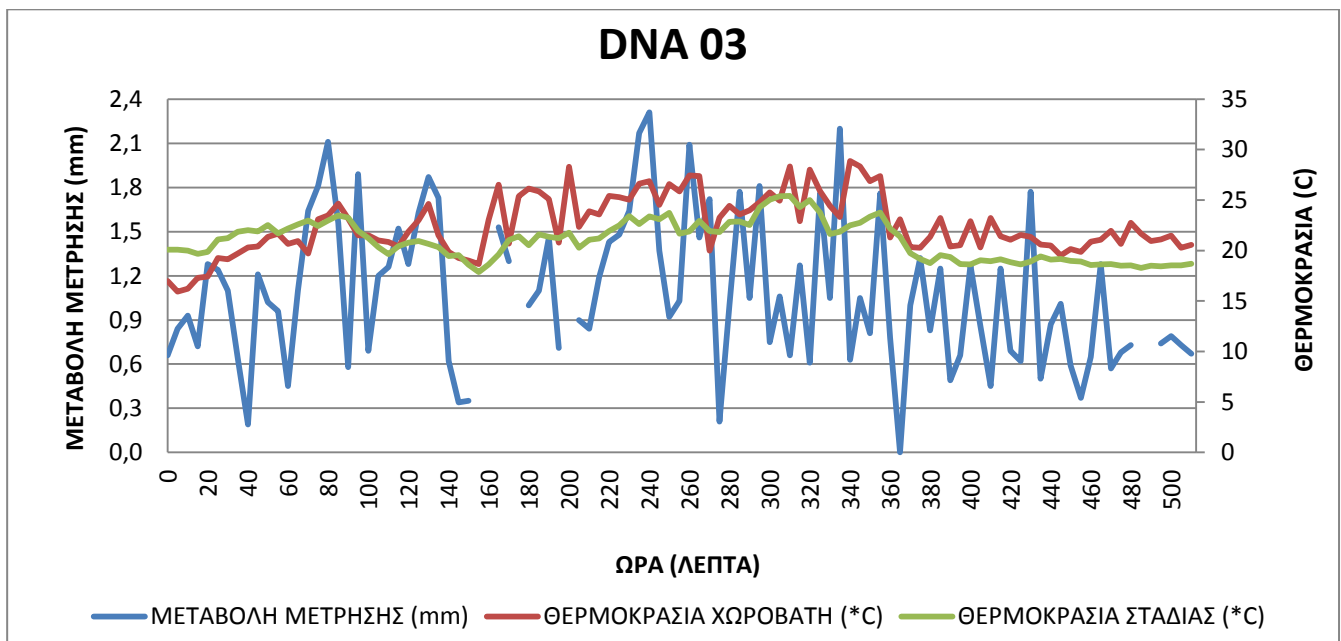
Παρακάτω στον πίνακα 4.7 παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, που προέκυψαν για τον χωροβάτη DNA 03 για την απόσταση των 70 m.

Από τα πρώτα στοιχεία αυτά παρατηρείται ότι ο χωροβάτης DNA 03 δίνει σαφώς μικρότερης ακρίβειας αποτελέσματα σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις σε διάφορες αποστάσεις. Τα σφάλματα αλλά και η μέγιστη διαφορά από τη μικρότερη διπλασιάζονται σχεδόν και παρέχουν «χειρότερα αποτελέσματα».

Παρακάτω παραθέτονται τα κατάλληλα διαγράμματα που προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν τις μεταβολές των μετρήσεων, της θερμοκρασίας (τόσο του χωροβάτη, όσο και της σταδίας) και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση πάντα με το χρονικό διάστημα μέτρησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	DNA 03	NA 3003
Ελάχιστη Ανάγνωση	1.54033 m	----
Μέγιστη Ανάγνωση	1.54264 m	----
Σύνολο μετρήσεων	97	----
Μέσος όρος	1.54141 m	----
Τυπική απόκλιση μιας μέτρησης	500.6 μm ή 0.5 mm	----
Τυπική απόκλιση μέσης τιμής	50.8 μm	----
Μέγιστη διαφορά	2.31 mm	----

Πίνακας 4.7: Τα κύρια χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο χωροβατών για την απόσταση των 70 m.

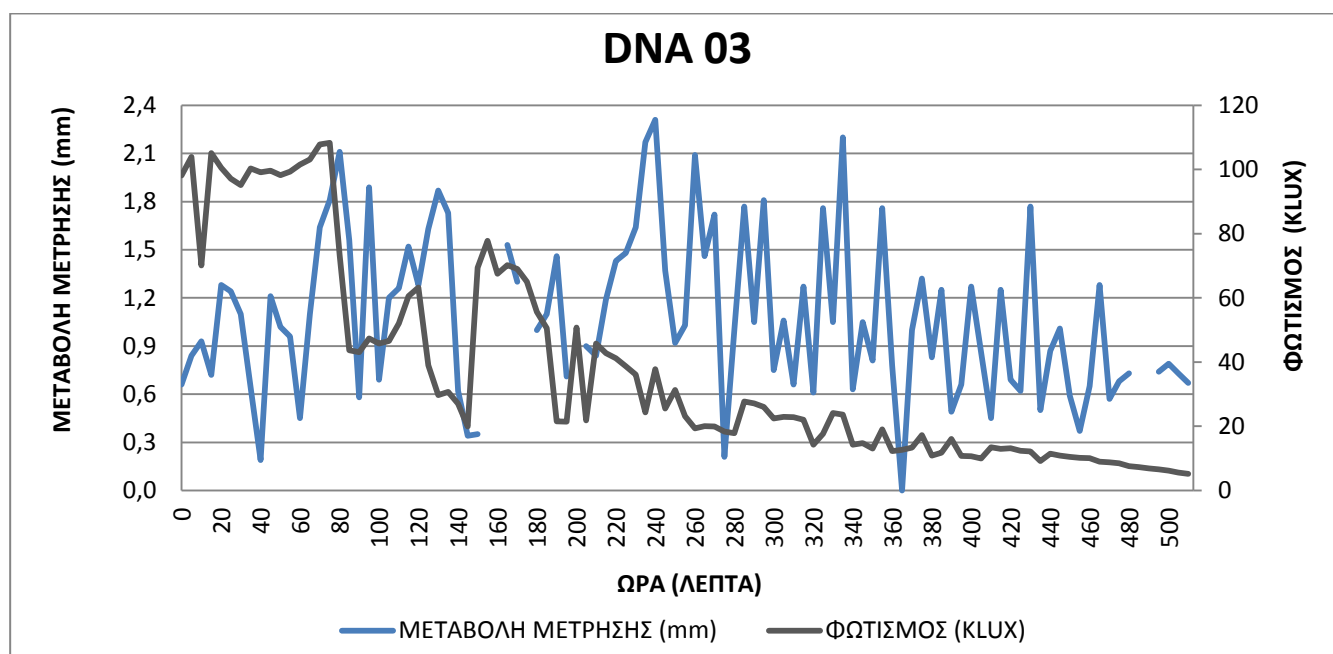


Διάγραμμα 4.13: Η μεταβολή μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και των θερμοκρασιών σταδίας και χωροβάτη σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 70m).

Παρατηρείται μια περίπου ίδιας μορφής καμπύλης με τις προηγούμενες αποστάσεις τόσο για τη θερμοκρασία του χωροβάτη όσο και για τη θερμοκρασία της σταδίας. Αλλά οι αλλαγές αυτή τη φορά στις θερμοκρασίες είναι επίσης πιο έντονες από ότι στις προηγούμενες περιπτώσεις κάτι που δικαιολογεί και τη συμπεριφορά των μετρήσεων.

Οι δύο θερμοκρασίες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους παρουσιάζοντας κάποιες μικρές διαφορές σε κάποια σημεία, αλλά και πάλι οι διαφορές αυτές είναι αρκετά μικρές ώστε να επηρεάζουν τις μετρήσεις του χωροβάτη.

Ακόμα παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 σημειώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες, περίπου στις 14:17. Ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφεται τις απογευματινές ώρες και συγκεκριμένα στις 16:22. Επίσης φαίνεται στο διάγραμμα ότι υπάρχουν μεταβολές σε 2 συνεχόμενες μετρήσεις ακόμα και της τάξης του 1 mm. Από αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι διακυμάνσεις στις μετρήσεις ήταν πολύ έντονες και απότομες.



Διάγραμμα 4.14: Η μεταβολή της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 και της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με το χρόνο (απόσταση 70m).

Όσον αφορά το φωτισμό παρατηρείται ότι αυτός, σε αυτή την περίπτωση, δεν ακολουθεί μια μορφή πολυωνυμική 6^{ου} βαθμού. Φαίνεται ότι ο φωτισμός αυξομειώνεται απότομα και πολύ έντονα και ομαλοποιείται η μείωσή του προχωρώντας από το μεσημέρι μετά τις 14:17 έως και το τέλος του πειράματος. Ένα σημαντικό στοιχείο που παρατηρείται είναι ότι αυτές οι απότομες αυξομειώσεις του φωτισμού μπορούν να δικαιολογήσουν τις απότομες αντιδράσεις και αυξομειώσεις των μετρήσεων. Σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις, αυτή τη

φορά υπάρχει έντονη επιρροή του φωτισμού στις μετρήσεις καθώς αυτός δεν μειώνεται ομαλά και σταθερά ακολουθώντας συγκεκριμένη καμπύλη αλλά έχει μια ακανόνιστη μορφή, τουλάχιστον στο μεγαλύτερο μέρος του πειράματος. Άρα στη συγκεκριμένη απόσταση μπορεί να επηρεάζει αισθητά ο φωτισμός, Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι οι απότομες αλλαγές αυτές του φωτισμού οφείλονται στις κακές καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν εκείνη την ημέρα, στον συννεφιασμένο ουρανό και στις χαμηλές θερμοκρασίες όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- η καμπύλη της μεταβολής της μέτρησης του χωροβάτη DNA 03 δεν παρουσιάζει ακριβώς μια πολυωνυμική μορφή δευτέρου βαθμού, όπως σε προηγούμενα, αλλά όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.13, αρχίζει να παρουσιάζει πολύ έντονες μεταβολές και ακανόνιστης μορφής.
- Στην περίπτωση αυτή δεν υπήρχε νόημα να γίνει κάποια προσαρμογή εξίσωσης και αυτό διότι η μορφή της καμπύλης των μετρήσεων του χωροβάτη DNA 03 είναι ακανόνιστης μορφής με πολύ έντονες διακυμάνσεις και καμία από τις γνωστές εξισώσεις δεν προσαρμοζόταν ικανοποιητικά.
- Αρχικά οι μεταβολές από την μικρότερη τιμή είναι μικρές, στη συνέχεια της ημέρας, κατά το μεσημέρι αυξάνονται, μετά μειώνονται πάλι λίγο και στη συνέχεια αυξάνονται και πάλι και συνεχίζεται η ίδια διαδικασία μέχρι το τέλος του πειράματος.
- Μπορεί όμως αν εξαιρεθούν οι πολύ έντονες μεταβολές, να ειπωθεί ότι πλησιάζει σε μια καμπύλη όπως οι προηγούμενες που αρχικά είναι σχετικά μικρότερες οι μεταβολές, στη συνέχεια κατά το μεσημέρι αυξάνονται και τέλος τις απογευματινές ώρες πέφτουν ξανά.
- Αν εξαιρεθούν οι 2 πολύ απότομες μεταβολές που φαίνονται και στο διάγραμμα (κοντά στα 280 και 360 λεπτά), μπορεί να θεωρηθεί ότι τείνει προς αυτή τη μορφή καμπύλης αλλά πάντα με πιο μεγάλες και απότομες μεταβολές.

Γενικά λοιπόν για την απόσταση των 70 m και τον χωροβάτη DNA 03, ισχύει:

- Επηρεάζει τις μετρήσεις τόσο η θερμοκρασία (χωροβάτη και σταδίας), δηλαδή η διάθλαση λόγω της θερμοκρασίας και των συνθηκών περιβάλλοντος, αφού ακολουθούν απότομες αυξομειώσεις

- Αλλά επηρεάζει ιδιαίτερα πολύ και ο φωτισμός, όπου αυξομειώνεται αρκετά και έτσι προκύπτουν και οι απότομες αυξομειώσεις και έντονες εναλλαγές στις τιμές των μετρήσεων και στις μεταξύ τους διαφορές.
- Σε σχέση με τις προηγούμενες αποστάσεις υπάρχουν αρκετά πιο έντονες μεταβολές μετρήσεων μεταξύ των κοντινών μετρήσεων, όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα, αλλά αυτή τη φορά δεν είναι στα ίδια επίπεδα και ο χωροβάτης δεν έχει την ίδια συμπεριφορά με τις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά χειρότερη και με μεγαλύτερα σφάλματα και μια σχεδόν ακανόνιστη συμπεριφορά λόγω του «τρελού» φωτισμού που εναλλασσόταν στην περιοχή την ημέρα εκείνη αλλά και της αρκετά μεγάλης απόστασης η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι το όριο των δυνατοτήτων του χωροβάτη αυτού για μετρήσεις σε σταδία Invar με barcode.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Γενικά

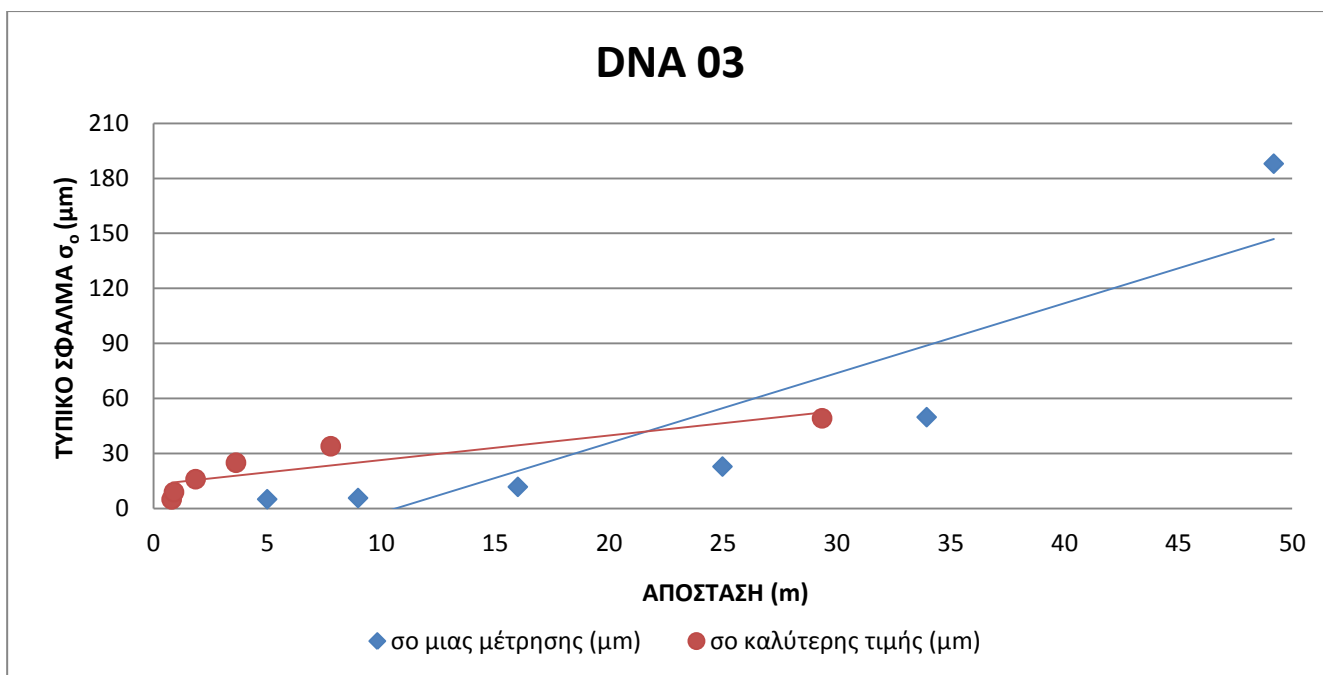
Μετά την εκτέλεση των πειραμάτων αλλά και της επεξεργασίας όλων των δεδομένων, ακολουθεί η ανάλυση των αποτελεσμάτων. Δημιουργήθηκαν για κάθε τύπο πειράματος (για κάθε φωτισμό και για όλες τις συνθήκες) τα διαγράμματα των τυπικών αποκλίσεων μιας μέτρησης και μέσης τιμής σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης αλλά και τα διαγράμματα των μέγιστων διαφορών των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης.

Τα διαγράμματα αυτά παρατίθενται παρακάτω τόσο για τον έλεγχο σε εσωτερικό χώρο όσο και για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο και παρουσιάζουν αξιόλογο ενδιαφέρον και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα.

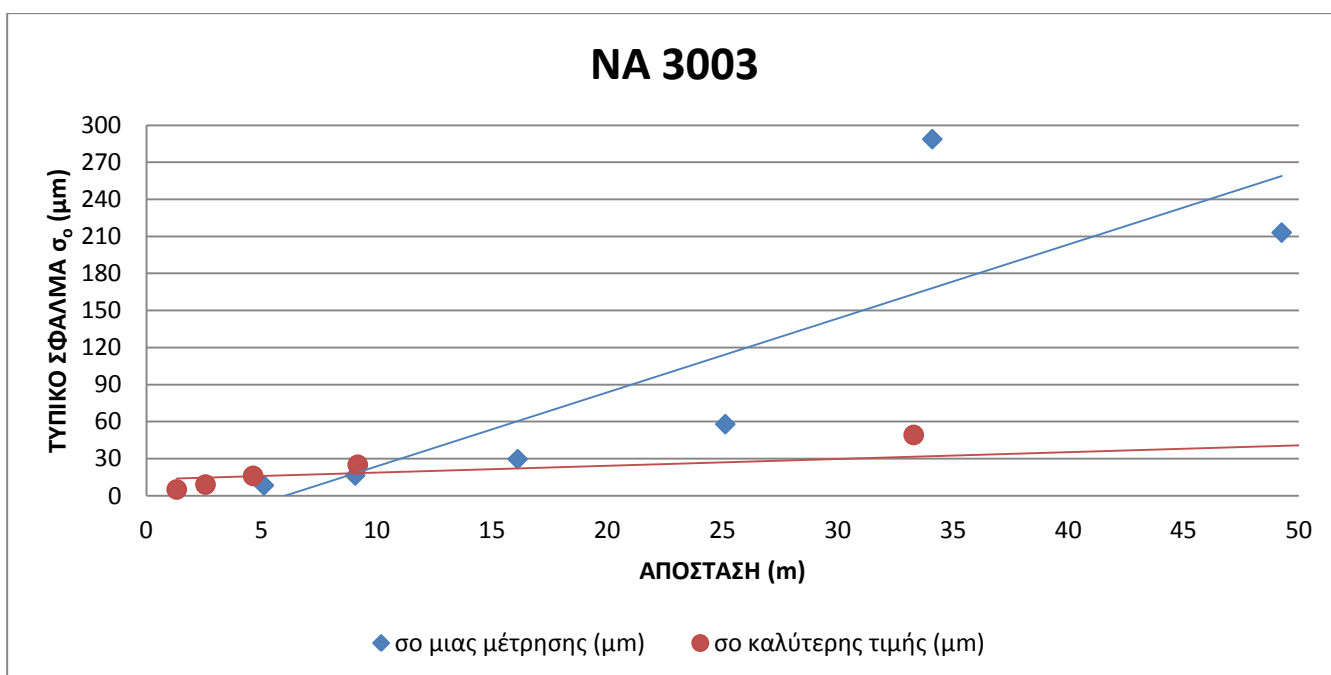
5.2 Έλεγχος σε εσωτερικό χώρο

5.2.1 Σταθερός φωτισμός

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τόσο τα διαγράμματα των τυπικών σφαλμάτων της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής σε συνάρτηση με την απόσταση, όσο και τα διαγράμματα των μέγιστων διαφορών ανάμεσα στις μετρήσεις σε σχέση με την απόσταση μέτρησης, για την περίπτωση του σταθερού φωτισμού. Τα διαγράμματα αυτά παρατίθενται παρακάτω.



Διάγραμμα 5.1: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της καλύτερης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (σταθερός φωτισμός).



Διάγραμμα 5.2: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της καλύτερης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003 (σταθερός φωτισμός).

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003, ότι:

- Αρχικά στις τρεις πρώτες αποστάσεις (5, 9 και 16 m) έχουν περίπου την ίδια συμπεριφορά οι χωροβάτες ενώ στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και τα σφάλματα τόσο της μιας μέτρησης όσο και της μέσης τιμής.
- Η τιμή του τυπικού σφάλματος της μιας μέτρησης για τον DNA 03 κυμαίνεται από 0.0051 mm ή 5.1 μm στις ελάχιστες αποστάσεις και ιδιαίτερα των 5 m, έως 188 μm περίπου δηλαδή 0.2 mm στη μέγιστη απόσταση των 49 m, ενώ για τον NA 3003 κυμαίνεται από 0.0084 mm ή 8.4 μm στις ελάχιστες αποστάσεις και ιδιαίτερα των 5 m, έως 288 μm περίπου δηλαδή 0.3 mm στη μέγιστη απόσταση των 34 m.
- Η τιμή του τυπικού σφάλματος της μέσης (καλύτερης) τιμής για τον DNA 03 κυμαίνεται από 0.8 μm στις ελάχιστες αποστάσεις και ιδιαίτερα των 5 m, έως 30 ή 0.03 mm στη μέγιστη απόσταση των 49 m, ενώ για τον NA 3003 κυμαίνεται από 1.3 μm στις ελάχιστες αποστάσεις, έως περίπου 0.06 mm ή 58 μm στη μέγιστη απόσταση των 34 m.
- Οι μέγιστες τιμές των σφαλμάτων για τον NA 3003 παρουσιάζονται στα 34 m και όχι στα 49, όπως θα ήταν το πιο φυσιολογικό, γιατί όπως αναφέρθηκε, ο χωροβάτης NA 3003 έφτασε σχεδόν στα όρια των δυνατοτήτων του με αυτές τις συνθήκες και τη μικρή σταδία σε αυτή την απόσταση και δεν κατάφερε να πάρει πολλές μετρήσεις αλλά μόλις 25.
- Για τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης σε σχέση με την απόσταση για τον DNA 03 παρουσιάζεται μια ευθεία της μορφής $Y=3.809 \cdot X-40.46$ με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2=0.7954$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 36\mu\text{m}$.
- Για τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε σχέση με την απόσταση για τον DNA 03 παρουσιάζεται μια ευθεία της μορφής: $Y=0.5949 \cdot X-6.3084$ με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2=0.796$.
- Για τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης σε σχέση με την απόσταση για τον NA 3003 παρουσιάζεται μια ευθεία της μορφής $Y=5.994 \cdot X-36.17$ με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2=0.7025$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 72\mu\text{m}$.
- Για τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε σχέση με την απόσταση για τον NA 3003 παρουσιάζεται μια ευθεία της μορφής $Y=1.0368 \cdot X-5.8518$ με όχι αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2 = 0.5728$.

Γενικά τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν τη γενική συμπεριφορά των χωροβατών DNA 03 και NA 3003 όσον αφορά τις συγκεκριμένες αποστάσεις και τις μετρήσεις σε εσωτερικό χώρο, σε σταθερό περιβάλλον και συνθήκες.

Αυτό που φαίνεται όσον αφορά τον DNA 03 είναι ότι μέχρι και την απόσταση των 34 m υπάρχουν σχετικά μικρά και ομαλά αυξανόμενα σφάλματα όσο αυξάνει η απόσταση, ενώ μετά από αυτήν την απόσταση και συγκεκριμένα στην απόσταση των 49 m αυξάνονται απότομα και κατακόρυφα τα σφάλματα, κάτι που δείχνει τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη από το σημείο αυτό και μετά.

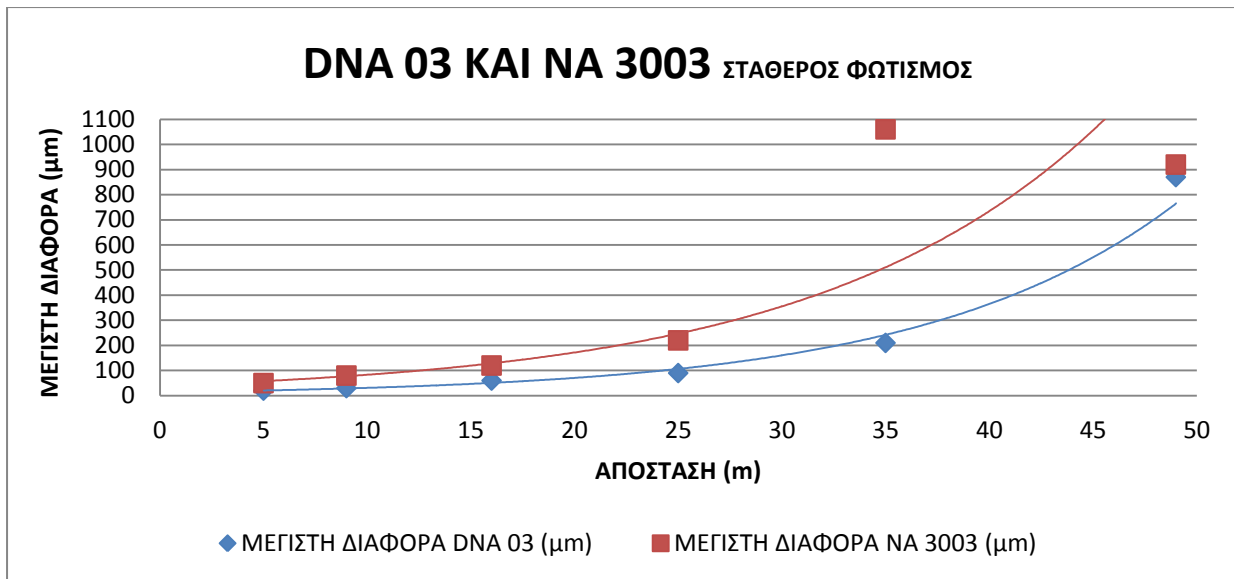
Παρόμοια, για τον NA 3003 φαίνεται ότι μέχρι και την απόσταση των 25 m υπάρχουν σχετικά μικρά και ομαλά αυξανόμενα σφάλματα όσο αυξάνει η απόσταση, ενώ μετά από αυτήν την απόσταση και συγκεκριμένα στην απόσταση των 34 και 49 m αυξάνονται απότομα και κατακόρυφα τα σφάλματα, κάτι που δείχνει τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη από το σημείο αυτό και μετά.

Και για τους δύο χωροβάτες ισχύει η ίδια μορφή καμπύλη που είναι σε ευθεία και αυτό δείχνει την επαναληψιμότητα του καθενός από αυτούς στις συγκεκριμένες συνθήκες. Όπως ειπώθηκε και παραπάνω και επιβεβαιώνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα, ο χωροβάτης DNA 03 παρουσιάζει μια καλύτερη και αποτελεσματικότερη συμπεριφορά σε όλες τις αποστάσεις με μικρότερα σφάλματα, μικρότερες μεταβολές και πιο σταθερή συμπεριφορά, από ότι ο χωροβάτης NA 3003.

Παρακάτω παρουσιάζονται και περιγράφονται τα διαγράμματα της μέγιστης διαφοράς των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση.

Από το παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003, ότι:

- Αρχικά στις τρεις πρώτες αποστάσεις (5, 9 και 16 m) έχουν περίπου την ίδια συμπεριφορά, όπως ακριβώς παρατηρήθηκε και στα τυπικά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και στα διαγράμματα των μεταβολών των μετρήσεων για τις αποστάσεις αυτές.
- Στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων από τη μικρότερη τιμή.



Διάγραμμα 5.3: Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003(σταθερός φωτισμός).

- Η μεγαλύτερη διαφορά για τον DNA 03 παρατηρείται στην απόσταση των 49 m και είναι 0.87 mm ενώ η μικρότερη διαφορά παρατηρείται στις τρεις πρώτες αποστάσεις και είναι της τάξης 0.02-0.03 mm.
- Ενώ όμοια για τον NA 3003, η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στην απόσταση των 34 m και είναι 1.06 mm και συμβαίνει στην απόσταση αυτή για το λόγο που αναφέρθηκε και παραπάνω, ενώ η μικρότερη διαφορά παρατηρείται στις τρεις πρώτες αποστάσεις και είναι της τάξης 0.05 mm.
- Τα σημεία αυτά για τον DNA 03 παρουσιάζουν μια εκθετικής μορφή καμπύλη με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής. Η καμπύλη αυτή είναι της μορφής $Y=7.767 \cdot e^{0.09624 \cdot X}$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2=0.9981$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 16 \mu\text{m}$.
- Ενώ για τον NA 3003, η καμπύλη αυτή είναι της μορφής $Y=40.248 \cdot e^{0.0726 \cdot X}$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2=0.9066$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 140 \mu\text{m}$.

Και για τους δύο χωροβάτες ισχύει η ίδιας μορφή καμπύλη που είναι σε εκθετική μορφή και αυτό δείχνει πόσο απότομα αυξάνονται οι διαφορές των μετρήσεων με την αύξηση της απόστασης μέτρησης. Όπως ειπώθηκε και παραπάνω και επιβεβαιώνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα, ο χωροβάτης DNA 03 παρουσιάζει μια καλύτερη και

αποτελεσματικότερη συμπεριφορά σε όλες τις αποστάσεις με μικρότερες διαφορές ανάμεσα στις μετρήσεις του, από ότι ο χωροβάτης NA 3003.

5.2.2 Διαχεόμενος φωτισμός

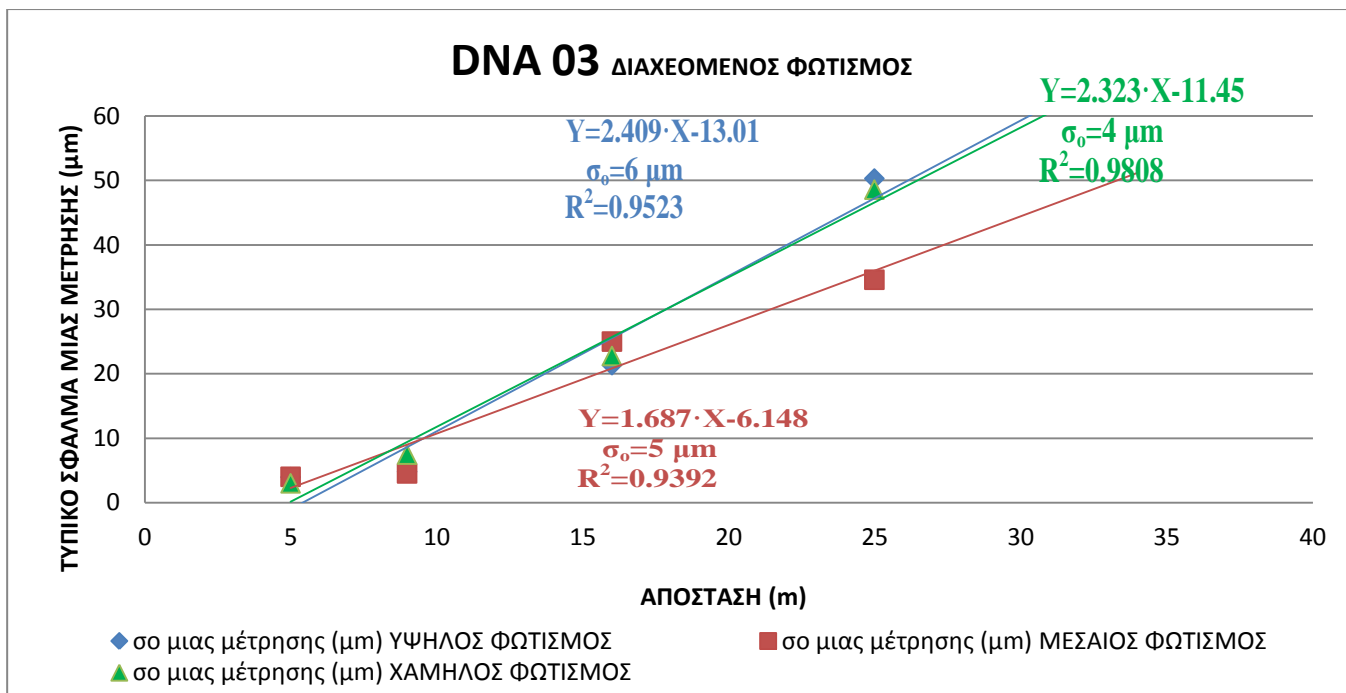
Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τόσο τα διαγράμματα των τυπικών σφαλμάτων της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής σε συνάρτηση με την απόσταση, όσο και τα διαγράμματα των μέγιστων διαφορών ανάμεσα στις μετρήσεις σε σχέση με την απόσταση μέτρησης, για την περίπτωση του διαχεόμενου φωτισμού και για τις τρεις εντάσεις φωτισμού (υψηλός, μεσαίος, χαμηλός φωτισμός). Τα διαγράμματα αυτά παρατίθενται παρακάτω και παρουσιάζουν αξιόλογο ενδιαφέρον και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα τουλάχιστον για τον χωροβάτη DNA 03 διότι ο χωροβάτης NA 3003 μέτρησε μόνο 3 αποστάσεις με διαχεόμενο φωτισμό και δεν μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα.

Από τα διαγράμματα παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03, ότι:

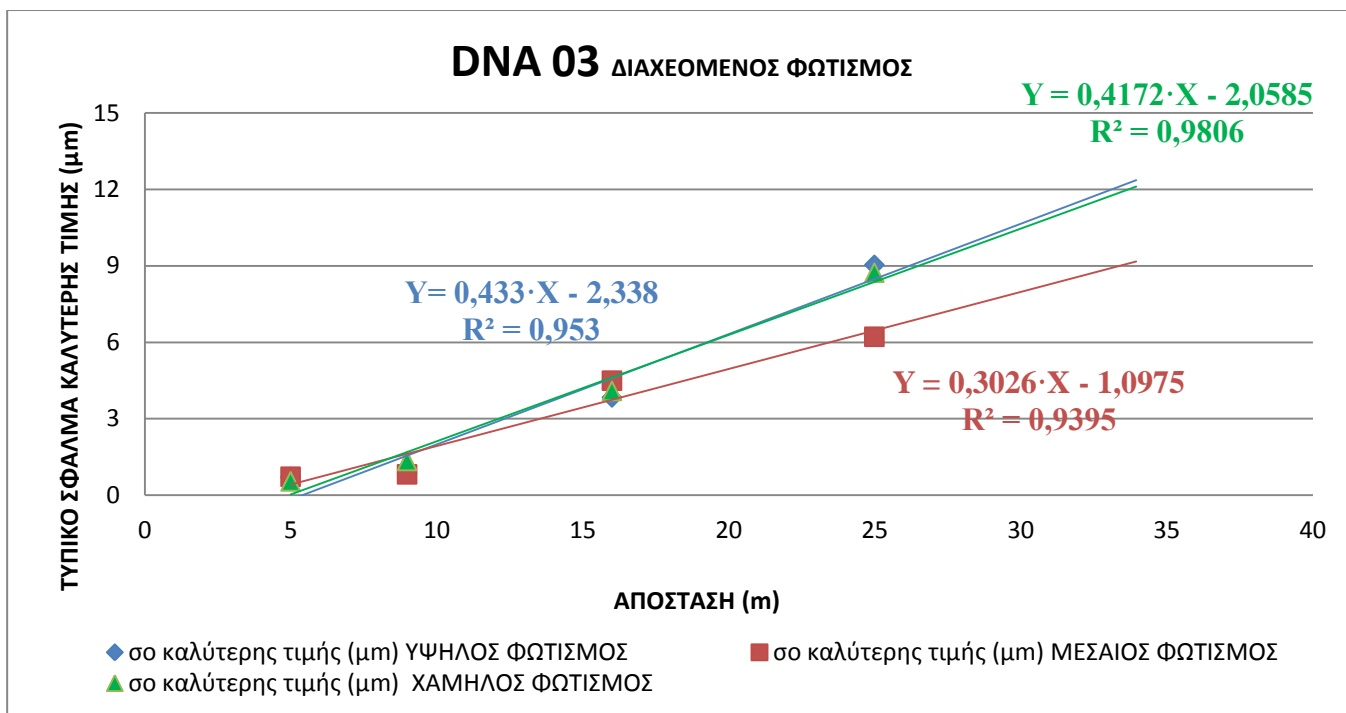
- Αρχικά στις δυο πρώτες αποστάσεις (5 και 9 m) έχει περίπου την ίδια συμπεριφορά ο χωροβάτης ενώ στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και τα σφάλματα τόσο της μιας μέτρησης όσο και της μέσης τιμής.
- Οι τιμές των αποκλίσεων παρουσιάζουν ευθεία με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής σε όλες τις εντάσεις φωτισμού.

Αυτό που φαίνεται συμπερασματικά για τον DNA 03 είναι ότι μέχρι και την απόσταση των 16 m υπάρχουν σχετικά μικρά και ομαλά αυξανόμενα σφάλματα όσο αυξάνει η απόσταση, ενώ μετά από αυτήν την απόσταση και συγκεκριμένα στην απόσταση των 25 και 34 m αυξάνονται παραπάνω τα σφάλματα, κάτι που δείχνει τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη από το σημείο αυτό και μετά.

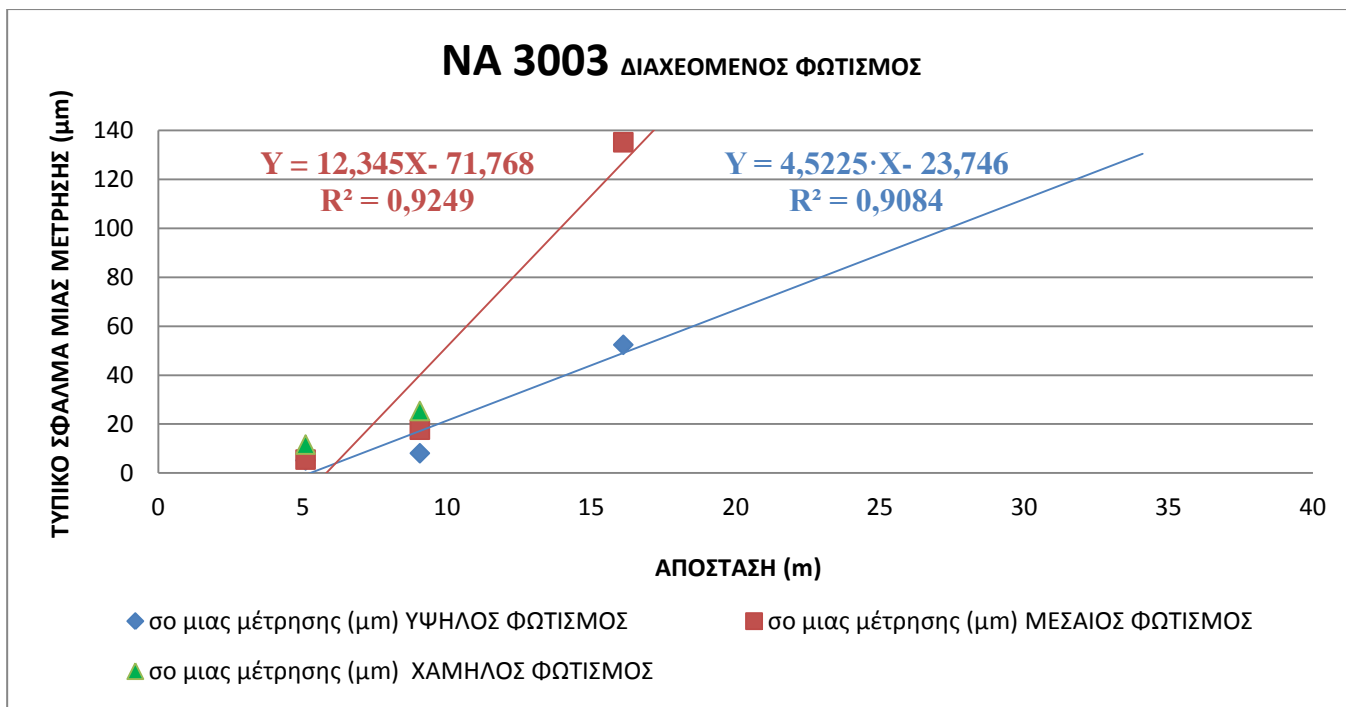
Για τον χωροβάτη NA 3003 δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα διότι δεν κατάφερε να μετρήσει με διαχεόμενο φωτισμό σε πολλές αποστάσεις παρά μόνο σε τρεις και μάλιστα στην τρίτη απόσταση των 16 m δεν μπόρεσε να λάβει καμιά μέτρηση με τον πολύ χαμηλό φωτισμό. Γενικά δηλαδή ισχύει ότι ακριβώς και για τον σταθερό φωτισμό και για τους δύο χωροβάτες όσον αφορά τα σφάλματα.



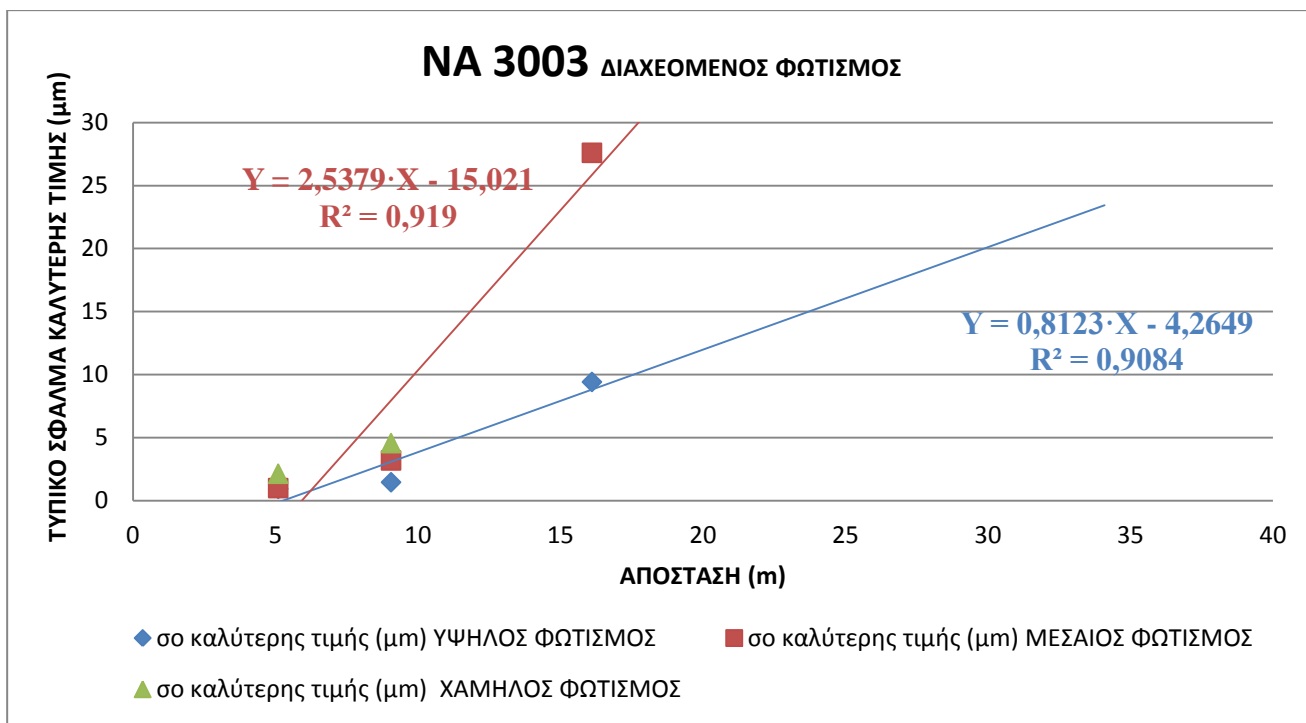
Διάγραμμα 5.4: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (διαχεόμενος φωτισμός).



Διάγραμμα 5.5: Τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (διαχεόμενος φωτισμός).

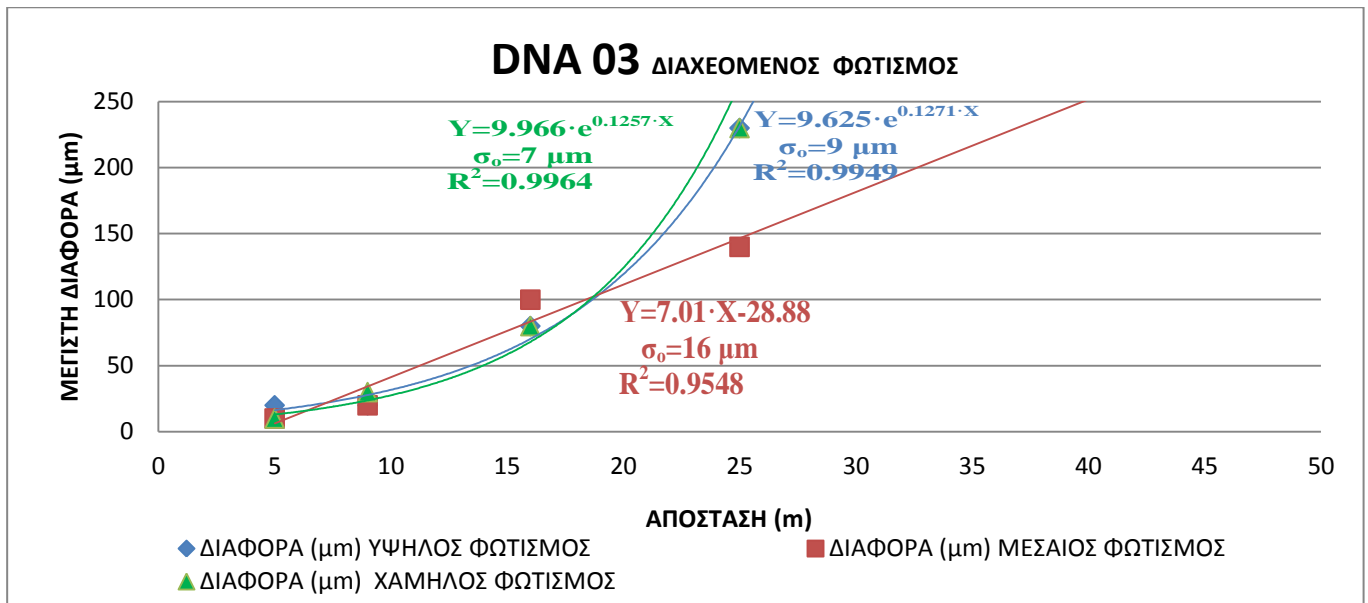


Διάγραμμα 5.6: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003 (διαχεόμενος φωτισμός).

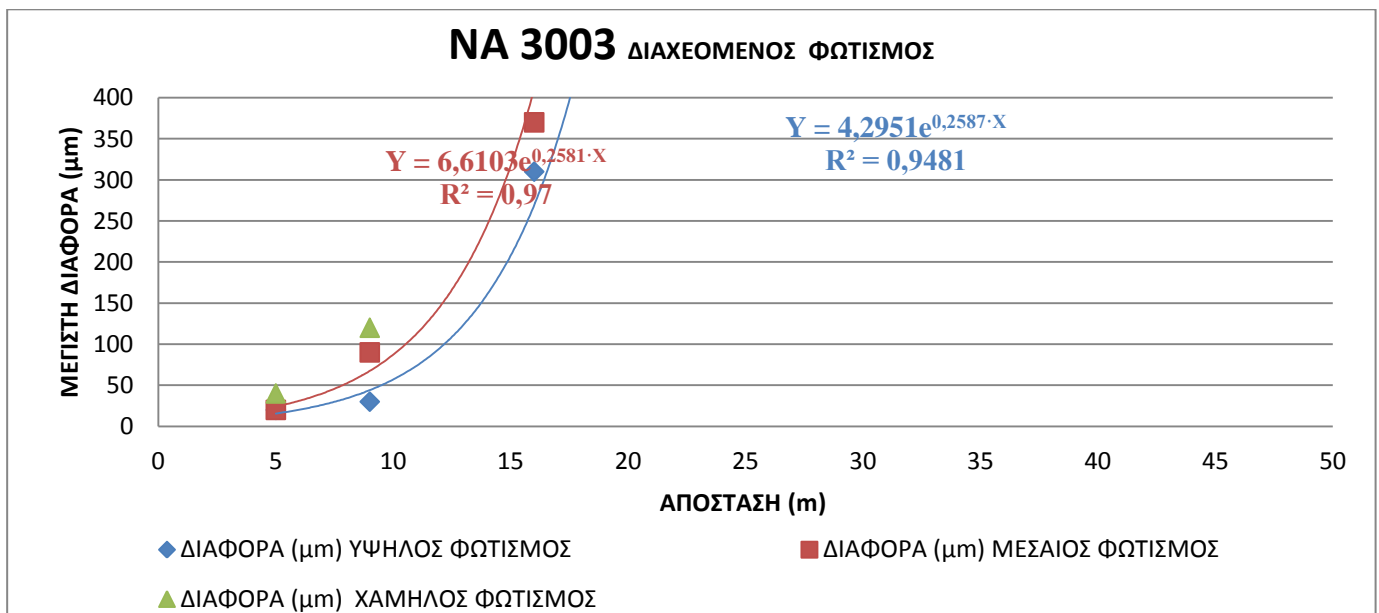


Διάγραμμα 5.7: Τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003 (διαχεόμενος φωτισμός).

Παρακάτω παρουσιάζονται και περιγράφονται τα διαγράμματα της μέγιστης διαφοράς των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση.



Διάγραμμα 5.8: Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 (διαχεόμενος φωτισμός).



Διάγραμμα 5.9: Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη NA 3003 (διαχεόμενος φωτισμός).

Από τα διαγράμματα παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03, ότι:

- Αρχικά στις τρεις πρώτες αποστάσεις (5 και 9 m) έχει περίπου την ίδια συμπεριφορά, όπως ακριβώς παρατηρήθηκε και στα τυπικά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και στα διαγράμματα των μεταβολών των μετρήσεων για τις αποστάσεις αυτές.
- Ενώ στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων από τη μικρότερη τιμή.
- Παρουσιάζεται σε δύο εντάσεις φωτισμού (υψηλή και χαμηλή ένταση) μια καμπύλη εκθετικής μορφής, κάτι που δείχνει την αύξηση των μέγιστων διαφορών που γίνεται όλο και πιο έντονη, με την αύξηση της απόστασης μέτρησης.
- Αντίθετα, στη μεσαία ένταση φωτισμού παρατηρείται μια γραμμική μορφή καμπύλης που δείχνει την αύξηση των μέγιστων διαφορών με την αύξηση της απόστασης μέτρησης, αλλά με πιο ήρεμο ρυθμό.
- Τα διαγράμματα αυτά απλά έρχονται για να επιβεβαιώσουν ότι έχει ειπωθεί μέχρι στιγμής σε παραπάνω παραγράφους.

Για τον χωροβάτη NA 3003 δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα.

Γενικά δηλαδή ισχύει ότι ακριβώς και για τον σταθερό φωτισμό και για τους δύο χωροβάτες όσον αφορά τις διαφορές. Και για τους δύο χωροβάτες ισχύει η ίδια μορφή καμπύλη που είναι σε εκθετική μορφή και αυτό δείχνει πόσο απότομα αυξάνονται οι διαφορές των μετρήσεων με την αύξηση της απόστασης μέτρησης. Όπως ειπώθηκε και παραπάνω και επιβεβαιώνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα, ο χωροβάτης DNA 03 παρουσιάζει μια καλύτερη και αποτελεσματικότερη συμπεριφορά σε όλες τις αποστάσεις με μικρότερες διαφορές ανάμεσα στις μετρήσεις του, από ότι ο χωροβάτης NA 3003.

5.2.3 Κάθετος φωτισμός

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τόσο τα διαγράμματα των τυπικών σφαλμάτων της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής σε συνάρτηση με την απόσταση, όσο και τα διαγράμματα των μέγιστων διαφορών ανάμεσα στις μετρήσεις σε σχέση με την απόσταση μέτρησης,

για την περίπτωση του κάθετου φωτισμού και για τις τρεις εντάσεις φωτισμού (υψηλός, μεσαίος, χαμηλός φωτισμός). Τα διαγράμματα αυτά παρατίθενται παρακάτω και παρουσιάζουν αξιόλογο ενδιαφέρον καθώς εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τον χωροβάτη DNA 03 διότι ο χωροβάτης NA 3003 δεν κατάφερε να μετρήσει με τον κάθετο φωτισμό για τους λόγους που έχουν ήδη αναφερθεί σε παραπάνω παράγραφο.

Από τα διαγράμματα 5.10 και 5.11 παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03, ότι:

- Αρχικά στις δυο πρώτες αποστάσεις (5 και 9 m) έχει περίπου την ίδια συμπεριφορά ο χωροβάτης ενώ στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και τα σφάλματα τόσο της μιας μέτρησης όσο και της μέσης τιμής.
- Οι τιμές των αποκλίσεων παρουσιάζουν ευθεία με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής σε όλες τις εντάσεις φωτισμού εκτός από τη χαμηλή ένταση.

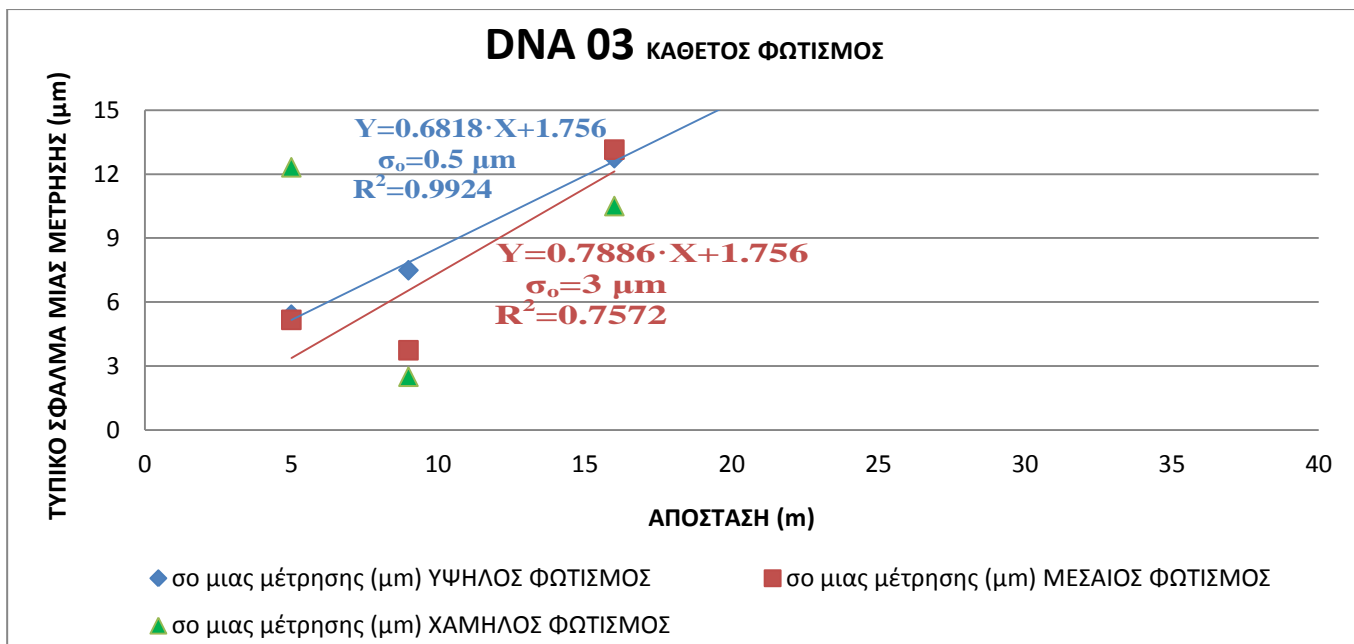
Αυτό που φαίνεται είναι ότι μέχρι και την απόσταση των 9 m υπάρχουν σχετικά μικρά και ομαλά αυξανόμενα σφάλματα όσο αυξάνει η απόσταση, ενώ μετά από αυτήν την απόσταση και συγκεκριμένα στην απόσταση των 16 m αυξάνονται παραπάνω τα σφάλματα, κάτι που δείχνει τη μείωση της απόδοσης του χωροβάτη από το σημείο αυτό και μετά. Επίσης παρατηρούνται σχετικά μικρότερα σφάλματα στον χαμηλό φωτισμό και ίσως αυτό να οφείλεται στο ότι δεν υπάρχει δυσκολία μέτρησης λόγω της αντανάκλασης του φωτός πάνω στη σταδία.

Ισχύει ότι ακριβώς και για τον σταθερό και διαχεόμενο φωτισμό όσον αφορά τα σφάλματα.

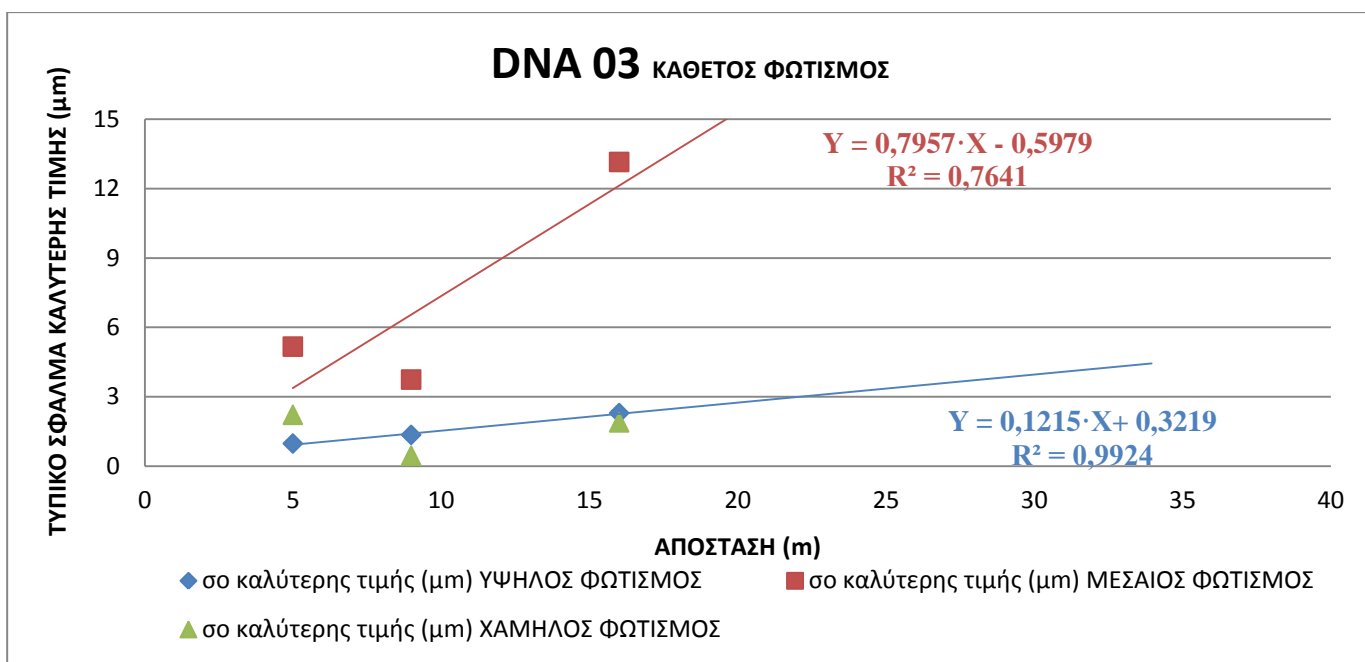
Παρακάτω παρουσιάζονται και περιγράφονται τα διαγράμματα της μέγιστης διαφοράς των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση.

Από το διάγραμμα 5.12 παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03, ότι:

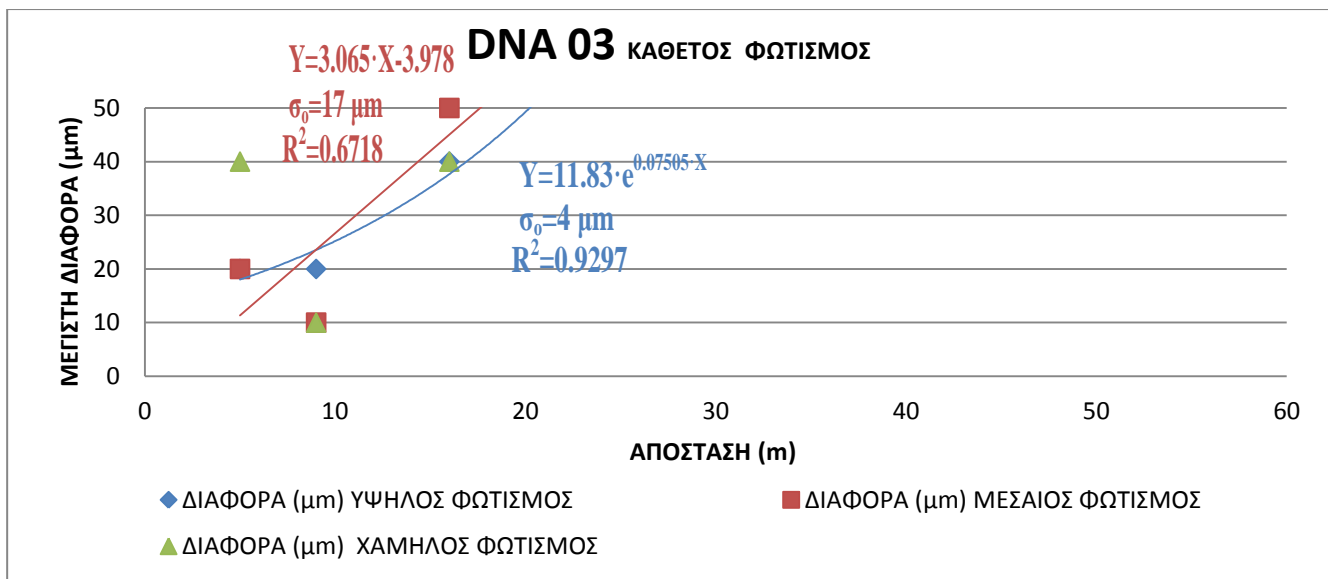
- Αρχικά στις τρεις πρώτες αποστάσεις (5 και 9 m) έχει περίπου την ίδια συμπεριφορά, όπως ακριβώς παρατηρήθηκε και στα τυπικά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά και στα διαγράμματα των μεταβολών των μετρήσεων για τις αποστάσεις αυτές.
- Ενώ στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων από τη μικρότερη τιμή.



Διάγραμμα 5.10: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (κάθετος φωτισμός).



Διάγραμμα 5.11: Τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03 (κάθετος φωτισμός).



Διάγραμμα 5.12: Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 (κάθετος φωτισμός).

- Παρουσιάζουν σε όλες τις εντάσεις φωτισμού μια καμπύλη εκθετικής μορφής, κάτι που δείχνει την αύξηση των μέγιστων διαφορών που γίνεται όλο και πιο έντονη, με την αύξηση της απόστασης μέτρησης.

Γενικά ισχύει ότι περίπου και για τον σταθερό και διαχεόμενο φωτισμό όσον αφορά τις διαφορές. Ισχύει η ίδια μορφή καμπύλη που είναι σε εκθετική μορφή και αυτό δείχνει πόσο απότομα αυξάνονται οι διαφορές των μετρήσεων με την αύξηση της απόστασης μέτρησης.

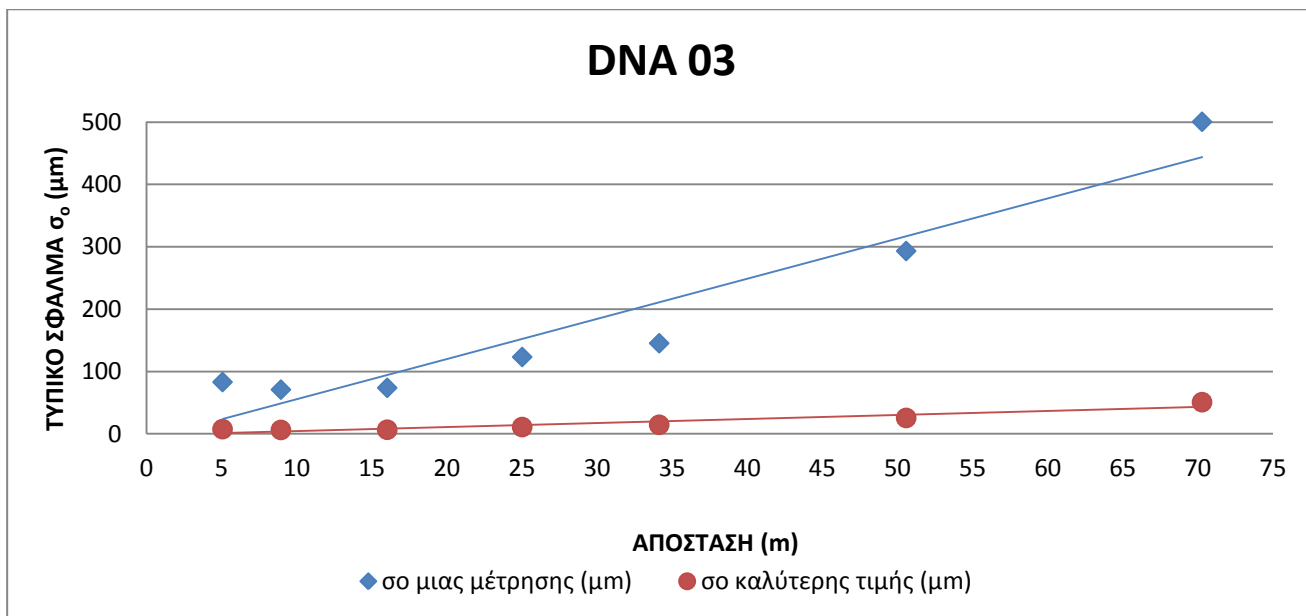
5.3 Έλεγχος σε εξωτερικό χώρο

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τόσο τα διαγράμματα των τυπικών σφαλμάτων της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής σε συνάρτηση με την απόσταση, όσο και τα διαγράμματα των μέγιστων διαφορών ανάμεσα στις μετρήσεις σε σχέση με την απόσταση μέτρησης.

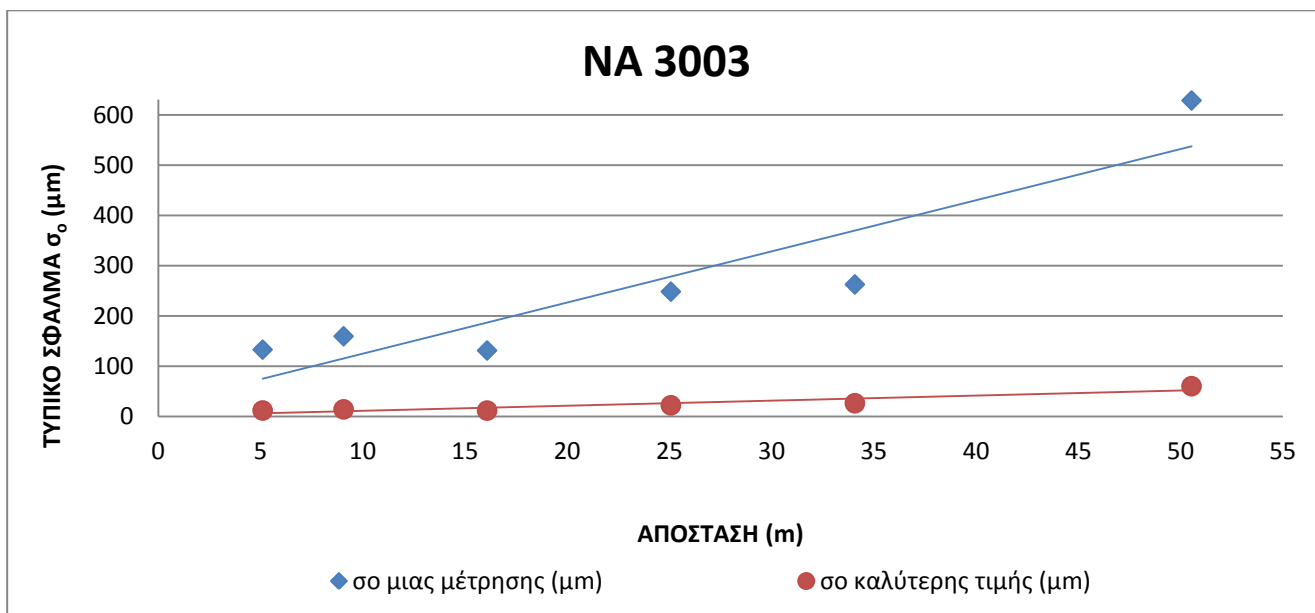
Από τα διαγράμματα 5.13 και 5.14 παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 ότι:

- Αρχικά στις τρεις πρώτες αποστάσεις (5, 9 και 16 m) έχει περίπου την ίδια συμπεριφορά ο χωροβάτης ενώ στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και τα σφάλματα τόσο της μιας μέτρησης όσο και της μέσης τιμής.
- Η τιμή του τυπικού σφάλματος της μιας μέτρησης για τον DNA 03 κυμαίνεται από 0.07 mm ή 71 μm στις ελάχιστες αποστάσεις και ιδιαίτερα των 9 m, έως 0.5 mm ή 500 μm στη μέγιστη απόσταση των 70 m, ενώ για τον NA 3003 κυμαίνεται από 0.1 mm ή 124 μm στις ελάχιστες αποστάσεις και ιδιαίτερα των 16 m, έως 0.6 mm ή 628 μm στη μέγιστη απόσταση των 50 m.
- Η τιμή του τυπικού σφάλματος της μέσης (καλύτερης) τιμής για τον DNA 03 κυμαίνεται από 0.006 mm ή 6.3 μm στις ελάχιστες αποστάσεις και ιδιαίτερα των 9 m, 0.05 mm ή 51 μm στη μέγιστη απόσταση των 70 m, ενώ για τον NA 3003 κυμαίνεται από 0.01 mm ή 11 μm στις ελάχιστες αποστάσεις, έως περίπου 0.06 mm ή 60 μm στη μέγιστη απόσταση των 50 m.
- Οι τιμές των αποκλίσεων παρουσιάζουν μια ευθεία με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής. Για τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης σε σχέση με την απόσταση για τον DNA 03 παρουσιάζεται μια ευθεία της μορφής $Y=6.445 \cdot X-9.13$ με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2 = 0.9123$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 52 \mu\text{m}$.
- Για τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης σε σχέση με την απόσταση για τον NA 3003 παρουσιάζεται μια ευθεία της μορφής $Y=10.17 \cdot X+23.3$ με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2 = 0.8373$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0 = \pm 85 \mu\text{m}$.
- Για τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε σχέση με την απόσταση για τον DNA 03 παρουσιάζεται μια ευθεία της μορφής $Y=0.6461 \cdot X-1.9239$ με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2 = 0.8905$.
- Για τα τυπικά σφάλματα της μέσης τιμής σε σχέση με την απόσταση για τον NA 3003 παρουσιάζεται μια ευθεία της

μορφής $Y=1.0084 \cdot X+0.8373$ με αρκετά καλό συντελεστή προσαρμογής $R^2=0.8565$.



Διάγραμμα 5.13: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της μέσης (καλύτερης) τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη DNA 03.

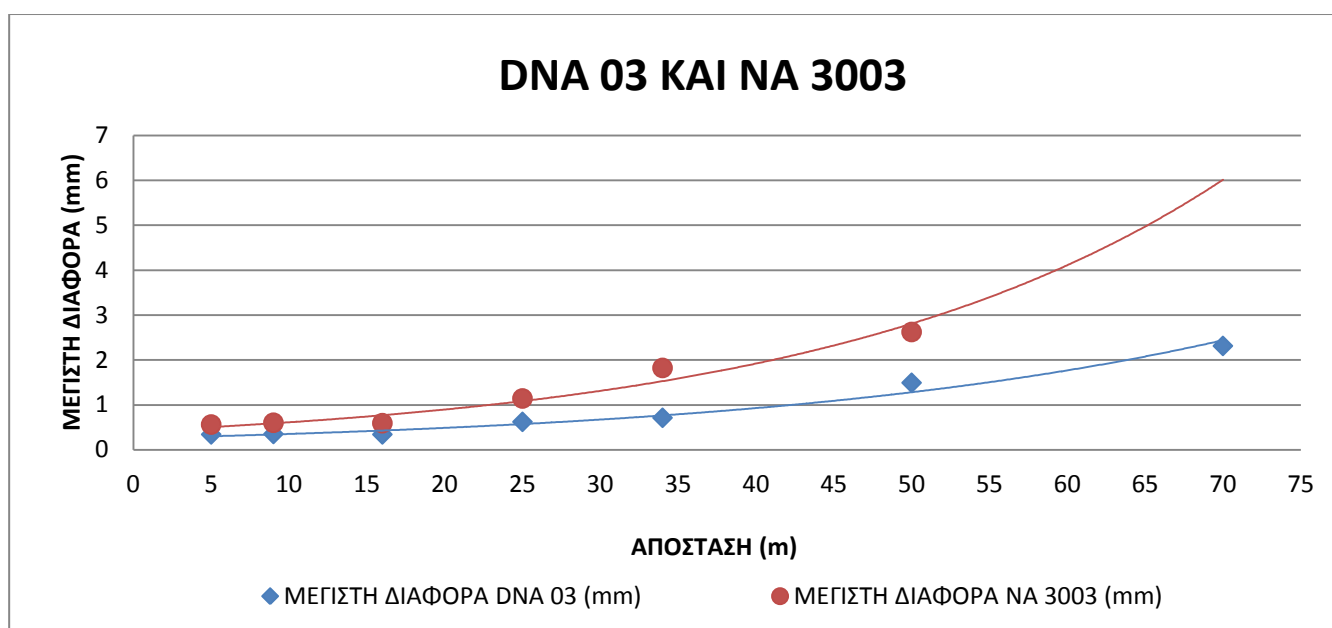


Διάγραμμα 5.14: Τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης (επαναληψιμότητα) και της μέσης (καλύτερης) τιμής σε μm σε σχέση με την απόσταση, του χωροβάτη NA 3003.

Γενικά τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν τη γενική συμπεριφορά του χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 όσον αφορά τις συγκεκριμένες αποστάσεις και τις μετρήσεις στο ύπαιθρο, σε φυσικό περιβάλλον και συνθήκες.

Και για τους δύο χωροβάτες ισχύει η ίδιας μορφή καμπύλη που είναι σε ευθεία και αυτό δείχνει την επαναληψιμότητα του καθενός από αυτούς στις συγκεκριμένες συνθήκες. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω και επιβεβαιώνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα, ο χωροβάτης DNA 03 παρουσιάζει μια καλύτερη και αποτελεσματικότερη συμπεριφορά σε όλες τις αποστάσεις με μικρότερα σφάλματα, μικρότερες μεταβολές και πιο σταθερή συμπεριφορά, από ότι ο χωροβάτης NA 3003.

Παρακάτω παρουσιάζονται και περιγράφονται τα διαγράμματα της μέγιστης διαφοράς των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση.



Διάγραμμα 5.15: Οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων σε συνάρτηση με την απόσταση μέτρησης για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται για τον χωροβάτη DNA 03 και NA 3003, ότι:

- αρχικά στις τρεις πρώτες αποστάσεις (5, 9 και 16 m) έχει περίπου την ίδια συμπεριφορά, όπως ακριβώς παρατηρήθηκε και στα τυπικά σφάλματα μιας μέτρησης και μέσης τιμής αλλά

και στα διαγράμματα των μεταβολών των μετρήσεων για τις αποστάσεις αυτές.

- Ενώ στη συνέχεια μεγαλώνοντας τις αποστάσεις μεγαλώνουν και οι μέγιστες διαφορές των μετρήσεων από τη μικρότερη τιμή.
- Η μεγαλύτερη διαφορά για τον DNA 03 παρατηρείται στην απόσταση των 70 m και είναι 2.31 mm ενώ η μικρότερη διαφορά παρατηρείται στις τρεις πρώτες αποστάσεις και είναι της τάξης 0.34-0.35 mm.
- Η μεγαλύτερη διαφορά για τον NA 3003 παρατηρείται στην απόσταση των 50 m και είναι 2.62 mm ενώ η μικρότερη διαφορά παρατηρείται στην ελάχιστη απόσταση μέτρησης των 5 m και είναι της τάξης 0.56 mm.
- Παρατηρώντας το διάγραμμα φαίνεται ότι τα σημεία αυτά παρουσιάζουν μια εκθετικής μορφής καμπύλη με πολύ καλό συντελεστή προσαρμογής για τον DNA 03. Η καμπύλη αυτή είναι της μορφής $Y=0.1808 \cdot e^{0.03033 \cdot X}$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2=0.9824$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 0.109$ mm.
- Ομοίως και για τον NA 3003. Η καμπύλη αυτή είναι της μορφής $Y=0.4709 \cdot e^{0.03462 \cdot X}$ με αρκετά καλό συντελεστή $R^2=0.9585$ και τυπικό σφάλμα $\sigma_0=\pm 0.198$ mm.

Και για τους δύο χωροβάτες ισχύει η ίδιας μορφής καμπύλη που είναι σε εκθετική μορφή και αυτό πόσο απότομα αυξάνονται οι διαφορές των μετρήσεων με την αύξηση της απόστασης μέτρησης. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω και επιβεβαιώνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα, ο χωροβάτης DNA 03 παρουσιάζει μια καλύτερη και αποτελεσματικότερη συμπεριφορά σε όλες τις αποστάσεις με μικρότερες διαφορές ανάμεσα στις μετρήσεις του, από ότι ο χωροβάτης NA 3003.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Συμπεράσματα

6.1.1 Γενικά

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας έγιναν κάποια πειράματα που αφορούν κυρίως τη συμπεριφορά και την επαναληψιμότητα ψηφιακών χωροβατών, τόσο σε εσωτερικό όσο και εξωτερικό χώρο. Τελικός στόχος των πειραμάτων αυτών ήταν ο προσδιορισμός της σταθερότητας της ανάγνωσης (επαναληψιμότητας) συστημάτων μέτρησης υψομετρικών διαφορών. Ελέγχθηκε πόσο επηρεάζουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, ο φωτισμός και η απόσταση τις ανάγνωσης των χωροβατών στις συνθήκες αυτές.

Πραγματοποιήθηκαν πειράματα – έλεγχοι τόσο σε εσωτερικό όσο και σε εξωτερικό χώρο σε διάφορες αποστάσεις και με διαφορετικούς φωτισμούς (φυσικός, τεχνητός, σταθερός, κάθετος, πλάγιος διαχεόμενος).

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δύο χωροβάτες (DNA 03 και NA 3003 της Leica) καθώς υπήρχε η δυνατότητα διασύνδεσής τους με κεντρικό υπολογιστή και αυτόματη λήψη και καταγραφή των αναγνώσεων.

Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί μειώνονται οι κραδασμοί πάνω στο χωροβάτη την στιγμή της μέτρησης από την ενεργοποίηση του πλήκτρου measure από τον παρατηρητή. Επίσης είναι σημαντικό διότι με τη σύνδεση σε υπολογιστή και κατ' επέκταση με το διαδίκτυο μπορεί να γίνει η παρακολούθηση του πειράματος και ο χειρισμός του χωροβάτη από το γραφείο.

Σε όλα τα πειράματα, οι μετρήσεις αφορούσαν αναγνώσεις πάνω στην ίδια σταδία από τους δύο χωροβάτες, λήψη όλων των ατμοσφαιρικών συνθηκών (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία) με τη βοήθεια ειδικών οργάνων καθώς και μέτρηση της έντασης του φωτισμού.

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και των δύο πειραμάτων είναι:

- Μετρήσεις μπορούν να γίνουν σε εσωτερικό χώρο μόνο με σταθερό ή και διαχεόμενο φωτισμό και κυρίως όταν η σταδία φωτίζεται ολόκληρη και ομοιόμορφα.
- Πρέπει να αποφεύγονται οι μετρήσεις σε σκοτεινό χώρο ή με χαμηλό φωτισμό αλλά και με κάθετο σημειακό φωτισμό. Υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος σφαλμάτων και αδυναμίας λήψης αξιόπιστης ανάγνωσης.
- Επίσης πρέπει να αποφεύγονται οι μετρήσεις με μεγάλη χρονική διαφορά όσον αφορά διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε εξωτερικό χώρο.
Όπως διαπιστώθηκε μπορεί να υπάρξουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των μετρήσεων αν αυτές είναι σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα μιας ημέρας (π.χ. πρωί και μεσημέρι), ενώ αντίθετα εάν είναι την ίδια χρονική στιγμή τα σφάλματα και οι διαφορές μειώνονται.
- Πρέπει να γίνεται πάντα έλεγχος των χωροβατών και των παρελκόμενων για τις δυνατότητές τους πριν από εφαρμογές, κυρίως μεγάλης ακρίβειας.
- Οι πιο αξιόπιστες αποστάσεις για την εκπόνηση μετρήσεων σε εσωτερικό χώρο είναι τα λίγα μέτρα, από 5 έως και 16 m, διότι ο φωτισμός όπως αποδείχθηκε και η απόσταση μέτρησης επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα. Αντίθετα οι μετρήσεις ακριβείας σε εξωτερικό χώρο δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 50 m για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Είναι φανερό ότι ο χωροβάτης DNA 03 παρέχει μετρήσεις μικρότερης αβεβαιότητας και μεγαλύτερης σταθερότητας από τον χωροβάτη NA 3003 καθώς σε όλες τις αποστάσεις παρουσίαζε πάντα σφάλματα και διαφορές μικρότερες από αυτές του NA 3003 κατά τη διάρκεια και των δύο πειραμάτων.
- Η θερμοκρασία, ο φωτισμός και οι μεταβαλλόμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν αρκετά τις μετρήσεις και την απόδοση του χωροβάτη.
- Όπως αποδείχθηκε η συμπεριφορά των χωροβατών είναι σαφώς καλύτερη στους εσωτερικούς χώρους και στις σταθερές συνθήκες με οποιοδήποτε φωτισμό από ότι στους εξωτερικούς χώρους και τις φυσικές μεταβαλλόμενες συνθήκες.
- Αυξάνοντας την απόσταση μέτρησης κατά 10-15m παρατηρείται σχεδόν διπλασιασμός του τυπικού σφάλματος και

των μέγιστων διαφορών όταν οι αποστάσεις είναι μεγαλύτερες από 15m. Ενώ στις μικρότερες αποστάσεις παρατηρείται πιο ήπια αύξηση σφαλμάτων με την ταυτόχρονη αύξηση των αποστάσεων μέτρησης.

6.1.2 Έλεγχος σε εσωτερικό χώρο

Για όλες τις αποστάσεις και τον έλεγχο σε εσωτερικό χώρο οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι σταθερές και δεν επηρεάζουν αρκετά τις μετρήσεις και αυτό φαίνεται σε πολλά από τα διαγράμματα διότι οι μετρήσεις ακολουθούν σχεδόν ίδιας μορφής καμπύλη.

- Όσο αυξάνεται η απόσταση αυξάνονται τόσο τα σφάλματα όσο και οι διαφορές στις μετρήσεις αλλά και οι διακυμάνσεις αυτών γίνονται πιο έντονες. Αυτό ισχύει για όλους τους τύπους φωτισμού και για όλες τις εντάσεις.
- Οι δύο χωροβάτες έχουν σχεδόν αντίστοιχη συμπεριφορά με διαφορετικά μεγέθη σφαλμάτων στις δυο πρώτες αποστάσεις με τα σφάλματα και τις μέγιστες διαφορές να κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο για τον κάθε χωροβάτη. Ενώ μεγαλώνοντας την απόσταση, αυξάνονται και τα σφάλματα της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής αλλά και οι μέγιστες διαφορές.
- Σε εσωτερικό χώρο έγιναν οι μετρήσεις μέχρι και την απόσταση των 49 m . Πάνω από αυτή την απόσταση είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί μέτρηση σε εσωτερικό χώρο.
- Πολύ σημαντικό ήταν το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του πειράματος οι ατμοσφαιρικές συνθήκες ήταν σταθερές και οι μετρήσεις δεν επηρεαζόταν από εξωτερικούς παράγοντες (όπως π.χ. άνεμος, βροχή κ.ά.).

Όσον αφορά το φωτισμό μπορεί να διαπιστωθεί ότι:

- Στις μικρές αποστάσεις μέτρησης η διαφορά στα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι αμελητέα είτε αυτές ήταν με σταθερό φωτισμό είτε με διαχεόμενο και για τους δύο χωροβάτες. Στην απόσταση των 5 m το τυπικό σφάλμα της καλύτερης τιμής σ_0 για τον χωροβάτη DNA 03 στο σταθερό φωτισμό είναι $\sigma_0 = \pm 0.8 \mu\text{m}$ ενώ για τον ίδιο χωροβάτη στο διαχεόμενο υψηλό φωτισμό είναι $\sigma_0 = \pm 0.7 \mu\text{m}$, για τον διαχεόμενο μεσαίο φωτισμό

είναι $\sigma_0 = \pm 0.9 \mu\text{m}$ και για τον διαχεόμενο χαμηλό είναι $\sigma_0 = \pm 0.7 \mu\text{m}$.

Αυτό αποδεικνύει και την όμοια συμπεριφορά (όμοια ισχύει και για τον NA 3003) των χωροβατών σε σταθερό και διαχεόμενο φωτισμό στις μικρές αποστάσεις μέτρησης.

- Όταν όμως αυξάνεται η απόσταση φαίνεται ξεκάθαρα ότι στο σταθερό φωτισμό παρουσιάζεται μια πιο ομαλή συμπεριφορά των χωροβατών σε σχέση με το διαχεόμενο όπου τα σφάλματα αυξάνονται σημαντικά και υπέρδιπλασιάζονται σε κάθε αύξηση της απόστασης.

Αντίθετα στο σταθερό φωτισμό αυξάνονται ομαλά μέχρι την απότομη αύξηση και τον τριπλασιασμό του σφάλματος στην τελευταία απόσταση μέτρησης των 49 m.

Σημαντικό ρόλο σε αυτό έπαιξε και η ικανότητα και των δύο χωροβατών να μετρούν άνετα με τον διαχεόμενο φωτισμό, κυρίως όταν αυτός φώτιζε ολόκληρη τη σταδία.

- Αντίθετα, όταν η διεύθυνση του φωτισμού ήταν κάθετη προς τη σταδία διαπιστώθηκε ότι, για τον DNA 03 η λήψη ανάγνωσης πάνω στη σταδία ήταν πολύ δύσκολη και για τον NA 3003, αδύνατη. Αυτό προφανώς συμβαίνει διότι δεν φωτιζόταν η σταδία ολόκληρη, αλλά ένα μικρό τμήμα της. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρίας για τους χωροβάτες αυτούς, η απαίτηση του φωτισμού ολόκληρης της σταδίας είναι πολύ σημαντικό γεγονός και αναφέρεται στο manual των χωροβατών αυτών που τους συνοδεύει.

Συνεπώς όταν η μέτρηση γίνεται με την διεύθυνση του φωτισμού κάθετα προς τη σταδία υπήρχαν μεγαλύτερα σφάλματα (σε σχέση με τον σταθερό και διαχεόμενο φωτισμό) για τον χωροβάτη DNA 03. Επίσης παρατηρήθηκαν μεγαλύτερα σφάλματα (διπλάσια ή και παραπάνω) κυρίως στην υψηλή ένταση του κάθετου φωτισμού λόγω της αντανάκλασης του φωτός πάνω στη σταδία.

- Όσο αυξανόταν η απόσταση μέτρησης τόσο αυξάνονταν τα σφάλματα. Η διαφορά στις μεγάλες αποστάσεις και στις τρεις εντάσεις φωτισμού με κάθετη φορά διεύθυνσης ήταν ότι τα σφάλματα στον πιο χαμηλό φωτισμό ήταν συγκριτικά μεγαλύτερα (σχεδόν διπλάσια) από ότι στην μεγαλύτερη ένταση φωτισμού. Αυτό συμβαίνει διότι δεν επιδρά πια η αντανάκλαση του φωτός πάνω στη σταδία.

Η επαναληψιμότητα όπως αυτή ορίζεται από την εταιρία για τους δύο χωροβάτες και προέκυψε μέσω του πειράματος αυτού είναι:

ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ (μm)														
ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ		ΔΙΑΧΕΟΜΕΝΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ						ΚΑΘΕΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ					
	DNA 03	NA 3003	ΥΨΗΛΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ		ΥΨΗΛΟΣ		ΜΕΣΑΙΟΣ		ΧΑΜΗΛΟΣ	
	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003	DNA 03	NA 3003
5	5.1	8.4	4.0	5.2	4.0	5.5	3.0	11.7	5.4	-----	5.2	-----	12.3	-----
9	5.7	16.4	4.8	8.1	4.5	17.7	7.5	25.4	7.5	-----	3.7	-----	2.5	-----
16	11.8	29.7	21.3	52.4	25.0	135.1	22.8	-----	12.8	-----	13.1	-----	10.5	-----
25	22.9	58.0	50.3	-----	34.6	-----	48.6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
34	49.8	288.9	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
49	188.0	213.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Πίνακας 6.1: Επαναληψιμότητα (τυπικό σφάλμα μιας μέτρησης σε μm) χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 για τον έλεγχο σε εσωτερικό χώρο.

Η εταιρία δίνει την επαναληψιμότητα μόνο για τον χωροβάτη NA 3003 όταν αυτή προκύπτει από μετρήσεις με καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες, χωρίς όμως να ορίζονται ακριβώς, εάν είναι σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο.

Η επαναληψιμότητα σύμφωνα με την εταιρία Leica για τον ψηφιακό χωροβάτη NA 3003, είναι:

ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ
5	<0.01 mm = 10 μm
10	=0.01 mm = 10 μm
20	=0.03 mm = 30 μm
30	<0.05 mm = 50 μm

Πίνακας 6.2: Η επαναληψιμότητα του ψηφιακού χωροβάτη NA 3003, όπως αυτή δίνεται από την εταιρία Leica.

Συγκριτικά με τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τον χωροβάτη NA 3003 από το πείραμα σε εσωτερικό χώρο ισχύει ότι για την απόσταση των 5 μέτρων προκύπτουν όμοια αποτελέσματα με τυπικό σφάλμα μιας μέτρησης μικρότερο από 10 μm ($\sigma_0 = \pm 8.4 \mu\text{m}$).

Για την απόσταση των 9 m το τυπικό σφάλμα της μιας μέτρησης είναι $\sigma_0 = \pm 16 \mu\text{m}$ όπως προκύπτει από το πείραμα ενώ από την εταιρία είναι ίσο με $\sigma_0 = \pm 10 \mu\text{m}$. Για την απόσταση των 16 μέτρων ισχύουν όμοια

σχεδόν αποτελέσματα με τα τυπικά σφάλματα της μιας μέτρησης να είναι κοντά στα $\sigma_0 = \pm 20 \mu\text{m}$ (στα 16 m το σφάλμα είναι $\sigma_0 = \pm 29,7 \mu\text{m}$).

Από την απόσταση των 25 μέτρων και πάνω δεν υπάρχει συμφωνία. Η εταιρία δίνει ότι η επαναληψιμότητα είναι μικρότερη από $\sigma_0 = \pm 50 \mu\text{m}$ στα 30 m, ενώ από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι στα 25 m η επαναληψιμότητα είναι $\sigma_0 = \pm 58 \mu\text{m}$ ενώ σε μεγαλύτερες αποστάσεις φτάνει πάνω από 200 μm .

Γενικά λοιπόν ισχύει ότι δίνει και η εταιρία περίπου, όσον αφορά τις μικρότερες αποστάσεις και μέχρι τα 30 μέτρα. Στις μεγαλύτερες αποστάσεις δεν υπάρχει μέτρο σύγκρισης και επιπλέον τα σφάλματα υπερδιπλασιάζονται.

Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις που έγιναν από την εταιρία ήταν 20 συνεχόμενες ενώ στην περίπτωση του πειράματος ήταν πολύ περισσότερες και ανά τακτά χρονικά διαστήματα και ανάλογα με τον τύπο φωτισμού που χρησιμοποιήθηκε. Συνεπώς οι διαφορές στα σφάλματα οφείλονται και στο γεγονός αυτό.

Συνεπώς συμπεραίνεται ότι οι μετρήσεις σε καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες που αναφέρει η εταιρία είναι μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε εσωτερικό χώρο. Επίσης όσον αφορά το φωτισμό διαπιστώνεται ότι αυτός αναφέρεται σε σταθερό φωτισμό ολόκληρης της σταδίας καθώς τα τυπικά σφάλματα στον διαχεόμενο φωτισμό που προέκυψαν από το πείραμα για τον χωροβάτη NA 3003 είναι πολύ μεγαλύτερα από αυτά που αναφέρει η εταιρία.

6.1.3 Έλεγχος σε εξωτερικό χώρο

Στον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε σε εξωτερικό χώρο παρατηρήθηκε ότι:

- Η θερμοκρασία και οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν αρκετά τις μετρήσεις και αυτό φαίνεται σε πολλά από τα διαγράμματα διότι οι μετρήσεις ακολουθούν σχεδόν ίδια μορφής καμπύλη με τις θερμοκρασίες χωροβάτη και σταδίας (π.χ διαγράμματα 4.1, 4.3, 4.5, 4.7, 4.9, 4.11 και 4.13).
- Κατά τις βραδινές ώρες φαίνεται ότι επηρεάζει η μείωση του φωτισμού καθώς τουλάχιστον στις πιο κοντινές αποστάσεις πάντα

τις βραδινές ώρες οι μετρήσεις έπεφταν και έπαιρναν τις μικρότερες τιμές(π.χ διαγράμματα 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 4.10 και 4.12). Για τις πρώτες περιπτώσεις αποστάσεων (5, 9, 16 και 25 m) αυτό παρουσιάζεται με απόλυτη ακρίβεια (διαγράμματα 4.2, 4.4, 4.6, 4.8).

- Για την απόσταση των 50 m παρουσιάζεται ένα παρόμοιο φαινόμενο αλλά με μεγαλύτερες, πιο έντονες και πιο απότομες μεταβολές στις μετρήσεις οι οποίες φτάνουν ακόμα και τα 1.2 mm για τον χωροβάτη DNA 03 και 2.4 mm για τον χωροβάτη NA 3003 (διάγραμμα 4.12).
- Για την απόσταση των 34 m και των 70 m αυτές επηρεάζονται πολύ από τις έντονες διακυμάνσεις του φωτισμού ενώ σε κάποιες στιγμές που αυτός ομαλοποιείται οι μετρήσεις τείνουν προς την ίδια συμπεριφορά με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Στην περίπτωση όμως αυτή λόγω της μεγάλης απόστασης αλλά και των κακών συνθηκών ατμόσφαιρας και φωτισμού παρατηρείται ότι υπάρχουν οι έντονες μεταβολές στα διαγράμματα των μετρήσεων (διαγράμματα 4.10 και 4.14).
- Οι δύο χωροβάτες έχουν σχεδόν την ίδια συμπεριφορά, με διαφορετικά μεγέθη σφαλμάτων μεταξύ τους, στις τρεις πρώτες αποστάσεις με το σφάλμα (75μm για τον DNA και 130 μm για τον NA 3003) και τη μέγιστη διαφορά (0.35mm για τον DNA και 0.60 mm για τον NA 3003) να κυμαίνονται στο ίδιο μέγεθος. Ενώ όσο μεγαλώνει η απόσταση, τόσο αυξάνονται και τα σφάλματα της μιας μέτρησης και της μέσης τιμής αλλά και οι μέγιστες διαφορές (πίνακας 6.4).
- Είναι σαφές ότι ο χωροβάτης DNA 03 είναι μεγαλύτερης ακρίβειας και σταθερότητας από τον χωροβάτη NA 3003 καθώς σε όλες τις αποστάσεις παρουσίαζε πάντα σφάλματα και διαφορές μικρότερες από αυτές του NA 3003.

Στην απόσταση των περίπου 100 m, πραγματοποιήθηκε με τον χωροβάτη DNA 03 μια προσπάθεια. Αλλά δεν κατέστη δυνατό να ληφθεί μέτρηση καθώς ο χωροβάτης εμφάνιζε μήνυμα λάθους και μεγάλης απόστασης. Αυτό είναι αναμενόμενο, διότι η ίδια η εταιρία κατασκευής των χωροβατών, η Leica προτείνει για μετρήσεις σε σταδίες Invar με barcode μέγιστη απόσταση, περίπου 60 m, αλλά και γιατί επίσης φάνηκε στην απόσταση των 70 m ότι ο χωροβάτης βρισκόταν σχεδόν στο όριο των δυνατοτήτων του αφού μερικές φορές δεν ήταν δυνατή η μέτρηση σε αυτή την απόσταση.

Η επαναληψιμότητα των δύο χωροβατών για τις εξωτερικές συνθήκες του πειράματος είναι:

ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ (μm)		
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ		
ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	DNA 03	NA 3003
5	83.1	132.9
9	70.9	159.5
16	73.8	131.2
25	123.3	248.3
34	145.3	262.6
50	293.3	628.6
70	500.6	-----

Πίνακας 6.3: Επαναληψιμότητα (τυπικό σφάλμα μιας μέτρησης σε μm) χωροβάτη DNA 03 και NA 3003 για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο (φυσικές μεταβαλλόμενες συνθήκες).

Συγκριτικά με τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τον χωροβάτη NA 3003 από το πείραμα σε εξωτερικό χώρο ισχύει ότι για όλες τις αποστάσεις η επαναληψιμότητα που προκύπτει είναι πολύ μεγαλύτερη (κατά μέσο όρο πέντε φορές μεγαλύτερη) από αυτή που δίνει η εταιρία για μετρήσεις σε καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Συνεπώς διαπιστώνεται ότι οι καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες δεν είναι οι μεταβαλλόμενες φυσικές ατμοσφαιρικές συνθήκες αλλά οι σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος.

Επίσης στην περίπτωση αυτή πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εταιρία προέρχονται από 20 μετρήσεις συνεχόμενες ενώ τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το πείραμα προέρχονται από πολυάριθμες μετρήσεις ανά 5 λεπτά καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας.

6.2 Προβλήματα

Τα όποια προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης των πειραμάτων αυτών είχαν να κάνουν κυρίως:

- Αδυναμία λήψης ανάγνωσης των χωροβατών σε πολύ χαμηλό φωτισμό και κυρίως στον κάθετο και διαχεόμενο φωτισμό.
- Λόγω του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε και σύμφωνα με τις δυνατότητες του προγράμματος των χωροβατών, όταν παρουσιαζόταν ένα σφάλμα μέτρησης, ο DNA 03 το προσπερνούσε και συνέχιζε παρακάτω στην επόμενη μέτρηση, ενώ αντίθετα ο NA 3003 δεν συνέχιζε και έπρεπε να δοθεί ξανά εντολή χειροκίνητα.
Αυτό καθιστούσε απαραίτητη την συνεχή παρακολούθηση των πειραμάτων και κυρίως στον εξωτερικό χώρο, δηλαδή παρουσία ενός παρατηρητή ανά πάσα χρονική στιγμή.
- Δύσκολες έως αδύνατες συνθήκες μέτρησης στον εξωτερικό χώρο, λόγω ανέμων ή βροχής. Έτσι κάποια από τα πειράματα ματαιώθηκαν ή διακόπηκαν και έγιναν από την αρχή και εξολοκλήρου.
- Αδυναμία της μπαταρίας του χωροβάτη NA 3003 να λειτουργεί για πολλές ώρες και ανάγκη αντικατάστασής της 1 με 2 φορές την ημέρα στο πείραμα του εξωτερικού χώρου.
- Αντικατάσταση μπαταρίας του φωτόμετρου HD450 που χρησιμοποιήθηκε σε εξωτερικό χώρο, με αποτέλεσμα την απώλεια κάποιων δεδομένων φωτισμού για κάποια λεπτά.

6.3 Προτάσεις

Μετά την εκπόνηση των πειραμάτων και την αξιολόγηση των συμπερασμάτων που προέκυψαν υπάρχουν κάποιες προτάσεις που θα μπορούσαν να αναφερθούν και να βοηθήσουν μελλοντικές έρευνες ή διαδικασίες μετρήσεων με τους χωροβάτες. Οι προτάσεις που μπορούν να γίνουν είναι:

- Εκπόνηση τέτοιων όμοιων πειραμάτων από τις εταιρίες κατασκευής των χωροβατών για την διαπίστωση των ικανοτήτων των χωροβατών και κυρίως σε φυσικές μεταβαλλόμενες συνθήκες.
- Μελέτη ικανότητας αυτόματης λήψης μέτρησης από τους χωροβάτες χωρίς τη χρήση του κουμπιού μέτρησης. Έτσι θα αποφεύγονται οι κραδασμοί και τα σφάλματα που προέρχονται από αυτούς.

- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επαναληψιμότητα και οι δυνατότητες του κάθε χωροβάτη πριν από κάθε εργασία ή μέτρηση.
- Οι μετρήσεις σε εξωτερικό χώρο πρέπει να γίνονται το πολύ σε απόσταση 50 μέτρων προκειμένου να παρέχονται αξιόπιστες μετρήσεις.
- Οι μετρήσεις ακριβείας σε εσωτερικό χώρο πρέπει να πραγματοποιούνται σε αποστάσεις μερικών μέτρων (έως περίπου 25 m) και να λαμβάνεται υπόψη πάντα ο τρόπος φωτισμού της σταδίας.
- Όλες οι μετρήσεις μια εργασίας πρέπει να πραγματοποιούνται σε μικρό χρονικό διάστημα όπου οι διαφορές μεταξύ των μετρήσεων αλλά και των συνθηκών που επικρατούν είναι μικρότερες.
- Πρέπει πάντα να υπάρχει σταθερός φωτισμός ή τουλάχιστον σε κάθε περίπτωση ομοιόμορφος φωτισμός της σταδίας έτσι ώστε οι μετρήσεις να είναι περισσότερο ακριβείς.

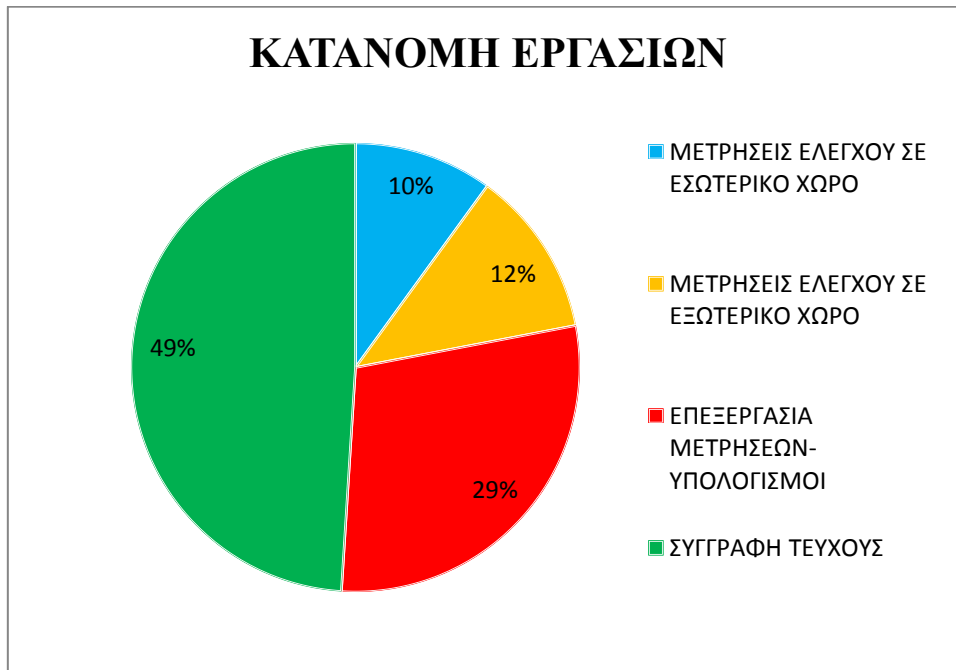
6.4 Διάρκεια εργασιών

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας απαιτήθηκαν συνολικά 7 μήνες συμπεριλαμβανομένου και του καλοκαιριού. Στους πρώτους 3 μήνες έγιναν κατά καιρούς η εκπόνηση των πειραμάτων και η επεξεργασία ενός μέρους των αποτελεσμάτων, ενώ αντίθετα στους υπόλοιπους 4 μήνες έγινε η συγγραφή του τεύχους και οι διορθώσεις αυτού, καθώς και η τελική επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

Πιο συγκεκριμένα, οι μετρήσεις για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο διήρκησαν περίπου 10 ημέρες χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι τυχόν καθυστερήσεις για διάφορους λόγους. Όμοια και για τον έλεγχο σε εξωτερικό χώρο, οι μετρήσεις διήρκησαν περίπου 12 ημέρες.

Για την επεξεργασία των μετρήσεων και την εξαγωγή απαραίτητων αποτελεσμάτων, διαγραμμάτων και λοιπών χρήσιμων στοιχείων χρειάστηκαν περίπου 20-30 ημέρες.

Τέλος για τη συγγραφή του τεύχους χρειάστηκαν περίπου 40-50 ημέρες καθότι ήταν αρκετά μεγάλο και πολύπλοκο. Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή του χρόνου στις εργασίες.



Διάγραμμα 6.1: Διάγραμμα κατανομής χρόνου στις εργασίες εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγατζά Α.Μ., Μπαλοδήμου (2007), **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις Ι**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
2. Αγατζά Α.Μ., Μπαλοδήμου (2007), **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις ΙΙ**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
3. Λάμπρου Ε. (2008), **Εφαρμοσμένα Θέματα Γεωδαισίας**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, Σημειώσεις Μαθήματος.
4. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ. (2010), **Εφαρμοσμένη Γεωδαισία**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, ISBN
5. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αραμπατζή Ο. (2004), **Υψομετρία**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα.
6. Μπαντέλας Α. Γ., Σαββαϊδης Π. Δ., κ.α (2010), **Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης και υπολογισμών**, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
7. Leica AG, **General notice for digital levels and staffs**, Heerbrugg, Switzerland 1994.
8. Woschitz H., **System Calibration of Digital Levels: Calibration Facility, Procedures and Results**, PhD thesis , Graz University of Technology, 2003
9. Νικολίτσας Κ. (2011), **Ανάπτυξη Προτύπου Διακρίβωσης των Συμβατικών Ψηφιακών Γεωδαιτικών Οργάνων**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα, Διδακτορική Διατριβή υπό εκπόνηση.
10. International Standard, ISO 17123-2, **Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments**, Part 2 Levels, 2001.

11. Mikko Takalo – Paavo Rouhiainen, **Development of a system calibration comparator for digital levels in Finland**, Δημοσίευση, Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research, Vol 1, 2004.
12. Woschitz H., Brunner K. F., Heister H, **Scale Determination of Digital Levelling Systems using a Vertical Comparator**, FIG XXII International Congress Washington, D.C. USA, April 2002

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

http://www.leica-geosystems.com/en/AT-MeteoStation_19053.htm

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0620/0900766b80620728.pdf>

<http://www.geminidataloggers.com/data-loggers/tinytag-plus-2>

<http://www.omniinstruments.net/products/product/moredetails/tinytag.id44.html#download>

http://www.extech.com/instruments/resources/datasheets/HD400_HD450.pdf

http://www.globaltestsupply.com/c/116/Extech_HD450_Light_Meter_Datalogger.html

http://www.leica-geosystems.com/media/new/product_solution/FIG_Congress_Paper_DNA.pdf

http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-DNA03-Leica-DNA10_5287.htm

http://cvkodoron.en.ec21.com/Leica_NA3003_Digital_Level_for--4110606_4110661.html

INVESTIGATION OF THE MEASUREMENT'S CHANGE (REPEATABILITY) OF DIGITAL LEVELS AT DIFFERENT CONDITIONS

ABSTRACT

The subject of the present diploma thesis is to determine the stability of reading (repeatability) of height differences measurement systems. The systems that were used include digital levels (Leica DNA 03 and Leica NA 3003). The experiments are carried out at internal standard environmental conditions and external changing environmental and natural conditions. It was also tested how the atmospheric conditions, lighting affect the performance of digital levels.

The definition of repeatability, according to the company Leica, is the standard deviation of a single measurement in good atmospheric conditions. Experimental checks were carried out both indoors and outdoors at various distances and under different lighting conditions (natural, artificial, firm, erect, and diffuse). [Leica AG, General notice for digital levels and staffs, Heerbrugg, Switzerland 1994.

Experiments – controls were carried out both inside and outdoors at various distances and under different lighting conditions (natural, artificial, firm, erect, and diffuse).

In the **first chapter** general information on digital levels are presented, their function and capabilities, how they are used, their deviations and the controls that are accomplished for the proper operation. All the accessories of digital levels are also described, such as digital level staffs, digital level bases (turtles).

In the **second chapter**, the test methodology and equipment that the experiments included, are analyzed in detail. More specifically, are thoroughly described both of digital levels, the staffs and the other equipment of these that were used and their technical features. Also, all the instruments that took part in the experimental procedure and were used mainly for receiving atmospheric and lighting conditions (thermometer, light meters), are mentioned and described. Furthermore, all the software programs of instruments that were used for processing the

measurements, are described. Finally there is a reference to handling and managing measurements.

In the **third chapter** the process control indoors, the equipment and the assembly of instruments, are analyzed. Moreover, the results of measurements for both levels for each distance separately and for each lighting conditions, the diagrams accompanying them, the comments and the observations resulting for each of the experiments, are included.

Initially, the experiment took place indoors. A first kind of optimization was attempted in order to detect time limits and intervals of the experiments, which emerged from daylong measurements. Then, measurements were received by digital levels, in different distances such as 5, 9, 16, 25, 34, 49 m, with sightings and readings on the staff. These measurements were made for all distances, and when it was possible with firm, changing, diffused or erect lighting conditions.

In the **forth chapter** the process control outdoors, the equipment and the assembly of instruments, are analyzed. Moreover, the results of measurements for both levels for each distance separately and for each lighting conditions, the diagrams accompanying them, the comments and the observations resulting for each of the experiments, are included.

The measurements in this experiment to last around from morning until sunset, are selected because of taking into account all the circumstances prevail and change during a day. This experiment consisted of measurements at distances of 5, 9, 16, 25, 34, 50 and 70 m.

For all experiments, the measurements were readings on the staffs from the two digital levels and readings of atmospheric and lighting conditions using special instruments.

The **fifth chapter** includes the analysis of the results for the controls, both indoors and outdoors. The analysis mainly consists of commentary and description of the diagrams, for the typical deviations of a single measurement, mean and maximum differences in relation to the distance measurement for all the experiments. Finally, there is a reference to the repeatability of digital levels in all conditions. Moreover, the functions are adjusted and the measurements are modeled.

In the **sixth chapter**, the findings of above results and their elaboration are analyzed. This chapter also includes proposals which can be formulated and derived from the evaluation of the findings.

The conclusions that arise, in summary are:

- For all distances and the indoors control, conditions are stable and do not affect enough the measurements.
- On the other side, for the outdoors control the temperature and the lighting conditions affect the measurements too much.
- The larger the distance measurements gets, the higher the deviations and differences in measurements become.
- DNA 03 has much greater accuracy and stability than NA 3003, because at all distances, DNA 03 had smaller deviations and differences than NA 3003.
- The repeatability for both the digital levels in each type of measurement also came of (indoors, outdoors, different lighting conditions).
- Important role plays the ability to receive and record measurements from the digital levels without the human intervention.
- The behavior of digital levels is much better indoors and in any lighting and stable atmospheric conditions than outdoors and in natural changing conditions.