



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

Έλεγχος της αξιοπιστίας  
των μετρήσεων φορητού δέκτη GNSS  
Αξιολόγηση της χρήσης του στην ενημέρωση  
τοπογραφικών διαγραμμάτων σε πραγματικό χρόνο



Διπλωματική Εργασία

**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ**

Επιβλέπουσα:  
Ε. ΛΑΜΠΡΟΥ  
Επίκουρος Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

**ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την περάτωση της διπλωματικής εργασίας μου δίνεται η δυνατότητα να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που πρόσφεραν σημαντική βοήθεια στα διάφορα στάδια της διεξαγωγής της.

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω την κα **Ευαγγελία Λάμπρου** Επίκουρο Καθηγήτρια επιβλέπουσα καθηγήτρια μου για τις υποδείξεις και τις παρατηρήσεις της στη διεξαγωγή αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης τον κο **Γεώργιο Πανταζή** Επίκουρο Καθηγητή για τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρείχε από την αρχή μέχρι και το τέλος της εργασίας.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ στον **Κιτσινέλη Σόλωνα** Τοπογράφο Μηχανικό της εταιρείας Geotech για την υποστήριξη και το ενδιαφέρον του καθώς και τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε για την εκπόνηση της εργασίας.

Ένα θερμό ευχαριστώ στην οικογένεια μου, ιδιαίτερα στις αδελφές μου **Σταυρούλα** και **Γεωργία** και στις ξεχωριστές μου φίλες **Ανθούλα**, **Αγλαΐα** και **Ιωάννα**.

Τέλος, ευχαριστώ περισσότερο από όλους τις συμφοιτήτριες και πολύ καλές μου φίλες **Αγγελική Μαυροειδή** και **Δέσποινα Μπαμπουρδά** για την ανεξάντλητη και πολύτιμη συμπαράσταση, κατανόηση και βοήθεια τους σε όλη τη διάρκεια της πενταετούς φοίτησής μου και ιδιαίτερα στις δύσκολες στιγμές αυτής της εργασίας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	I
Περιεχόμενα.....	II
Σχήματα.....	V
Πίνακες.....	VIII
Φωτογραφίες.....	IX
Περίληψη.....	X
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

#### **ΠΕΡΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

1.1 Η αναγκαιότητα της ενημέρωσης.....	3
1.2 Υπηρεσίες χαρτογράφησης της Ελλάδας.....	4
1.3 Όργανα ενημέρωσης τοπογραφικού διαγράμματος.....	6
1.3.1 Η μετροτράπεζα.....	6
1.3.2 Ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί.....	12
1.3.3 Φορητοί δέκτες του δορυφορικού συστήματος GPS .....	15
1.3.3.1 Μέτρηση με κώδικα.....	17
1.3.3.2 Μέτρηση με φάση φέροντος κύματος.....	18

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

#### **Ο ΦΟΡΗΤΟΣ ΔΕΚΤΗΣ ΤΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ GeoXT**

2.1 Γενικά.....	20
2.2 Περιγραφή του GeoXT.....	20
2.3 Εξωτερικές κεραίες του GeoXT.....	24
2.4 Βασικές λειτουργίες του Δέκτη.....	26
2.5 Οι παράμετροι των μετρήσεων.....	31
2.6 Εργαστηριακός έλεγχος του GeoXT.....	35
2.7 Συλλογή μετρήσεων.....	38

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

#### **ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ GeoXT**

3.1 Γενικά.....	40
3.2 Αβεβαιότητα του συστήματος GPS .....	40
3.3 Διαδικασία ελέγχου του φορητού δέκτη GeoXT.....	47
3.4 Μετρήσεις.....	52
3.4.1 Τιμές των Δφ, Δλ, Δh σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης.....	53
3.4.2 Οι τιμές των Δφ, Δλ, Δh ως συνάρτηση της κεραίας.....	72
3.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	75
3.6 Αξιολόγηση ελέγχου.....	77

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

#### **ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΔΕΚΤΗ GeoXT**

4.1 Αποτύπωση στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών (ΣΠΜ).....	80
4.1.1 Μετρήσεις – Αποτελέσματα.....	85
4.1.2 Προβλήματα.....	91
4.2 Αποτύπωση του περιβάλλοντα χώρου της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών (ΣΑΤΜ).....	92
4.2.1 Δημιουργία νέου αρχείου.....	93
4.2.1.1 Καθορισμός παραμέτρων.....	93
4.2.1.2 Μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων.....	94
4.2.2 Αποτύπωση με κώδικα.....	95
4.2.3 Αποτύπωση με φάση φέροντος κύματος.....	96
4.2.3.1 Σταθμός αναφοράς Geotech.....	97
4.2.3.2 Σταθμός αναφοράς Heros.....	97
4.2.3.3 Δέκτης Trimble 5800 – Βάθρο.....	99
4.3 Μέτρηση πολυγωνομετρικών σημείων.....	105
4.3.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	105

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

#### **ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

5.1 Γενικά.....	108
5.2 Αποτύπωση του κύριου δρόμου της Πολυτεχνειούπολης.....	108
5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	111

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

6.1 Συμπεράσματα.....117

6.2 Προτάσεις.....126

6.3 Χρονική διάρκεια εργασίας.....126

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....128

ABSTRACT.....132

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....134

[Λάμπρου Ε., 2005]: Βιβλιογραφία αναλογικής μορφής

[1]: Βιβλιογραφία ιστοσελίδων διαδικτύου

## Σχήματα

- Σχήμα 1.1: Σκόπευση σημείων C και D από τις στάσεις A και B
- Σχήμα 1.2: Μέθοδος πολικών συντεταγμένων
- Σχήμα 1.3: Μπλοκ δεδομένων των 30 min 5 min
- Σχήμα 2.1: Μέρη της συσκευής GeoXT
- Σχήμα 2.2: Δέκτης GeoXT<sup>TM</sup>
- Σχήμα 2.3: Εξωτερικές κεραίες hurricane και patch
- Σχήμα 2.4: Παράθυρο σύνδεσης δέκτη GeoXT και H/Y
- Σχήμα 2.5: Παράθυρο μεταφοράς δεδομένων
- Σχήμα 2.6: Επιλογή αρχείου για διόρθωση
- Σχήμα 2.7: Επιλογή τύπου διόρθωσης
- Σχήμα 2.8: Εισαγωγή δεδομένων από το σταθμό αναφοράς
- Σχήμα 2.9: Αποτελέσματα από τη διαδικασία της διόρθωσης
- Σχήμα 2.10: Τομέας Status
- Σχήμα 2.11: Δορυφορικός σχηματισμός ουράνιου θόλου
- Σχήμα 2.12: Γράφημα της ποιότητας του σήματος κάθε δορυφόρου
- Σχήμα 2.13: Δείκτης του γεωμετρικού σχηματισμού των δορυφόρων
- Σχήμα 2.14: Καθορισμός του μέτρου της γεωμετρικής ακρίβειας
- Σχήμα 2.15: Μετρήσεις με ενσωματωμένη κεραία και προσδιορισμός HRMS
- Σχήμα 2.16: Μετρήσεις με κεραία hurricane και προσδιορισμός HRMS
- Σχήμα 2.17: Μετρήσεις με κεραία patch και προσδιορισμός HRMS
- Σχήμα 2.18: Χρόνος φάσης
- Σχήμα 3.1: Τα σφάλματα του συστήματος GPS
- Σχήμα 3.2: Σφάλμα της τροχιάς του δορυφόρου
- Σχήμα 3.3: Η διάθλαση των σημάτων GPS από την επίδραση της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας
- Σχήμα 3.4: Ανακλώμενα και απευθείας δορυφορικά σήματα προς το δέκτη GPS
- Σχήμα 3.5: Τετράεδρο που σχηματίζεται από τις γραμμές που συνδέουν το δέκτη GPS με τους δορυφόρους
- Σχήμα 3.6: Καλή γεωμετρία δορυφόρων
- Σχήμα 3.7: Κακή γεωμετρία δορυφόρων
- Σχήμα 3.8: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Γενικές Έδρες)
- Σχήμα 3.9: Διακύμανση της τιμής  $\Delta l$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Γενικές Έδρες)
- Σχήμα 3.10: Διακύμανση της τιμής  $\Delta h$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Γενικές Έδρες)

- Σχήμα 3.11: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Φυσική)
- Σχήμα 3.12: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Φυσική)
- Σχήμα 3.13: Διακύμανση της τιμής  $\Delta h$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Φυσική)
- Σχήμα 3.14: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Ναυπηγική)
- Σχήμα 3.15: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Ναυπηγική)
- Σχήμα 3.16: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Εστία)
- Σχήμα 3.17: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Εστία)
- Σχήμα 3.18: Διακύμανση της τιμής  $\Delta h$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Εστία)
- Σχήμα 3.19: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Υδραυλική)
- Σχήμα 3.20: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Υδραυλική)
- Σχήμα 3.21: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Χημικοί Μηχανικοί)
- Σχήμα 3.22: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Χημικοί Μηχανικοί)
- Σχήμα 3.23: Διακύμανση της τιμής  $\Delta h$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Χημικοί Μηχανικοί)
- Σχήμα 3.24: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Κτήριο Βέη)
- Σχήμα 3.25: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Κτήριο Βέη)
- Σχήμα 3.26: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Δυτικό Βάθρο Λαμπαδαρίου)
- Σχήμα 3.27: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Δυτικό Βάθρο Λαμπαδαρίου)
- Σχήμα 3.28: Διακύμανση του  $\Delta\phi$  σε m (με ενσωματωμένη κεραία), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης
- Σχήμα 3.29: Διακύμανση του  $\Delta\phi$  σε m (με κεραία patch), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης
- Σχήμα 3.30: Διακύμανση του  $\Delta\phi$  σε m (με κεραία hurricane), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης
- Σχήμα 3.31: Διακύμανση του  $\Delta\lambda$  σε m (με ενσωματωμένη κεραία), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης

- Σχήμα 3.32: Διακύμανση του  $\Delta l$  σε m (με κεραία patch), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης
- Σχήμα 3.33: Διακύμανση του  $\Delta l$  σε m (με κεραία hurricane), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης
- Σχήμα 4.1: Παράθυρο μετατροπής ψηφιακού σχεδίου
- Σχήμα 4.2: Τομέας προβολής αρχείων (Data)
- Σχήμα 4.3: Ενημέρωση χαρακτηριστικών
- Σχήμα 4.4: Διαδικασία ενημέρωσης
- Σχήμα 4.5: Αποτύπωση στον εξωτερικό χώρο των κτιρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών από ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς
- Σχήμα 4.6: Αποτύπωση φρεατίου με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και με το φορητό δέκτη GeoXT
- Σχήμα 4.7: Αποτύπωση φρεατίων με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και με το δέκτη GeoXT
- Σχήμα 4.8: Μέτρηση σημείων με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και με το φορητό δέκτη GeoXT
- Σχήμα 4.9: Καθορισμός παραμέτρων στη δημιουργία νέου αρχείου
- Σχήμα 4.10: Επιλογή οντότητας για συλλογή μετρήσεων
- Σχήμα 4.11: Καθορισμός ιδιοτήτων κάθε νέας οντότητας
- Σχήμα 4.12: Πρώτο διάγραμμα στο χώρο στάθμευσης της ΣΑΤΜ
- Σχήμα 4.13: Δεύτερο διάγραμμα στο χώρο στάθμευσης της ΣΑΤΜ
- Σχήμα 4.14: Αποτύπωση από μετρήσεις φάσης με μόνιμο σταθμό αναφοράς (Geotech) και μετεπεξεργασία στο χώρο στάθμευσης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
- Σχήμα 4.15: Αποτύπωση από μετρήσεις φάσης με μόνιμο σταθμό αναφοράς του Heros και μετεπεξεργασία στο χώρο στάθμευσης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
- Σχήμα 4.16: Τα μετρημένα στοιχεία με το φορητό δέκτη GeoXT στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
- Σχήμα 4.17: Τα διορθωμένα στοιχεία από τις μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
- Σχήμα 4.18: Αποστάσεις των μετρημένων σημείων πριν και μετά τη διόρθωσή τους από το λογισμικό γραφείου
- Σχήμα 4.19: Σύγκριση πολυγωνομετρικών σημείων μετρημένων με το φορητό δέκτη GeoXT μετά τη διόρθωσή τους και με τη μέθοδο RTK
- Σχήμα 5.1: Τοπογραφικό διάγραμμα περιοχής Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

Σχήμα 5.2: Αποτύπωση του δρόμου και των πολυγωνομετρικών σημείων πριν και μετά τη διόρθωση από το λογισμικό γραφείου – Σύγκριση με τη μέθοδο μέτρησης RTK

Σχήμα 5.3: Απόδοση του δρόμου με α) μέτρηση σημείων και β) μέτρηση γραμμών

## Πίνακες

Πίνακας 2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά GeoXT

Πίνακας 2.2: Οριζόντιο Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα για τους συνδυασμούς δέκτη – κεραίας

Πίνακας 3.1: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Γενικές Έδρες) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.2: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Φυσική) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.3: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Ναυπηγική) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.4: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Εστία) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.5: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Υδραυλική) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.6: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Χημικοί Μηχανικοί) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.7: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Κτήριο Βέη) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.8: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ, Δh μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Δυτικό Βάθρο Λαμπαδαρίου) με το φορητό δέκτη GeoXT

Πίνακας 3.9: Αβεβαιότητες θέσης σύμφωνα με τον κατασκευαστή για τις τρεις κεραίες για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Πίνακας 4.1: Υπολογισμοί διαφορών μεταξύ συντεταγμένων όπως προσδιορίστηκαν με μετρήσεις με το δέκτη GeoXT και με τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς

- Πίνακας 4.2: Υπολογισμός αποστάσεων μεταξύ των στάσεων που προσδιορίζονται με το φορητό δέκτη GeoXT (με μετεπεξεργασία) και με τη μέθοδο RTK
- Πίνακας 5.1: Αβεβαιότητες αποκλειστικά των θέσεων που διορθώθηκαν με φάση φέροντος κύματος
- Πίνακας 5.2: Αβεβαιότητες των θέσεων που διορθώθηκαν με κώδικα και φάση φέροντος κύματος
- Πίνακας 5.3: Σύγκριση συντεταγμένων των πολυγωνομετρικών σημείων πριν και μετά τη διόρθωση τους από τις αντίστοιχες της μεθόδου RTK

## Φωτογραφίες

- Φωτ. 1.1: Αποτύπωση με μετροτράπεζα
- Φωτ. 1.2: Μέρη μετροτράπεζας
- Φωτ. 1.3: Τηλεσκοπική σκοπευτική διάταξη
- Φωτ. 1.4: Mio P550
- Φωτ. 1.5: Etrex Venture Cx
- Φωτ. 1.6: Φορητός δέκτης GeoXT
- Φωτ. 3.1: Υδραυλική με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.2: Χημικοί Μηχανικοί με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.3: Φυσική με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.4: Φυσική με patch
- Φωτ. 3.5: Γενικές Έδρες με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.6: Γενικές Έδρες με patch
- Φωτ. 3.7: Ναυπηγική με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.8: Ναυπηγική με patch
- Φωτ. 3.9: Εστία με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.10: Εστία με patch
- Φωτ. 3.11: Κτήριο Βέη με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.12: Δυτικό βάθρο Λαμπαδαρίου με ενσωματωμένη κεραία
- Φωτ. 3.13: Δυτικό βάθρο Λαμπαδαρίου με patch
- Φωτ 4.1: Δέκτης Trimble 5800
- Φωτ 4.2: Δέκτης με στυλαίο
- Φωτ 4.3: Μπαταρίες και φορτιστής
- Φωτ 4.4: Τρικόχλιο
- Φωτ 4.5: Χειριστήριο
- Φωτ 4.6: Δέκτης και χειριστήριο

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αναγκαιότητα ενημέρωσης τοπογραφικών διαγραμμάτων απορρέει κυρίως από τη χρησιμότητά τους σε πλήθος εφαρμογών, ενώ η απουσία της ενημέρωσης από τις μέχρι σήμερα προσπάθειες χαρτογράφησης του ελληνικού χώρου οδήγησε στη σχεδόν μη χρησιμοποίησή τους.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η μελέτη του φορητού δέκτη GeoXT του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού και η εξέταση της χρησιμότητάς του στην ενημέρωση τοπογραφικών διαγραμμάτων.

Στο **Κεφάλαιο 1** γίνεται μια συνοπτική αναφορά στα οφέλη της ενημέρωσης ενός τοπογραφικού διαγράμματος σε ένα πλήθος εφαρμογών που αντιμετωπίζει ένας μηχανικός στη σημερινή εποχή.

Από τα ελλιπή στοιχεία που παρέχονται από τις περισσότερες υπηρεσίες της Ελλάδας (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, Εθνικό Κτηματολόγιο), διαπιστώνεται η αναγκαιότητα της ενημέρωσης ενός τοπογραφικού διαγράμματος.

Κατόπιν αναλύονται τόσο η χρήση της μετροτράπεζας και των ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών όσο και των φορητών δεκτών του δορυφορικού συστήματος GPS στην ενημέρωση τοπογραφικών διαγραμμάτων. Τέλος περιγράφονται οι μέθοδοι μέτρησης με κώδικα και φάση φέροντος κύματος.

Στο **Κεφάλαιο 2** περιγράφεται ο φορητός δέκτης του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού GeoXT Series 2005 της εταιρείας Trimble.

Περιγράφονται τα κύρια και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, οι εξωτερικές κεραίες καθώς και οι βασικές λειτουργίες του.

Στη συνέχεια αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την αβεβαιότητα προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου με το δέκτη GeoXT.

Παρουσιάζεται ο εργαστηριακός έλεγχος με τις αβεβαιότητες προσδιορισμού της θέσης του δέκτη όταν χρησιμοποιούνται και οι τρεις κεραίες (ενσωματωμένη κεραία, κεραία patch, κεραία hurricane). Τέλος γίνεται αναφορά στη διαδικασία εκτέλεσης των μετρήσεων.

Στο **Κεφάλαιο 3** ελέγχεται η αξιοπιστία του δέκτη GeoXT. Περιγράφονται οι πηγές σφαλμάτων και πως αυτές επηρεάζουν την ακρίβεια του συστήματος GPS.

Παρουσιάζεται ο μετρολογικός έλεγχος που έγινε στα τριγωνομετρικά σημεία της Πολυτεχνειούπολης και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων μέσα από διαγράμματα ώστε να διαπιστωθεί η αξιοπιστία και η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό θέσης. Τέλος αξιολογείται συνολικά ο έλεγχος με την καταγραφή συμπερασμάτων.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται μια σειρά από πειραματικές διαδικασίες με τη συσκευή GeoXT όπου πραγματοποιούνται μετρήσεις:

- με κώδικα
- με φάση φέροντος κύματος

Στη δεύτερη περίπτωση τα δεδομένα μετεπεξεργάζονται στο γραφείο με το λογισμικό GPS Pathfinder. Σε κάθε πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν στη μετεπεξεργασία τα δεδομένα από τους:

- Μόνιμο σταθμό αναφοράς Geotech
- Σταθμό αναφοράς του Heros
- Δέκτης Trimble 5800

Επιπλέον ελέγχεται η ορθότητα των θέσεων που παρέχει ο δέκτης GeoXT με την πραγματοποίηση μετρήσεων στα σημεία μιας όδευσης. Χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Trimble 5800 ως σταθερός δέκτης με σκοπό τη μετεπεξεργασία των μετρημένων σημείων.

Οι θέσεις των σημείων με μετεπεξεργασία συγκρίνονται με τις αντίστοιχες που προσδιορίζονται με τη μέθοδο RTK και αξιολογούνται οι αποκλίσεις.

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζεται η αποτύπωση ενός τμήματος του κύριου δρόμου της Πολυτεχνειούπολης, χρησιμοποιώντας τις συσκευές GeoXT και Trimble 5800 ως κινητό και σταθερό δέκτη αντίστοιχα.

Κατόπιν ο δρόμος συγκρίνεται ως προς τη θέση και τη γεωμετρία του (σε πραγματικό χρόνο και με μετεπεξεργασία) με τον ίδιο δρόμο που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο Real Time Kinematic.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται συνολικά τα συμπεράσματα, οι προτάσεις και το χρονοδιάγραμμα που προκύπτουν από την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: φορητός δέκτης δορυφορικού συστήματος εντοπισμού GeoXT, κώδικας, φάση φέροντος κύματος, ενσωματωμένη κεραία, κεραία patch, κεραία hurricane, μετρολογικός έλεγχος, μετεπεξεργασία, σταθμοί αναφοράς, σύστημα Trimble 5800

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από μία απλή διαδικασία όπως η έκδοση οικοδομικής άδειας μέχρι και μία πιο σύνθετη (απαλλοτριώσεις για τη δημιουργία τεχνικών έργων), είναι απαραίτητη η χρήση ενός τοπογραφικού διαγράμματος.

Απαραίτητο χαρακτηριστικό κάθε τοπογραφικού διαγράμματος ανεξαρτήτως κλίμακας ή χρήσης του είναι η σωστή, ακριβής, και ολοκληρωμένη απεικόνιση της περιοχής του διαγράμματος κάθε χρονική στιγμή.

Ιδιαίτερα στα διαγράμματα, που διαθέτουν οι υπηρεσίες, κλίμακας 1:500, 1:1000 και 1:5000, η ενημέρωσή τους κρίνεται αναγκαία και ιδιαίτερα σημαντική επειδή οποιαδήποτε μελέτη (πολεοδομική, αρχιτεκτονική, κατασκευή νέων τεχνικών έργων) έχει ως απαραίτητο εργαλείο ένα σωστά ενημερωμένο σύγχρονο διάγραμμα που να ανταποκρίνεται στην υπάρχουσα κατάσταση.

Τις τελευταίες δεκαετίες η ανάπτυξη και η εξέλιξη των συστημάτων δορυφορικού εντοπισμού (Global Positioning System - GPS) και ειδικότερα οι δέκτες GPS χειρός (συνηθέστερα καλούμενους "φορητά GPS") είναι αλματώδης. Όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται τόσο σε γεωδαιτικές μετρήσεις όσο και στην απλή καθημερινότητα. Με τη χρήση των συστημάτων αυτών είναι πια απλή η διαδικασία του προσδιορισμού των συντεταγμένων ενός ή περισσότερων σημείων της φυσικής Γήινης επιφάνειας.

Γνωρίζοντας λοιπόν την αναγκαιότητα και χρησιμότητα της ενημέρωσης ενός τοπογραφικού διαγράμματος και ερευνώντας σύγχρονες μεθόδους προς την επίτευξη αυτού του σκοπού, επιλέγεται η μελέτη και η έρευνα της χρήσης του φορητού δέκτη του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού GeoXT της εταιρείας Trimble. Τέτοιοι δέκτες χρησιμοποιούνται καθημερινά από εντελώς ανειδίκευτους χρήστες οποιασδήποτε επαγγελματικής κατάρτισης μέχρι εξειδικευμένους μηχανικούς.

Με την εργασία αυτή παρουσιάζονται αρχικά όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες του φορητού δέκτη GeoXT. Αναδεικνύεται η αναγκαιότητα μετρολογικού ελέγχου του φορητού δέκτη με τη διεξαγωγή μιας σειράς ελέγχων ώστε να διαπιστωθεί η αξιοπιστία στον προσδιορισμό της θέσης.

Εκτελούνται πειραματικές διαδικασίες όπου η κάθε μία αποτελεί εξέλιξη της προηγούμενης μεθόδου με σκοπό τη βελτίωση της ορθότητας των αποτελεσμάτων και της αξιοπιστίας του δέκτη. Σε αυτές τις διαδικασίες χρησιμοποιούνται τόσο οι μόνιμοι σταθμοί αναφοράς της εταιρείας Geotech και του Heros καθώς και ένας γεωδαιτικός δέκτης

Trimble 5800 με σκοπό τη διόρθωση των μετρήσεων για την επίτευξη μικρότερης αβεβαιότητας στα αποτελέσματα.

Τέλος ο φορητός δέκτης GeoXT χρησιμοποιείται στην ενημέρωση ενός τοπογραφικού διαγράμματος και ελέγχεται η αποτελεσματικότητα του συστήματος σε εργασίες ενημέρωσης.

Ουσιαστικά στην εργασία αυτή πέρα από τη αναλυτική περιγραφή της παραπάνω συσκευής προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για τη χρήση του δέκτη και εάν τελικά ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της διαδικασίας της ενημέρωσης ενός τοπογραφικού διαγράμματος.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΠΕΡΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

### 1.1 Η αναγκαιότητα της ενημέρωσης

Μια σειρά εργασιών βασίζεται και χρησιμοποιεί ως υπόβαθρο τοπογραφικά διαγράμματα. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω:

- Μελέτη και κατασκευή τεχνικών έργων όπως τα έργα οδοποιίας, λιμενικά, υδραυλικά, δομικά.
- Σύνταξη κτηματολογίου, αναδασμός, τακτοποίηση - προσκύρωση οικοπέδων, πράξεις εφαρμογής.
- Σύνταξη κάθε είδους χάρτη που αφορά στην πολεοδομία, τη γεωγραφία, την κοινωνιολογία κ.λ.π.,
- Χαράξεις τεχνικών έργων.
- Χωροταξικός σχεδιασμός, άσκηση πολιτικής γης, οικονομικός προγραμματισμός.

Από το πλήθος των εφαρμογών όπου απαιτείται τοπογραφικό διάγραμμα είναι εμφανές ότι αυτό πρέπει να παρέχει ακριβείς πληροφορίες για όλες τις φυσικές ή τεχνικές λεπτομέρειες που υπάρχουν στην επιφάνεια του εδάφους. Ιδιαίτερα αυτό ισχύει για διαγράμματα που αφορούν στην αποτύπωση μεγάλων σε έκταση περιοχών (αστικές περιοχές, οικισμοί) και είναι πολύ χρήσιμα για τη μελέτη και την κατασκευή τεχνικών έργων. Ένας μελετητής τεχνικών έργων, για να προχωρήσει στη μελέτη ενός έργου πρέπει να έχει στη διάθεσή του ορισμένες πληροφορίες, όχι μόνο για το έργο που πρόκειται να μελετηθεί, αλλά και για την περιοχή που πρόκειται αυτό να κατασκευαστεί.

Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να αποτυπώνονται στο τοπογραφικό διάγραμμα και να ανταποκρίνονται στην υπάρχουσα κατάσταση. Απαιτείται, δηλαδή, διάγραμμα της περιοχής που να την απεικονίζει σωστά, με πληρότητα και ολοκληρωμένα.

Ωστόσο οι αλλαγές που παρατηρούνται, και ιδιαίτερα στις πόλεις, είναι συχνές και ταχύτατες. Για να ανταποκρίνεται το τοπογραφικό διάγραμμα στην υπάρχουσα κατάσταση θα πρέπει οι αλλαγές αυτές να καταγράφονται σε αυτό με κάποιο τρόπο.

Μια λύση είναι να συντάσσεται για την περιοχή ένα νέο διάγραμμα κάθε φορά που αυτό κρίνεται σκόπιμο. Κάτι τέτοιο όμως είναι χρονοβόρο και επιφέρει μεγάλο κόστος. Θα μπορούσε να αποφευχθεί η παραπάνω λύση αν τα διαγράμματα ενημερώνονται για τις αλλαγές που παρατηρούνται στην περιοχή. Η διαδικασία της ενημέρωσης που επιλέγεται κάθε φορά εξαρτάται κυρίως από την κλίμακα των διαγραμμάτων. Άλλες διαδικασίες απαιτούν τα διαγράμματα σε μικρές κλίμακες και μεγαλύτερες αβεβαιότητες και άλλες τα διαγράμματα σε μεγαλύτερες κλίμακες και μικρή αβεβαιότητα.

## 1.2 Υπηρεσίες χαρτογράφησης της Ελλάδας

Τις περισσότερες φορές οι υπηρεσίες χαρτογράφησης της Ελλάδας παρέχουν χάρτες και διαγράμματα με ελλιπή στοιχεία αφού δεν δίνουν έμφαση στη διαδικασία της ενημέρωσης. Το αποτέλεσμα είναι να παρέχουν διαγράμματα που δεν ανταποκρίνονται στην υπάρχουσα κατάσταση και κατά συνέπεια δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

### ➤ Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ)

Αποτελεί μία από τις βασικότερες πηγές χαρτογραφικών δεδομένων. Η σύνταξη διαγραμμάτων γίνεται από τη ΓΥΣ, σε εκτέλεση του προγράμματος «Χαρτογράφηση της Ελλάδος» που άρχισε το 1962 και η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η φωτογραμμετρική αναγωγή. Έχουν συνταχθεί περίπου 11.000 τέτοια διαγράμματα που καλύπτουν το 84% του Ελληνικού χώρου.

Όπως παρατηρείται πολλά από τα διαγράμματα αυτά, τα οποία διαθέτει η ΓΥΣ μέχρι σήμερα, έχουν συνταχθεί πριν από 30 με 40 χρόνια με αεροφωτογραφίες της τότε εποχής. Από τότε όμως μέχρι σήμερα έχουν σημειωθεί ριζικές αλλαγές σε όλες τις πόλεις της χώρας, για τις οποίες όμως δεν έχουν ενημερωθεί τα διαγράμματα αυτά, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν σοβαρές ελλείψεις.

Θα μπορούσε χαρακτηριστικά να αναφερθεί το διάγραμμα 1:5000 της περιοχής του Χολαργού, στο οποίο δεν υφίσταται η Λεωφόρος Κατεχάκη [Λαζαρίδου Ε., 2003].

Μάλιστα αναφέρεται από τους αρμόδιους ότι μέχρι τώρα δεν έχει τεθεί το θέμα της ενημέρωσης των διαγραμμάτων αυτών μιας και το έργο δεν έχει ακόμα τελειώσει (απομένει ένα ποσοστό της τάξης του 16% της Ελλάδος για το οποίο δεν έχουν συνταχθεί παρόμοια διαγράμματα) και φυσικά όταν αποφασισθεί να γίνει κάτι τέτοιο θα γίνει πάλι με

φωτογραμμετρικές μεθόδους, αφού οι αλλαγές που έχουν σημειωθεί είναι τεράστιες.

Σοβαρό μειονέκτημα που προκύπτει από τη μη ενημέρωση των διαγραμμάτων αυτών εκτός των άλλων είναι ότι δεν μπόρεσαν να αποτελέσουν τη βάση για τη σύνταξη των διαγραμμάτων του κτηματολογίου, το οποίο και συντάσσεται στις μέρες μας, προκειμένου να αποφευχθούν νέες αεροφωτογραφίσεις που και μεγάλο κόστος έχουν και καθυστέρησαν σε πολλές περιπτώσεις το έργο (Χίο και Σύμη λόγω του παραμεθόριου χαρακτήρα τους).

Συγκεκριμένα για τη σύνταξη κτηματολογίου σε αγροτικές περιοχές, αρχική σκέψη ήταν να χρησιμοποιηθούν ως υπόβαθρα ήδη υπάρχοντα διαγράμματα κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ. Ωστόσο ήταν απαραίτητο τα διαγράμματα που θα χρησιμοποιούνταν να απεικονίζουν αξιόπιστα τη σημερινή κατάσταση κάτι που όπως διαπιστώθηκε παραπάνω δεν ίσχυε για τα διαγράμματα της ΓΥΣ. Έτσι έπρεπε να επιλεγεί ή η ενημέρωση των ήδη υπάρχοντων ή η σύνταξη νέων από την αρχή με βάση πρόσφατες αεροφωτογραφίες. Στην ουσία βέβαια η επιλογή ήταν μία – η λήψη νέων αεροφωτογραφιών – αφού και η ενημέρωση των ήδη υπάρχοντων διαγραμμάτων εξαιτίας των μεγάλων ελλείψεων που είχαν, μόνο με φωτογραμμετρικές μεθόδους μπορούσε να πραγματοποιηθεί [Λαζαρίδου Ε.,2003].

#### ➤ Εθνικό Κτηματολόγιο

Όσον αφορά το Εθνικό Κτηματολόγιο, η επιτυχία της προσπάθειας για μια εκ νέου χαρτογράφηση της Ελλάδος στηρίζεται σε μεγάλο ποσοστό στη διαδικασία της ενημέρωσης.

Προσπάθεια κτηματογράφησης είχε γίνει και στο παρελθόν, αλλά η απουσία της διαδικασίας της ενημέρωσης οδήγησε στο να μην μπορούν σήμερα να χρησιμοποιηθούν τα τότε αποτελέσματα.

Συγκεκριμένα αναφέρονται οι γεωργικές εκτάσεις της Ελλάδας για τις οποίες υπάρχει και το προκαταρκτικό Κτηματολόγιο του 1972-1974. Από τότε όμως μέχρι σήμερα η κατάσταση των περιοχών αυτών έχει αλλάξει. Έτσι, τίθεται ερωτηματικό αν μπορεί σήμερα να χρησιμοποιηθεί και με ποιο τρόπο, το οποίο όμως τότε είχε καλύψει 25 νομούς της χώρας, από την Κρήτη μέχρι τη Λάρισα [Λαζαρίδου Ε.,2003].

Η διαδικασία της ενημέρωσης έχει προβλεφθεί, σήμερα, από τους αρμόδιους του έργου και εφαρμόζεται και κατά τη σύνταξη των διαγραμμάτων. Σε περίπτωση σφαλμάτων και ελλείψεων στην απόδοση των γεωμετρικών στοιχείων, γίνονται ενστάσεις και με κατάθεση τοπογραφικού διαγράμματος από τον ενιστάμενο γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις. Η διαδικασία όμως της ενημέρωσης πρέπει να συνεχίζεται

και μετά τη σύνταξη των τελικών διαγραμμάτων προκειμένου πλέον να έχουμε διαχρονικά διαγράμματα και να μη χρειαστεί σε λίγα χρόνια να ξεκινήσει άλλο ένα πρόγραμμα χαρτογράφησης.

### 1.3 Όργανα ενημέρωσης τοπογραφικού διαγράμματος

#### 1.3.1 Η μετροτράπεζα

Η μέθοδος αποτύπωσης με μετροτράπεζα κατατάσσεται στις γραφικές μεθόδους αποτύπωσης. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της μετροτράπεζας που ταυτόχρονα τη διαφοροποιεί από τις κλασικές μεθόδους αποτύπωσης με θεοδόλιχο, είναι ότι επιτρέπει τη σχεδίαση ταυτόχρονα με τις εργασίες πεδίου. Σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους όπου μετρούνται και καταγράφονται οι αριθμητικές τιμές των γωνιών, στη μετροτράπεζα οι γωνίες σχεδιάζονται αμέσως, μεταφέροντας στο χαρτί τις σχετικές διευθύνσεις που σκοπεύονται, δηλαδή οι πλευρές της γωνίας (φωτ. 1.1)

Το χαρτί σχεδίασης τοποθετείται στην επάνω επιφάνεια της πινακίδας, αφού πρώτα αυτή οριζοντιωθεί. Στη συνέχεια σχεδιάζονται οι πλευρές της οριζόντιας γωνίας που είναι παράλληλες στις οριζόντιες αποστάσεις των σχετικών γραμμών στο έδαφος.

Αναφέρεται ότι ταυτόχρονα με την αποτύπωση σημείων καταγράφονται και ποιοτικές πληροφορίες (δένδρα, κολώνες ΔΕΗ - ΟΤΕ), αποτελώντας ταυτόχρονα και αυτοσχέδιο υπαίθρου (κροκί).



*Φωτ. 1.1: Αποτύπωση με μετροτράπεζα*

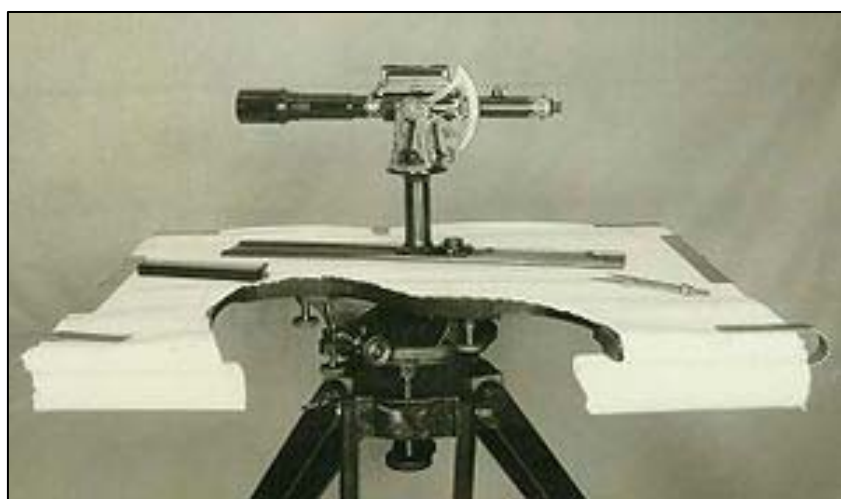
Στο παρελθόν, οι χάρτες σε μικρές κλίμακες (1:10000 έως 1:250000), συμπληρώνονταν με περισσότερες λεπτομέρειες χρησιμοποιώντας ως

μέθοδο αποτύπωσης τη μετροτράπεζα. Σήμερα η μέθοδος αυτή έχει ξεπεραστεί με την ολοκληρωτική επικράτηση των φωτογραμμετρικών μεθόδων.

Παρόλα αυτά, η μετροτράπεζα και ειδικότερα οι πιο εξελιγμένες μορφές της, όπως η τηλεσκοπική, η αυτοαναγωγική διάταξη και η ηλεκτρονική μετροτράπεζα, μπορεί να αποδειχθεί σημαντικά κρίσιμη στα παρακάτω επίπεδα εφαρμογών:

- Σε συμπληρώσεις φωτογραμμετρικών διαγραμμάτων: συχνά είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός σημείων (μέσα σε δάση ή πόλεις), που δεν φαίνονται από τις αεροφωτογραφίες. Με αυτό τον τρόπο συμπληρώνονται εύκολα οι υπάρχοντες χάρτες, αφού ο χειριστής της μετροτράπεζας έχει την εικόνα της περιοχής πάνω στην πινακίδα.
- Για οικονομική ίδρυση φωτοσταθερών.
- Για συμπληρώσεις και αναθεωρήσεις χαρτών με εύκολο και γρήγορο τρόπο, αποφεύγοντας τη διαδικασία νέας αεροφωτογράφισης.
- Στην ίδρυση τριγωνομετρικών δικτύων κατά το στάδιο της αναγνώρισης. Δίνει άμεσα τη μορφή του δικτύου καθώς και την καταλληλότητα ή όχι των σημείων.
- Για γρήγορες γραφικές αποτυπώσεις χαμηλής ακρίβειας.

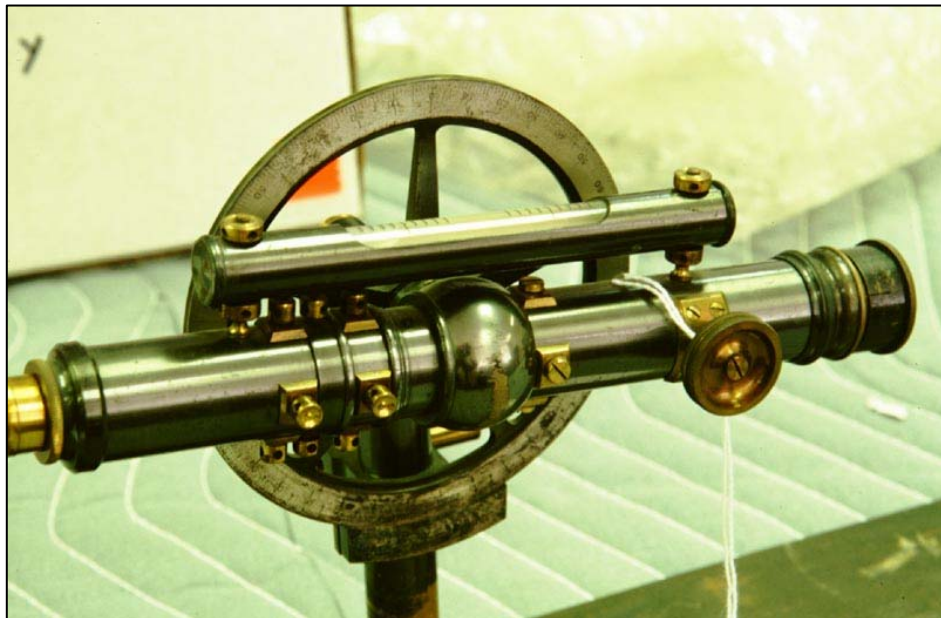
### Περιγραφή μετροτράπεζας



*Φωτ. 1.2: Μέρη μετροτράπεζας*

Τα βασικά μέρη της μετροτράπεζας όπως απεικονίζονται στη φωτ. 1.2 είναι [Μπαλοδήμος Δ-Δ.,1993]:

- Πινακίδα  
Το σχήμα της μπορεί να είναι παραλληλόγραμμο ή κυκλικό. Πρέπει να είναι σταθερή και οριζόντια όταν σχεδιάζονται στην επιφάνειά της στοιχεία. Στην πάνω επιφάνειά της στερεώνεται με ειδικό τρόπο το χαρτί σχεδίασης.
- Αεροστάθμη  
Ρυθμίζεται η οριζοντίωση της αεροστάθμης σε δύο κάθετες θέσεις.
- Κανόνας  
Βρίσκεται πάνω στην πινακίδα, με υποδιαιρέσεις σε διάφορες κλίμακες. Χρησιμοποιείται για την αναγωγή των μετρημένων οριζόντιων αποστάσεων στην κλίμακα σχεδίασης.
- Σκοπευτική Διάταξη  
Απλές μετροτράπεζες: Ο κανόνας συνδέεται με τη σκοπευτική διάταξη και μπορεί να περιστρέφεται μαζί της. Η πιο απλή σκοπευτική διάταξη αποτελείται από δύο πτερύγια σκόπευσης και τον κανόνα. Οι αποστάσεις μετρούνται με τη χρήση μετροταινίας. Παραλλαγή της αποτελεί το Ινδικό Κλισίμετρο που έχει επιπλέον την ικανότητα μέτρησης της κλίσης της γραμμής σκόπευσης.  
Τηλεσκοπική σκοπευτική διάταξη: Αποτελεί εξέλιξη των παραπάνω απλών σκοπευτικών διατάξεων στις οποίες έχει ενσωματωθεί το τηλεσκόπιο (φωτ. 1.3). Με αυτή τη διάταξη οι αποστάσεις και τα υψόμετρα μετρούνται με τη χρήση σταδίας. Επίσης μετρούνται οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες.



*Φωτ. 1.3: Τηλεσκοπική σκοπευτική διάταξη*

Αυτοαναγωγική σκοπευτική διάταξη: Λειτουργεί με αρχή ανάλογη με αυτή που λειτουργούν τα Αυτοαναγωγικά Ταχύμετρα. Συνεπώς, εκτός από τις γωνίες προσδιορίζονται οριζόντιες αποστάσεις και υψομετρικές διαφορές, μετά από κατευθείαν αναγνώσεις στις σταδίες. Σε αυτά τα συστήματα όπου γίνονται και μετρήσεις αποστάσεων, οι κανόνες έχουν υποδιαιρέσεις σε διάφορες κλίμακες. Επίσης ως παρελκόμενα έχουν τις κατακόρυφες ή οριζόντιες σταδίες. Χαρακτηριστικά τέτοια όργανα είναι το Wild RK1 και το Kern RK.

Ηλεκτρονικές μετροτράπεζες: Η ευρεία χρήση των ηλεκτρονικών οργάνων μέτρησης μηκών (EDM), οδήγησε στην κατασκευή συστημάτων που επιτρέπουν στις μετροτράπεζες να φέρουν τα παραπάνω όργανα. Τα αποτελέσματα αυτής της καινοτομίας είναι τόσο η αύξηση της ταχύτητας στις εργασίες υπαίθρου, όσο και η αύξηση της ακρίβειας της μεθόδου. Οι ηλεκτρονικές μετροτράπεζες επέτρεψαν την εφαρμογή τους σε κλίμακες μεγαλύτερες από 1:500. Συνοδεύονται από κατάφωτο ή σταδία.

- **Τρικόχλιο**  
Στο κάτω μέρος της πινακίδας στερεώνεται ένα τρικόχλιο, το οποίο επιτρέπει την σύνδεσή της με τους απλούς τοπογραφικούς τρίποδες. Η απαλή περιστροφή της πινακίδας επιτυγχάνεται με την κίνηση ενός μικροκινητήριου κοχλία.
- **Σύστημα κέντρωσης**  
Ειδική διάταξη που ορίζει ταυτόχρονα το σημείο στάσης στο χαρτί και στο έδαφος. Είναι απαραίτητη για εργασίες σε μεγάλες κλίμακες.
- **Σωληνωτή πυξίδα**  
Ο προσανατολισμός της μετροτράπεζας γίνεται με την σωληνωτή πυξίδα αφού υλοποιεί τη διεύθυνση του Μαγνητικού Βορρά. Σημειώνουμε ότι η χρήση της πυξίδας γίνεται σε απλές εργασίες. Για μεγαλύτερη ακρίβεια, ο προσανατολισμός της μετροτράπεζας γίνεται με σκοπεύσεις σε χαρακτηριστικά σημεία της περιοχής τα οποία έχουν σχεδιαστεί στο χαρτί.
- **Ομπρέλα**  
Για την προστασία της μετροτράπεζας από δυσμενείς καιρικές συνθήκες.[Μπαλοδήμος Δ- Δ.,1993]

## **Μέθοδοι αποτύπωσης**

Για την αποτύπωση σημείων με τη μετροτράπεζα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω μέθοδοι [Μπαλοδήμος Δ-Δ.,1993]:

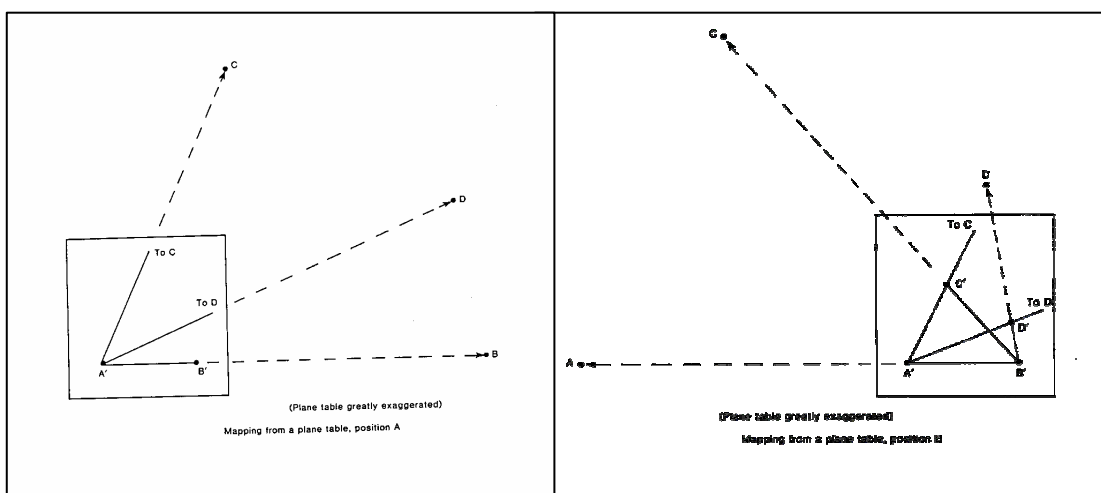
➤ Ακτινική Μέθοδος

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για αποτυπώσεις μικρών εκτάσεων ή αστικών περιοχών και είναι ανάλογη της μεθόδου προσδιορισμού σημείων με πολικές συντεταγμένες (ταχυμετρία). Η διαφορά εδώ είναι ότι δεν μετριοούνται γωνίες, αλλά αφού σκοπευθούν διάφορα σημεία, σχεδιάζονται οι διευθύνσεις της γωνίας στο χαρτί της μετροτράπεζας και μετριοούνται αποστάσεις. Οι αποστάσεις μπορούν να μετρηθούν με μετροταινίες (απλές μετροτράπεζες), ταχυμετρικά με τη χρήση μιας σταδίας (αυτοαναγωγικές – τηλεσκοπικές μετροτράπεζες) ή ηλεκτρονικά με κάποιο EDM. Αναφέρεται ότι η χρησιμοποίηση EDM αυξάνει δραστικά τις δυνατότητες της μετροτράπεζας σε θέματα ακρίβειας, χρόνου και εμβέλειας.

➤ Μέθοδος με Τομές (Εμπροσθοτομία)

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο κατάλληλη για αποτύπωση με μετροτράπεζα. Κάθε σημείο τοποθετείται στο χαρτί με σκοπεύσεις από δύο ή περισσότερες στάσεις, χωρίς μέτρηση αποστάσεων (σχήμα 1.1). Για να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος χρειάζονται δύο τουλάχιστον στάσεις της μετροτράπεζας και πρέπει να είναι γνωστή η απόσταση μεταξύ των στάσεων. Οι διευθύνσεις δεν θα πρέπει να τέμνονται με γωνίες μικρότερες από  $30^\circ$  ή μεγαλύτερες από  $160^\circ$ .

Όταν η μετροτράπεζα χρησιμοποιείται για συμπληρώσεις τοπογραφικών λεπτομερειών σε μια περιοχή όπου υπάρχει τριγωνομετρικό δίκτυο, τότε τα τριγωνομετρικά σημεία έχουν ήδη τοποθετηθεί με τις συντεταγμένες τους στο χαρτί της μετροτράπεζας και χρησιμοποιούνται ως σημεία βάσης στην αποτύπωση.



Σχήμα 1.1: Σκόπευση σημείων C και D από τις στάσεις A και B

➤ Μέθοδος με Οδευση

Όταν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια είναι δυνατόν να γίνει γραφική λύση της όδευσης με μετροτράπεζα, αντί της αναλυτικής μεθόδου που απαιτεί μετρήσεις γωνιών με θεοδόλιχο.

Έτσι λοιπόν οι στάσεις προσδιορίζονται πάνω στη μετροτράπεζα. Οι λεπτομέρειες συμπληρώνονται είτε με την ακτινική μέθοδο είτε με τη μέθοδο των τομών. Η διόρθωση της όδευσης γίνεται με γραφική μέθοδο.

➤ Οπισθοτομία

Χρησιμοποιείται στην περίπτωση όπου κάποια από τις δύο στάσεις είναι απρόσιτες και δεν μπορεί να τοποθετηθεί η μετροτράπεζα.

Για την εφαρμογή της μεθόδου χρειάζονται δύο (διπλή λύση) ή τρία (μοναδική λύση) γνωστά σημεία τα οποία έχουν ήδη σχεδιαστεί στην πινακίδα.

➤ Υψομετρία

Όταν χρησιμοποιείται η τηλεσκοπική ή η αυτοαναγωγική σκοπευτική διάταξη, η μετροτράπεζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως χωροβάτης (σε ομαλά εδάφη) είτε ως ταχύμετρο για τον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών ταχυμετρικά και με τη μέθοδο της τριγωνομετρικής υψομετρίας (εδάφη με μεγάλες κλίσεις). [Μπαλοδήμος Δ-Δ., 1993]

### **Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα**

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του οργάνου αυτού είναι:

- Η σχεδίαση γίνεται στο πεδίο και επομένως υπάρχει μικρότερη πιθανότητα για παραλείψεις.
- Δεν υπάρχει ανάγκη αυτοσχέδιου υπαίθρου, επομένως υπάρχει μικρότερη πιθανότητα σφάλματος.
- Η εργασία γραφείου περιορίζεται στο ελάχιστο.
- Οι αποφάσεις για τον αριθμό και το είδος των σημείων που πρέπει να αποτυπωθούν λαμβάνονται στην ύπαιθρο καθώς η αποτύπωση προχωρά.
- Η μέθοδος είναι γρήγορη και εύκολη.

Αντίστοιχα τα μειονεκτήματα που μπορούν να καταγραφούν είναι:

- Ο χρόνος εργασίας στο ύπαιθρο αυξάνει αρκετά. Αποτέλεσμα είναι η διανοητική και σωματική κούραση του συνεργείου αποτύπωσης.
- Οι εργασίες με μετροτράπεζα αναγκαστικά πρέπει να γίνονται σε καλές καιρικές συνθήκες.

- Ο εξοπλισμός της μετροτράπεζας, αποτελείται από πολλά εξαρτήματα των οποίων η χρήση απαιτεί σχολαστικότητα και ικανοποιητική εκπαίδευση σε αυτά.

### 1.3.2 Ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί

Η πιο ακριβής μέθοδος ενημέρωσης τοπογραφικών διαγραμμάτων θεωρείται η μέθοδος των τοποσταθερών ή πολικών συντεταγμένων. Είναι γνωστό ότι ένα σημείο, εκτός από τις ορθογώνιες συντεταγμένες του, μπορεί να ορισθεί και με πολικές συντεταγμένες ως προς κάποιον πολικό άξονα. Στην πράξη ο πολικός άξονας μπορεί να είναι η πλευρά μιας όδευσης ή ενός δικτύου ή μια τυχαία βάση της οποίας έχει μετρηθεί το μήκος.

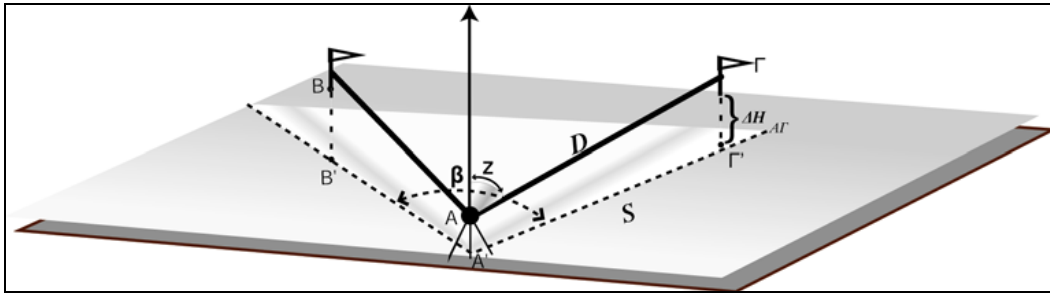
Η χρήση αυτής της μεθόδου παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Είναι δυνατή η αποτύπωση απρόσιτων σημείων (total stations reflectorless)
- Μειώνει σημαντικά τόσο το ανθρώπινο δυναμικό που απαιτείται για την πραγματοποίηση των μετρήσεων όσο και το χρόνο παραμονής στο πεδίο.
- Παρέχει αβεβαιότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων που κυμαίνεται από  $\pm 2\text{mm}$  -  $\pm 1\text{cm}$ , ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό και την ακρίβεια των οργάνων.
- Είναι δυνατή η αποτύπωση σημείων ακόμη και σε αποστάσεις 1200m χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.

Για την εφαρμογή της μεθόδου ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι: ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (Total Station), ένας τρίποδας, μια μετροταινία για τη μέτρηση του ύψους οργάνου. Στις περιπτώσεις σκοπεύσεων σε μικρές ζενίθιες γωνίες είναι απαραίτητη η χρήση αγκωνοειδούς πρίσματος που τοποθετείται στο προσοφθάλμιο του γεωδαιτικού σταθμού.

Η βασική ιδέα στην οποία στηρίζεται η μέθοδος αυτή είναι η ακόλουθη [Πανταζης Γ., 2005]:

Σε ένα σημείο Α τοποθετείται η μετρητική μονάδα και με σημείο μηδενισμού το Β μετριέται η οριζόντια γωνία  $\beta$  (πολική γωνία) και η ανηγμένη απόσταση  $S_{AF}$  (πολική απόσταση), η οποία προφανώς έχει προκύψει από την αναγωγή του μετρημένου κεκλιμένου μήκους (D) από το Α προς το Γ (σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2: Μέθοδος πολικών συντεταγμένων

Είναι προφανές ότι τα μεγέθη που μετριοούνται στην πραγματικότητα είναι πολικές συντεταγμένες, διότι εκτός της οριζόντιας γωνίας και του κεκλιμένου μήκους μετρείται και η ζενίθια γωνία που χρησιμοποιείται στην αναγωγή του μήκους και στην εύρεση των υψομετρικών διαφορών. Αν επίσης έχουν μετρηθεί και τα ύψη οργάνου και σκόπευσης, τότε είναι δυνατός και ο υψομετρικός προσδιορισμός του σημείου Γ.

Οι άγνωστες συντεταγμένες και το υψόμετρο του σημείου  $\Gamma(x_{\Gamma}, y_{\Gamma}, H_{\Gamma})$ , υπολογίζονται ως εξής:

Από τις συντεταγμένες των Α και Β προκύπτει η γωνία διεύθυνσης  $\alpha_{AB}$  και έτσι υπολογίζεται η  $\alpha_{A\Gamma}$ :

$$\alpha_{A\Gamma} = \alpha_{AB} + \beta - (400^{\circ}) \quad (2.1)$$

Η απόσταση  $S_{A\Gamma}$  (στην περίπτωση που το όργανο δεν παρέχει τη δυνατότητα απευθείας μέτρησης της οριζόντιας απόστασης) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$S_{A\Gamma} = D * \sin z_{A\Gamma} \quad (2.2)$$

Έτσι είναι δυνατόν να βρεθούν οι τιμές των  $x_{\Gamma}, y_{\Gamma}$  από τις σχέσεις:

$$x_{\Gamma} = x_A + S_{A\Gamma} * \sin \alpha_{A\Gamma} \quad (2.3)$$

$$y_{\Gamma} = y_A + S_{A\Gamma} * \cos \alpha_{A\Gamma} \quad (2.4)$$

Το υψόμετρο του Γ ( $H_{\Gamma}$ ) υπολογίζεται από τη γνωστή σχέση:

$$H_{\Gamma} = H_A + D * \cos z_{A\Gamma} + (1 - k) * (D^2 / 2R) + YO - YS \quad (2.5)$$

Μια απαραίτητη διόρθωση στην απόσταση S είναι η διόρθωση λόγω της χαρτογραφικής προβολής, στις περιπτώσεις που το διάγραμμα αναφέρεται στο ΕΓΣΑ' 87.

Η αβεβαιότητα προσδιορισμού της θέσης του σημείου Γ εξαρτάται:

- Από την αβεβαιότητα με την οποία έχουν προσδιοριστεί τα σημεία A και B .
- Από το σφάλμα μέτρησης γωνιών και μηκών.
- Από τον τρόπο που έχει επισημανθεί το σημείο, τοποθετώντας το στυλαίο με τον στόχο και τον ανακλαστήρα πάνω από αυτό.

Αν το σημείο είναι στο έδαφος, τότε εύκολα γίνεται η επισήμανση με την τοποθέτηση του στυλαιού σε κατακόρυφη θέση πάνω από αυτό. Σε άλλες περιπτώσεις είτε γίνεται προσπάθεια ορθής επισήμανσης του σημείου τοποθετώντας κατάλληλα το στόχο – ανακλαστήρα (με αδυναμία προσδιορισμού υψομέτρου), είτε επιλέγονται ειδικά κατασκευασμένοι στόχοι – ανακλαστήρες για τα δύσκολα αυτά σημεία.

Οι εταιρείες παραγωγής γεωδαιτικών οργάνων φροντίζουν για την κατασκευή τέτοιων στόχων ώστε το σημείο να επισημαίνεται ορθά και να μη γίνεται λάθος στο μήκος λόγω σταθεράς του ανακλαστήρα. Τέτοιου είδους δυσκολίες παρουσιάζονται συνήθως στις αποτυπώσεις κτιρίων.

Παλιότερα η μέθοδος αυτή γινόταν με χρήση θεοδόλιχου για τη μέτρηση οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών και για τη μέτρηση μηκών με μετροταινία ή E.D.M. Η σύγχρονη εξέλιξη των Total Station καθιστά την μέθοδο γρήγορη, εύκολη και οικονομική σε σχέση με τη μέθοδο της μετροτράπεζας.

Επιπρόσθετα υπάρχουν σύγχρονοι και πιο εξειδικευμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάζουν στην οθόνη τους το διάγραμμα έτσι ώστε να γίνεται άμεσα η συμπλήρωση του και να μπορεί αυτό να ελέγχεται στο πεδίο κατά την εκτέλεση των μετρήσεων από το μηχανικό.

Ωστόσο η χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών στην ενημέρωση ενός τοπογραφικού διαγράμματος προϋποθέτει κατάλληλη υποδομή (υλοποίηση δικτύου, επίλυση οδεύσεων και υπολογισμός συντεταγμένων) καθώς και την αγορά ενός τέτοιου γεωδαιτικού σταθμού του οποίου το κόστος είναι αρκετά υψηλό. Συμπερασματικά η διεξαγωγή της εργασίας της ενημέρωσης με τη χρήση των εξελιγμένων γεωδαιτικών σταθμών δεν είναι γρήγορη ούτε οικονομική. Για αυτούς τους λόγους εξετάζεται και η χρήση του φορητού συστήματος δορυφορικού εντοπισμού GeoXT.

### 1.3.3 Φορητοί δέκτες του δορυφορικού συστήματος GPS

Οι δέκτες χειρός ή δέκτες κώδικα (C/A) (φορητές συσκευές) παρέχουν αβεβαιότητα εντοπισμού σύμφωνα με τους κατασκευαστές τους, μικρότερη από 1m έως μερικά μέτρα (10m - 20m). Χρησιμοποιούνται για εφαρμογές μικρής ακρίβειας (σήμερα πλέον και για "σοβαρότερες" εφαρμογές), για πλοήγηση, αναγνωριστικές τοπογραφικές εργασίες, χρήσεις αναψυχής, προσανατολισμού, εύρεση διαδρομής κ.α.

Οι φορητές συσκευές GPS μπορούν να διακριθούν σε:

- αυτόνομες
- συνδεδεμένες (μέσω USB ή σειριακής θύρας) με PDA (Personal Digital Assistant)
- συσκευές-δέκτες τύπου "ποντίκι" (mouse-GPS, που συνδέονται μέσω USB ή σειριακής θύρας αλλά δεν έχουν οθόνη)
- συσκευές-δέκτες σε κάρτες μνήμης (τύπου CF, SD) ή κάρτες PC (τύπου PCMCIA)
- συσκευές-δέκτες τύπου "μανίκι" (GPS-sleeve, λόγω του τρόπου που προσαρμόζονται-συνδέονται)
- συσκευές-δέκτες Bluetooth
- συσκευές ενσωματωμένες σε κινητά τηλέφωνα (από το 2003 και μετά)
- συσκευές-δέκτες GPS που ενσωματώνονται μέσα σε PDAs (οι πλέον ακριβές σε κόστος) [Πανταζής Γ., Δούκας Ι., 2010].

Οι φορητές συσκευές GPS έχουν ενσωματωμένη την κεραία, το βασικό δέκτη και το χειριστήριο – οθόνη σε μια συσκευή και δεν τοποθετούνται σε στυλεό ή τρίποδα. Μετρούν και καταγράφουν συνήθως μόνο τον κώδικα (C/A). Ωστόσο οι πιο ακριβές συσκευές έχουν τη δυνατότητα να μετρούν και τη φάση του φέροντος κύματος στη συχνότητα L1. Παρέχουν μόνο απόλυτο εντοπισμό θέσης δηλαδή υπολογίζουν απευθείας συντεταγμένες του σημείου (καρτεσιανές ή ελλειψοειδείς) στο σύστημα αναφοράς ή στην προβολή που επιλέγει ο χρήστης.

Ακόμη παρέχουν στο χρήστη πληροφορία χρόνου καθώς και τον αριθμό και τη γεωμετρία των δορυφόρων που παρατηρούνται. Διαθέτουν ηλεκτρονική πυξίδα και λογισμικό που επιτρέπει την αποθήκευση δεδομένων θέσης και παρατηρήσεων - σχολίων. Επίσης μπορούν να περιέχουν χάρτες ολόκληρων περιοχών ή κρατών ώστε να εντοπίζουν πάνω σε αυτούς το σημείο που βρίσκονται. Ανάλογα με τον

κατασκευαστή και το μοντέλο, μπορούν να υπολογίζουν αποστάσεις μεταξύ σημείων, την κατεύθυνση κίνησης, την ταχύτητα κίνησής τους (μέγιστη, ελάχιστη, μέση), το χρόνο προσέγγισης ενός σημείου ανάλογα με την ταχύτητα κίνησής τους και να προτείνουν τη βέλτιστη διαδρομή από σημείο σε σημείο. Το βάρος τους δεν ξεπερνά τα 300gr ενώ το μέγεθός τους είναι λίγο μεγαλύτερο από αυτό ενός υπολογιστή τσέπης.

Παραδείγματα τέτοιων συσκευών αποτελούν:

- οι συσκευές πλοήγησης (Mio P550) στη φωτ. 1.4
- ο φορητός δέκτης GPS χαμηλής ακρίβειας Etrex Venture Cx της εταιρείας Garmin στη φωτ. 1.5



Φωτ. 1.4: Mio P550



Φωτ. 1.5: Etrex Venture Cx

- ο φορητός δέκτης GPS υψηλής ακρίβειας Geoxplorer 2005 series της εταιρείας Trimble στη φωτ. 1.6



Φωτ. 1.6: Φορητός δέκτης GeoXT

### 1.3.3.1 Μέτρηση με κώδικα

Οι κώδικες PRN είναι σήματα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των ψευδοαποστάσεων. Είναι μοναδικοί για κάθε δορυφόρο και μπορούν να αναπαράγονται ακριβώς οι ίδιοι και στον δέκτη ανεξάρτητα από την παραγωγή τους στο δορυφόρο.

Ο δέκτης του συστήματος GPS συγκρίνει το λαμβανόμενο κώδικα (που εκπέμπεται από τους δορυφόρους) με ένα αντίγραφο που φτιάχνει ο ίδιος. Ο χρόνος που απαιτείται για την ταύτιση αντιστοιχεί στο χρόνο ταξιδιού του σήματος και συνεπώς στην ψευδοαπόσταση. Η ταύτιση (συσχέτιση) είναι μια διαδικασία χρονικής μετατόπισης του αντιγράφου ως προς τον αντίστοιχο λαμβανόμενο κώδικα. Στην ουσία η συσχέτιση είναι μια σύγκριση “ψηφίο με ψηφίο” για τμήματα του κώδικα. Το αποτέλεσμα κάθε φορά οδηγεί σε υψηλή συσχέτιση (ταύτιση) ή χαμηλή (μη ταύτιση) με ανάλογη μετατόπιση. Το ζητούμενο είναι να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή ταύτιση. Ο ‘χρόνος λήψης στον δέκτη-χρόνος εκπομπής στον δορυφόρο’, πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα του φωτός και μετατρέπεται σε ψευδοαπόσταση. Αυτή η μέτρηση περιέχει ορισμένα σφάλματα, όπως την ατμοσφαιρική διάθλαση, αλλά και τα σφάλματα χρονομέτρων δορυφόρων και δέκτη, για αυτό ονομάζεται ψευδοαπόσταση.

Οι κώδικες PRN είναι δυο ειδών:

Ο κώδικας C/A (Coarse/Acquisition Code ή Clear Access) που είναι σε ελεύθερη χρήση προστίθεται μόνο στο φορέα L1.

Ο προσδιορισμός της αβεβαιότητας μέτρησης του κώδικα C/A μπορεί να γίνει από υψηλής ποιότητας δέκτες με σφάλμα της τάξης του 1/100 του κύκλου.

Στη συχνότητα του κώδικα C/A,  $f_{C/A} = 1.023$  MHz, το μήκος κύματος ( $\lambda$ ) είναι περίπου 300 m, άρα η καθαρή μέτρηση γίνεται με αβεβαιότητα περίπου  $\pm 3$ m.

Ο κώδικας P (Precise ή Protected) που είναι διαθέσιμος μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες προστίθεται και στους δυο φορείς (L1 και L2).

Στη συχνότητα του κώδικα P,  $f_p = 10.23$  MHz, το μήκος κύματος είναι περίπου 30m και επομένως η αβεβαιότητα θα είναι περίπου 0.30m.

Ισχύει η σχέση:

$$\lambda = c/f \quad (2.6)$$

όπου c: η ταχύτητα του φωτός.

Επομένως, αν συμπεριληφθούν και οι υπόλοιπες πηγές σφαλμάτων, η αναμενόμενη αβεβαιότητα εντοπισμού με μετρήσεις ψευδοαποστάσεων, θα είναι της τάξης των μερικών μέτρων.

Σε αυτή τη μέθοδο δεν ισχύει η παρέλευση του ελάχιστου απαιτούμενου χρονικού διαστήματος των δέκα λεπτών. Απαραίτητη προϋπόθεση στις μετρήσεις κώδικα αποτελεί η καλή ορατότητα και γεωμετρία των δορυφόρων.

### 1.3.3.2 Μέτρηση με φάση φέροντος κύματος

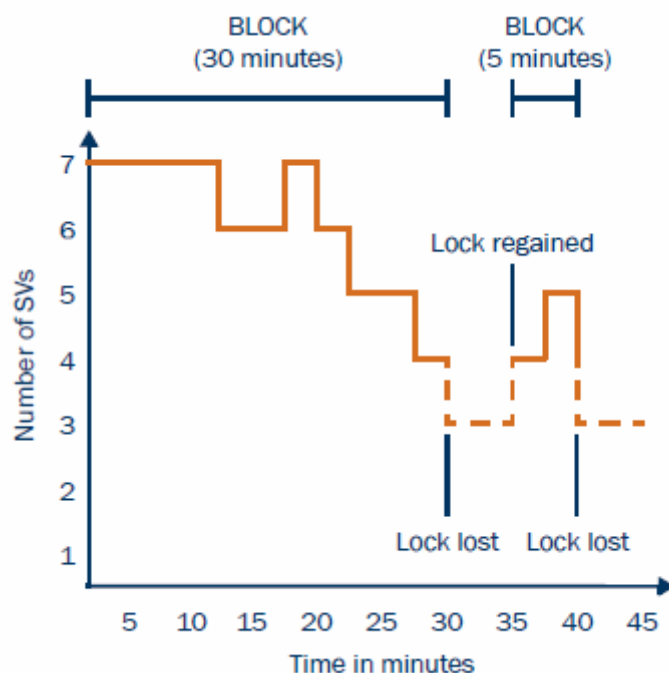
Εκτός από τις μετρήσεις ψευδοαποστάσεων, ορισμένοι φορητοί δέκτες έχουν τη δυνατότητα για μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος. Αυτές στηρίζονται στη δυνατότητα μέτρησης της απόστασης μεταξύ του εκάστοτε δορυφόρου GPS και του δέκτη ως συνάρτηση των μετρουμένων κύκλων φάσης μήκους κύματος  $\lambda$  του χρησιμοποιούμενου δορυφορικού σήματος, όπου  $\lambda = \lambda_1 = 19.029 \text{ cm}$  για τη συχνότητα L1 [Τσακίρη Μ., 2005].

Αυτή η μέθοδος είναι πιο ακριβής για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ δορυφόρου – δέκτη και κατ' επέκταση για τον υπολογισμό της θέσης του δέκτη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το φέρον κύμα έχει πολύ μεγαλύτερη συχνότητα από τον κώδικα, με αποτέλεσμα τα σφάλματα να είναι μικρότερα.

Τα δεδομένα από μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος, αποθηκεύονται σε μια σειρά από μπλοκ (blocks) τα οποία απεικονίζονται στο σχήμα 1.3 και όχι συνεχόμενα. Η αρχή και το τέλος κάθε μπλοκ εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων δορυφόρων. Από την στιγμή που τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι είναι διαθέσιμοι, ένα νέο μπλοκ αρχίζει. Το ίδιο μπλοκ συνεχίζει και ολοκληρώνεται μέχρι τη χρονική στιγμή που αριθμός των δορυφόρων είναι μικρότερος από τέσσερις. Μόλις συμπληρωθούν πάλι τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι, αρχίζει ένα νέο μπλοκ. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων.

Η συλλογή μετρήσεων φάσης φέροντος κύματος απαιτεί αυξημένη ορατότητα χωρίς εμπόδια όπως δέντρα ή ψηλά κτίρια. Επιπρόσθετα, η επιλογή της χρονικής περιόδου, κατά τη διάρκεια της οποίας αναμένεται ανίχνευση του μέγιστου αριθμού δορυφόρων με την καλύτερη δυνατή γεωμετρία, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον προσδιορισμό θέσεων με μικρή αβεβαιότητα.

Ο προσδιορισμός θέσεων με αβεβαιότητα της τάξης μερικών εκατοστών επιτυγχάνεται με τη διόρθωση των μετρήσεων από το λογισμικό γραφείου.



Σχήμα 1.3: Μπλοκ δεδομένων των 30 min 5 min

Για αυτή τη διαδικασία, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η συγκέντρωση επαρκών μετρήσεων φάσης φέροντος κύματος. Ο όρος επαρκείς μετρήσεις συνδέεται με την καταγραφή δεδομένων από τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους για το «ελάχιστο χρονικό διάστημα» που έχει καθοριστεί. Όταν ο μετρητής χρόνου συμπληρώσει το ελάχιστο χρονικό διάστημα, ακούγεται ένας ήχος που δηλώνει ότι το μπλοκ (block) περιέχει επαρκή δεδομένα. Το ελάχιστο χρονικό διάστημα που απαιτείται είναι της τάξης των δέκα λεπτών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Ο ΦΟΡΗΤΟΣ ΔΕΚΤΗΣ ΤΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ GeoXT

#### 2.1 Γενικά

Η σειρά GeoExplorer 2005 περιλαμβάνει τους φορητούς δέκτες GeoXH<sup>TM</sup>, GeoXT<sup>TM</sup> και GeoXM<sup>TM</sup>. Οι παραπάνω συσκευές συνδυάζουν το δέκτη GPS, την κεραία και τον ηλεκτρονικό υπολογιστή πεδίου, ο οποίος υποστηρίζεται από το λογισμικό Microsoft Windows Mobile (έκδοση 5.0). Στη διπλωματική εργασία μελετάται η φορητή συσκευή GeoXT<sup>TM</sup>.

Περιγράφεται αρχικά το σύστημα της συσκευής GeoXT, τα κύρια και τεχνικά χαρακτηριστικά, τις εξωτερικές κεραίες, τις βασικές λειτουργίες και τους παράγοντες που επηρεάζουν την αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων που παρέχει.

#### 2.2 Περιγραφή του GeoXT<sup>TM</sup>

Τα μέρη του GeoXT φαίνονται στο σχήμα 2.1 και είναι:



Σχήμα 2.1: Μέρη της συσκευής GeoXT

## Σύστημα

- Λογισμικό Microsoft Mobile 5.0
- Επεξεργαστής 416 MHz
- Κύρια μνήμη 512 MB
- Υποδοχή κάρτας μνήμης
- Έγχρωμη οθόνη
- Ανθεκτικό στο νερό
- Επαναφορτιζόμενη μπαταρία
- Ασύρματο Bluetooth
- Ασύρματο τοπικό δίκτυο (LAN)

## GPS

- Real – time: ακρίβεια μικρότερη από ένα μέτρο
- Ενσωματωμένο SBAS  
SBAS: (βοηθητικό σύστημα εκπομπής διορθώσεων για τα σήματα που εκπέμπονται από τους δορυφόρους GPS και GLONASS με σκοπό τη βελτίωση της ακρίβειας προσδιορισμού θέσης)
- Πρωτόκολλα επικοινωνίας NMEA και TSIP
- Υποστήριξη μηνύματος RTCM για τη μετάδοση των δεδομένων στις εφαρμογές πραγματικού χρόνου μεταξύ σταθερού και κινητού δέκτη
- Τεχνολογία απόρριψης του σφάλματος πολυανάκλασης:  
Για τη σωστή λήψη σημάτων οι κεραιές δεν πρέπει να επισκιάζονται από γειτονικά εμπόδια, όπως μεγάλα κτίρια, δένδρα, Στις περιπτώσεις αυτές δημιουργούνται πολλαπλές διαδρομές του σήματος εξαιτίας της ανάκλασής του στις γειτονικές επιφάνειες με αποτέλεσμα τη δημιουργία σημαντικών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις (σφάλμα πολυανάκλασης)

## Λογισμικό

- GPS Controller για τον έλεγχο και τον σχεδιασμό μετρήσεων GPS στο πεδίο
- GPS Connector για σύνδεση του δέκτη με εξωτερικές θύρες
- Microsoft ActiveSync, Internet Explorer, Excel Mobile, Outlook Mobile (ημερολόγιο, επαφές, σημειώσεις, καθήκοντα), Word Mobile, Windows Media Player
- Αναγνώριση γραφής (transcriber)
- TrimPix για υποστήριξη ασύρματης κάμερας

Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η μορφή του δέκτη και τα βασικά εξωτερικά του στοιχεία.

### Ενσωματωμένος δέκτης GPS

- Υψηλή απόδοση
- Ενσωματωμένος δέκτης SBAS (WASS – EGNOS)
- Τεχνολογία απόρριψης σφάλματος πολυανάκλασης

### Συνδέσεις

Σύνδεση με εξωτερικές  
κεραίες

### Ενσωματωμένο Bluetooth και ασύρματο LAN radios

- Σύνδεση με εξωτερικές συσκευές χρησιμοποιώντας την ασύρματη τεχνολογία Bluetooth
- Σύνδεση με δίκτυα και το Internet χρησιμοποιώντας ασύρματη σύνδεση με δίκτυα τοπικής εμβέλειας (Local Area Networks)

### Έγχρωμη Οθόνη TFT

- 16-bit (65,536 χρώματα)
- Αλληλεπιδραστική οθόνη αφής
- Φως

Υπολογιστής πεδίου που  
υποστηρίζεται από το  
λογισμικό Windows  
Mobile 5.0

Πληκτρολόγιο

### SD κάρτα μνήμης

Παρέχει αποθηκευτικό χώρο  
Χρησιμοποιώντας τις SD (Secure  
Digital) κάρτες μνήμης

Σχήμα 2.2: Δέκτης GeoXT™

## Τεχνικά χαρακτηριστικά GeoXT

Φυσικά χαρακτηριστικά	
Μέγεθος	21,5 cm x 9,9 cm x 7,7 cm
Βάρος	0,78 kg ( με μπαταρία)
Επεξεργαστής	416 MHz Intel PXA-270 X-Scale
Μνήμη	64 MB RAM 512 MB (internal flash disc)
Ισχύς	Χαμηλή 1,5 Watts (χωρίς GPS και φως) Κανονική 2,7 Watts (με GPS και φως) Υψηλή 3,7 Watts (με GPS, φως και ασύρματο τοπικό δίκτυο)
Μπαταρία	Λιθίου, επαναφορτιζόμενη, 6800 mAh
Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά	
Θερμοκρασία	Λειτουργίας (-10)°C – (+50)°C Αποθήκευσης (-20)°C – (+70)°C
Αντοχή	Ανθεκτικό σε σκόνη, ανέμους, βροχή. Αντοχή σε κραδασμούς και πτώσεις
Είσοδοι - Έξοδοι	
Συνδέσεις - Επικοινωνία	Με Bluetooth, ασύρματα δίκτυα τοπικής εμβέλειας (LAN), Ethernet μέσω της βάσης της συσκευής.
Οθόνη	Εξελιγμένη TFT, 240 x 320 pixel, 65,536 χρώματα, με φως
Audio	Μικρόφωνο, δυνατότητα ομιλίας, εγγραφή
Διαδραστικότητα	Οθόνη αφής, πληκτρολόγιο οθόνης, αναγνώριση γραφής χειρός και μετατροπή της σε κείμενο, αυτόματες ενημερώσεις και προειδοποιήσεις

GPS	
Κανάλια	12 (L1 κώδικας και φάση)
Real – time	SBAS (WAAS, EGNOS)
Πρωτόκολλα	TSIP, NMEA (GGA, VTG, GLL, GSA, ZDA, GSV, RMC)
Ακρίβεια μετεπεξεργασίας	
Αβεβαιότητα θέσης με μετεπεξεργασία κώδικα	< 1 m
Αβεβαιότητα θέσης με μετεπεξεργασία φάσης φέροντος κύματος	Ανίχνευση δορυφόρων για 5 λεπτά: 30 cm Ανίχνευση δορυφόρων για 10 λεπτά: 20 cm Ανίχνευση δορυφόρων για 20 λεπτά: 10 cm Ανίχνευση δορυφόρων για 45 λεπτά: 1 cm
Real – time (SBAS ή μηνύματα RTCM)	<1 m

*Πίνακας 2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά GeoXT*

### 2.3 Οι εξωτερικές κεραίες του GeoXT

Ο δέκτης εκτός από την ενσωματωμένη κεραία που διαθέτει, έχει τη δυνατότητα να συνδέεται και με εξωτερικές κεραίες οι οποίες παρουσιάζονται στο σχήμα 2.3.

#### ➤ Κεραία Patch

Έχει ενσωματωμένη μεταλλική βάση και μπορεί να τοποθετηθεί κατευθείαν στην οροφή ενός οχήματος.

Για εργασίες όπου απαιτείται περπάτημα, η κεραία τοποθετείται σε στυλαίο ή απευθείας στο σημείο μέτρησης.

Συνδέεται με καλώδιο με το φορητό δέκτη GeoXT στην ειδική υποδοχή που διαθέτει.

Οι διαστάσεις της κεραίας αυτής είναι: 3cm x 3cm x 1cm.

### ➤ Hurricane

Πρόκειται για μια κεραία υψηλής ποιότητας που συνδέεται με καλώδιο στο φορητό δέκτη GeoXT. Απορρίπτει τις παρεμβολές των σημάτων και τα σφάλματα πολυανάκλασης που οφείλονται στην ύπαρξη εμποδίων. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε κάθε είδους χαρτογραφική εφαρμογή και ιδιαίτερα σε περιοχές με μειωμένη ορατότητα.

Συνήθως τοποθετείται σε στυλαιό ύψους δύο μέτρων με αποτέλεσμα να επιτρέπει τη λήψη σημάτων, χωρίς αυτά να ανακλούνται από γειτονικές επιφάνειες και συνεχώς να απορρίπτονται, πετυχαίνοντας με αυτό τον τρόπο μεγαλύτερη απόδοση στο δέκτη.

Με τη χρήση της κεραίας αυτής εξασφαλίζεται:

- Μεγαλύτερη ακρίβεια σε περιοχές μειωμένης ορατότητας
- Το εξελιγμένο σχέδιο της κεραίας μεγιστοποιεί τα οφέλη που απορρέουν από την τεχνολογία απόρριψης του σφάλματος πολυανάκλασης και η οποία είναι ενσωματωμένη στο φορητό δέκτη GeoXT.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Μέγεθος: 16.1 cm x 5.8 cm
- Βάρος: 0.39 kg
- Θερμοκρασία λειτουργίας: (-40 °C με +70 °C)
- Θερμοκρασία αποθήκευσης: (-50 °C με +80 °C)
- Υγρασία: 100% ανθεκτική
- Κατανάλωση ισχύος: 0.2 Watts
- Θόρυβος: μέγιστος 2.5 Db
- Συχνότητα: 1575.42 ± 10 MHz



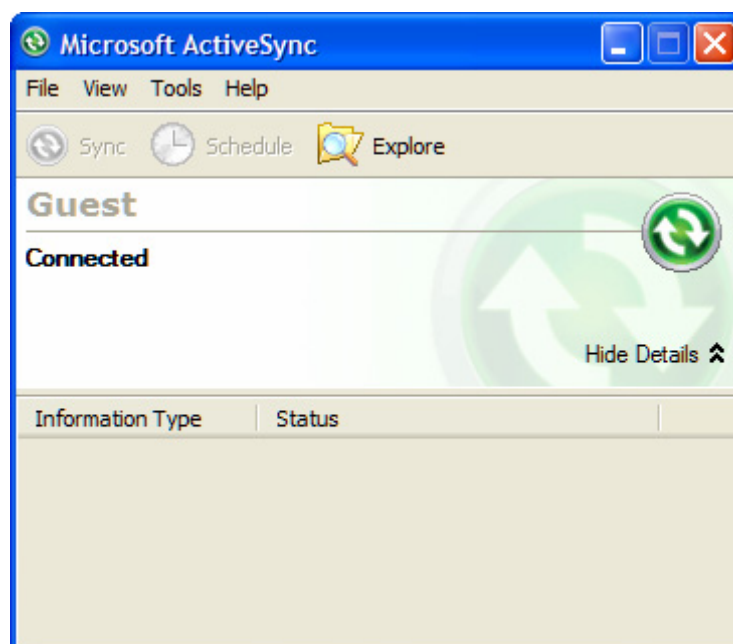
Σχήμα 2.3: Εξωτερικές κεραίες hurricane και patch

## 2.4 Βασικές λειτουργίες του Δέκτη

Υπάρχουν δύο τρόποι για τη μεταφορά δεδομένων που συλλέχθηκαν στο πεδίο προς τον υπολογιστή γραφείου και αντίστροφα.

### ➤ Εφαρμογή ActiveSync

- Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει τη σύνδεση του φορητού δέκτη GeoXT με τον υπολογιστή γραφείου. Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας το καλώδιο USB.
- Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η εγκατάσταση της εφαρμογής ActiveSync στον υπολογιστή γραφείου.
- Με την εφαρμογή αυτή μπορούν να επιτευχθούν ένα από τα παρακάτω:
  - ✓ Συγχρονισμός αρχείων και δεδομένων μεταξύ GeoXT και ηλεκτρονικού υπολογιστή.
  - ✓ Μεταφορά αρχείων και δεδομένων μεταξύ GeoXT και ηλεκτρονικού υπολογιστή, χωρίς τον συγχρονισμό των συσκευών.
- Η μεταφορά δεδομένων πραγματοποιείται από το παράθυρο διαλόγου που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4: Παράθυρο σύνδεσης δέκτη GeoXT και Η/Υ

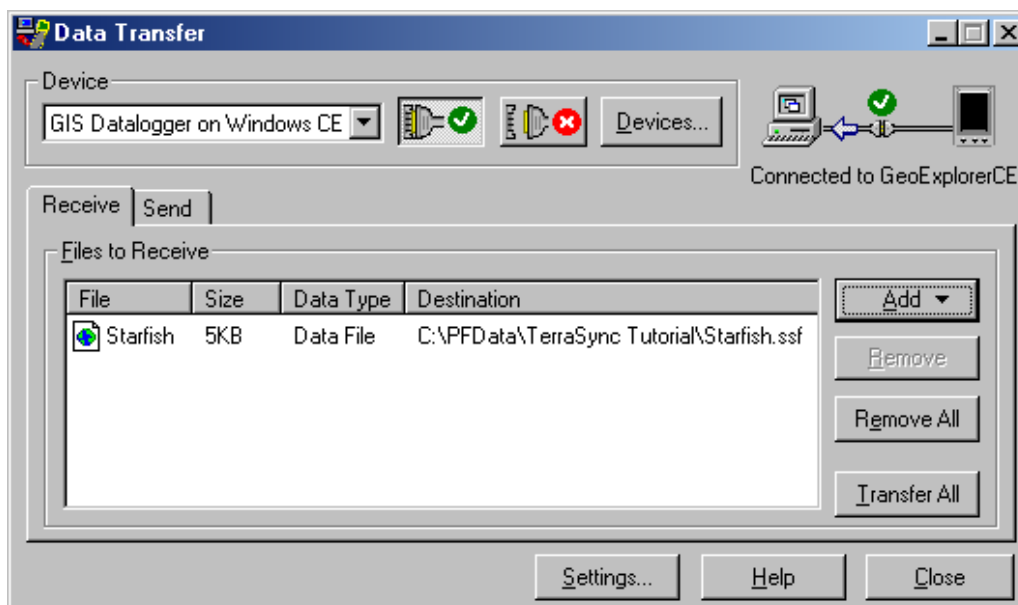
Συγκεκριμένα το παράθυρο αυτό εξυπηρετεί δύο σκοπούς :

- i. Αποτελεί ένδειξη ότι ο δέκτης GeoXT και ο υπολογιστής έχει συνδεθεί.
- ii. Μέσω της λειτουργίας «αναζήτησης (Explore)» μεταφέρονται τα αρχεία που είναι αποθηκευμένα στο δέκτη GeoXT προς τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και αντίστροφα.

➤ Εφαρμογή GPS Pathfinder Office

- Με αυτό το λογισμικό συνδέεται ο φορητός δέκτης GeoXT με τον υπολογιστή γραφείου. Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας το καλώδιο USB.
- Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συγκεκριμένη μέθοδο μεταφοράς δεδομένων είναι η εγκατάσταση του λογισμικού GPS Pathfinder στον υπολογιστή γραφείου.
- Στο λογισμικό GPS Pathfinder Office με την επιλογή Data Transfer πραγματοποιείται η μεταφορά δεδομένων από και προς τον υπολογιστή γραφείου (σχήμα 2.5).

Παρατηρούμε ότι στο παράθυρο του Data Transfer υπάρχουν οι επιλογές Receive και Send με τις οποίες πραγματοποιείται η λήψη και η αποστολή δεδομένων από τον υπολογιστή γραφείου προς τη συσκευή GeoXT.



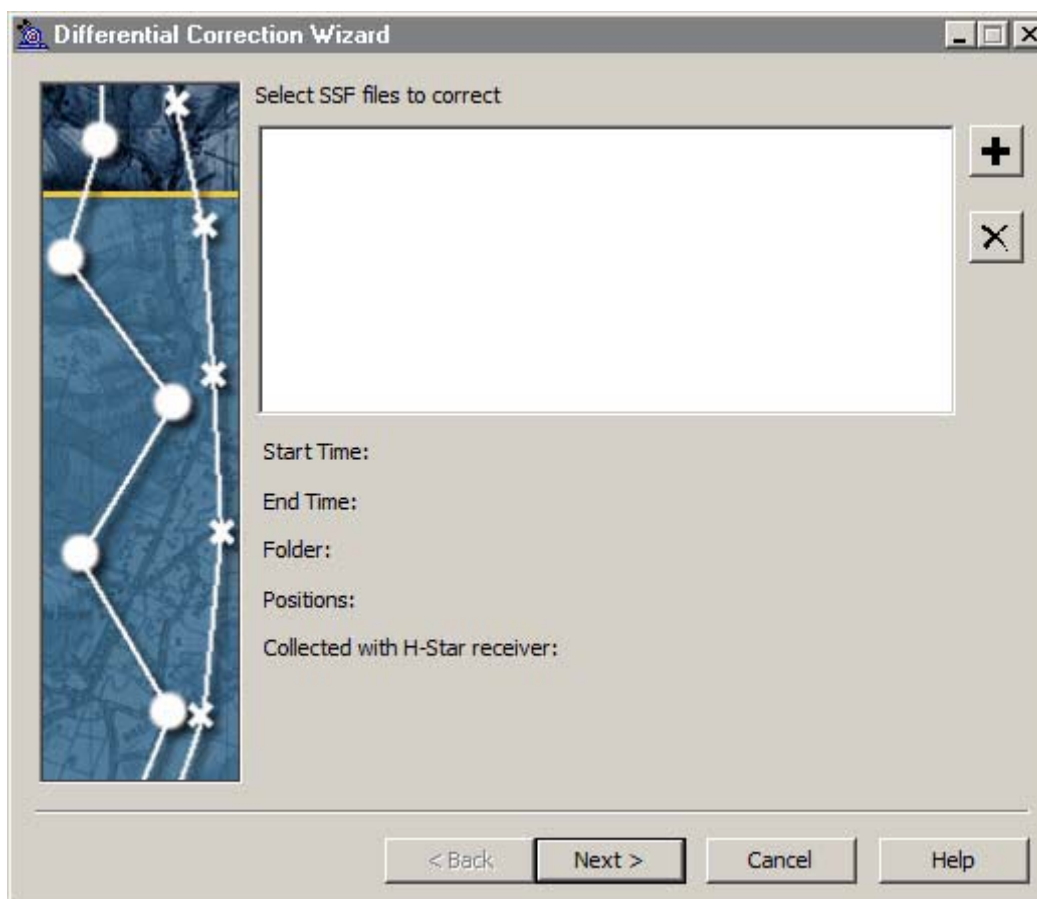
Σχήμα 2.5: Παράθυρο μεταφοράς δεδομένων

Το λογισμικό GPS Pathfinder παρέχει τη δυνατότητα διόρθωσης των μετρήσεων («Differential Correction») βελτιώνοντας σημαντικά την ακρίβεια των στοιχείων που μετρούνται στο πεδίο, σύμφωνα με τον οδηγό χρήσης του δέκτη.

Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τους μόνιμους σταθμούς αναφοράς. Αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας είναι η δημιουργία ενός νέου αρχείου τύπου .cor, όπου περιέχονται οι διορθωμένες θέσεις.

Η διαδικασία της διόρθωσης ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

Πρώτο βήμα: Από το παράθυρο διαλόγου της «Διαφορικής Διόρθωσης» του σχήματος 2.6 επιλέγεται το αρχείο της αποτύπωσης που πρόκειται να διορθωθεί. Το αρχείο έχει μεταφερθεί από το φορητό δέκτη στον υπολογιστή γραφείου.



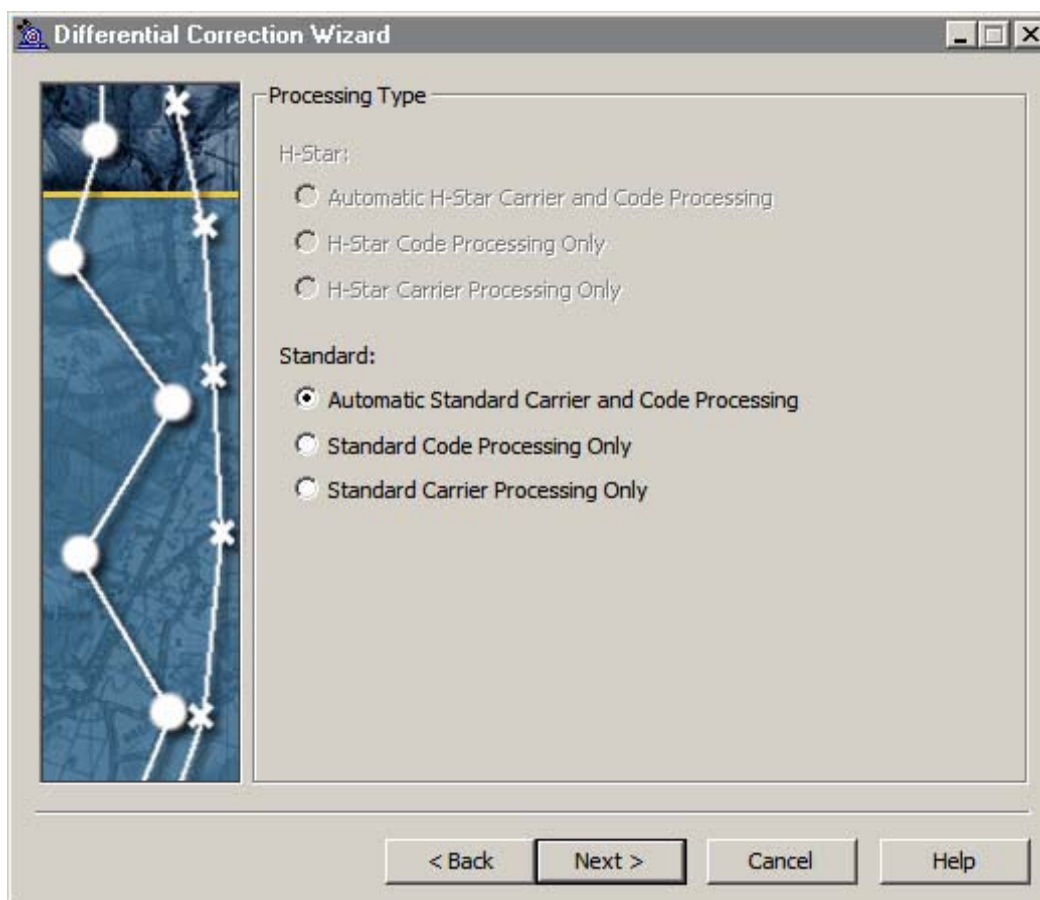
Σχήμα 2.6: Επιλογή αρχείου για διόρθωση

Δεύτερο βήμα: Επιλέγεται ο τύπος της διόρθωσης που απεικονίζεται στο σχήμα 2.7. Ο πρώτος τύπος αφορά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με την

τεχνολογία H-Star, ενώ ο δεύτερος δεδομένα που διορθώνονται μόνο από τα δεδομένα βάσης ενός σταθμού αναφοράς ή ενός δέκτη που διαμορφώνεται ως μόνιμος [3].

Στη δική μας περίπτωση χρησιμοποιείται ο δεύτερος τύπος διόρθωσης και επιλέγεται ένας από τους παρακάτω τρόπους:

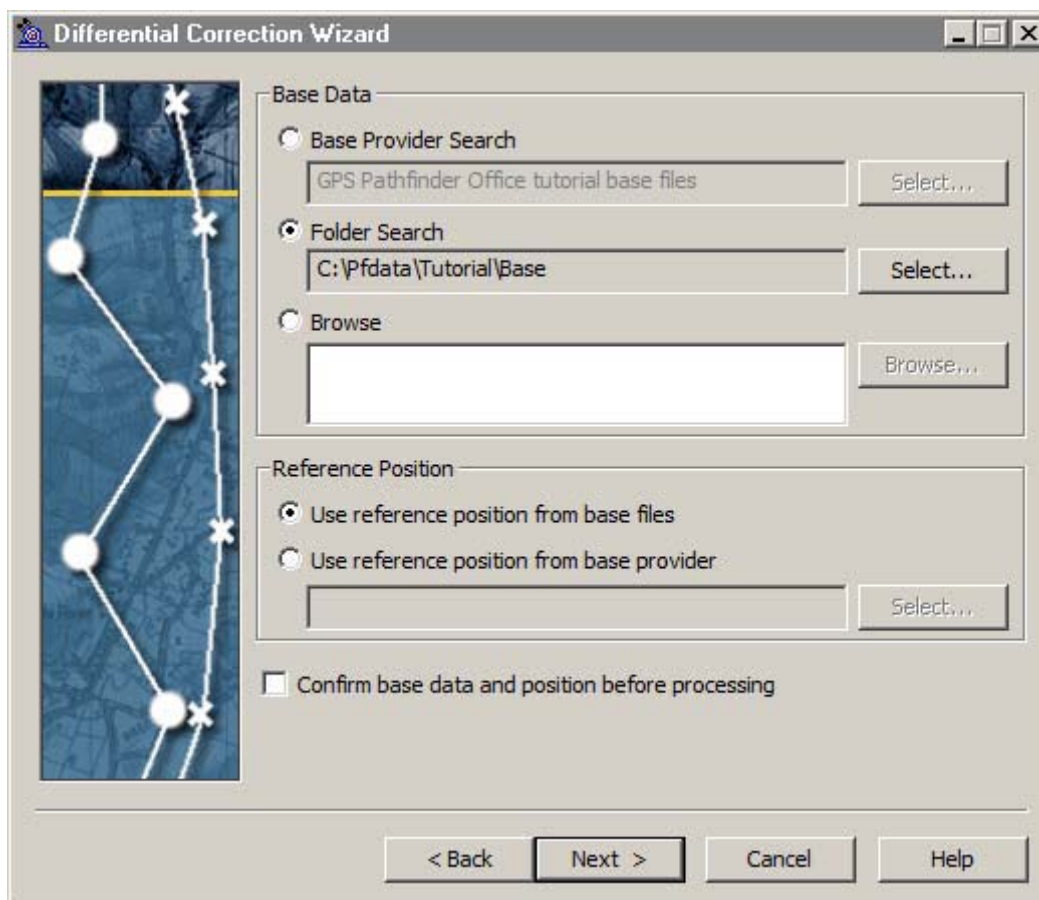
- ✓ Διόρθωση δεδομένων που μετρούνται με κώδικα και φάση φέροντος κύματος
- ✓ Διόρθωση δεδομένων που μετρούνται μόνο με κώδικα
- ✓ Διόρθωση δεδομένων που μετρούνται μόνο με φάση φέροντος κύματος



Σχήμα 2.7: Επιλογή τύπου διόρθωσης

Τρίτο βήμα: Επιλέγεται ο τρόπος παροχής των δεδομένων από τους σταθμούς αναφοράς (σχήμα 2.8). Τα δεδομένα εισάγονται είτε από διαθέσιμους μόνιμους σταθμούς μέσω του Internet είτε από το αρχείο στο οποίο αποθηκεύονται τα δεδομένα του σταθμού αναφοράς που χρησιμοποιείται.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται το Internet, επιλέγεται μέσα από μια σειρά διαθέσιμων μόνιμων σταθμών αναφοράς, εκείνον που βρίσκεται πλησιέστερα στην περιοχή της αποτύπωσης.

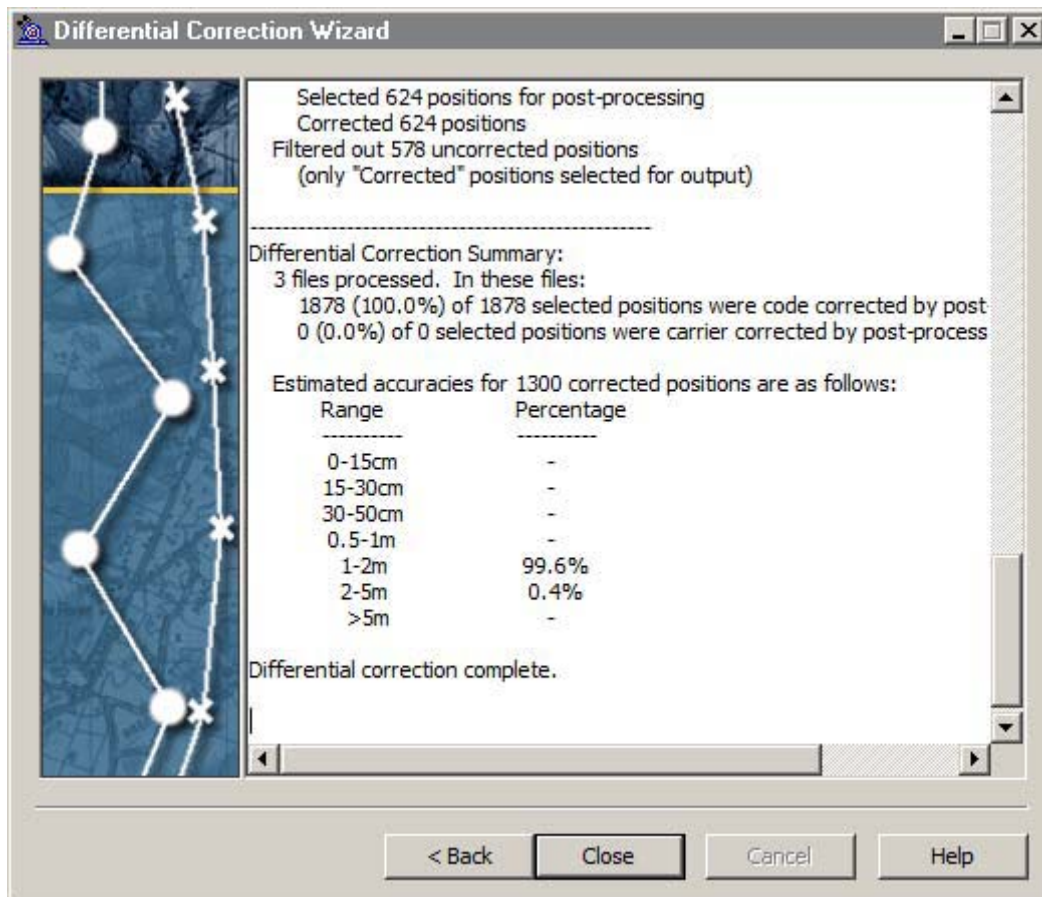


Σχήμα 2.8: Εισαγωγή δεδομένων από το σταθμό αναφοράς

Τέταρτο βήμα: Εκτελείται η διόρθωση των μετρήσεων και τα αποτελέσματά της εμφανίζονται στο σχήμα 2.9 με τη μορφή αναφοράς.

Οι πληροφορίες που εμπεριέχονται στην αναφορά αφορούν:

- στο ποσοστό κάλυψης του αρχείου μέτρησης από τα δεδομένα του σταθμού αναφοράς
- στο συνολικό αριθμό των σημείων που μετρήθηκαν με κώδικα
- στον αριθμό των σημείων που διορθώθηκαν με κώδικα
- στον αριθμό των σημείων που δεν διορθώθηκαν με κώδικα
- στο συνολικό αριθμό των σημείων που μετρήθηκαν με φάση
- στον αριθμό των σημείων που διορθώθηκαν με φάση
- στον αριθμό των σημείων που δεν διορθώθηκαν με φάση
- στα ποσοστά σημείων που διορθώθηκαν με κώδικα και φάση με τις αντίστοιχες αβεβαιότητές τους



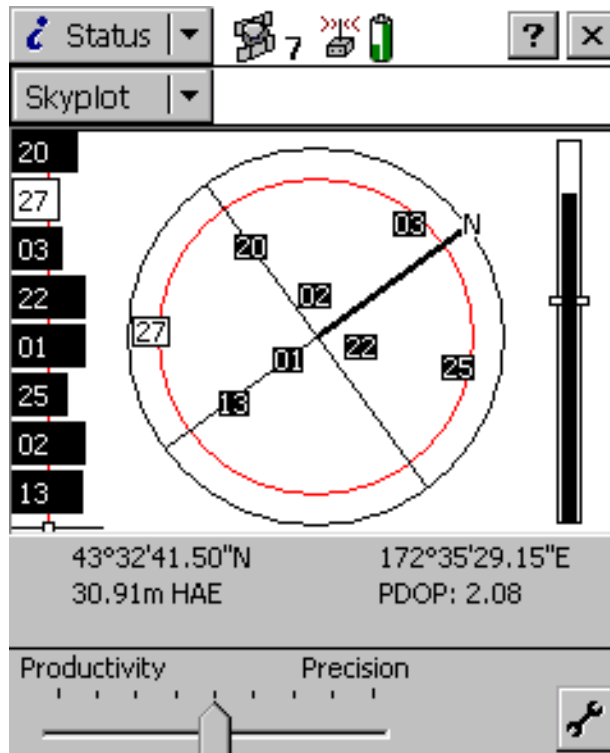
Σχήμα 2.9: Αποτελέσματα από τη διαδικασία της διόρθωσης

## 2.5 Οι παράμετροι των μετρήσεων

Ο προσδιορισμός συντεταγμένων στο παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS'84 υλοποιείται με το λογισμικό TerraSync του φορητού δέκτη GeoXT.

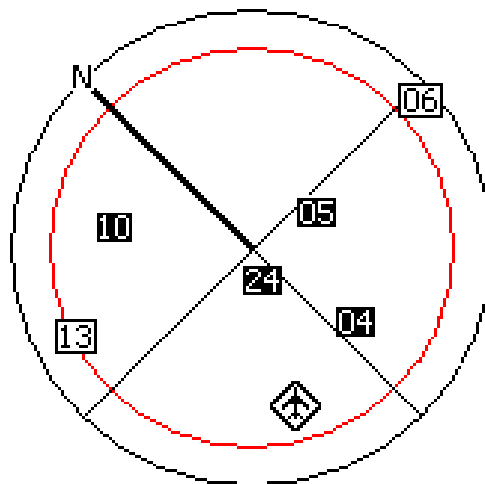
Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ο τομέας Status (σχήμα 2.10) που προβάλλει στην οθόνη με γραφικό τρόπο τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αβεβαιότητα προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου με τον φορητό δέκτη.

Οι παράγοντες αυτοί αφορούν στον αριθμό των δορυφόρων που ανιχνεύονται και είναι διαθέσιμοι στο δέκτη, στην ποιότητα του σήματος που εκπέμπουν και στη γεωμετρία τους και αναλύονται παρακάτω.



Σχήμα 2.10: Τομέας Status

➤ Skyplot



Σχήμα 2.11: Δορυφορικός σχηματισμός ουράνιου θόλου

Ο μαύρος εξωτερικός κύκλος στο σχήμα 2.11 αντιπροσωπεύει τον ορίζοντα ( $0^\circ$ ) ενώ ο κόκκινος εσωτερικός κύκλος την ελάχιστη γωνία ύψους των δορυφόρων σε σχέση με το δέκτη. Οποιαδήποτε αλλαγή στην


τιμή της ελάχιστης γωνίας ύψους επιφέρει μεταβολή στη διάμετρο του εσωτερικού κύκλου.

Αν η ελάχιστη γωνία ύψους αυξηθεί, ο εσωτερικός κύκλος μικραίνει και για τον υπολογισμό θέσεων χρησιμοποιούνται μόνο οι δορυφόροι που βρίσκονται ψηλότερα.

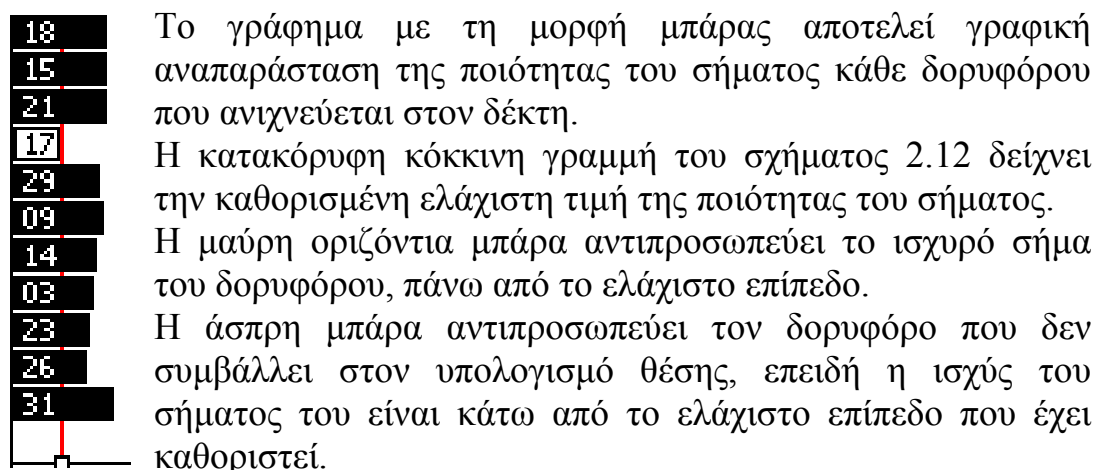
Αν η ελάχιστη γωνία ύψους μειωθεί, ο εσωτερικός κύκλος μεγαλώνει και στον υπολογισμό θέσεων συμπεριλαμβάνονται και οι δορυφόροι που βρίσκονται πλησιέστερα στον ορίζοντα.

Η θέση κάθε δορυφόρου προσδιορίζεται από την κατεύθυνσή του στο χώρο (North, South, East, West) και από την τιμή της γωνίας ύψους του.

Τα αριθμημένα τετράγωνα εικονίδια του σχήματος 2.11 αντιπροσωπεύουν τους διαθέσιμους δορυφόρους του λογισμικού TerraSync. Οι δορυφόροι που εμφανίζονται στα μαύρα τετράγωνα, συμβάλλουν στον προσδιορισμό της θέσης του δέκτη. Αντίθετα αυτοί που εμφανίζονται στα άσπρα, ανιχνεύονται αλλά δεν χρησιμοποιούνται στον προσδιορισμό θέσεων.

Επιπρόσθετα, οι δορυφόροι WASS (ΗΠΑ) ή EGNOS (Ευρώπη) παρέχουν δεδομένα διορθώνοντας τις θέσεις που προσδιορίζονται από το φορητό δέκτη και η θέση τους στον ορίζοντα υποδηλώνεται με το εικονίδιο .

### ➤ Γράφημα SNR



Σχήμα 2.12: Γράφημα της ποιότητας του σήματος κάθε δορυφόρου

### ➤ Δείκτης γεωμετρίας δορυφόρων

Ο δείκτης της γεωμετρίας των δορυφόρων αποτελεί γραφική αναπαράσταση της συνολικής ποιότητας της αβεβαιότητας προσδιορισμού των σημείων που υπολογίζονται.

Η άσπρη οριζόντια μπάρα του σχήματος 2.13 δείχνει την ελάχιστη τιμή της ποιότητας που έχει καθοριστεί. Εντός του δείκτη, η στάθμη του μαύρου επιπέδου απεικονίζει την τρέχουσα τιμή της ποιότητας.



Η ποιότητα στον προσδιορισμό της θέσης του δέκτη είναι συνάρτηση της γεωμετρίας των ορατών δορυφόρων.

Ο όρος γεωμετρία αναφέρεται στο τρόπο που κατανέμονται οι δορυφόροι τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με τον δέκτη.

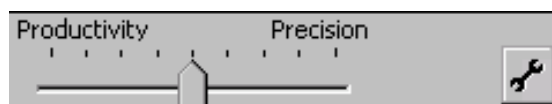
Στην περίπτωση που οι δορυφόροι είναι σωστά κατανεμημένοι καλύπτοντας ένα μεγάλο τμήμα του ουρανού, ο δέκτης υπολογίζει ακριβείς θέσεις και η τρέχουσα τιμή της ποιότητας είναι μεγάλη. Αντίθετα, όταν οι δορυφόροι είναι συγκεντρωμένοι στον ουρανό, τόσο η ακρίβεια υπολογισμού των θέσεων όσο και η τρέχουσα τιμή της ποιότητας μειώνεται.

Σχήμα 2.13: Δείκτης του γεωμετρικού σχηματισμού των δορυφόρων

### Καθορισμός παραμέτρων

Οι παράμετροι που καθορίστηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων αφορούν αρχικά στην επιλογή της μέγιστης τιμής του μέτρου της γεωμετρικής ακρίβειας PDOP. Αυτή καθορίστηκε ίση με  $PDOP = 6$ .

Η τιμή αυτή βρίσκεται στη μέση της μπάρας (σχήμα 2.14), ενδιάμεσα στην επιλογή της μέγιστης παραγωγικότητας των δορυφόρων και της μέγιστης ακρίβειας. Ισχύει ότι όταν μικραίνει η τιμή του PDOP η γεωμετρία είναι καλύτερη και οι θέσεις υπολογίζονται με μικρότερη αβεβαιότητα.



Σχήμα 2.14: Καθορισμός του μέτρου της γεωμετρικής ακρίβειας

Με τον καθορισμό της τιμής PDOP ρυθμίζεται αυτόματα και η ελάχιστη τιμή της ποιότητας του σήματος των δορυφόρων (SNR value). Με την επιλογή  $\max PDOP = 6$  ισχύει  $\min SNR = 39$ .

Επιπρόσθετα, καθορίζεται η ελάχιστη γωνία ύψους των δορυφόρων σε σχέση με το δέκτη. Το λογισμικό TerraSync του δέκτη δεν χρησιμοποιεί στον υπολογισμό των θέσεων δορυφόρους που έχουν γωνία ύψους μικρότερη από την ελάχιστη.

Στην περίπτωση συλλογής δεδομένων με κώδικα, είναι δυνατή η επιλογή της τιμής της ελάχιστης γωνίας ύψους. Ενώ, όταν συλλέγονται δεδομένα με φάση φέροντος κύματος, η τιμή της ελάχιστης γωνίας ύψους

καθορίζεται πάντα στις 15° ή μεγαλύτερη, εξασφαλίζοντας υψηλή ποιότητα στη συλλογή δεδομένων.

## 2.6 Εργαστηριακός έλεγχος του GeoXT

Έρευνα της εταιρείας Trimble [2] πραγματοποιεί με το φορητό δέκτη GeoXT και τις κεραίες, συνολικές μετρήσεις εκατόν είκοσι χιλιάδων σημείων σε χρονικό διάστημα τριάντα ημερών και σε ανοιχτό οριζόντα χωρίς φυσικά και τεχνητά εμπόδια εξασφαλίζοντας πολύ καλό γεωμετρικό σχηματισμό μεταξύ των δορυφόρων και του δέκτη.

Σκοπός αυτής της έρευνας είναι ο προσδιορισμός του Οριζόντιου Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (HRMS) για επίπεδο εμπιστοσύνης 63% σε κάθε συνδυασμό δέκτη – κεραίας[2].

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε από την εταιρεία περιγράφεται παρακάτω:

Ο φορητός δέκτης GeoXT είναι τοποθετημένος σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων σε ένα σταθερό σημείο (έχει υλοποιηθεί και μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια από συστήματα υψηλής ακρίβειας) και προσδιορίζει τη θέση του με συχνότητα ενός δευτερολέπτου. Παρόλο που ο δέκτης βρίσκεται σε σταθερό σημείο, στις μετρήσεις υπεισέρχονται σφάλματα με αποτέλεσμα η μετρημένη θέση κάθε φορά να είναι διαφορετική από την προηγούμενη.

Πρόκειται για απόλυτο προσδιορισμό θέσης αφού οι συντεταγμένες του σημείου προσδιορίζονται ως προς ένα γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς. Από τις μετρήσεις υπολογίζεται στατιστικά το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (RMS), που αντιπροσωπεύει την αβεβαιότητα θέσης. Ωστόσο η έρευνα επικεντρώνεται μόνο στον προσδιορισμό της αβεβαιότητας που αφορά στην οριζόντια απόσταση (HRMS). Η τιμή του HRMS αντιπροσωπεύει την μέση οριζόντια απόσταση των μετρημένων σημείων από την πραγματική, όπου το 63% των θέσεων ανήκει εντός του κύκλου με διάμετρο την τιμή HRMS σύμφωνα με την κανονική κατανομή.

Συνδυασμοί δέκτη -κεραίας	HRMS (63%)
Hurricane	± 46 cm
Ενσωματωμένη κεραία	± 51 cm
Patch	± 78 cm

Πίνακας 2.2: Οριζόντιο Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα για τους συνδυασμούς δέκτη – κεραίας

Συμπερασματικά ο προσδιορισμός του HRMS έχει προκύψει από υπολογισμούς με επίπεδο εμπιστοσύνης 63% και η αβεβαιότητα προσδιορισμού της θέσης σε κάθε περίπτωση δίνεται στον πίνακα 2.2[2].

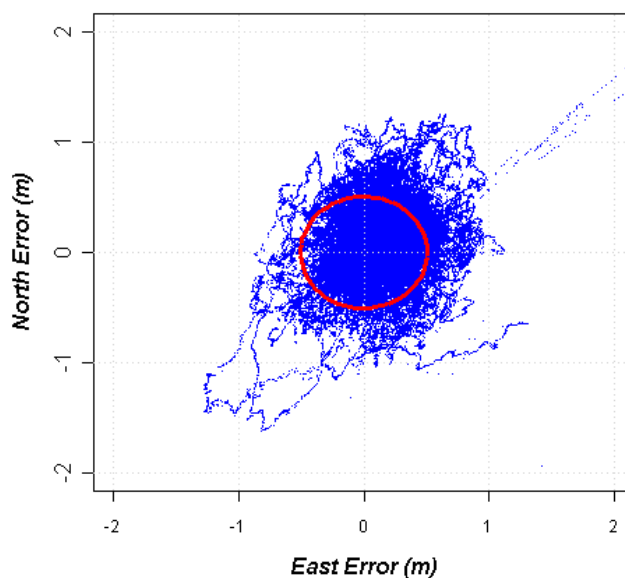
Παρατηρούμε ότι με όλους τους συνδυασμούς μέτρησης δέκτη – κεραίας πετυχαίνεται αβεβαιότητα μικρότερη του ενός μέτρου. Ωστόσο οι μικρότερες αβεβαιότητες πραγματοποιούνται με την κεραία hurricane, ακολουθεί η ενσωματωμένη κεραία με 10% μειωμένη απόδοση και τέλος η patch.

Η ενσωματωμένη κεραία και η hurricane χαρακτηρίζονται από την ίδια τεχνολογία. Για παράδειγμα και οι δύο κεραίες απορρίπτουν τα σήματα από τους δορυφόρους που ακολουθούν πολλαπλές διαδρομές λόγω πολυανάκλασης σε γειτονικές επιφάνειες.

Βέβαια ο καλύτερος δυδιάστατος προσδιορισμός της αβεβαιότητας πραγματοποιείται από την κεραία hurricane εξαιτίας του εξελιγμένου σχεδιασμού της και του μειωμένου θορύβου, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η ανίχνευση περισσότερων δορυφόρων.

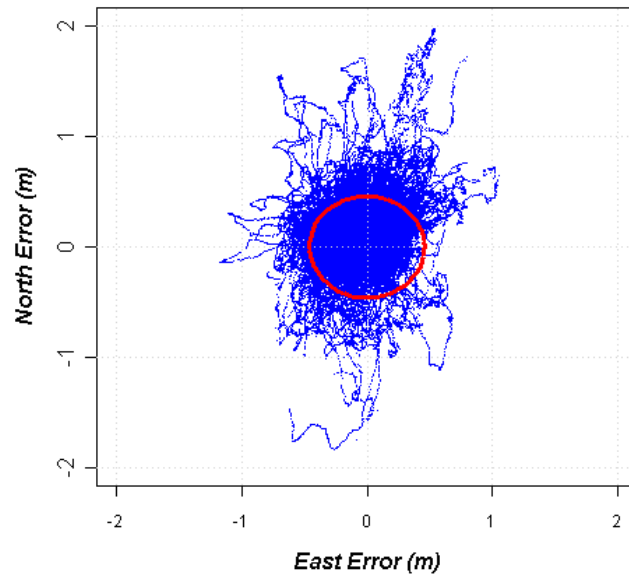
Στα σχήματα 2.15-2.17 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των θέσεων που μετρήθηκαν με την ενσωματωμένη κεραία του φορητού δέκτη GeoXT και τις εξωτερικές κεραίες patch και hurricane. Ο κόκκινος κύκλος αντιπροσωπεύει την τιμή HRMS.

### Internal antenna



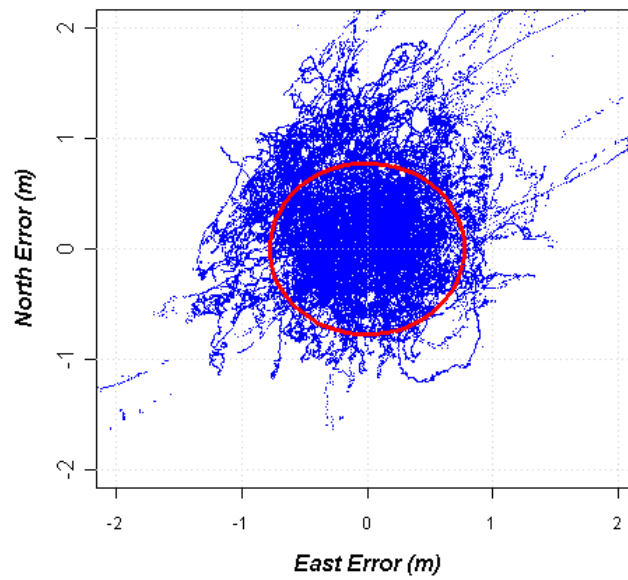
Σχήμα 2.15: Μετρήσεις με ενσωματωμένη κεραία και προσδιορισμός HRMS

### Hurricane antenna



Σχήμα 2.16: Μετρήσεις με κεραία hurricane και προσδιορισμός HRMS

### Patch antenna



Σχήμα 2.17: Μετρήσεις με κεραία patch και προσδιορισμός HRMS

## 2.6 Συλλογή μετρήσεων

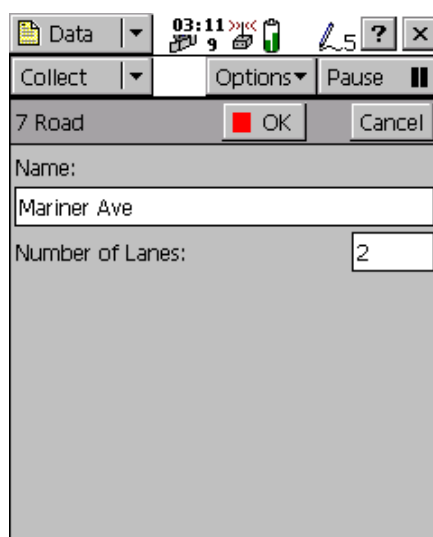
Ταυτόχρονα με τη δημιουργία ενός νέου αρχείου καθορίζεται και η μέθοδος μέτρησης (code – carrier).

Οι μετρήσεις με κώδικα πραγματοποιούνται από τον τομέα Set up του λογισμικού TerraSync. Συγκεκριμένα από τη φόρμα (logging settings), επιλέγεται και για τις τρεις οντότητες (σημείο, γραμμή, πολύγωνο) στο πεδίο « ακρίβεια (accuracy)», η ακρίβεια που δίνει η μέθοδος από τις μετρήσεις με κώδικα (code).

Οι μετρήσεις με φάση φέροντος κύματος πραγματοποιούνται από τον τομέα Set up του λογισμικού TerraSync. Ειδικότερα, από τη φόρμα (logging settings), επιλέγεται στο πεδίο «ακρίβεια (accuracy)» και για τις τρεις οντότητες (σημείο, γραμμή, πολύγωνο), η ακρίβεια που δίνει η μέθοδος από τις μετρήσεις με φάση φέροντος κύματος (carrier).

Η διαδικασία που ακολουθείται στις μετρήσεις με φάση είναι η εξής:

Από τη στιγμή που δημιουργείται το αρχείο και αρχίζει η αποτύπωση, ξεκινάει νέο μπλοκ. Το χρονικό διάστημα από την αρχή δημιουργίας του μπλοκ, όπου συλλέγονται τα δεδομένα φάσης φέροντος κύματος, αποτελεί το χρόνο φάσης που εμφανίζεται στην οθόνη του φορητού δέκτη GeoXT (σχήμα 2.18).



Σχήμα 2.18: Χρόνος φάσης

Επαναλαμβάνουμε ότι μόλις συμπληρωθεί ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος φάσης (δέκα λεπτά), ακούγεται ένα ήχος που δηλώνει ότι το μπλοκ (block) περιέχει επαρκή δεδομένα, χρήσιμα στη μετεπεξεργασία.

Στις μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος υπάρχει ο περιορισμός της παραμονής στο πρώτο σημείο μέτρησης μέχρι να συμπληρωθεί το ελάχιστο απαιτούμενο χρονικό διάστημα των δέκα λεπτών. Ύστερα από παρέλευση δέκα λεπτών και αφού ακουστεί και ο ήχος είναι δυνατή η μετακίνηση στο επόμενο χαρακτηριστικό σημείο. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η ικανοποιητική αβεβαιότητα στον προσδιορισμό θέσης.

Εναλλακτικά, ο δέκτης μπορεί να μετακινηθεί στο επόμενο χαρακτηριστικό σημείο ακόμα και αν δεν έχει συμπληρωθεί το χρονικό διάστημα των δέκα λεπτών. Αυτό είναι εφικτό με την αυστηρή προϋπόθεση ότι είναι απίθανο να μειωθεί ο αριθμός των δορυφόρων σε λιγότερους από τέσσερις κατά τη μετακίνηση προς το επόμενο χαρακτηριστικό σημείο.

Η εξήγηση που μπορεί να δοθεί σε αυτόν τον εναλλακτικό τρόπο έγκειται στο γεγονός ότι η ακρίβεια θέσης για όλα τα χαρακτηριστικά σημεία που έχουν εγγραφεί σε ένα μπλοκ, σχετίζεται με την ακρίβεια του μπλοκ. Έτσι λοιπόν αν τελικά το μπλοκ περιέχει επαρκή δεδομένα, ανεξάρτητα αν έχουμε μετακινηθεί και δεν έχει συμπληρωθεί ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος σε ένα μόνο χαρακτηριστικό, τότε οποιοδήποτε χαρακτηριστικό σημείο που έχει εγγραφεί κατά τη διάρκεια του μπλοκ υιοθετεί αυτόματα και την ακρίβεια του μπλοκ που γνωρίζουμε ότι έχει πετύχει.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ GeoXT

#### 3.1 Γενικά

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του φορητού δέκτη GeoXT περιλαμβάνει τρία επιμέρους στάδια:

- Διαδικασία ελέγχου
- Μετρήσεις - Επεξεργασία
- Συμπεράσματα

Η μεθοδολογία του ελέγχου της ορθότητας της γεωμετρικής πληροφορίας είναι απαραίτητη γιατί από την επεξεργασία των μετρήσεων θα υπολογιστεί η αβεβαιότητα προσδιορισμού των θέσεων από το δέκτη GeoXT.

Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας αφορά και στις τρεις κεραίες με τις οποίες είναι δυνατόν να λειτουργήσει ο δέκτης και πραγματοποιήθηκε στα τριγωνομετρικά σημεία της Πολυτεχνειούπολης.

#### 3.2 Αβεβαιότητα του συστήματος GPS

Με τον όρο "αβεβαιότητα" ενός δέκτη GPS, εννοείται η ταύτιση: μιας θέσης (εκτιμημένης ή μετρημένης), του χρόνου και/ή της ταχύτητας που δίνει ο εν λόγω δέκτης σε σχέση με ένα πρότυπο (standard).

Η εν λόγω "αβεβαιότητα" ενός συστήματος ραδιοπλοήγησης συνηθέστερα δίδεται ως μια στατιστική μέτρηση του σφάλματος του συστήματος και χαρακτηρίζεται από: προβλεψιμότητα, επαναληπτικότητα και σχετικότητα [Wormley 2008].

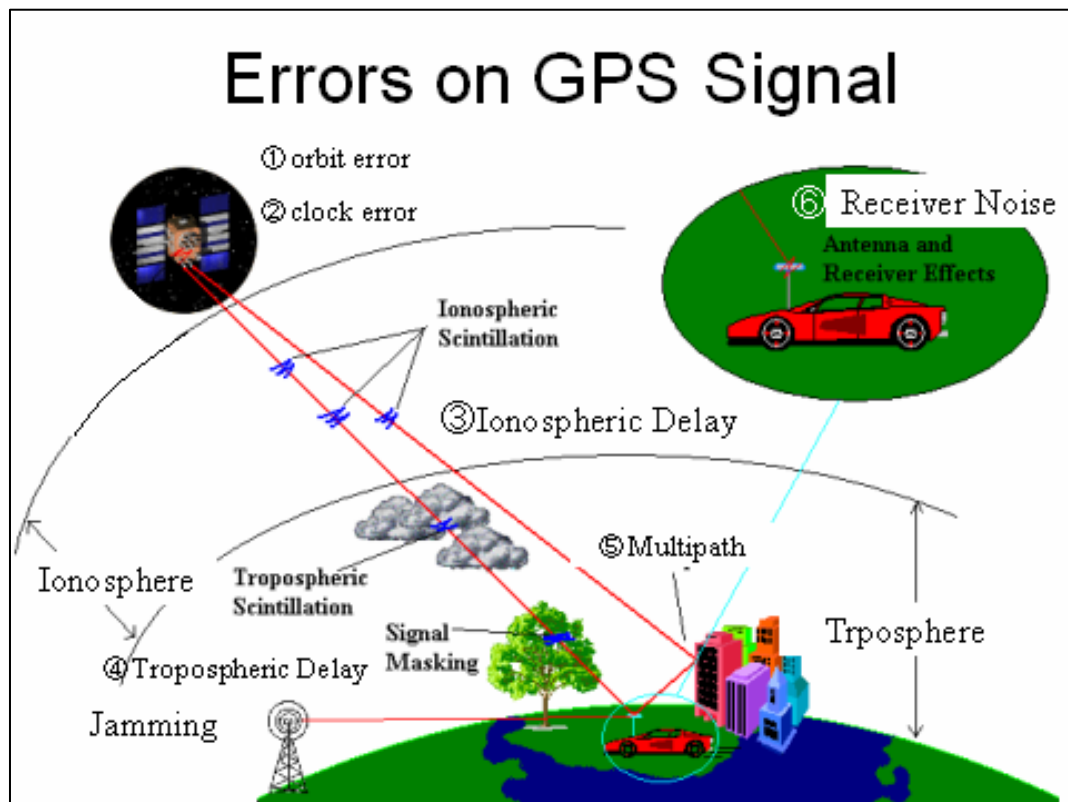
Ο περιοδικός έλεγχος της ακρίβειας ενός δέκτη GPS είναι απαραίτητος για:

- τη διαπίστωση της ποιότητάς του
- τη διαπίστωση της επιτυγχανόμενης αβεβαιότητας
- για τη μετρολογική νομιμοποίηση του δέκτη.

Οι διάφοροι κατασκευαστές συνθηθέστερα υιοθετούν διαδικασίες ελέγχου όπως αυτές προτείνονται από ινστιτούτα και εργαστήρια (επιστημονικά, πανεπιστημιακά κ.α). Κατά κανόνα, τέτοιου είδους διαδικασίες ελέγχων δεν είναι διαθέσιμες σε κοινούς χρήστες GPS [Savvaidis, 2004].

Στο σχήμα 3.1 απεικονίζονται τα σφάλματα που υπεισέρχονται στις μετρήσεις GPS.

Η κατηγοριοποίηση των χονδροειδών, συστηματικών και τυχαίων σφαλμάτων που συμμετέχουν στο αποτέλεσμα έχει ως εξής [Savvaidis, 2004], [Wormley, 2008], [Martin, 2008]



Σχήμα 3.1: Τα σφάλματα του συστήματος GPS

## 1. Χονδροειδή σφάλματα

- a. Στο υπολογιστικό μέρος.
- b. Στην επιλογή του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς.
- c. Σε προβλήματα του δέκτη (εξαρτήματα - hardware και/ή λογισμικό).

Σε αυτά ανήκουν και τα σφάλματα που εισάγουν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του δέκτη. Έχουν μέγεθος της τάξης του 1% του μήκους κύματος της μέτρησης για δέκτες σχετικά υψηλής

ποιότητας. Το μέγεθός τους είναι της τάξης των 3 m για μέτρηση ψευδοαποστάσεων στον κώδικα C/A και των 30 cm για μέτρηση ψευδοαποστάσεων στον κώδικα P.

## 2. Συστηματικά σφάλματα

- a. Επιλεκτική διαθεσιμότητα (ανύπαρκτη από 1-5-2000).
- b. Σφάλματα χρονομέτρου.

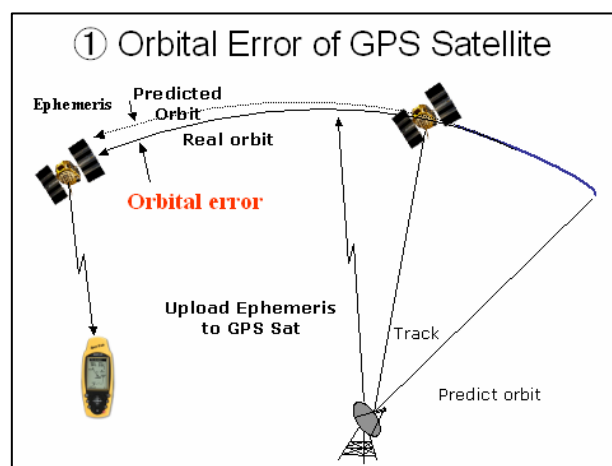
Παρόλο που τα χρονόμετρα των δορυφόρων ελέγχονται συνεχώς δεδομένου ότι η μέτρηση της απόστασης βασίζεται στον πολύ καλό συγχρονισμό τους με τα χρονόμετρα των δεκτών. Τα σφάλματα εκφράζουν τις διαφορές μεταξύ της πραγματικής πορείας του χρονομέτρου του δορυφόρου και της προβλεπόμενης η οποία προσδιορίζεται από προηγούμενες μετρήσεις προς τους δορυφόρους.

Στην περίπτωση του σφάλματος από τα χρονόμετρα των δεκτών, το μέγεθός τους εξαρτάται από την ποιότητα του ταλαντωτή του δέκτη και λόγω της μεταβολής του αντιμετωπίζεται ως άγνωστη ποσότητα.

- c. Σφάλματα δεδομένων εφημερίδας δορυφόρου.

Αποτελεί την κυριότερη πηγή σφάλματος στον εντοπισμό με το σύστημα GPS. Αυτά τα σφάλματα εκφράζουν τις διαφορές μεταξύ της πραγματικής θέσης του δορυφόρου και της υπολογιζόμενης από τα τροχιακά στοιχεία που εκπέμπει ο δορυφόρος (σχήμα 3.2).

Συνήθως τα σφάλματα αυτά είναι μικρότερα από 3 m.



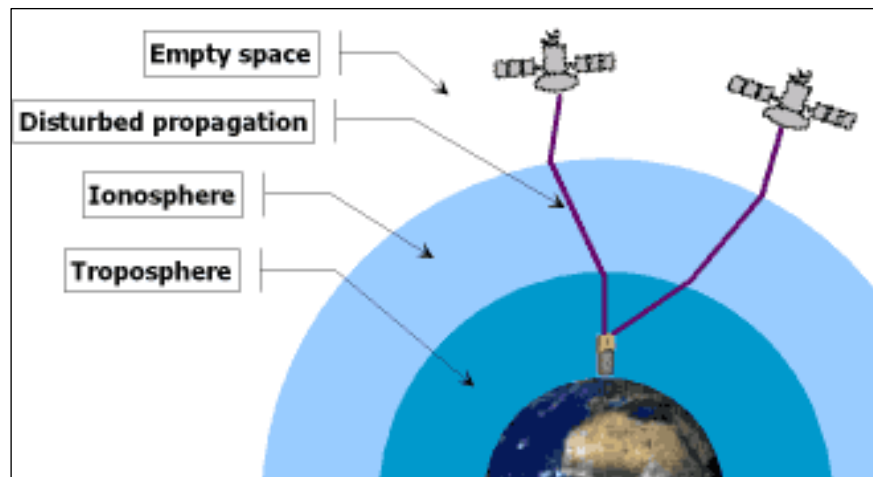
Σχήμα 3.2: Σφάλμα της τροχιάς του δορυφόρου

d. Τροποσφαιρικές καθυστερήσεις.

Η τροποσφαιρική διάθλαση είναι ανεξάρτητη της συχνότητας και εξαρτάται κυρίως από την κατανομή της υγρασίας κατά μήκος της διαδρομής του σήματος μέσα από την τροπόσφαιρα και τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν. Η καθυστέρηση διάδοσης του σήματος μπορεί να φτάσει τα 30 m για δορυφόρους σε χαμηλές γωνίες ύψους (σχήμα 3.3). Τα σφάλματα αυτά είναι αρκετά σταθερά και μπορούν να προσεγγισθούν με χρήση τροποσφαιρικών μοντέλων. [Καραθανάση Φ., 2009]

e. Ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις.

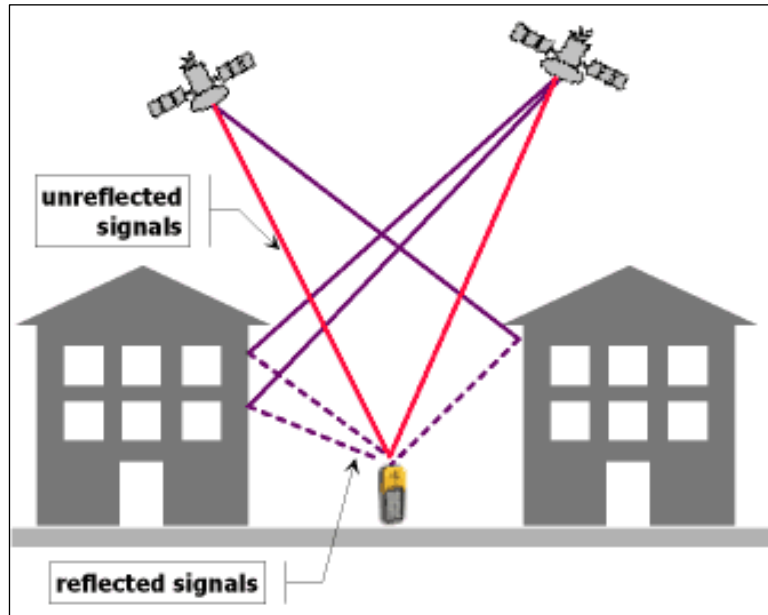
Η καθυστέρηση διάδοσης του σήματος λόγω της επίδρασης της ιονόσφαιρας κυμαίνεται από 20 – 30 m κατά τη διάρκεια της ημέρας μέχρι 3 – 6 m κατά τη διάρκεια της νύχτας (σχήμα 3.3). Η ιονοσφαιρική διάθλαση, η οποία εξαρτάται από τη συχνότητα, αντιμετωπίζεται με μετρήσεις σε δύο συχνότητες L1 και L2 ή με τα ιονοσφαιρικά μοντέλα. [Καραθανάση Φ., 2009]



Σχήμα 3.3: Η διάθλαση των σημάτων GPS από την επίδραση της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας

f. Πολυανακλάσεις σημάτων.

Τα σφάλματα αυτά οφείλονται σε πολλαπλές ηλεκτρονικές διαδρομές λόγω της ανάκλασης του σήματος σε διάφορες επιφάνειες πριν φτάσει στον δέκτη (σχήμα 3.4). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να γίνεται μέτρηση και στο ανακλώμενο σήμα, αντί μόνο σε αυτό που έρχεται κατ' ευθείαν από το δορυφόρο. [Καραθανάση Φ., 2009]



Σχήμα 3.4: Ανακλώμενα και απευθείας δορυφορικά σήματα προς το δέκτη GPS

### 3. Τυχαία σφάλματα:

- a. Η συνδυασμένη επίδραση, του ψευδο-τυχαίου θορύβου (PRN) και του θορύβου του δέκτη.
- b. Γεωμετρία των δορυφόρων.

#### Γεωμετρία δορυφόρων

Κρίσιμος παράγοντας για την ακρίβεια του GPS αποτελεί η επίδραση της γεωμετρίας των δορυφόρων και των δεκτών. Ο προσδιορισμός θέσης εξαρτάται από το δορυφορικό σχηματισμό και εκφράζεται από το δείκτη ποιότητας των παρατηρήσεων DOP (Dilution of Precision). Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως ο λόγος της ακρίβειας εντοπισμού ( $\sigma$ ) προς την ακρίβεια των μετρήσεων ( $\sigma_0$ ), δηλαδή [Τσακίρη Μ., 2005]:

$$\sigma = DOP * \sigma_0 \quad (3.1)$$

Πιο συγκεκριμένα, όταν γίνεται αναφορά μόνο στις τρεις συντεταγμένες (X, Y, Z), το μέτρο ακρίβειας ονομάζεται PDOP (Position Dilution of Precision) ενώ μόνο για την οριζόντια ή κατακόρυφη θέση ισχύουν αντίστοιχα HDOP (Horizontal Dilution of Precision) και VDOP (Vertical Dilution of Precision). Το μέτρο για την εκτίμηση του σφάλματος του χρονομέτρου του δέκτη ονομάζεται TDOP (Time Dilution of Precision)

και το συνολικό μέτρο που δίνει τη γεωμετρία της εκτίμησης δίνεται από το GDOP ( Geometric Dilution of Precision).

Ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις [Τσακίρη Μ., 2005]:

$$PDOP = \sqrt{\sigma^2_X + \sigma^2_Y + \sigma^2_Z} = \sqrt{\sigma^2_E + \sigma^2_N + \sigma^2_H} \quad (3.2)$$

$$HDOP = \sqrt{\sigma^2_E + \sigma^2_N} \quad (3.3)$$

$$VDOP = \sigma_H \quad (3.4)$$

$$TDOP = \sigma_t \quad (3.5)$$

$$GDOP = \sqrt{PDOP^2 + TDOP^2} \quad (3.6)$$

Σήμερα οι παραπάνω τιμές DOP μπορούν να προσδιοριστούν από τα προγράμματα που συνοδεύουν τους εκάστοτε δέκτες GPS χωρίς τη χρήση μετρήσεων, παρά μόνο με τις θέσεις των δορυφόρων από τις εκπεμπόμενες εφημερίδες και την προσεγγιστική τιμή της θέσης του δέκτη.

Γενικά οι τιμές DOP μεταβάλλονται ανάλογα με τον αριθμό των δορυφόρων που παρατηρούνται στον ουράνιο θόλο τη χρονική στιγμή των μετρήσεων καθώς, και με τις παραμέτρους που σχετίζονται με αυτούς όπως η γωνία ύψους και ο αριθμός των δορυφόρων που παρεμβάλλονται στην τελική επίλυση των βάσεων.

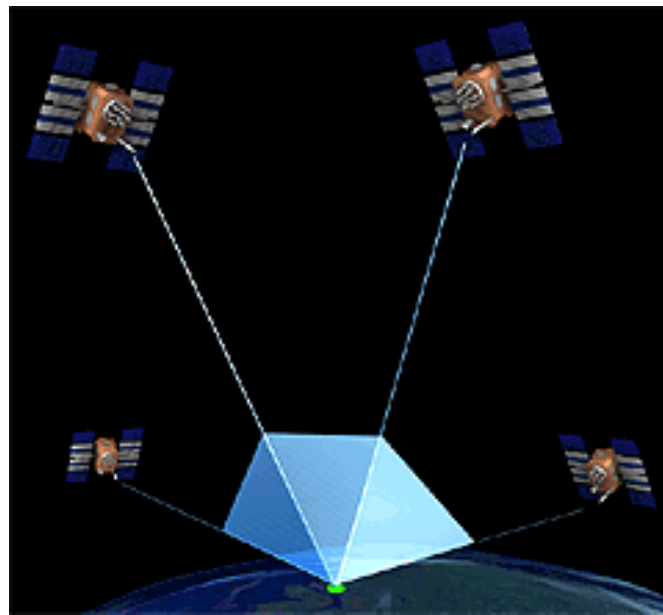
Ειδικότερα για τον αριθμό GDOP, αξίζει να αναφερθεί ότι εξαρτάται από το πλήθος των παρατηρούμενων δορυφόρων και τη θέση τους στον ουράνιο θόλο και σε σχέση με τη θέση του δέκτη. Μπορεί να ερμηνευθεί ως το αντίστροφο του όγκου ενός τετραέδρου που σχηματίζεται από τέσσερις δορυφόρους και τη θέση του δέκτη (σχήμα 3.5). Επομένως, η καλύτερη γεωμετρία θα είναι όταν ο όγκος είναι μέγιστος και άρα, η τιμή του GDOP ελάχιστη. Μια μεγάλη γωνία μεταξύ των δορυφόρων μειώνει την τιμή του GDOP και παρέχει μικρότερης αβεβαιότητας μετρήσεις (σχήμα 3.6) ενώ αντιθέτως, μια μικρή γωνία μεταξύ των δορυφόρων αυξάνει την τιμή του GDOP και παρέχει χειρότερης ακρίβειας μετρήσεις (σχήμα 3.7).

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, είναι προφανές ότι οι τιμές DOP μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προεπιλογή των κατάλληλων δορυφόρων που θα παρατηρηθούν κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου.

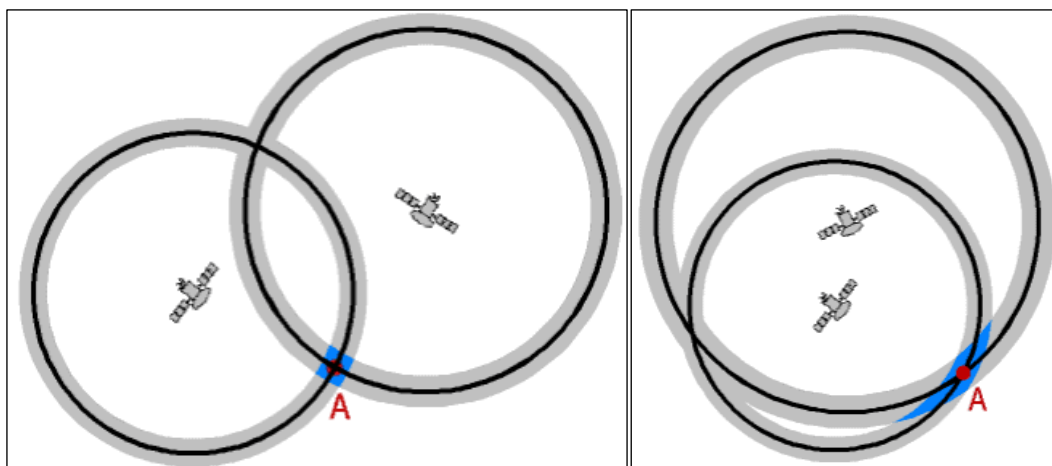
Η αβεβαιότητα στον εντοπισμό με το σύστημα GPS εξαρτάται επίσης από την ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινείται ο δέκτης και έτσι για μεγάλη ταχύτητα, η αβεβαιότητα αυξάνεται. Σημαντικό ρόλο για την

επίτευξη της ελάχιστης αβεβαιότητας κατέχει και η θέση όπου θα τοποθετηθεί ο δέκτης GPS.

Πιο συγκεκριμένα, όταν βρίσκεται ανάμεσα σε ψηλά βουνά ή σε αστικό περιβάλλον, όπου υπάρχουν πολλά ψηλά κτίρια και άλλα εμπόδια, το εκπεμπόμενο σήμα δε φτάνει μέχρι την κεραία του δέκτη και συνεχώς διακόπτεται λόγω φυσικών εμποδίων με αποτέλεσμα να επηρεάζεται σημαντικά η αβεβαιότητα εντοπισμού.



Σχήμα 3.5: Τετράεδρο που σχηματίζεται από τις γραμμές που συνδέουν το δέκτη GPS, με τους δορυφόρους



Σχήμα 3.6: Καλή γεωμετρία δορυφόρων

Σχήμα 3.7: Κακή γεωμετρία δορυφόρων

### 3.3 Διαδικασία ελέγχου του φορητού δέκτη GeoXT

Έχουν προσδιοριστεί με αξιοπιστία στο παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS'84 οι γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) στα παρακάτω τριγωνομετρικά σημεία (βάθρα) της Πολυτεχνειούπολης:

- Υδραυλική
- Ναυπηγική
- Φυσική
- Γενικές Έδρες
- Χημικοί Μηχανικοί
- Εστία
- Κτήριο Βέη
- Δυτικό βάθρο του Κτηρίου Λαμπαδαρίου

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει μετρήσεις στα παραπάνω τριγωνομετρικά σημεία με το φορητό δέκτη GeoXT και τις τρεις κεραίες:

- 1) ενσωματωμένη κεραία
- 2) μικρή εξωτερική κεραία (patch)
- 3) εξωτερική κεραία hurricane

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο χρονικό διάστημα από το Δεκέμβριο του 2009 έως τον Απρίλιο του έτους 2010.

Σε αυτό το χρονικό διάστημα και συγκεκριμένα σε εννέα διαφορετικές ημέρες, προσδιορίστηκαν οι γεωδαιτικές συντεταγμένες σε όλα τα τριγωνομετρικά σημεία μόνο με την ενσωματωμένη κεραία και με την εξωτερική κεραία patch.

Ενώ στις τρεις τελευταίες ημέρες προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες και με τις τρεις κεραίες. Στο βάθρο που βρίσκεται στο κτήριο των Χημικών Μηχανικών δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με την κεραία hurricane γιατί δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση στην ταράτσα του κτιρίου.

Κατά τις μετρήσεις σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο λαμβάνονται στοιχεία όπως:

- οι γεωδαιτικές συντεταγμένες  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$  του σημείου, στο WGS '84
- η αβεβαιότητα προσδιορισμού τους, όπως καταγράφεται για κάθε μέτρηση:
  - $\pm 0.5\text{m} - \pm 1.4\text{m}$  με την ενσωματωμένη κεραία,
  - $\pm 0.5\text{m} - \pm 1.5\text{m}$  με την κεραία patch,
  - $\pm 0.5\text{m} - \pm 0.8\text{m}$  με την κεραία hurricane

- ο αριθμός των δορυφόρων που συμμετέχουν κάθε φορά στον προσδιορισμό αλλά και ποιοι είναι οι συγκεκριμένοι δορυφόροι
- ο δείκτης της γεωμετρικής ακρίβειας των δορυφόρων (PDOP)

Επισημαίνεται ότι:

- όλες οι μετρήσεις και με τις τρεις κεραίες πραγματοποιήθηκαν με κώδικα (code)
- κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας όπου για την πραγματοποίηση μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε η κεραία hurricane, καθορίστηκε το ύψος της κεραίας στη ρύθμιση των παραμέτρων του δέκτη GeoXT ίσο με 0.335 m.

Στις φωτογραφίες 3.1-3.13 παρουσιάζονται τα τριγωνομετρικά σημεία και οι τρόποι μέτρησης κατά την πειραματική διαδικασία.



*Φωτ. 3.1: Υδραυλική με ενσωματωμένη κεραία*



*Φωτ. 3.2: Χημικοί Μηχανικοί με ενσωματωμένη κεραία*



*Φωτ. 3.3: Φυσική με ενσωματωμένη κεραία*



*Φωτ. 3.4: Φυσική με patch*



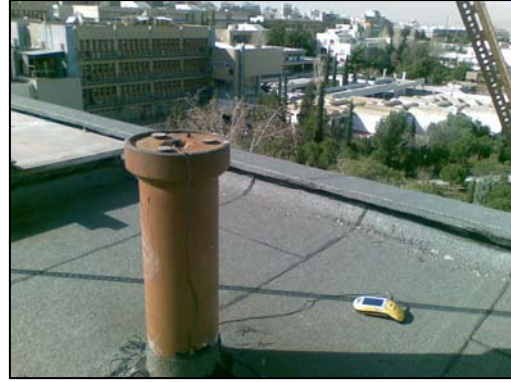
*Φωτ. 3.5: Γενικές έδρες με ενσωματωμένη κεραία*



*Φωτ. 3.6: Γενικές Έδρες με patch*



*Φωτ. 3.7: Ναυπηγική με ενσωματωμένη κεραία*



*Φωτ. 3.8: Ναυπηγική με patch*



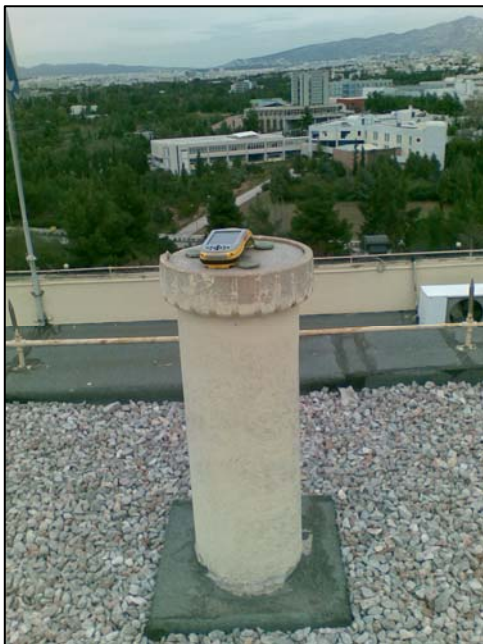
*Φωτ. 3.9: Εστία με ενσωματωμένη κεραία*



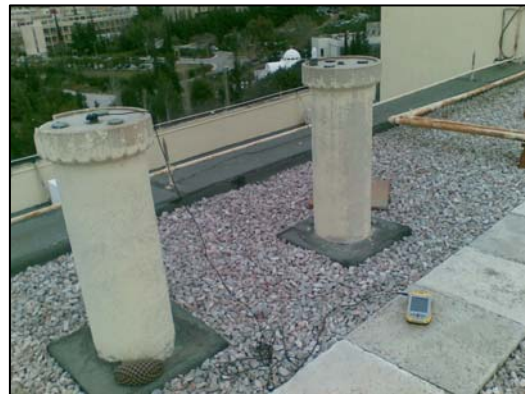
*Φωτ. 3.10: Εστία με patch*



*Φωτ. 3.11: Κτήριο Βέη με ενσωματωμένη κεραία*



*Φωτ. 3.12: Δυτικό βάθρο  
Λαμπαδαρίου με  
ενσωματωμένη κεραία*



*Φωτ. 3.13: Δυτικό βάθρο  
Λαμπαδαρίου με patch*

### 3.4 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα τριγωνομετρικά σημεία της Πολυτεχνειούπολης παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα.

Σε αυτό το στάδιο για κάθε τριγωνομετρικό σημείο και για κάθε κεραία, ακολουθεί η επεξεργασία των μετρήσεων που αποσκοπεί στον προσδιορισμό των διαφορών των συντεταγμένων όπως προσδιορίζονται με το φορητό δέκτη GeoXT από τις αντίστοιχες «ορθές» ( $\phi_{\pi}$ ,  $\lambda_{\pi}$ ,  $h_{\pi}$ ), δηλαδή [Πανταζής Γ., Δούκας Ι., 2005]:

$$\Delta\phi = \phi_{\pi} - \phi_{GeoXT} \quad (3.7)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_{\pi} - \lambda_{GeoXT} \quad (3.8)$$

$$\Delta h = h_{\pi} - h_{GeoXT} \quad (3.9)$$

Στο παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά οι παραπάνω διαφορές σε δευτερόλεπτα και μέτρα. Υπενθυμίζεται ότι 1" τόξου της μοίρας για ένα μέσο πλάτος επί της Γης, αντιστοιχεί σε μήκος περίπου 30m, στην επιφάνειά της.

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αποδίδονται εποπτικά με διαγράμματα.

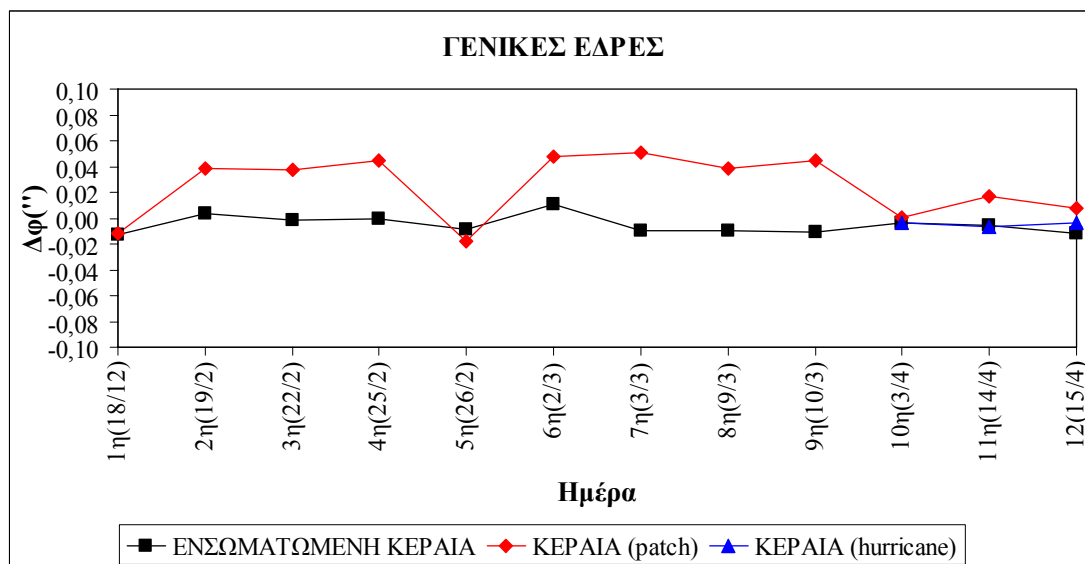
Στον πρώτο τύπο διαγραμμάτων παρουσιάζονται για κάθε τριγωνομετρικό σημείο, οι διαφορές των συντεταγμένων όπως προσδιορίζονται με τις τρεις κεραίες από τις αντίστοιχες «ορθές» ( $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$ ), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης.

Στο δεύτερο τύπο διαγραμμάτων παρουσιάζονται για κάθε κεραία οι διαφορές  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$  εκφρασμένες σε μέτρα, ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης.

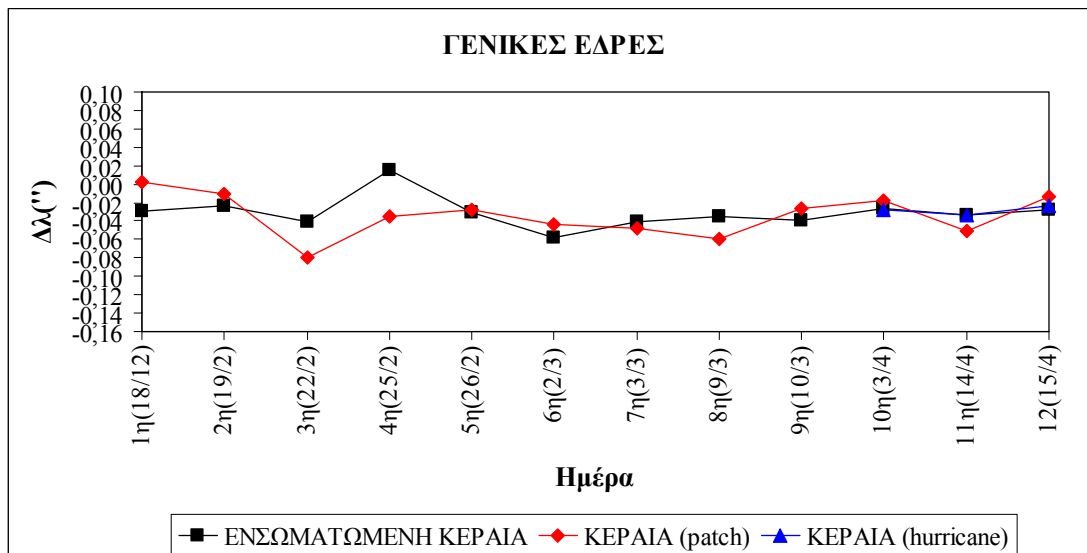
3.4.1 Τιμές των  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$  σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης και με τις τρεις κεραίες

ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΔΡΕΣ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
$\phi$		37° 58' 34.8002"	
$\lambda$		23° 47' 00.4369"	
$h$		223.607 m	
		"	m
ΕΝΣΩΜΑΝΗ ΚΕΡΑΙΑ	$\Delta\phi$	0.008	0.23
	$\Delta\lambda$	0.033	1.00
	$\Delta h$		-31.247
Patch	$\Delta\phi$	0.03	0.89
	$\Delta\lambda$	0.035	1.04
	$\Delta h$		-31.968
Hurricane	$\Delta\phi$	0.005	0.14
	$\Delta\lambda$	0.028	0.84
	$\Delta h$		-30.866

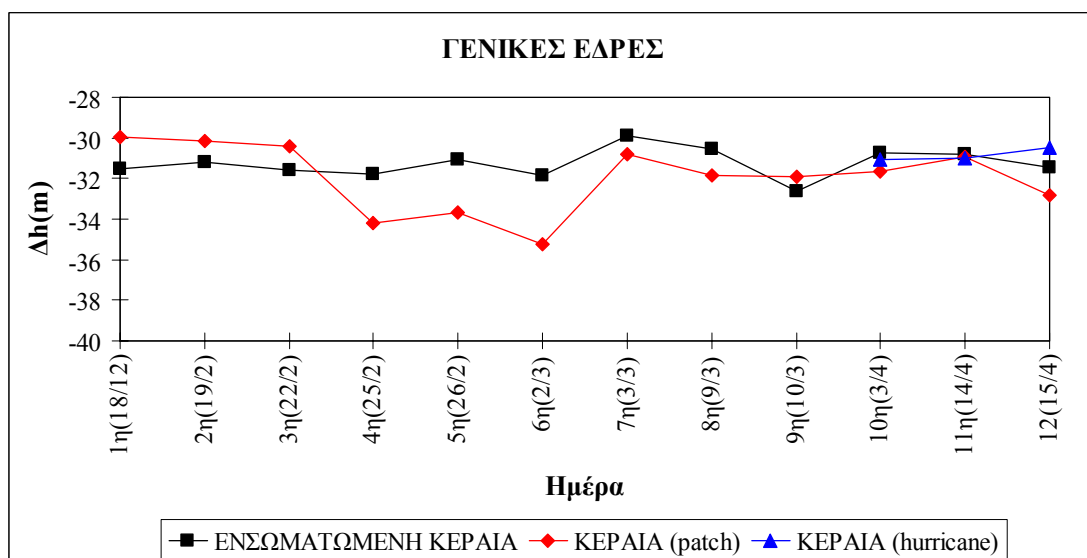
Πίνακας 3.1: Μέση τιμή των διαφορών  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$  μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Γενικές Έδρες) με το φορητό δέκτη GeoXT



Σχήμα 3.8: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Γενικές Έδρες)



Σχήμα 3.9: Διακόμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Γενικές Έδρες)



Σχήμα 3.10: Διακόμανση της τιμής  $\Delta h$ , για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Γενικές Έδρες)

Από τα σχήματα 3.8-3.10 προκύπτουν τα παρακάτω:

### Οι τιμές του $\Delta\phi$

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.013$  έως  $+0''.011$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.008$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.23\text{m}$

- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.018$  έως  $+0''.051$  εμφανίζοντας διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.03$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.89\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.007$  έως  $-0''.004$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.005$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.14\text{m}$

#### **Οι τιμές του Δλ**

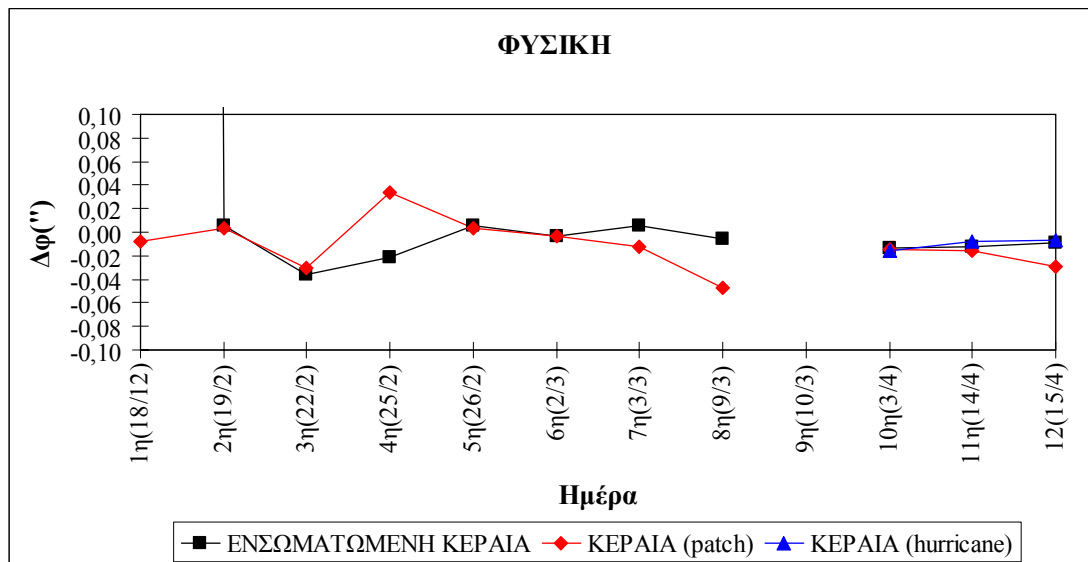
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.058$  έως  $+0''.015$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα με εξαίρεση την τιμή την τέταρτη μέρα και η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.033$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $1\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.079$  έως  $+0''.002$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.035$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.04\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.033$  έως  $-0''.023$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.028$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.84\text{m}$

#### **Οι τιμές του Δh**

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-33\text{m}$  έως  $-30\text{m}$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-31\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-35\text{m}$  έως  $-30\text{m}$  εμφανίζοντας διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-32\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-31\text{m}$  έως  $-30$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $-31\text{m}$

ΦΥΣΙΚΗ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
$\phi$	37° 58' 37.4151"		
$\lambda$	23° 46' 57.3332"		
$h$	210.746 m		
		"	m
ΕΝΣΩΜΑ/Η ΚΕΡΑΙΑ	$\Delta\phi$	0.012	0.36
	$\Delta\lambda$	0.032	0.96
	$\Delta h$		-31.530
Patch	$\Delta\phi$	0.018	0.55
	$\Delta\lambda$	0.033	0.98
	$\Delta h$		-31.980
Hurricane	$\Delta\phi$	0.010	0.31
	$\Delta\lambda$	0.033	0.99
	$\Delta h$		-31.247

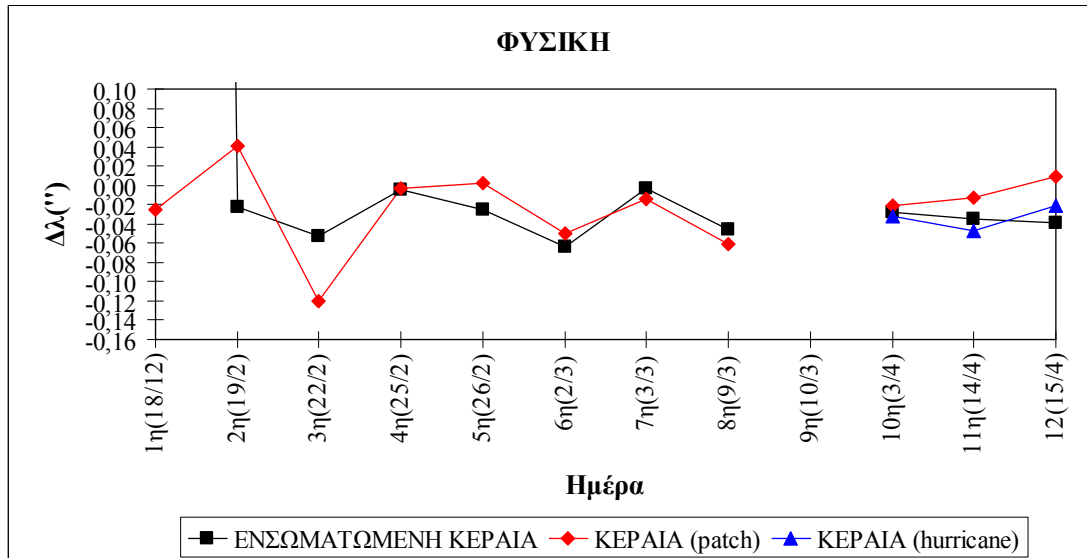
Πίνακας 3.2: Μέση τιμή των διαφορών  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$  μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Φυσική) με το φορητό δέκτη GeoXT



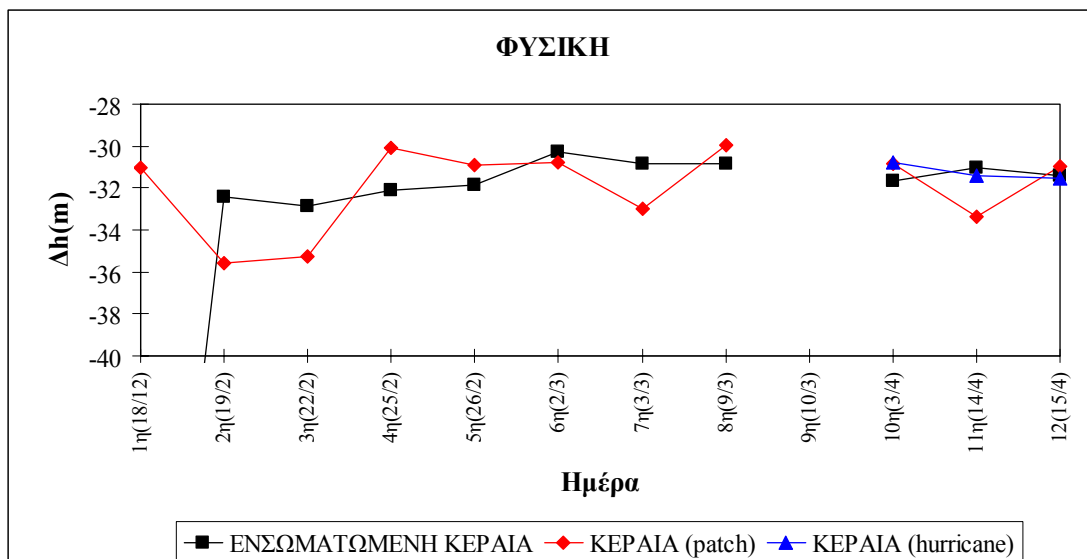
Σχήμα 3.11: Διακόμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Φυσική)

Επισημαίνεται ότι για τον υπολογισμό της ακρίβειας μέτρησης του δέκτη GeoXT κατά  $\Delta\phi$ , απορρίπτεται η μέτρηση με την ενσωματωμένη κεραία που έλαβε τόπο στις 18 Δεκεμβρίου 2009. Παρατηρούμε ότι  $\Delta\phi =$

11.4851", και συγκριτικά με τις μετέπειτα μετρήσεις, η διαφορά αυτή είναι πολύ μεγάλη και επομένως πρόκειται για χονδροειδές σφάλμα και πρέπει να απορριφθεί.



Σχήμα 3.12: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Φυσική)



Σχήμα 3.13: Διακύμανση της τιμής  $\Delta h$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Φυσική)

Από τα σχήματα 3.11-3.13 προκύπτουν τα παρακάτω:

### **Οι τιμές του Δφ**

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.036$  έως  $+0''.006$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.012$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.36\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.047$  έως  $+0''.034$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.018$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.55\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.016$  έως  $-0''.007$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.01$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.31\text{m}$

### **Οι τιμές του Δλ**

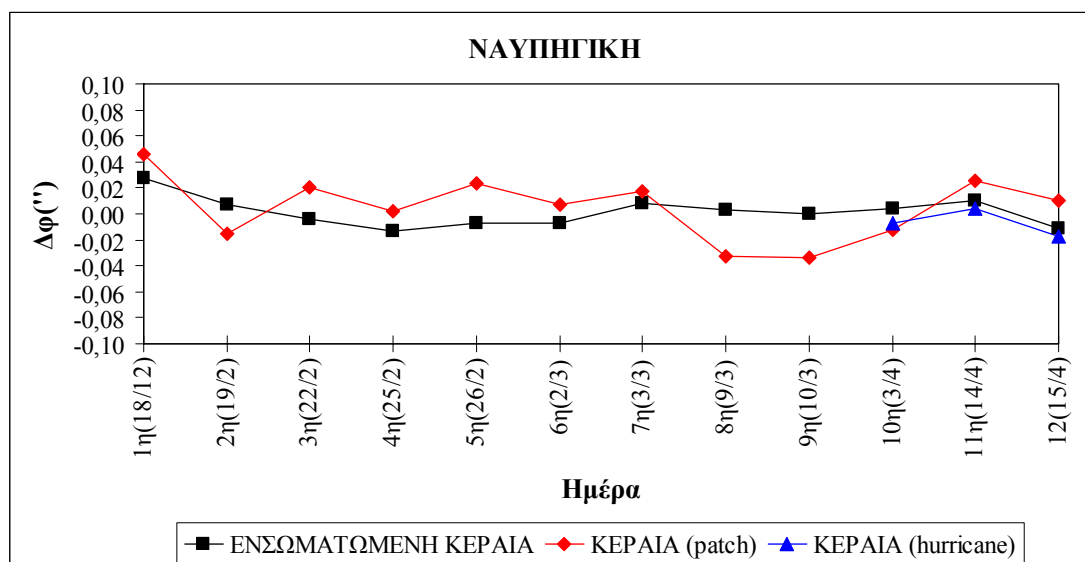
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.064$  έως  $-0''.004$  παρουσιάζοντας συνεχείς και έντονες αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.032$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $0.96\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.12$  έως  $+0''.04$  παρουσιάζοντας συνεχείς και έντονες αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.033$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.98\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.016$  έως  $-0''.021$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.033$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.99\text{m}$

### **Οι τιμές του Δh**

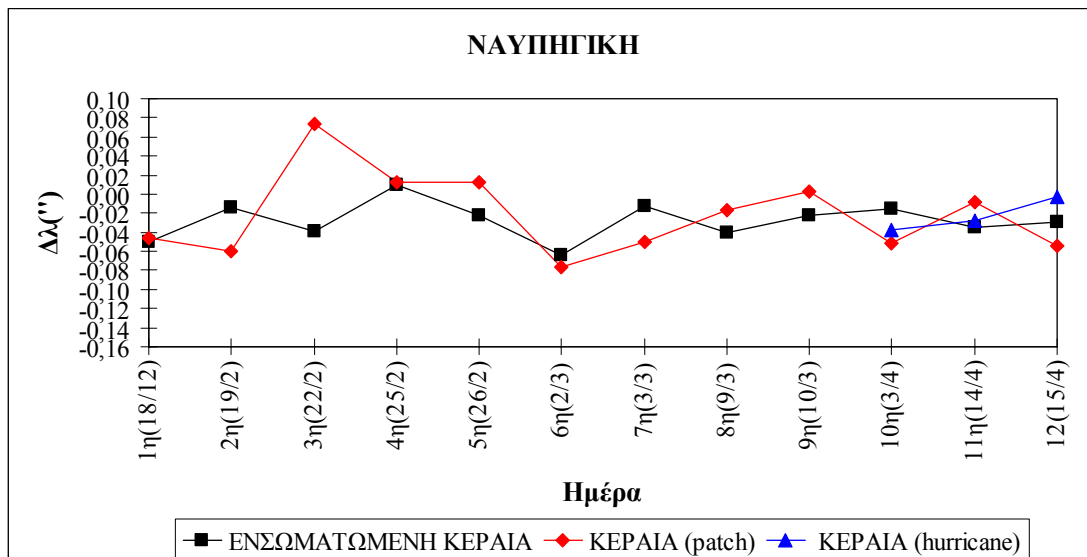
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-33\text{m}$  έως  $-30\text{m}$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-31.5\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-36\text{m}$  έως  $-30\text{m}$  εμφανίζοντας έντονες διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-32\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-32\text{m}$  έως  $-31$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $-31\text{m}$

ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
$\phi$	37° 58' 41.4695"		
$\lambda$	23° 47' 08.4550"		
$h$	-		
		"	m
ΕΝΣΩΜΑ/ΝΗ ΚΕΡΑΙΑ	$\Delta\phi$	0.009	0.27
	$\Delta\lambda$	0.030	0.89
	$\Delta h$		
Patch	$\Delta\phi$	0.021	0.62
	$\Delta\lambda$	0.039	1.16
	$\Delta h$		
Hurricane	$\Delta\phi$	0.010	0.29
	$\Delta\lambda$	0.023	0.68
	$\Delta h$		

Πίνακας 3.3: Μέση τιμή των διαφορών  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$  μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Ναυπηγική) με το φορητό δέκτη GeoXT



Σχήμα 3.14: Διακόμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Ναυπηγική)



Σχήμα 3.15: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Ναυπηγική)

Από τα σχήματα 3.14-3.15 προκύπτουν τα παρακάτω:

#### Οι τιμές $\Delta\phi$

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.014$  έως  $+0''.028$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.009$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.27\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.034$  έως  $+0''.046$  παρουσιάζοντας μικρές αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.021$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.62\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.018$  έως  $-0''.005$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.01$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.30\text{m}$ .

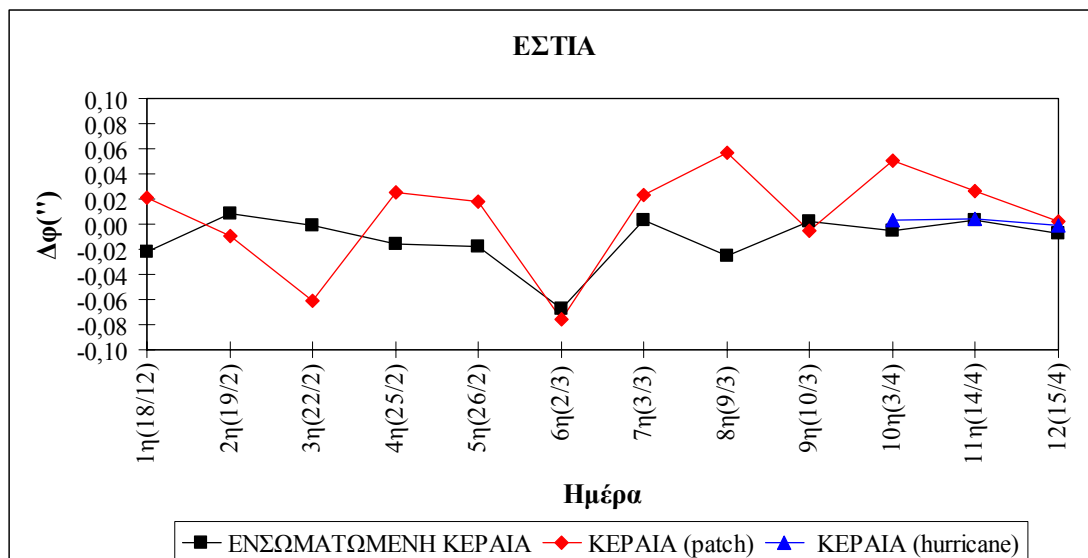
#### Οι τιμές $\Delta\phi$

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.064$  έως  $+0''.009$  παρουσιάζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.03$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $0.89\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.076$  έως  $+0''.074$  παρουσιάζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.039$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.16\text{m}$

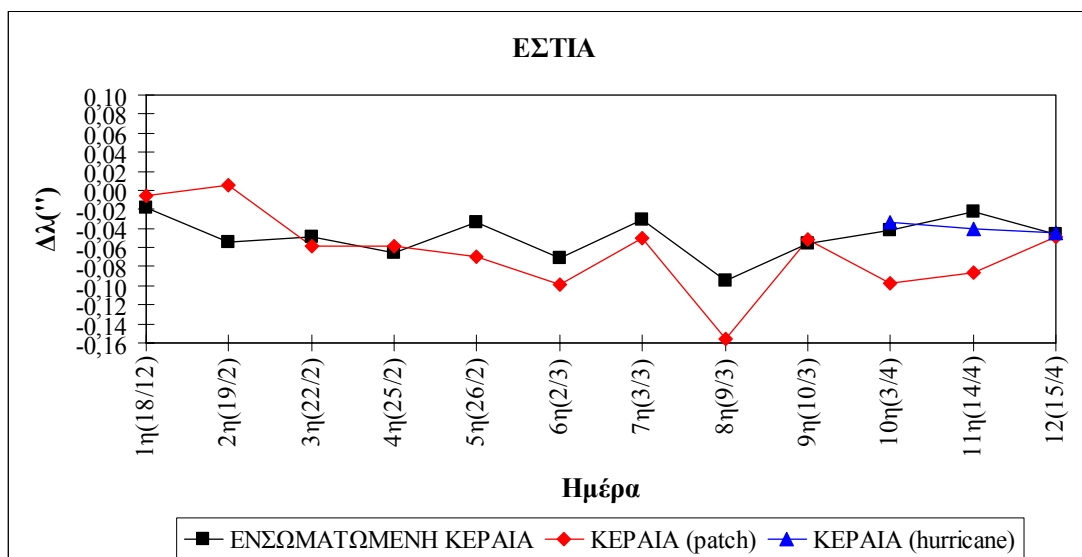
- Με την κεραία *hurricane*, κυμαίνονται από  $-0''.037$  έως  $-0''.003$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.023$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.68\text{m}$

ΕΣΤΙΑ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
$\phi$	37° 58' 25.9686"		
$\lambda$	23° 46' 51.4479"		
$h$	244.80 m		
		"	m
ΕΝΣΩΜΑΝ/Η ΚΕΡΑΙΑ	$\Delta\phi$	0.015	0.45
	$\Delta\lambda$	0.049	1.46
	$\Delta h$		-31.038
Patch	$\Delta\phi$	0.031	0.94
	$\Delta\lambda$	0.066	1.98
	$\Delta h$		-32.766
Hurricane	$\Delta\phi$	0.003	0.10
	$\Delta\lambda$	0.039	1.18
	$\Delta h$		-31.373

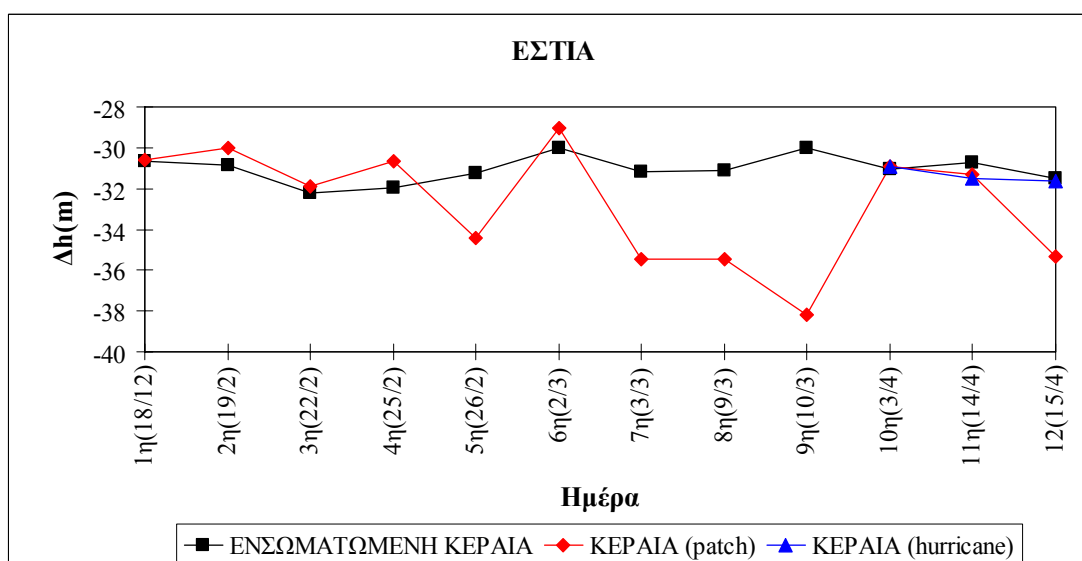
Πίνακας 3.4: Μέση τιμή των διαφορών  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$  μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Εστία) με το φορητό δέκτη GeoXT



Σχήμα 3.16: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Εστία)



Σχήμα 3.17: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Εστία)



Σχήμα 3.18: Διακύμανση της τιμής  $\Delta h$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Εστία)

Από τα σχήματα 3.16-3.18 προκύπτουν τα παρακάτω:

### Οι τιμές $\Delta\phi$

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.067$  έως  $+0''.009$  εμφανίζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.015$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.45m$

- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.075$  έως  $+0''.057$  εμφανίζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.031$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.94\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.001$  έως  $+0''.033$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.039$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.18\text{m}$

#### **Οι τιμές Δλ**

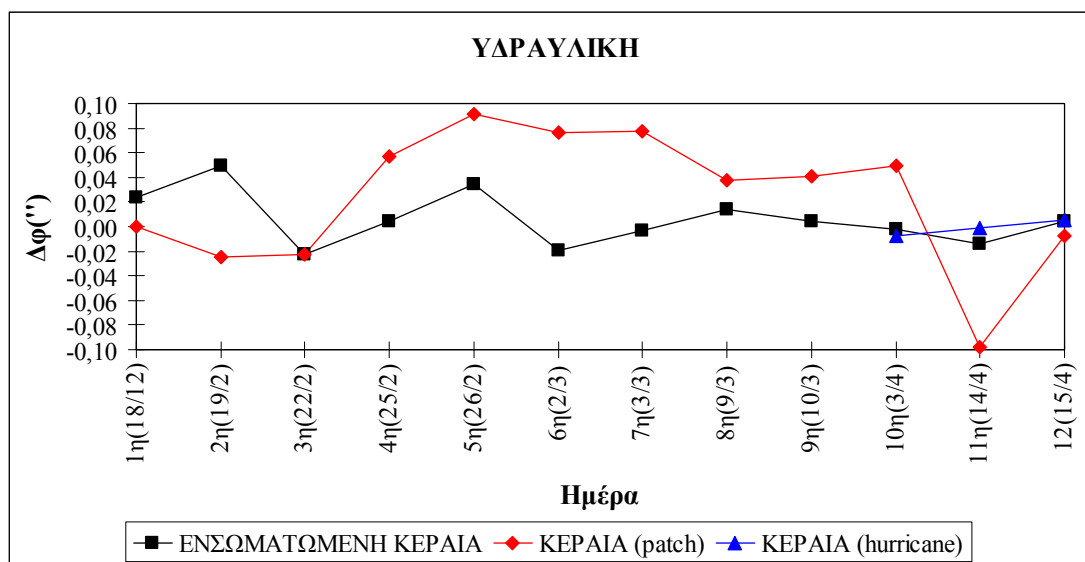
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.094$  έως  $-0''.018$  εμφανίζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.049$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $1.46\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.156$  έως  $+0''.005$  εμφανίζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.066$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.98\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, οι τιμές του Δλ κυμαίνονται από  $-0''.045$  έως  $-0''.033$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.039$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.18\text{m}$

#### **Οι τιμές Δh**

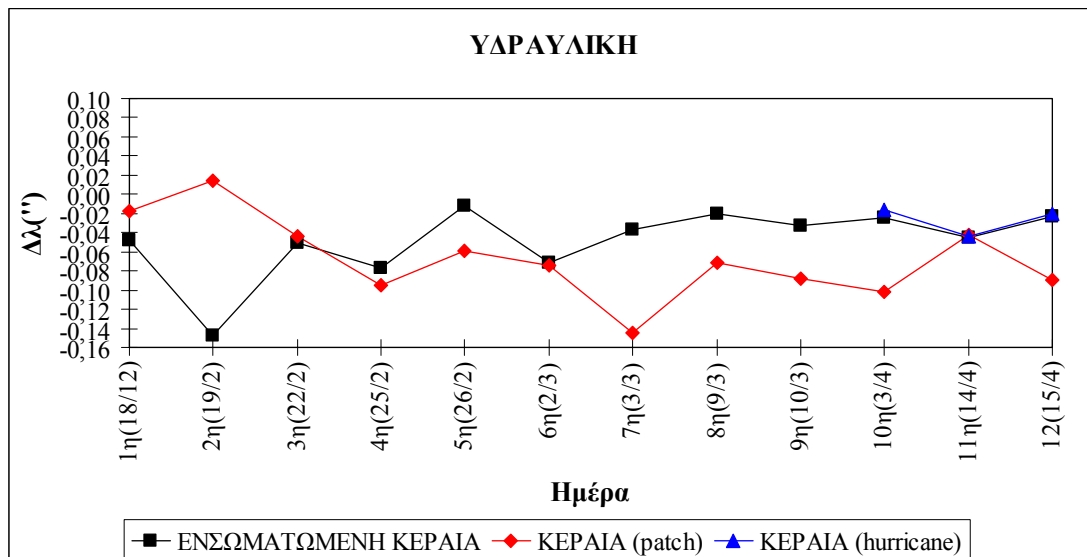
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-32\text{m}$  έως  $-30\text{m}$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-31\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-38\text{m}$  έως  $-29\text{m}$  εμφανίζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-33\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-32\text{m}$  έως  $-31$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $-31\text{m}$ .

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
$\phi$	37° 58' 41.2118"		
$\lambda$	23° 46' 31.8380"		
$h$	-		
		"	m
ΕΝΣΩΜΑ/ΝΗ ΚΕΡΑΙΑ	$\Delta\phi$	0.016	0.49
	$\Delta\lambda$	0.049	1.48
	$\Delta h$		
Patch	$\Delta\phi$	0.049	1.46
	$\Delta\lambda$	0.070	2.10
	$\Delta h$		
Hurricane	$\Delta\phi$	0.005	0.14
	$\Delta\lambda$	0.027	0,81
	$\Delta h$		

Πίνακας 3.5: Μέση τιμή των διαφορών  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$  μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Υδραυλική) με το φορητό δέκτη GeoXT



Σχήμα 3.19: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Υδραυλική)



Σχήμα 3.20: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Υδραυλική)

Από τα σχήματα 3.19-3.20 προκύπτουν τα παρακάτω:

#### Οι τιμές του $\Delta\phi$

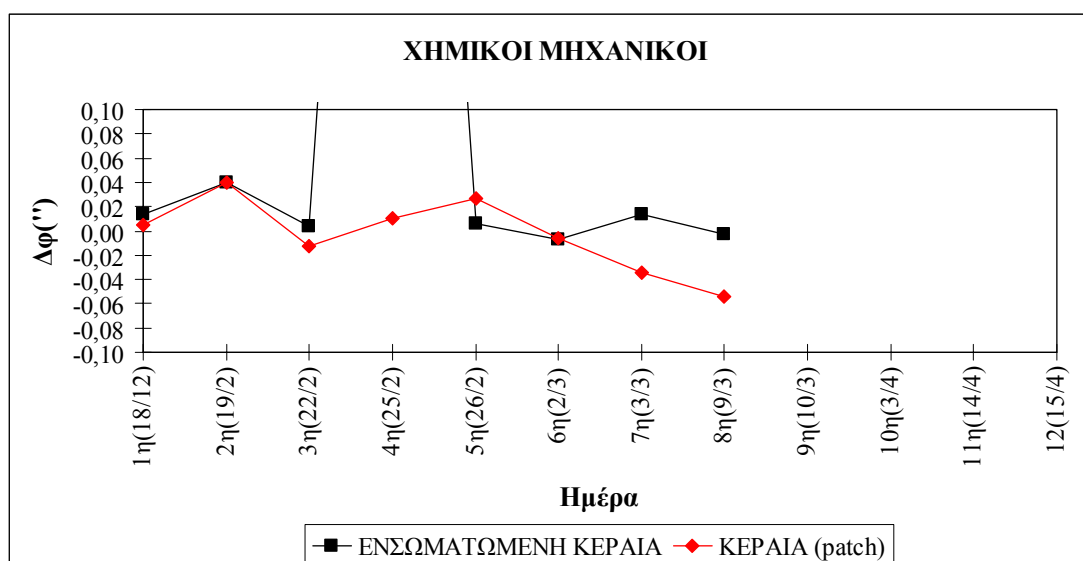
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.022$  έως  $+0''.05$  παρουσιάζοντας αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.016$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.49\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.098$  έως  $+0''.092$  παρουσιάζοντας έντονες διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.049$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.46\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.007$  έως  $+0''.006$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.027$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.81\text{m}$

#### Οι τιμές του $\Delta\lambda$

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.147$  έως  $-0''.012$  παρουσιάζοντας διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.049$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $1.48\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.145$  έως  $-0''.014$  παρουσιάζοντας συνεχείς αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.07$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $2.11\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.044$  έως  $-0''.016$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.027$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.81\text{m}$

ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
$\phi$		37° 58' 33.5704"	
$\lambda$		23° 47' 09.2394"	
$h$		229.862 m	
		"	m
ΕΝΣΩΜΑ/ΝΗ ΚΕΡΑΙΑ	$\Delta\phi$	0.012	0.37
	$\Delta\lambda$	0.04	1.20
	$\Delta h$		-30.928
Patch	$\Delta\phi$	0.023	0.70
	$\Delta\lambda$	0.049	1.46
	$\Delta h$		-29.786

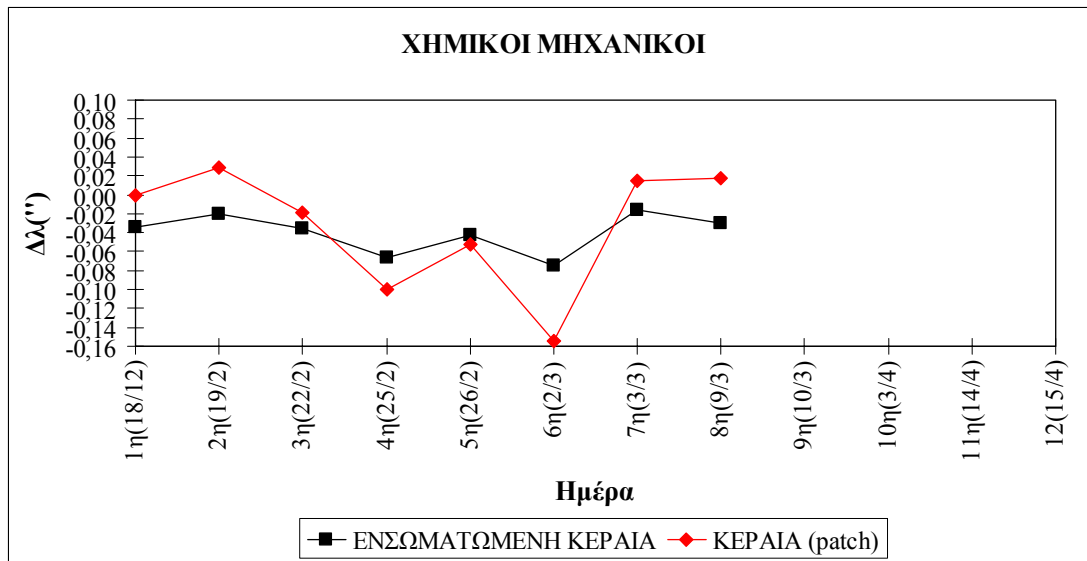
Πίνακας 3.6: Μέση τιμή των διαφορών  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$  μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Χημικοί Μηχανικοί) με το φορητό δέκτη GeoXT



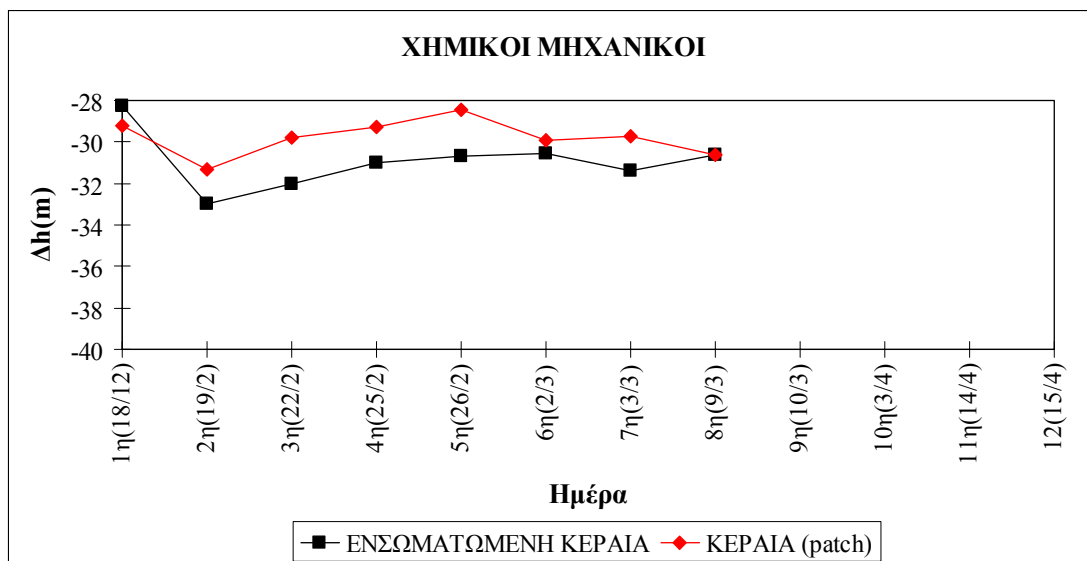
Σχήμα 3.21: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Χημικοί Μηχανικοί)

Επισημαίνεται ότι για τον υπολογισμό της ακρίβειας μέτρησης του δέκτη GeoXT κατά  $\Delta\phi$ , απορρίπτεται η μέτρηση με την ενσωματωμένη κεραία που έλαβε τόπο στις 25 Φεβρουαρίου 2010. Παρατηρούμε ότι  $\Delta\phi = 0.9924''$ , και συγκριτικά με τις μετέπειτα μετρήσεις, η διαφορά αυτή είναι

μεγάλη και επομένως πρόκειται για χονδροειδές σφάλμα και πρέπει να απορριφθεί.



Σχήμα 3.22: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Χημικοί Μηχανικοί)



Σχήμα 3.23: Διακύμανση της τιμής  $\Delta h$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Χημικοί Μηχανικοί)

Από τα σχήματα 3.21-3.23 προκύπτουν τα παρακάτω:

### Οι τιμές του Δφ

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.007$  έως  $+0''.04$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.012$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.37\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.054$  έως  $+0''.04$  παρουσιάζοντας διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.024$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.71\text{m}$

### Οι τιμές του Δλ

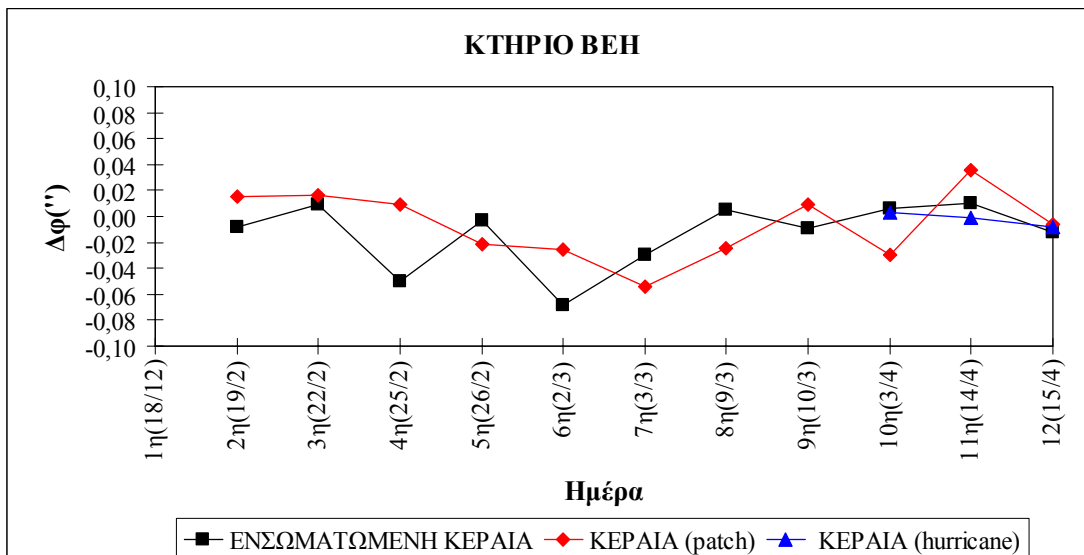
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.075$  έως  $-0''.016$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.04$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $1.2\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.155$  έως  $+0''.029$  εμφανίζοντας διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.049$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.46\text{m}$

### Οι τιμές του Δh

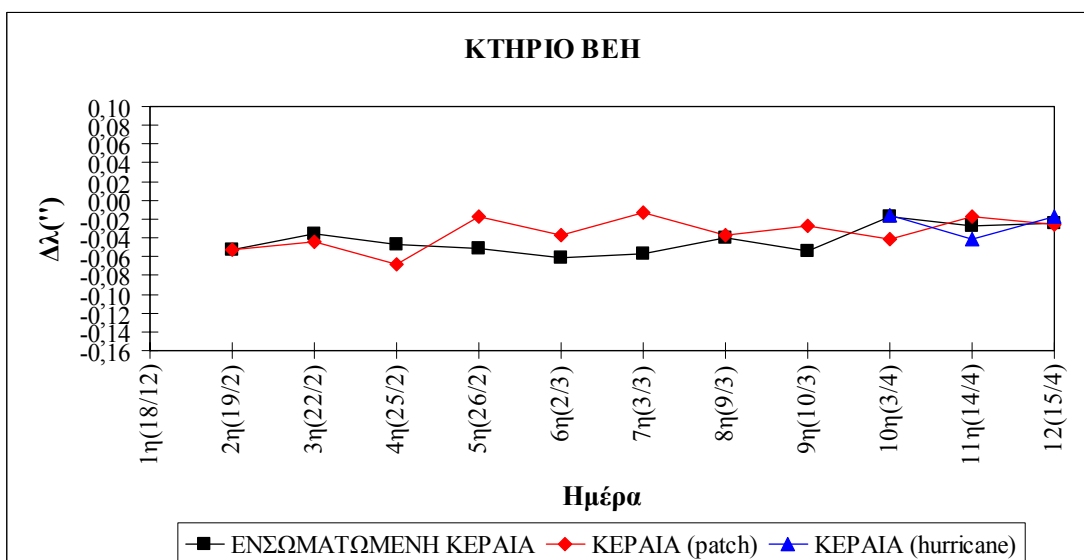
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-33\text{m}$  έως  $-28\text{m}$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-31\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-31\text{m}$  έως  $-28\text{m}$ , ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $-30\text{m}$

ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
	φ	37° 58' 32.8988"	
	λ	23° 46' 47.9174"	
	h	-	
		"	m
ΕΝΣΩΜΑ/ΝΗ ΚΕΡΑΙΑ	Δφ	0.019	0.57
	Δλ	0.042	1.27
	Δh		
Patch	Δφ	0.022	0.67
	Δλ	0.035	1.04
	Δh		
Hurricane	Δφ	0.004	0.12
	Δλ	0.024	0.73
	Δh		

Πίνακας 3.7: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Κτήριο Βέη) με το φορητό δέκτη GeoXT



Σχήμα 3.24: Διακύμανση της τιμής Δφ για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Κτήριο Βέη)



Σχήμα 3.25: Διακύμανση της τιμής Δλ για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Κτήριο Βέη)

Από τα σχήματα 3.24-3.25 προκύπτουν τα παρακάτω:

### Οι τιμές του Δφ

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.068$  έως  $+0''.01$  εμφανίζοντας συνεχείς αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.019$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.57m$

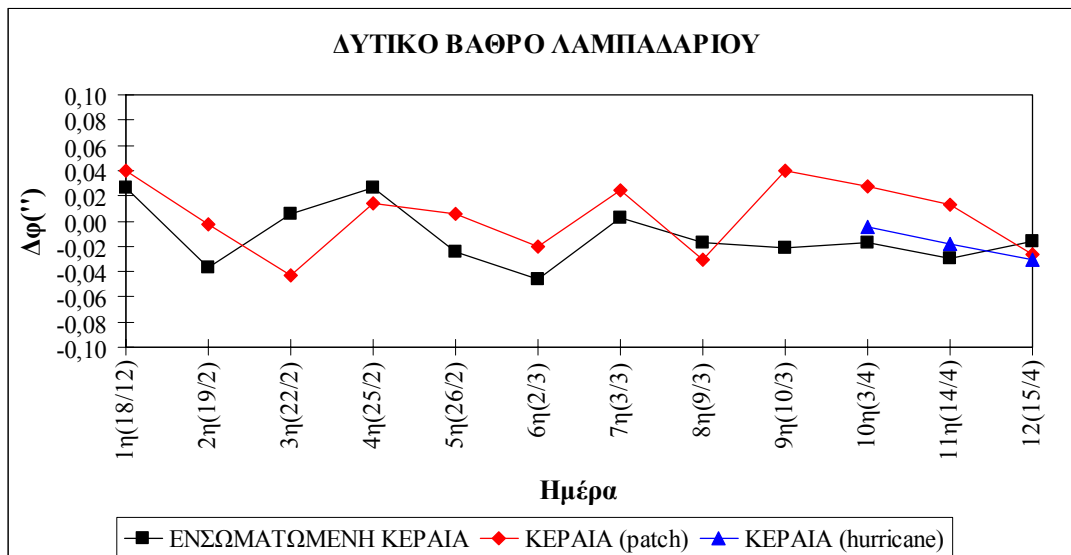
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.054$  έως  $+0''.036$  εμφανίζοντας συνεχείς διακυμάνσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.022$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.67\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.008$  έως  $+0''.003$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.004$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.12\text{m}$

### Οι τιμές του Δλ

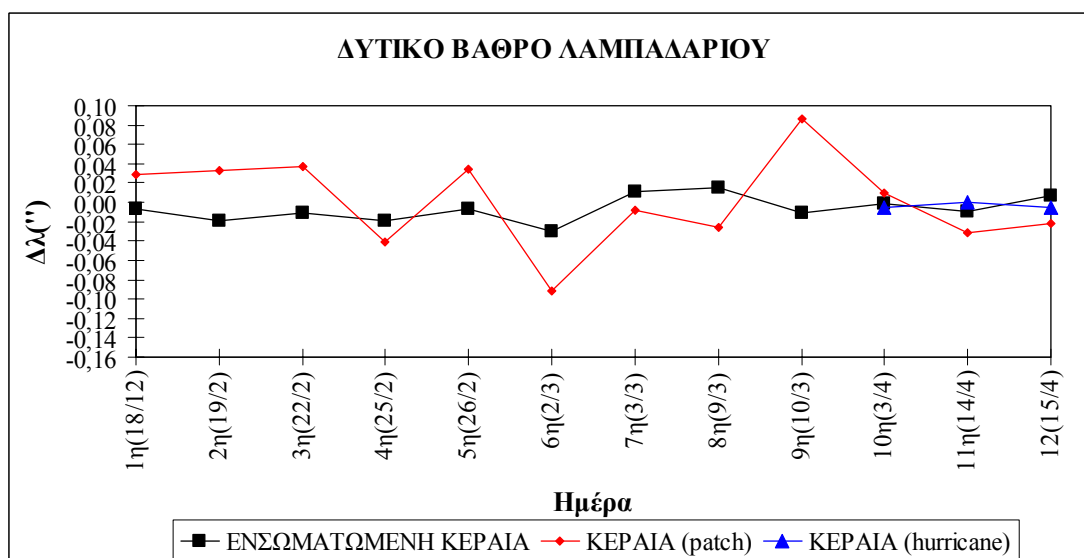
- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.061$  έως  $-0''.017$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.042$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $1.27\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.068$  έως  $-0''.013$  εμφανίζοντας συνεχείς αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.035$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.04\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.041$  έως  $-0''.016$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.024$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.73\text{m}$

ΔΥΤΙΚΟ ΒΑΘΡΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ			
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS' 84			
φ		37° 58' 30.5015"	
λ		23° 46' 48.7905"	
h		-	
		"	m
ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΚΕΡΑΙΑ	Δφ	0.023	0.68
	Δλ	0.012	0.37
	Δh		
Patch	Δφ	0.024	0.72
	Δλ	0.037	1.12
	Δh		
Hurricane	Δφ	0.018	0.53
	Δλ	0.004	0.11
	Δh		

Πίνακας 3.8: Μέση τιμή των διαφορών Δφ, Δλ μεταξύ «ορθών» και μετρημένων συντεταγμένων (Δυτικό Βάθρο Λαμπαδαρίου) με το φορητό δέκτη GeoXT



Σχήμα 3.26: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\phi$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Δυτικό Βάθρο Λαμπαδαρίου)



Σχήμα 3.27: Διακύμανση της τιμής  $\Delta\lambda$  για κάθε κεραία συναρτήσει της ημέρας παρατήρησης (Δυτικό Βάθρο Λαμπαδαρίου)

Από τα σχήματα 3.26-3.27 προκύπτουν τα παρακάτω:

### Οι τιμές του $\Delta\phi$

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.047$  έως  $+0''.027$  εμφανίζοντας συνεχείς αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.023$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.68m$

- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.044$  έως  $+0''.04$  εμφανίζοντας συνεχείς αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.024$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.72\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.031$  έως  $-0''.005$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.018$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.54\text{m}$

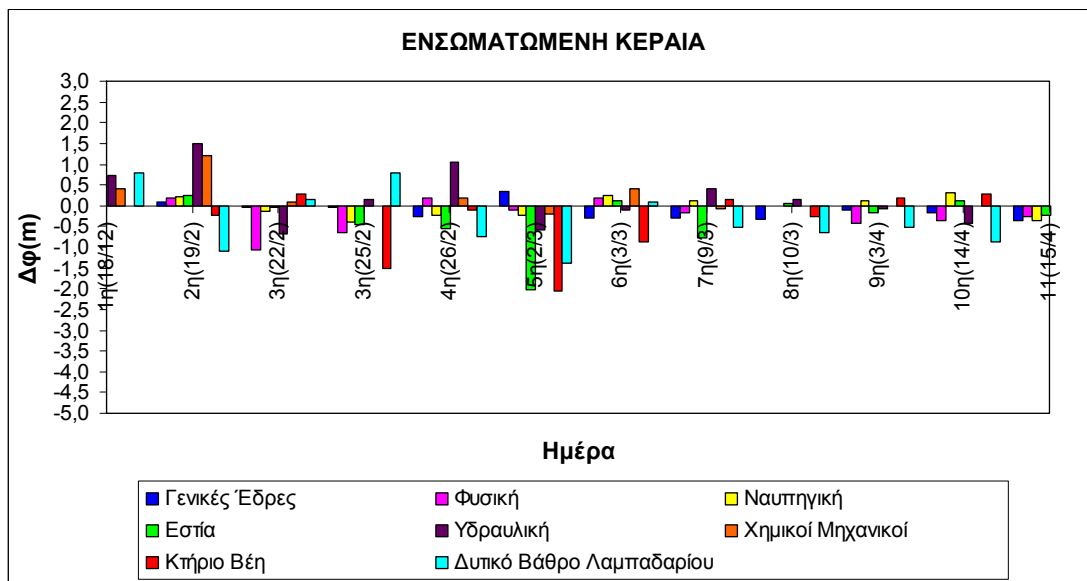
#### **Οι τιμές του Δλ**

- Με την ενσωματωμένη κεραία, κυμαίνονται από  $-0''.031$  έως  $-0''.015$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.012$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου σε  $0.37\text{m}$
- Με την κεραία patch, κυμαίνονται από  $-0''.092$  έως  $+0''.087$  εμφανίζοντας συνεχείς αυξομειώσεις, ενώ η μέση τιμή είναι της τάξης των  $0''.037$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $1.12\text{m}$
- Με την κεραία hurricane, κυμαίνονται από  $-0''.006$  έως  $-0''.006$ , ενώ εμφανίζεται μια σταθερότητα κοντά στην τιμή  $0''.004$ , που μεταφράζεται σε γραμμικό μέγεθος περίπου  $0.12\text{m}$

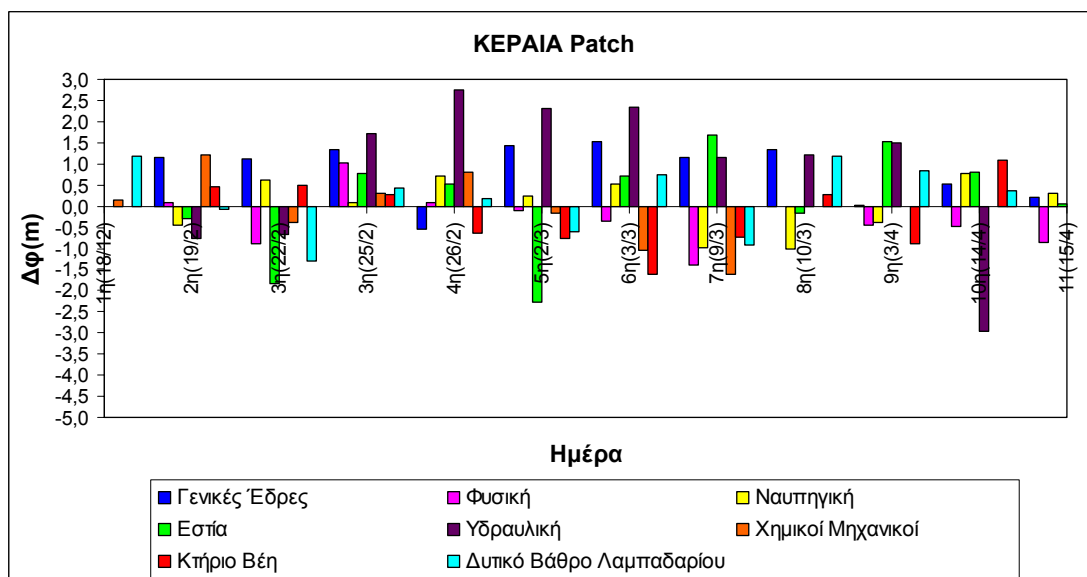
### **3.4.2 Οι τιμές των Δφ, Δλ, Δh ως συνάρτηση της κεραίας**

Γενικότερα οι διαφορές Δφ των τιμών που παρέχει ο φορητός δέκτης GeoXT και με τις τρεις κεραίες από τις αντίστοιχες "ορθές" μεταφραζόμενες σε μήκος βρίσκονται στο διάστημα από  $-3\text{m}$  έως  $+3\text{m}$  (σχήματα 3.28-3.30).

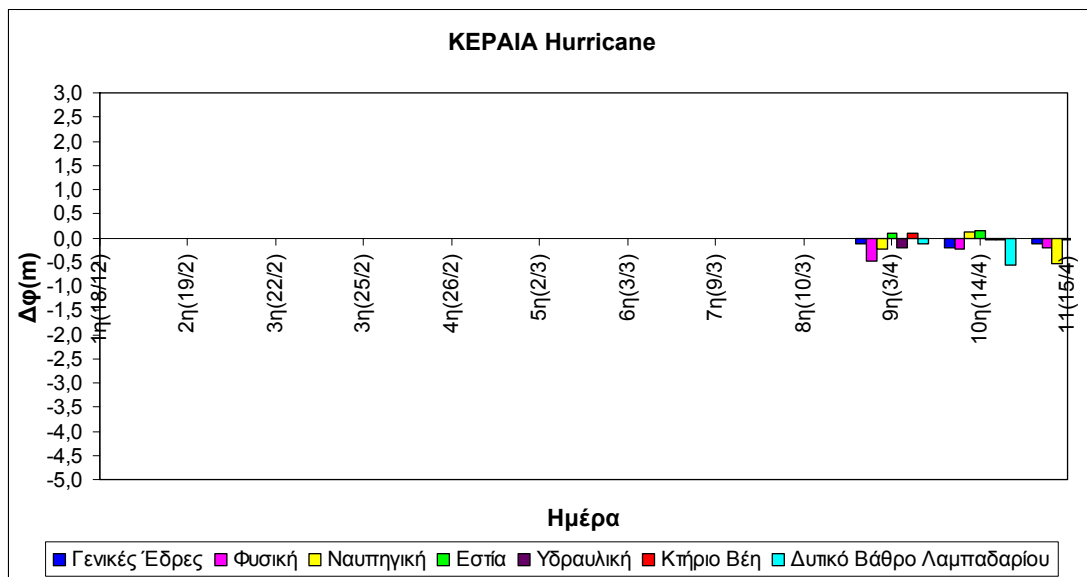
Οι διαφορές Δλ των τιμών που παρέχει ο φορητός δέκτης GeoXT και με τις τρεις κεραίες από τις αντίστοιχες "ορθές" μεταφραζόμενες σε μήκος βρίσκονται στο διάστημα από  $-5\text{m}$  έως  $+3\text{m}$  (σχήματα 3.31-3.33).



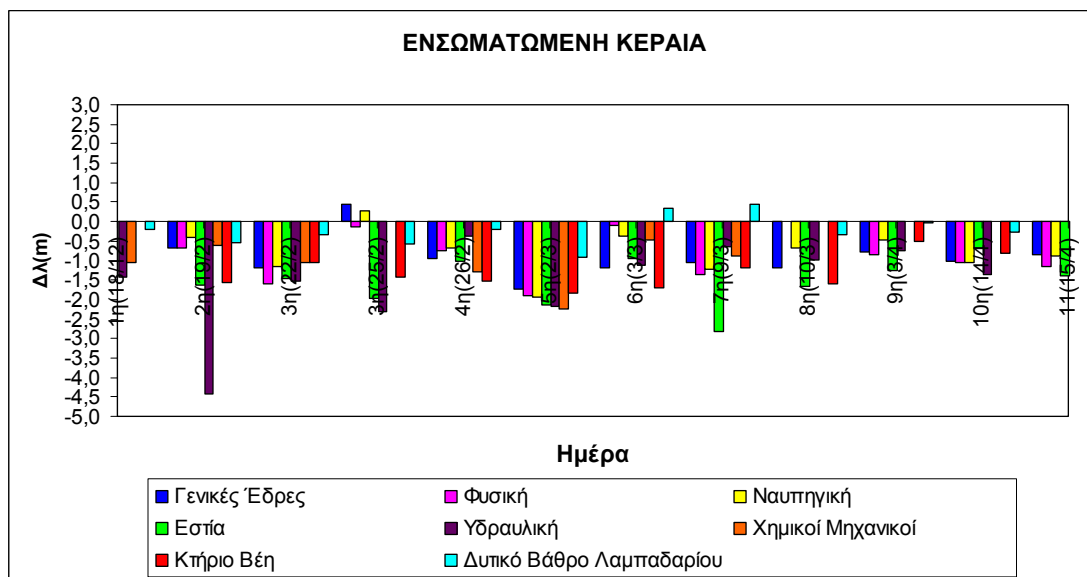
Σχήμα 3.28: Διακύμανση του  $\Delta\phi$  σε m (με ενσωματωμένη κεραία), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης



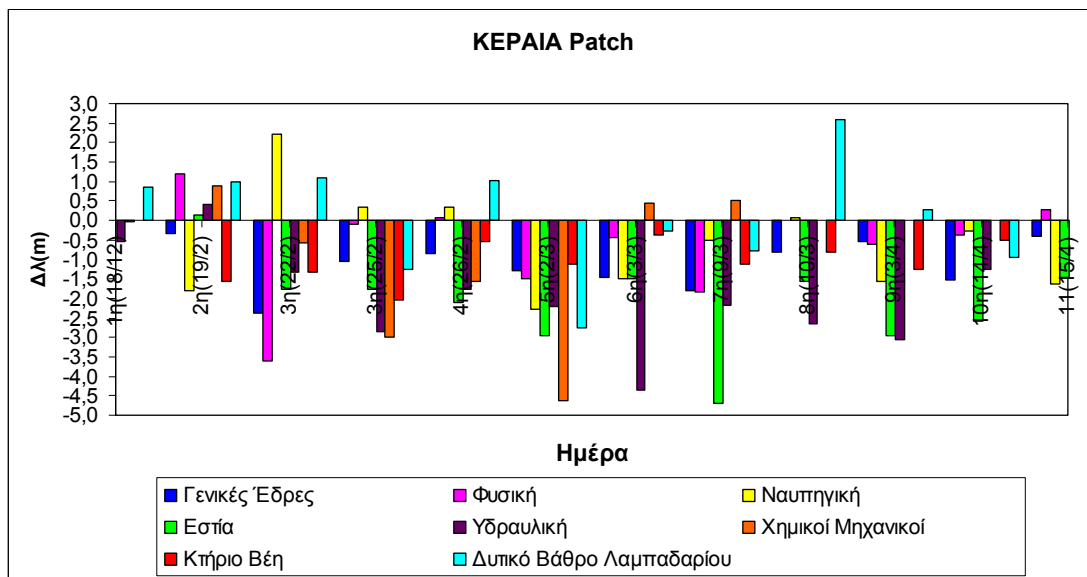
Σχήμα 3.29: Διακύμανση του  $\Delta\phi$  σε m (με κεραία patch), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης



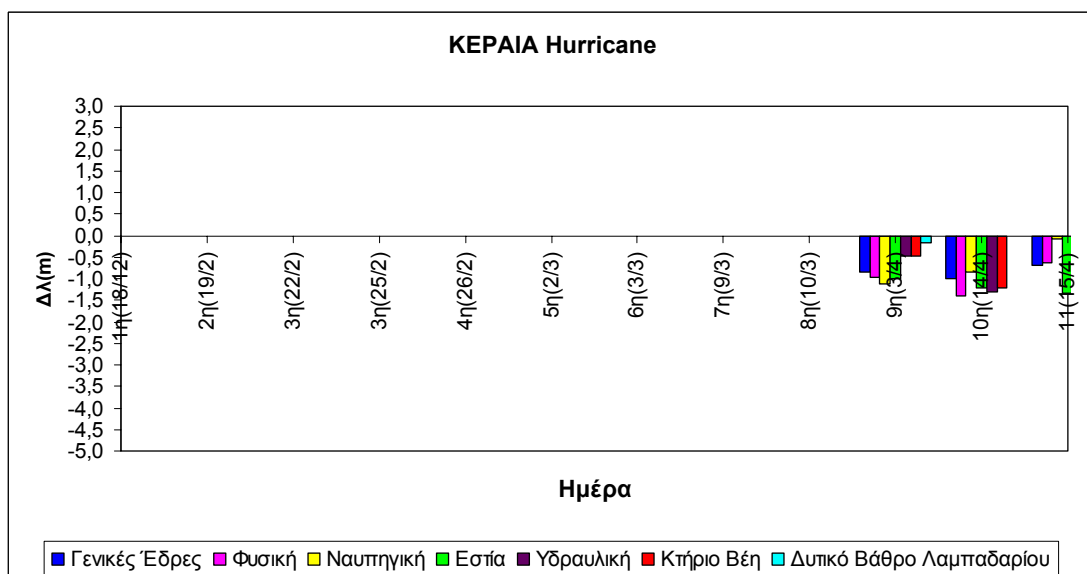
Σχήμα 3.30: Διακύμανση του  $\Delta\phi$  σε m (με κεραία hurricane), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης



Σχήμα 3.31: Διακύμανση του  $\Delta\lambda$  σε m (με ενσωματωμένη κεραία), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης



Σχήμα 3.32: Διακόμανση του  $\Delta l$  σε m (με κεραία patch), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης



Σχήμα 3.33: Διακόμανση του  $\Delta l$  σε m (με κεραία hurricane), ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης

### 3.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της έρευνας από την εταιρεία Trimble, σε αυτό το στάδιο εξετάζεται αν οι διαφορές στις τιμές των  $\phi$ ,  $\lambda$  από τις «ορθές», βρίσκονται εντός των ορίων της αβεβαιότητας που παρέχει ο δέκτης GeoXT με τις κεραίες από την κατασκευή τους και οι οποίες παρουσιάστηκαν παραπάνω. Ελέγχθηκαν δηλαδή αν οι μεταβολές των συντεταγμένων από τις «ορθές» ( $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ), οφείλονται σε σφάλματα μετρήσεων για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ( $z_{95\%} = 1.96$ ). Για κάθε τριγωνομετρικό σημείο συγκρίνονται οι διαφορές  $\Delta\phi$  και  $\Delta\lambda$  με το τυπικό σφάλμα της οριζόντιας απόστασης μεταξύ του σημείου από την «ορθή» τιμή του ( $HRMS = \sigma_s$ ) πολλαπλασιασμένο με  $z_{95\%}$  και εξετάζεται αν ισχύουν,

$$-\sigma_s \cdot z_{95\%} \leq \Delta\phi \leq \sigma_s \cdot z_{95\%} \quad (3.10)$$

$$-\sigma_s \cdot z_{95\%} \leq \Delta\lambda \leq \sigma_s \cdot z_{95\%} \quad (3.11)$$

οπότε οι διαφορές δεν οφείλονται σε επιπλέον σφάλματα αλλά μέσα στο "θόρυβο - σφάλμα" των μετρήσεων.

Πιο αναλυτικά για όλους του συνδυασμούς δέκτη – κεραίας εξετάζονται αν οι διαφορές  $\Delta\phi$  και  $\Delta\lambda$  ανήκουν στα παρακάτω διαστήματα του πίνακα 3.9.

<b>Κεραία Hurricane</b>
$-0.46 \cdot z_{95\%} \leq \Delta\phi(\Delta\lambda) \leq 0.46 \cdot z_{95\%}$ $-0.9 \leq \Delta\phi(\Delta\lambda) \leq 0.9 \text{ (m)}$
<b>Κεραία Ενσωματωμένη</b>
$-0.51 \cdot z_{95\%} \leq \Delta\phi(\Delta\lambda) \leq 0.51 \cdot z_{95\%}$ $-1.0 \leq \Delta\phi(\Delta\lambda) \leq 1.0 \text{ (m)}$
<b>Κεραία Patch</b>
$-0.78 \cdot z_{95\%} \leq \Delta\phi(\Delta\lambda) \leq 0.78 \cdot z_{95\%}$ $-1.53 \leq \Delta\phi(\Delta\lambda) \leq 1.53 \text{ (m)}$

Πίνακας 3.9: Αβεβαιότητες θέσης σύμφωνα με τον κατασκευαστή για τις τρεις κεραίες για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Κεραία Hurricane: Το 76% του συνολικού αριθμού των διαφορών ( $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ) ανήκουν στο διάστημα της αβεβαιότητας  $[-0.9, 0.9]$  του δέκτη.

Ειδικότερα στο διάστημα ανήκει το 95% των διαφορών  $\Delta\varphi$  και το 57% των διαφορών  $\Delta\lambda$ .

Ενσωματωμένη κεραία: Το 70% του συνολικού αριθμού των διαφορών ( $\Delta\varphi$ ,  $\Delta\lambda$ ) ανήκουν στο διάστημα της αβεβαιότητας  $[-0.1, 0.1]$  του δέκτη. Ειδικότερα στο διάστημα ανήκει το 90% των διαφορών  $\Delta\varphi$  και το 50% των διαφορών  $\Delta\lambda$ .

Κεραία patch: Το 76% του συνολικού αριθμού των διαφορών ( $\Delta\varphi$ ,  $\Delta\lambda$ ) ανήκουν στο διάστημα της αβεβαιότητας  $[-1.53, 1.5]$  του δέκτη. Ειδικότερα στο διάστημα ανήκει το 89% των διαφορών  $\Delta\varphi$  και το 63% των διαφορών  $\Delta\lambda$ .

### 3.6 Αξιολόγηση ελέγχου

Από τον έλεγχο και την επεξεργασία που προηγήθηκε προκύπτουν τα παρακάτω:

- ✓ Η χρησιμοποίηση του φορητού δέκτη GeoXT στον προσδιορισμό θέσης, παρουσιάζει μεγάλο εύρος αβεβαιότητας, που όπως έχει διαπιστωθεί και σε έρευνες διεθνώς έχει και ποικιλία τιμών.
- ✓ Μετρώντας και με τις τρεις κεραίες του δέκτη GeoXT (ενσωματωμένη κεραία, κεραία patch, κεραία hurricane), οι διαφορές των τιμών  $\varphi$ ,  $\lambda$  από τις «ορθές», δεν βρίσκονται όλες εντός των αντίστοιχων ορίων της ακρίβειας που φέρει από την κατασκευή του ο δέκτης GeoXT.

Ειδικότερα τα ποσοστά των διαφορών  $\Delta\varphi$ ,  $\Delta\lambda$  που βρίσκονται εντός της αβεβαιότητας των μετρήσεων του δέκτη για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι:

- 76% με την κεραία hurricane
  - 70% με την ενσωματωμένη κεραία
  - 76% με την κεραία patch
- ✓ Επειδή οι διακυμάνσεις στις διαφορές  $\Delta\varphi$ ,  $\Delta\lambda$  εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν. Ο προσδιορισμός μιας μέσης τιμής των  $\Delta\varphi$ ,  $\Delta\lambda$  μπορεί να διορθώσει κατά ένα μέρος τις παρεχόμενες τιμές των  $\varphi$ ,  $\lambda$  και να ελαχιστοποιήσει την αβεβαιότητα προσδιορισμού, όχι όμως να την εξαλείψει. Ο προσδιορισμός αυτός απαιτεί μεγαλύτερο πλήθος παρατηρήσεων.

- ✓ Σε όλα τα τριγωνομετρικά σημεία εκτός της Ναυπηγικής και των Χημικών Μηχανικών (όπου δεν ήταν δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων με την κεραία hurricane), οι διαφορές Δφ και Δλ των γεωγραφικών συντεταγμένων που προσδιορίζονται με το φορητό δέκτη GeoXT χρησιμοποιώντας την κεραία hurricane από τις αντίστοιχες «ορθές», είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες που δίνει ο δέκτης με την ενσωματωμένη κεραία ή με την κεραία patch.
- ✓ Από τα διαγράμματα μεταβολής των Δφ και Δλ, η μετρητική συμπεριφορά του φορητού δέκτη χρησιμοποιώντας την κεραία hurricane, διαπιστώνεται ομοιόμορφη τόσο στον προσδιορισμό του πλάτους φ όσο και στον προσδιορισμό του μήκους λ.
- ✓ **Η τυπική απόκλιση** (αποτελεί μέτρο της διασποράς των τιμών σε σχέση με τη μέση τιμή) που ταυτόχρονα αποτελεί και την αβεβαιότητα προσδιορισμού των μετρημένων σημείων από το δέκτη GeoXT χρησιμοποιώντας και τις τρεις κεραίες, είναι:

Για τις τιμές Δφ

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{Ενσωματωμένη}} &= \pm 0.59m \\ \sigma_{\text{Patch}} &= \pm 1.05m \\ \sigma_{\text{Hurricane}} &= \pm 0.28m \end{aligned}$$

Για τις τιμές Δλ

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{Ενσωματωμένη}} &= \pm 0.90m \\ \sigma_{\text{Patch}} &= \pm 1.36m \\ \sigma_{\text{Hurricane}} &= \pm 0.43m \end{aligned}$$

Για τις τιμές Δh

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{Ενσωματωμένη}} &= \pm 0.88m \\ \sigma_{\text{Patch}} &= \pm 2.24m \\ \sigma_{\text{Hurricane}} &= \pm 0.39m \end{aligned}$$

**Το εύρος** (μέγιστη και ελάχιστη τιμή των τιμών) για τις τρεις κεραίες είναι:

Για τις τιμές Δφ:

- Ενσωματωμένη κεραία: (-2.04)m – (+1.50)m
- Κεραία patch: (-2.95)m – (+2.75)m
- Κεραία hurricane: (-0.92)m – (+0.17)m

Για τις τιμές  $\Delta\lambda$ :

- Ενσωματωμένη κεραία:  $(-4.41)\text{m} - (+0.45)\text{m}$
- Κεραία patch:  $(-4.68)\text{m} - (+2.60)\text{m}$
- Κεραία hurricane:  $(-1.40)\text{m} - (+0.02)\text{m}$

Για τις τιμές  $\Delta h$ :

- Ενσωματωμένη κεραία:  $(-32.97)\text{m} - (-28.24)\text{m}$
- Κεραία patch:  $(-38.16)\text{m} - (-28.43)\text{m}$
- Κεραία hurricane:  $(-31.66)\text{m} - (-30.50)\text{m}$

Από τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης και του εύρους των τιμών  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$ ,  $\Delta h$  διαπιστώνεται ότι με την κεραία hurricane, οι θέσεις προσδιορίζονται με μικρότερη αβεβαιότητα σε αντίθεση με την κεραία patch ή την ενσωματωμένη κεραία.

Επιπρόσθετα διαπιστώνεται ότι η αμέσως καλύτερη λύση μετά την κεραία hurricane είναι η πραγματοποίηση μετρήσεων με την ενσωματωμένη κεραία και στο τέλος με την κεραία patch.

- ✓ Ανεξάρτητα του τρόπου μέτρησης, η αβεβαιότητα προσδιορισμού του μήκους  $\lambda$  είναι σχεδόν διπλάσια της αβεβαιότητας του πλάτους  $\phi$ .
- ✓ Όσον αφορά στην τρίτη διάσταση (προσδιορισμός υψομέτρου), η ακρίβεια που επιτυγχάνεται τόσο με τους δέκτες GPS όσο και με τον συγκεκριμένο φορητό δέκτη GeoXT είναι χειρότερη και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι: για τις οριζόντιες συντεταγμένες απαιτούνται τρεις δορυφόροι ενώ για τρισδιάστατους προσδιορισμούς απαιτούνται τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι. Γενικά αναμένεται ότι οι προσδιορισμοί υψομέτρων θα έχουν τουλάχιστον 50% μεγαλύτερη αβεβαιότητα από τους αντίστοιχους προσδιορισμούς του πλάτους και μήκους.

Ειδικότερα από τη επεξεργασία των μετρήσεων που προηγήθηκε και από τα διαγράμματα της μεταβολής του  $\Delta h$ , προκύπτει ότι η μετρητική συμπεριφορά του φορητού δέκτη με την κεραία hurricane παρουσιάζεται ομοιόμορφη στον προσδιορισμό του υψομέτρου σε σχέση με τις άλλες κεραίες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΔΕΚΤΗ GeoXT

#### 4.1 Αποτύπωση στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών (ΣΠΜ)

Στον εξωτερικό χώρο της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών έχει προηγηθεί αποτύπωση με ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς. Το αποτέλεσμα της αποτύπωσης αυτής έχει αποδοθεί και διατίθεται σε ψηφιακή μορφή.

Στόχος του σταδίου αυτού είναι να μετρηθούν με το δέκτη GeoXT κοινά σημεία με αυτά της αποτύπωσης που έχει προηγηθεί. Με αυτόν τον τρόπο εξετάζεται:

- πόσο διαφέρουν οι συντεταγμένες των σημείων που προσδιορίστηκαν με το δέκτη GeoXT σε σχέση με αυτές που προέκυψαν χρησιμοποιώντας ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς.
- αν διατηρείται το γεωμετρικό σχήμα των μετρούμενων στοιχείων (π.χ το ορθογώνιο σχήμα ενός φρεατίου)

Για τις μετρήσεις στο χώρο της ΣΠΜ χρησιμοποιήθηκε η κεραία hurricane που τοποθετήθηκε σε στυλαίο 2 μέτρων και συνδέθηκε μέσω καλωδίου στο φορητό δέκτη GeoXT.

Τονίζεται ότι ο δέκτης GeoXT επιτρέπει τον προσδιορισμό θέσης όχι μόνο στο Παγκόσμιο Σύστημα Αναφοράς WGS'84 αλλά και στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ΕΓΣΑ'87.

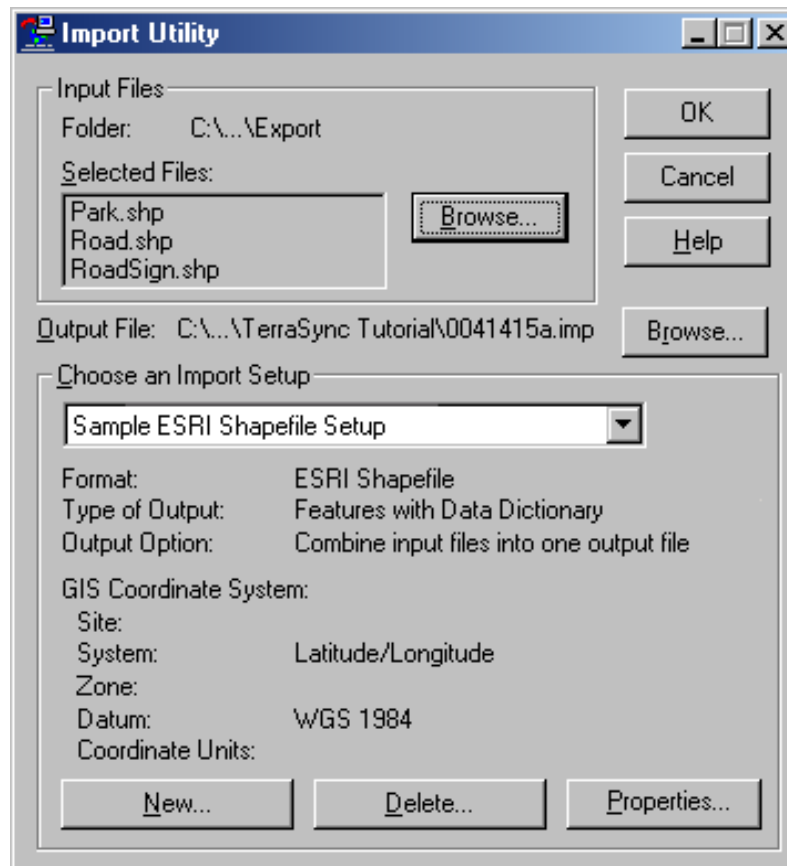
Δεδομένου λοιπόν ότι τα σημεία του υπάρχοντος διαγράμματος αναφέρονται στο ΕΓΣΑ'87, επιλέγεται η μέτρηση των σημείων με το φορητό δέκτη GeoXT να υλοποιηθεί στο ίδιο σύστημα.

Τέλος, επισημαίνεται ότι οι μετρήσεις των σημείων έγιναν με **κώδικα** και όχι με φάση.

Η διαδικασία που ακολουθείται περιγράφεται παρακάτω:

1. Μετατροπή υπάρχοντος ψηφιακού αρχείου σε αρχείο συμβατό με το φορητό δέκτη GeoXT: η μετατροπή υλοποιείται από το

λογισμικό γραφείου GPS Pathfinder και συγκεκριμένα από το παράθυρο διαλόγου Import Utility (σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Παράθυρο μετατροπής ψηφιακού σχεδίου

Καταρχήν ο δέκτης GeoXT χρησιμοποιώντας το λογισμικό TerraSync παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας και λήψης αρχείων από εξωτερική συσκευή (ηλεκτρονικός υπολογιστής). Αυτά τα αρχεία είναι τύπου .ssf.

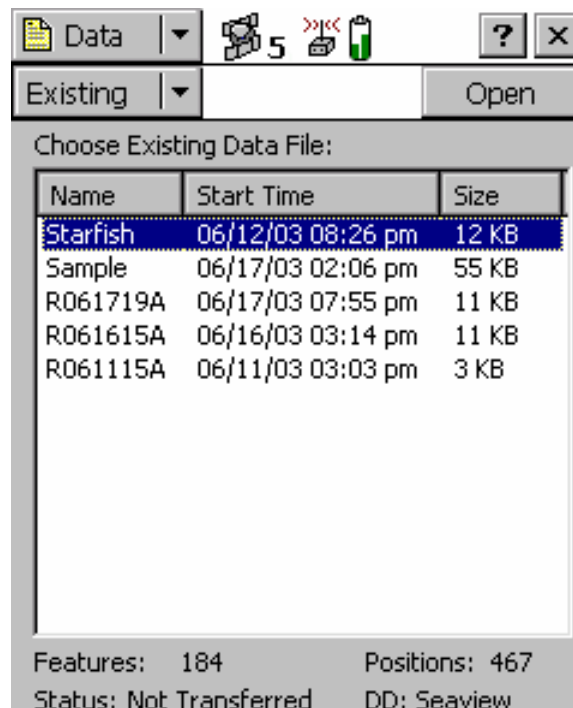
Διευκρινίζεται ότι το αρχείο που μετατρέπεται από τη λειτουργία Import Utility και μεταφέρεται κατόπιν στη συσκευή GeoXT είναι τύπου .imp αντί για .ssf. Αρχεία τύπου .imp ανήκουν στα αρχεία .ssf, αλλά για να διαχωρίζονται από τα νέα αρχεία που δημιουργεί ο φορητός δέκτης GeoXT (.ssf) και να μη συγχέονται με αυτά που εισάγονται από τον Η/Υ, γίνεται αυτή η διάκριση.

Έτσι λοιπόν μέσω της λειτουργίας Import Utility επιτυγχάνεται η μετατροπή ενός αρχείου autocad ή shape, τύπου .dwg ή .shp σε .imp.

Επιπλέον σε αυτό το στάδιο πρέπει να ελέγχεται πάντα το σύστημα αναφοράς που επιλέγεται. Η επιλογή του εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς του αρχείου που δημιουργείται ή εισάγεται.

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, το ψηφιακό τοπογραφικό διάγραμμα που αποτυπώνει την ευρύτερη περιοχή της Σχολής των Πολιτικών Μηχανικών έχει σχεδιαστεί στο πρόγραμμα autoCad. Επομένως το ψηφιακό αρχείο είναι τύπου .dwg και το σύστημα αναφοράς του είναι σε ΕΓΣΑ'87.

2. Εισαγωγή του ψηφιακού αρχείου τύπου .impr στο δέκτη GeoXT μέσω της λειτουργίας Data Transfer. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή και έχει περιγραφεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.
3. Στον τομέα Data του λογισμικού TerraSync και συγκεκριμένα στο πεδίο Existing, είναι δυνατή η προβολή τόσο των αρχείων που περιέχονται στο δέκτη GeoXT όσο και των χαρακτηριστικών στοιχείων τους.

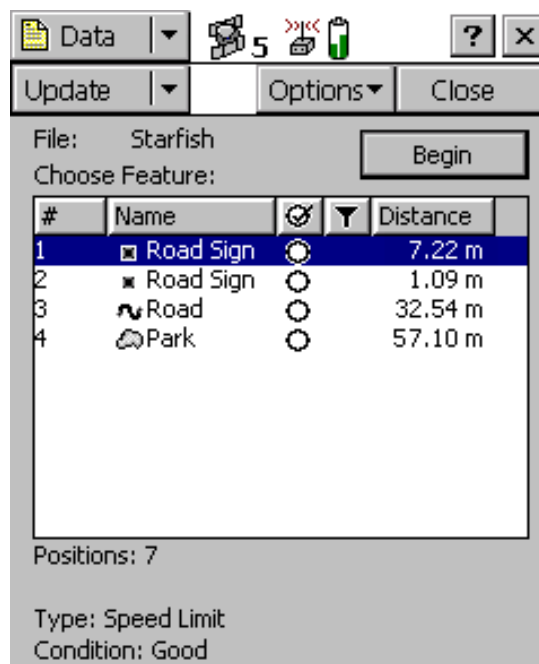


Σχήμα 4.2: Τομέας προβολής αρχείων (Data)

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία για κάθε αρχείο που παρουσιάζονται στο σχήμα 4.2 είναι:

- Όνομα: το όνομα του αρχείου
- Χρόνος: η ημέρα και η ώρα δημιουργίας ή τελευταίας ενημέρωσης του αρχείου

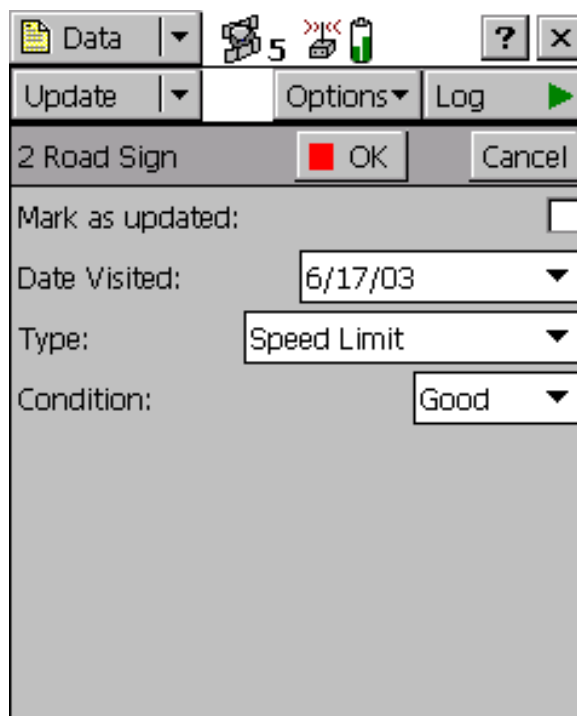
- Μέγεθος: το μέγεθος που καταλαμβάνει το αρχείο στην μνήμη
  - Χαρακτηριστικά: αριθμός των χαρακτηριστικών σημείων που υπάρχουν στο αρχείο
  - Σημεία: ο αριθμός των σημείων που έχει καταγραφεί στο αρχείο
  - Κατάσταση νέου ή ενημερωμένου αρχείου  
Υπάρχουν τρεις καταστάσεις που περιγράφουν το αρχείο: αν το νέο ή ενημερωμένο αρχείο έχει μεταφερθεί στον H/Y (Transferred), αν το νέο ή ενημερωμένο αρχείο δεν έχει μεταφερθεί στον H/Y (Not Transferred) και τέλος αν το αρχείο έχει απλά μεταφερθεί από τον H/Y και δεν έχει ενημερωθεί ακόμα (Imported)
  - Όνομα Δεδομένων καταλόγου: το όνομα του καταλόγου με το οποίο συνδέεται το αρχείο
4. Κατόπιν της επιλογής του αρχείου της αποτύπωσης του εξωτερικού χώρου των κτιρίων της ΣΠΜ, ακολουθεί η ενημέρωση του. Με το δέκτη GeoXT μετρούνται τα ίδια σημεία με τα αντίστοιχα στα οποία έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις με τους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς.  
Η ενημέρωση οντοτήτων (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) ως προς τη θέση τους, πραγματοποιείται με τη λειτουργία Update του τομέα Data (σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3: Ενημέρωση χαρακτηριστικών

Αφού επιλεγεί η οντότητα για την οποία θα συγκεντρωθούν νέες μετρήσεις για τη θέση της, αρχίζει η διαδικασία μέτρησής της (Begin).

Εμφανίζεται μια φόρμα εισόδου των ιδιοτήτων της οντότητας, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4.



The image shows a software interface window titled '2 Road Sign'. At the top, there is a 'Data' dropdown menu and several status icons (a cube with '5', a battery, and a signal strength indicator). Below this is a toolbar with 'Update', 'Options', and 'Log' buttons. The main area of the form contains the following fields: 'Mark as updated:' with a checkbox, 'Date Visited:' with a dropdown menu showing '6/17/03', 'Type:' with a dropdown menu showing 'Speed Limit', and 'Condition:' with a dropdown menu showing 'Good'. At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Σχήμα 4.4: Διαδικασία ενημέρωσης


Συγκεκριμένα για το σημείο δίνεται η δυνατότητα καταγραφής περισσότερες από μία εγγραφές συντεταγμένων (Log). Από το μέσο όρο αυτών των εγγραφών προκύπτει η τελική τιμή των συντεταγμένων του σημείου.


Σε αυτό το στάδιο της διαδικασίας ενημέρωσης υπάρχουν δύο επιλογές κατά την εγγραφή των πληροφοριών θέσης:

- Αντικατάσταση των οντοτήτων (σημεία, γραμμές, πολύγωνα), όπου η προηγούμενη πληροφορία για τη θέση τους αντικαθίσταται από τις νέες μετρήσεις του δέκτη GeoXT.
- Συνέχεια των οντοτήτων (γραμμές, πολύγωνα), όπου λαμβάνονται νέες μετρήσεις ως συνέχεια των υπαρχόντων.

Σημειώνεται ότι στον εξωτερικό χώρο της ΣΠΜ, πραγματοποιήθηκε ενημέρωση σημείων και όχι γραμμών και

πολυγώνων. Τα σημεία αυτά είναι εύκολα αναγνωρίσιμα (γωνίες φρεατίων, σκαλοπατιών, κτιρίων, δέντρα, λάμπες) έτσι ώστε να αποτραπεί η εισαγωγή σφαλμάτων κατά την διαδικασία εύρεσης και μέτρησης του σημείου με το αντίστοιχο του ψηφιακού διαγράμματος.

Όταν ολοκληρωθεί η συλλογή μετρήσεων για κάθε σημείο με το πλήκτρο , η πληροφορία αυτή αποθηκεύεται και αποτελεί ενημέρωση της θέσης του.

Ένδειξη του ότι το σημείο, αλλά και οποιοδήποτε άλλο χαρακτηριστικό, έχει ενημερωθεί αποτελεί το σύμβολο  πριν από το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

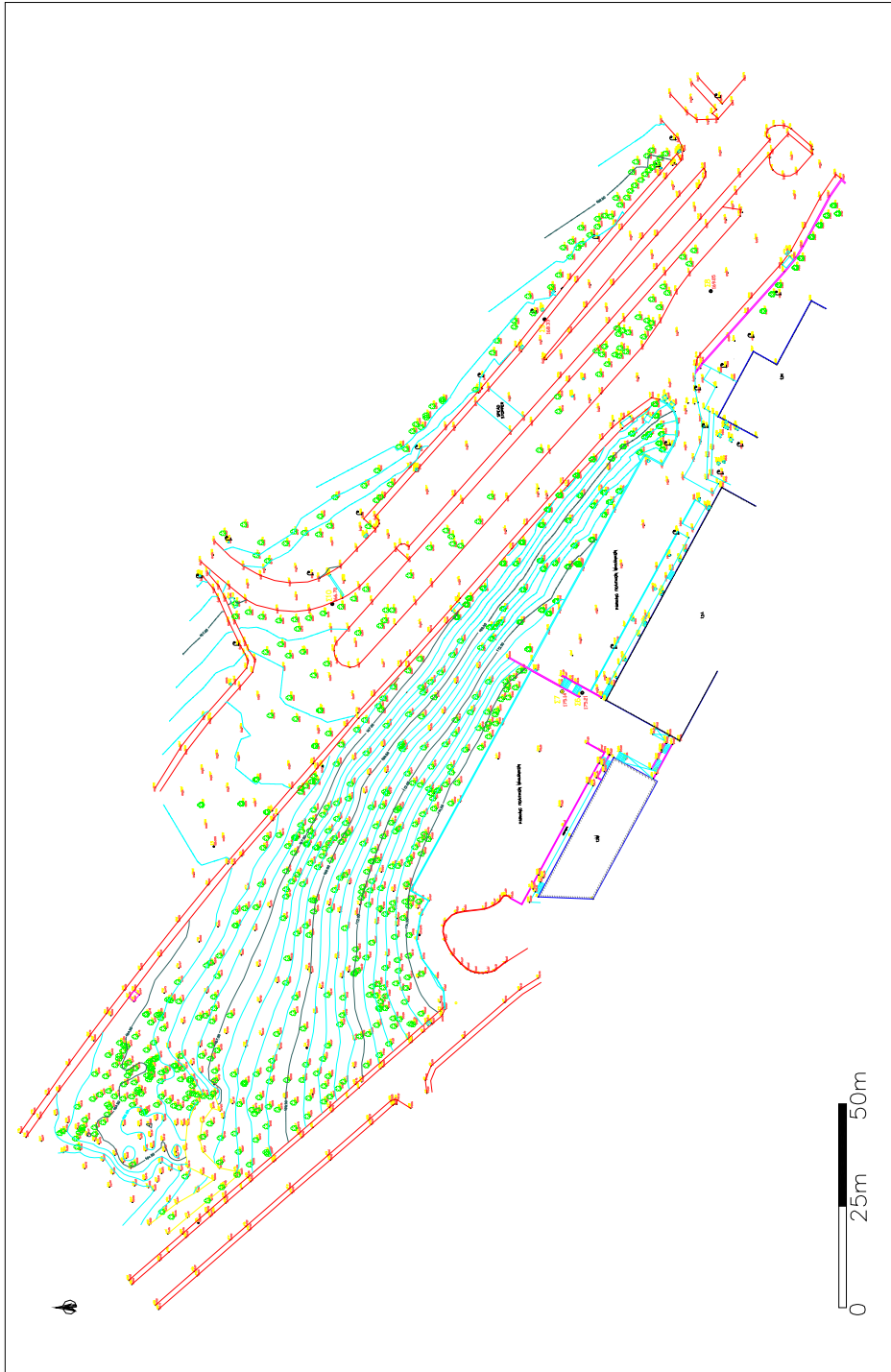
Επιπρόσθετα, δίνεται η δυνατότητα να επισκεφτούμε χαρακτηριστικά και να ελέγξουμε την θέση και τις ιδιότητές τους, χωρίς να επιφέρουμε σε αυτά αλλαγή. Αυτό γίνεται επιλέγοντας την εντολή Mark as updated, και το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό θεωρείται ενημερωμένο.

#### **4.1.1 Μετρήσεις – Αποτελέσματα**

Με το φορητό δέκτη GeoXT μετρήθηκαν συνολικά εξήντα σημεία του τοπογραφικού διαγράμματος που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.5 και περιλαμβάνει την αποτύπωση με ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των σημείων που προσδιορίστηκαν με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και με το φορητό δέκτη GeoXT καθώς και οι μεταξύ τους διαφορές.

Για να ερμηνευτούν και να κατανοηθούν καλύτερα τα αποτελέσματα του πίνακα 4.1, παρουσιάζονται με εποπτικό τρόπο στα σχήματα 4.6-4.8 η θέση και το σχήμα μερικών στοιχείων όταν αυτά μετρούνται με το δέκτη GeoXT και με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό.

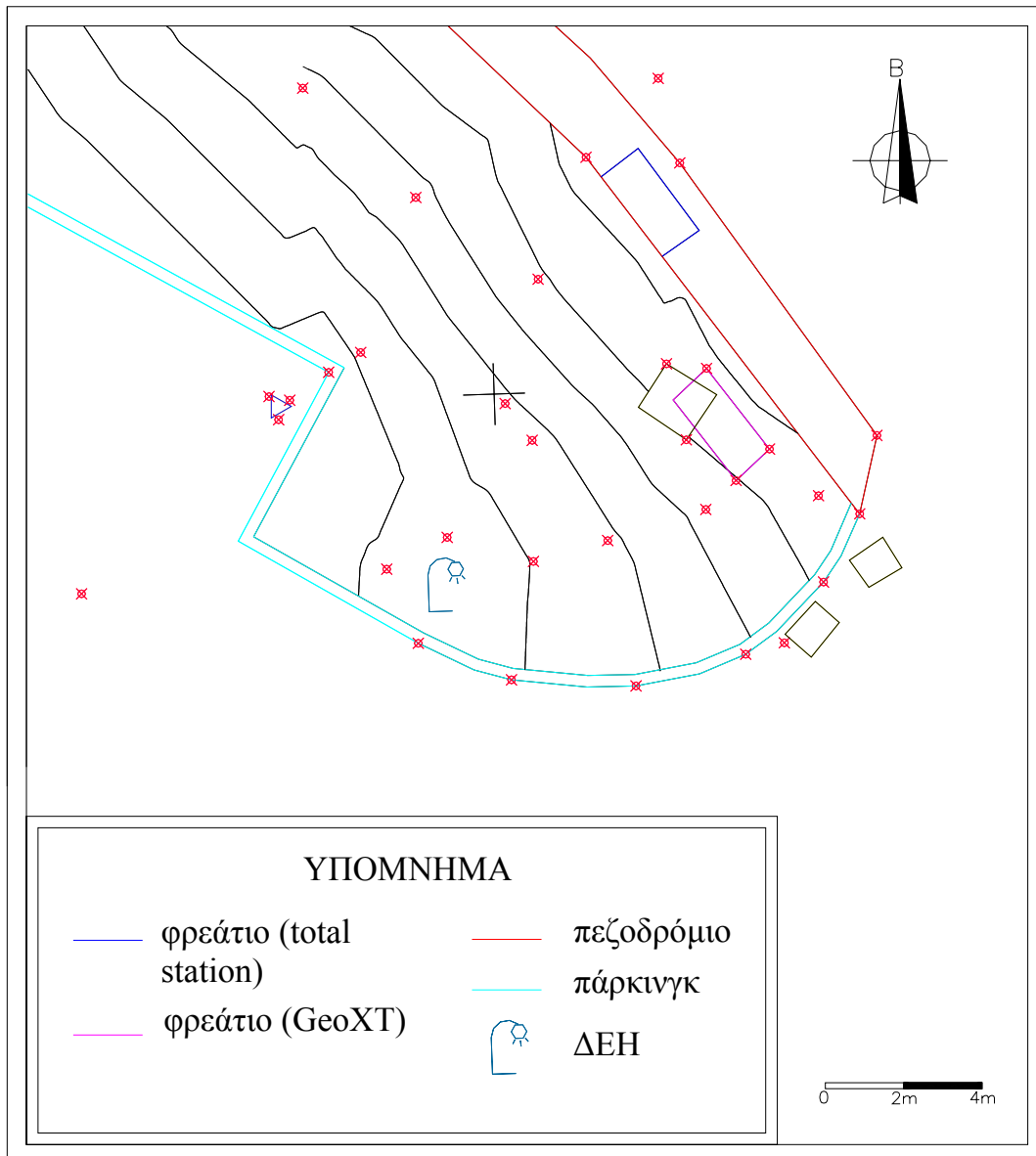


Σχήμα 4.5: Αποτύπωση στον εξωτερικό χώρο των κτιρίων της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών από ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς

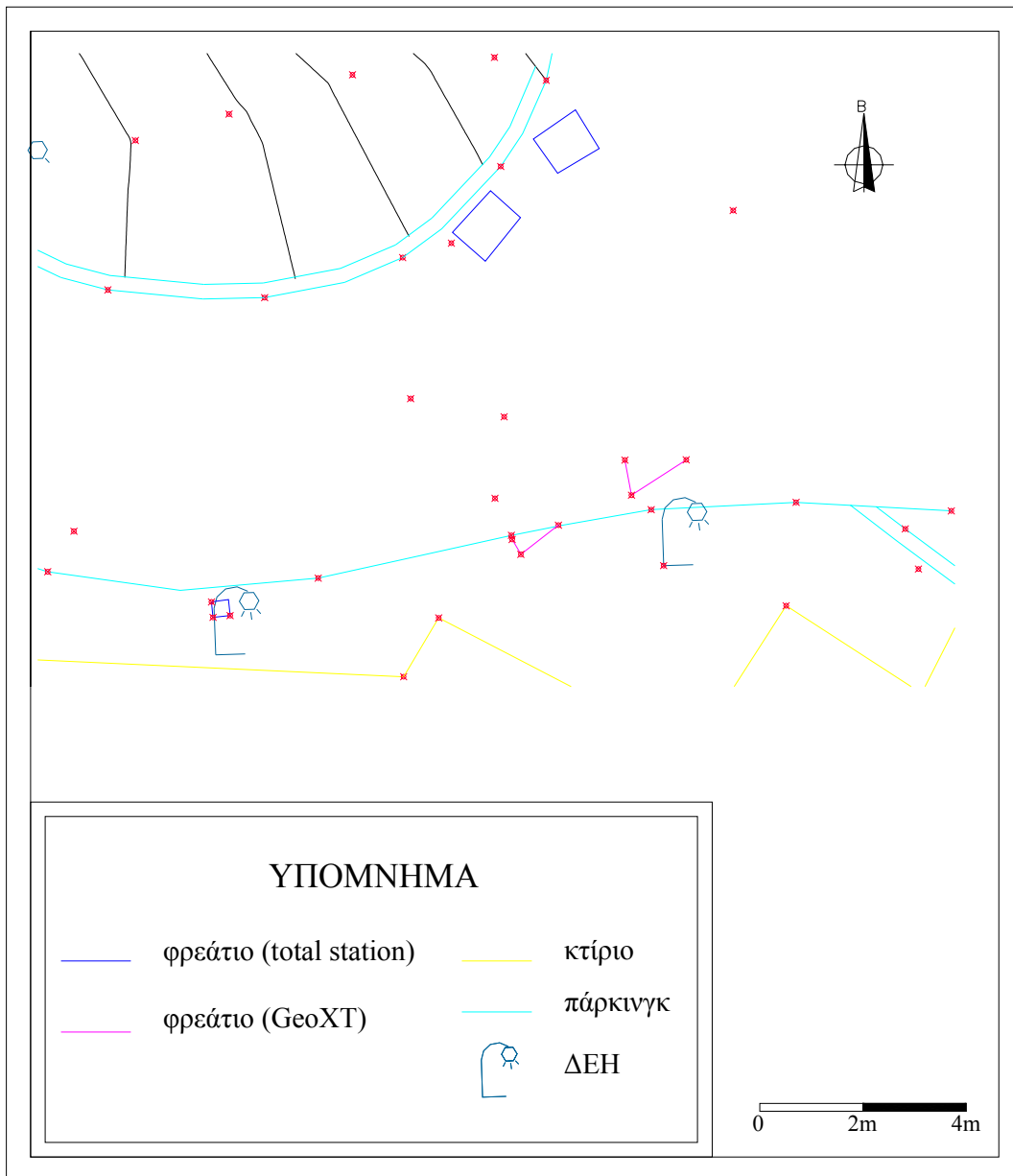
Α/Α	ΣΗΜΕΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΜΕ GeoXT		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΜΕ Total Station		ΔΙΑΦΟΡΑ S (m)
		x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	
1	13	480337.045	4203070.424	480334.272	4203072.658	3.5609
2	16	480369.717	4203050.383	480368.514	4203054.072	3.8802
3	29	480371.634	4203053.168	480369.670	4203056.507	3.8738
4	31	480376.932	4203059.310	480371.965	4203060.691	5.1554
5	663	480335.780	4203072.712	480332.983	4203074.783	3.4803
6	667	480343.156	4203069.774	480339.716	4203072.564	4.4292
7	679	480373.006	4203037.263	480372.012	4203041.181	4.0421
8	680	480371.120	4203036.172	480369.954	4203042.294	6.2320
9	681	480369.823	4203039.832	480368.091	4203043.301	3.8773
10	685	480371.162	4203049.086	480369.857	4203052.583	3.7326
11	686	480370.872	4203051.752	480369.117	4203055.031	3.7191
12	687	480371.076	4203051.776	480369.254	4203055.240	3.9139
13	688	480367.481	4203055.237	480367.120	4203057.644	2.4339
14	689	480368.806	4203053.363	480366.615	4203056.716	4.0054
15	690	480365.469	4203055.749	480363.582	4203058.353	3.2158
16	691	480363.518	4203056.313	480361.588	4203059.142	3.4246
17	692	480364.273	4203057.856	480362.207	4203060.326	3.2201
18	695	480388.086	4203051.252	480386.019	4203054.278	3.6646
19	702	480390.818	4203062.785	480388.437	4203066.776	4.6473
20	704	480390.451	4203061.642	480388.000	4203066.086	5.0751
21	706	480389.182	4203060.118	480387.180	4203064.499	4.8168
22	707	480388.387	4203059.102	480386.426	4203063.186	4.5304
23	710	480384.013	4203051.354	480382.548	4203056.104	4.9708
24	711	480384.652	4203052.804	480383.162	4203057.127	4.5726
25	713	480385.661	4203058.103	480383.514	4203062.413	4.8152
26	716	480387.943	4203050.290	480386.585	4203055.283	5.1744
27	722	480392.248	4203068.988	480389.912	4203072.925	4.5779
28	723	480392.307	4203068.849	480390.113	4203073.376	5.0306
29	730	480397.710	4203050.043	480395.371	4203053.423	4.1104
30	789	480425.366	4203032.877	480423.437	4203038.136	5.6016
31	790	480425.577	4203032.663	480424.020	4203038.403	5.9474
32	793	480427.388	4203033.101	480426.026	4203037.342	4.4543
33	818	480438.102	4203025.226	480436.800	4203031.208	6.1221
34	819	480439.016	4203030.144	480437.344	4203036.876	6.9365
35	820	480439,171	4203024,549	480437,888	4203030,104	5,7012
36	821	480439,492	4203021,487	480438,133	4203027,246	5,9172
37	823	480441,913	4203035,469	480440,282	4203042,068	6,7976
38	841	480446,672	4203033,507	480445,236	4203040,236	6,8805
39	849	480448,073	4203021,907	480447,448	4203028,466	6,5887

40	863	480450.530	4203024.439	480449.592	4203030.965	6.5931
41	935	480452.431	4203046.554	480450.655	4203052.267	5.9827
42	936	480453.195	4203043.643	480451.295	4203049.473	6.1318
43	942	480454.063	4203044.460	480452.239	4203050.137	5.9628
44	943	480454.448	4203039.430	480452.695	4203045.873	6.6772
45	947	480455.700	4203033.338	480454.470	4203039.653	6.4337
46	949	480455.880	4203033.031	480455.146	4203039.058	6.0715
47	952	480456.653	4203033.633	480455.872	4203039.956	6.3711
48	953	480458.023	4203034.971	480456.138	4203041.572	6.8649
49	955	480458.160	4203034.248	480456.639	4203040.869	6.7935
50	957	480459.287	4203034.976	480457.495	4203041.376	6.6461
51	973	480467.926	4203027.126	480466.702	4203033.499	6.4895
52	1024	480490.312	4203004.682	480489.496	4203012.577	7.9371
53	1028	480491.214	4203002.285	480490.730	4203009.974	7.7042
54	1031	480492.275	4203002.657	480491.484	4203010.822	8.2032
55	1032	480492.407	4203003.968	480492.143	4203011.801	7.8374
56	1035	480492.939	4203003.316	480492.902	4203011.247	7.9311
57	1098	480516.800	4202996.174	480516.652	4203005.153	8.9802
58	1111	480519.902	4203006.340	480520.260	4203015.572	9.2389
59	1115	480521.997	4203001.929	480521.669	4203011.120	9.1969
60	1130	480531.373	4203018.563	480530.550	4203027.834	9.3075

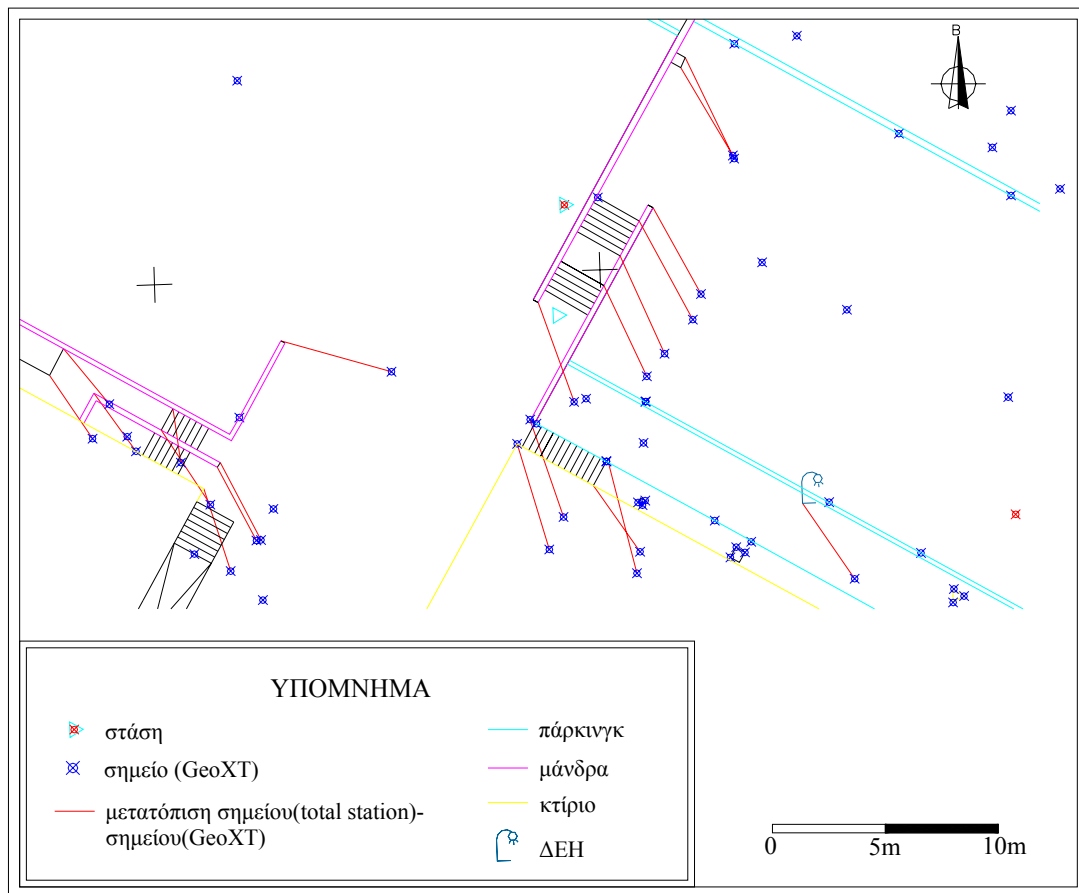
*Πίνακας 4.1: Υπολογισμοί διαφορών μεταξύ συντεταγμένων όπως προσδιορίζονται από μετρήσεις με το δέκτη GeoXT και με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό*



*Σχήμα 4.6: Αποτύπωση φρεατίου με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και με το φορητό δέκτη GeoXT*



*Σχήμα 4.7: Αποτύπωση φρεατίων με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και με το φορητό δέκτη GeoXT*



Σχήμα 4.8: Μέτρηση σημείων με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό και με το φορητό δέκτη GeoXT

#### 4.1.2 Προβλήματα

Τα προβλήματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια αυτού του ελέγχου στον εξωτερικό χώρο της ΣΠΜ συνοψίζονται παρακάτω και αποτελούν έναυσμα για εμβάθυνση και για εύρεση εναλλακτικών τρόπων στην επίτευξη των στόχων που θέσαμε στην αρχή αυτής της διαδικασίας.

- Υπάρχουν πολλά σημεία όπου δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός συντεταγμένων με το δέκτη GeoXT επειδή οι δορυφόροι είναι λιγότεροι από τέσσερις. Τέτοια σημεία είναι κοντά σε γωνίες κτιρίων, σε περιοχές που περιβάλλονται από δέντρα ή βρίσκονται ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα κτίρια, με αποτέλεσμα να υπάρχει περιορισμένη ορατότητα.

- Από την σύγκριση των συντεταγμένων που προσδιορίζονται με το δέκτη GeoXT και των αντίστοιχων που μετρούνται με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό, υπολογίζεται ότι η διαφορά μεταξύ τους κυμαίνεται από 3-9m.
- Η γεωμετρική ακρίβεια κάποιων χαρακτηριστικών (φρεάτια, τετράγωνα βάσεις με λάμπες) είναι χαμηλή με αποτέλεσμα να μην εμφανίζονται με το σχήμα που έχουν πραγματικά.

Οι πιθανές αιτίες των παραπάνω προβλημάτων που προκύπτουν κατά την διάρκεια του ελέγχου, οφείλονται στους εξής παράγοντες:

- Ανεπαρκής αριθμός δορυφόρων, εξαιτίας μειωμένης ορατότητας από φυσικά και τεχνικά εμπόδια. Στην περίπτωση που οι δορυφόροι είναι σωστά κατανομημένοι καλύπτοντας ένα μεγάλο τμήμα του ουρανού, ο δέκτης υπολογίζει ακριβείς θέσεις και η τρέχουσα τιμή της ποιότητας είναι μεγάλη.
- Η τιμή του μέτρου της γεωμετρικής ακρίβειας (PDOP=6). Η τιμή αυτή βρίσκεται ενδιάμεσα στην επιλογή της μέγιστης παραγωγικότητας των δορυφόρων και της μέγιστης ακρίβειας.
- Εισαγωγή σφάλματος από τη μη ακριβή τοποθέτηση του στυλαιού (πάνω στον οποία είναι τοποθετημένος ο δέκτης GeoXT και η κεραία hurricane), στο αντίστοιχο σημείο που παρατηρείται στο ψηφιακό διάγραμμα και που τελικά ενημερώνεται.

#### **4.2 Αποτύπωση του περιβάλλοντα χώρου της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών (ΣΑΤΜ)**

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιούνται μετρήσεις με διαδικασίες όπου η κάθε μία αποτελεί βελτίωση της προηγούμενης. Συγκεκριμένα η σειρά με την οποία πραγματοποιήθηκαν οι βελτιώσεις είναι:

- Μέτρηση με κώδικα
- Μέτρηση με φάση και μετεπεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τα αρχεία βάσης από τους:
  - Μόνιμο σταθμό αναφοράς Geotech
  - Σταθμό αναφοράς του Heros
  - Δέκτη Trimble 5800 τοποθετημένο στο χώρο της αποτύπωσης

Σε όλες τις παρακάτω διαδικασίες αποτύπωσης είναι απαραίτητη η δημιουργία νέου αρχείου στο φορητό δέκτη GeoXT.

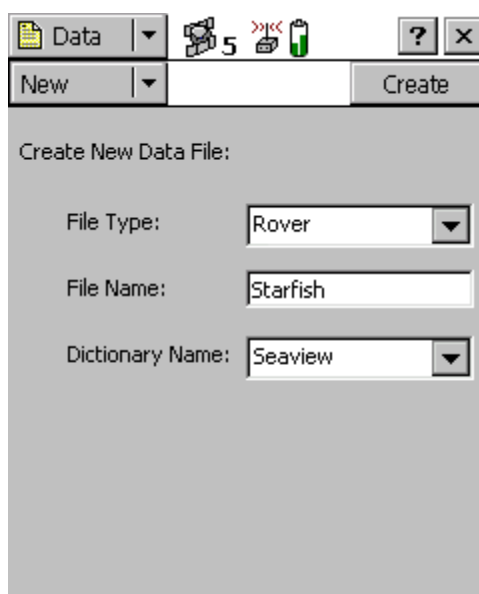
#### 4.2.1 Δημιουργία νέου αρχείου

Και στις δύο περιπτώσεις πραγματοποίησης μετρήσεων με κώδικα και φάση, δημιουργείται ένα νέο αρχείο στο δέκτη GeoXT που περιλαμβάνει αφενός τις θέσεις των χαρακτηριστικών σημείων που μετρούνται και αφετέρου τις ιδιότητες τους.

##### 4.2.1.1 Καθορισμός παραμέτρων

Το σχήμα 4.9 περιλαμβάνει τον καθορισμό των παραμέτρων

- 1) Τύπος αρχείου (rover, base)
  - 2) Όνομα αρχείου
  - 3) Όνομα καταλόγου δεδομένων (μόνο στα rover αρχεία)
- κάθε φορά που δημιουργείται ένα νέο αρχείο.



*Σχήμα 4.9: Καθορισμός παραμέτρων στη δημιουργία νέου αρχείου*

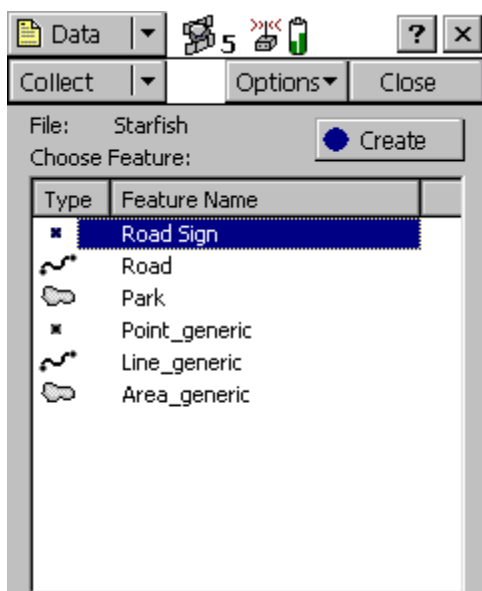
Ο τύπος αρχείου που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις πειραματικές διαδικασίες είναι τύπου rover και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά (σημείο, γραμμή, πολύγωνο), τις ιδιότητές τους και πληροφορία σχετικά με τη θέση τους.

Ο κατάλογος δεδομένων συνδέεται με το νέο αρχείο που δημιουργείται. Το αντίστοιχο πεδίο στο λογισμικό TerraSync

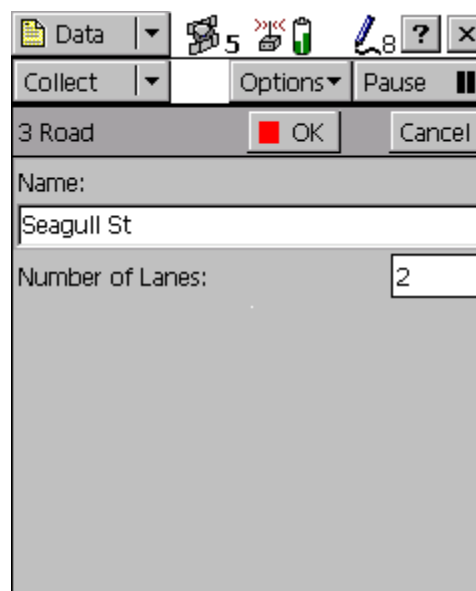
περιλαμβάνει μια λίστα με όλους τους καταλόγους. Ο κατάλογος δεδομένων Generic είναι πάντα διαθέσιμος και επιτρέπει την καταγραφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων με τις αντίστοιχες περιγραφές των ιδιοτήτων τους. Ο κατάλογος Generic χρησιμοποιείται σε όλες τις πειραματικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται. Έτσι λοιπόν τα δέντρα αποτυπώνονται ως σημεία, ο δρόμος ως γραμμή, τα φρεάτια καθώς επίσης και η κλειστή περιοχή που περιλαμβάνει δέντρα ως πολύγωνο.

#### 4.2.1.2 Μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων

Η συλλογή των τριών χαρακτηριστικών οντοτήτων πραγματοποιείται από τον τομέα Data και συγκεκριμένα από τη λειτουργία της «συλλογής (collect)» που εμφανίζεται στο σχήμα 4.10.



Σχήμα 4.10: Επιλογή οντότητας για συλλογή μετρήσεων



Σχήμα 4.11: Καθορισμός ιδιοτήτων κάθε νέας οντότητας

Στη μέτρηση κάθε οντότητας επιλέγεται ο τύπος της (Σχήμα 4.10) και καθορίζονται οι ιδιότητές της (Σχήμα 4.11), οι οποίες αποτελούν σημαντική ποιοτική πληροφορία και περιορίζουν τη σύγχυση χαρακτηριστικών ίδιου τύπου.

#### ➤ Αποτύπωση σημείου

Η καταγραφή της πληροφορίας (log) για τη θέση ενός σημείου, μπορεί να προκύψει από μία ή περισσότερες εγγραφές. Στην περίπτωση των περισσότερων εγγραφών, υπολογίζεται ο μέσος όρος τους.

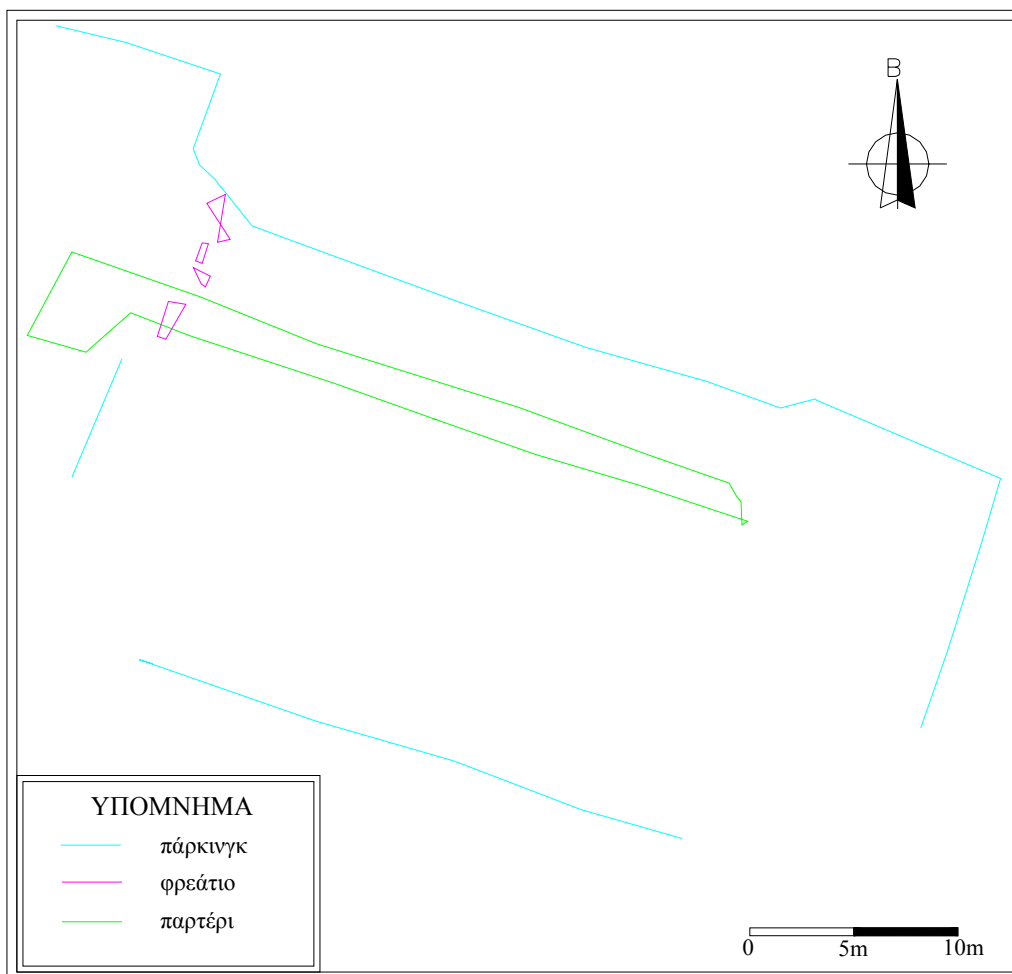
➤ Αποτύπωση γραμμής – πολυγώνου

Τα χαρακτηριστικά αυτά προβάλλονται στην οθόνη του δέκτη κατά την διάρκεια των μετρήσεων παρατηρώντας τη γεωμετρία τους και έχοντας την άμεση εποπτεία αυτών.

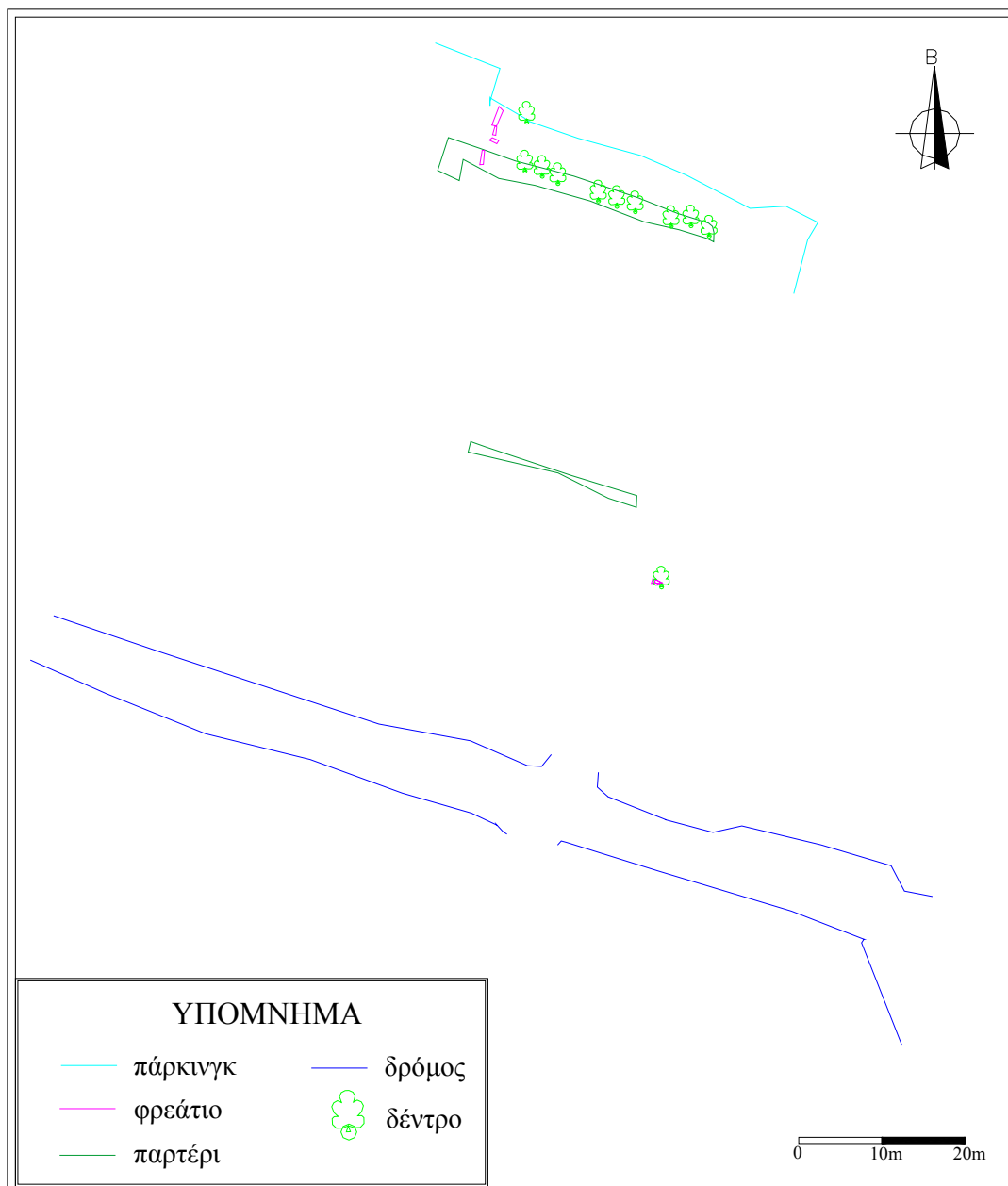
Επιπρόσθετα, δίνεται η δυνατότητα να συνεχίζεται (resume) η καταγραφή μιας υπάρχουσας γραμμής ή πολυγώνου. Έτσι αν κατά την διάρκεια της αποτύπωσης των παραπάνω χαρακτηριστικών, παρεμβάλλονται άλλα γεωμετρικά στοιχεία, τότε διακόπτεται η αποτύπωση, καταγράφονται οι θέσεις των νέων στοιχείων και κατόπιν συνεχίζεται η αποτύπωση της γραμμής ή του πολυγώνου.

#### 4.2.2. Αποτύπωση με κώδικα

Αρχικά η αποτύπωση στο χώρο στάθμευσης της ΣΑΤΜ πραγματοποιήθηκε με κώδικα. Έγιναν δύο προσπάθειες στον ίδιο χώρο και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα σχήματα 4.12 και 4.13:



Σχήμα 4.12: Πρώτο διάγραμμα στο χώρο στάθμευσης της ΣΑΤΜ



*Σχήμα 4.13: Δεύτερο διάγραμμα στο χώρο στάθμευσης της ΣΑΤΜ*

Επισημαίνουμε ότι και στις δύο αποτυπώσεις, επικράτησαν συνθήκες μειωμένης ορατότητας και περιορισμένος αριθμός δορυφόρων.

### 4.2.3 Αποτύπωση με φάση φέροντος κύματος

Τα στοιχεία που μετρήθηκαν με κώδικα στις δύο προηγούμενες αποτυπώσεις δεν είναι ορθά ως προς τη γεωμετρία και την ακρίβεια θέσης τους. Η διεξαγωγή μετρήσεων με φάση φέροντος κύματος και η

μετεπεξεργασία τους από το λογισμικό γραφείου, αποτελεί μια βελτιωμένη διαδικασία για την επίλυση του προβλήματος που περιγράφηκε.

#### 4.2.3.1 Σταθμός Αναφοράς Geotech

Στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία (σχήμα 4.14), χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του μόνιμου σταθμού αναφοράς της εταιρείας Geotech στη διαδικασία της μετεπεξεργασίας. Παρόλο αυτά η διόρθωση των μετρήσεων με το λογισμικό γραφείου δεν είναι επιτυχής. Στην αναφορά με τα αποτελέσματα της διόρθωσης δηλώνεται ότι δεν υπήρξε ταύτιση των δεδομένων των μετρήσεων με τα δεδομένα του μόνιμου σταθμού. Επομένως δεν υπήρξε αρχείο με τις διορθωμένες θέσεις των στοιχείων.

Σημειώνεται ότι η απόσταση του σταθμού αναφοράς από το χώρο της αποτύπωσης είναι περίπου 13 km.

#### 4.2.3.2 Σταθμός αναφοράς Heros

Σε αυτό το στάδιο επιχειρήθηκε να διορθωθεί το αρχείο των μετρήσεων της προηγούμενης πειραματικής διαδικασίας με τη διαφορά ότι χρησιμοποιήθηκε ο μόνιμος σταθμός αναφοράς του Heros του Κτηματολογίου 098Α. Ο σταθμός αναφοράς απέχει από το χώρο της αποτύπωσης περίπου 4 km.

Αν και υπήρξε μόνο 19% κάλυψη μεταξύ του αρχείου των μετρήσεων και των δεδομένων του μόνιμου σταθμού, υλοποιήθηκε η διόρθωση μερικών στοιχείων.

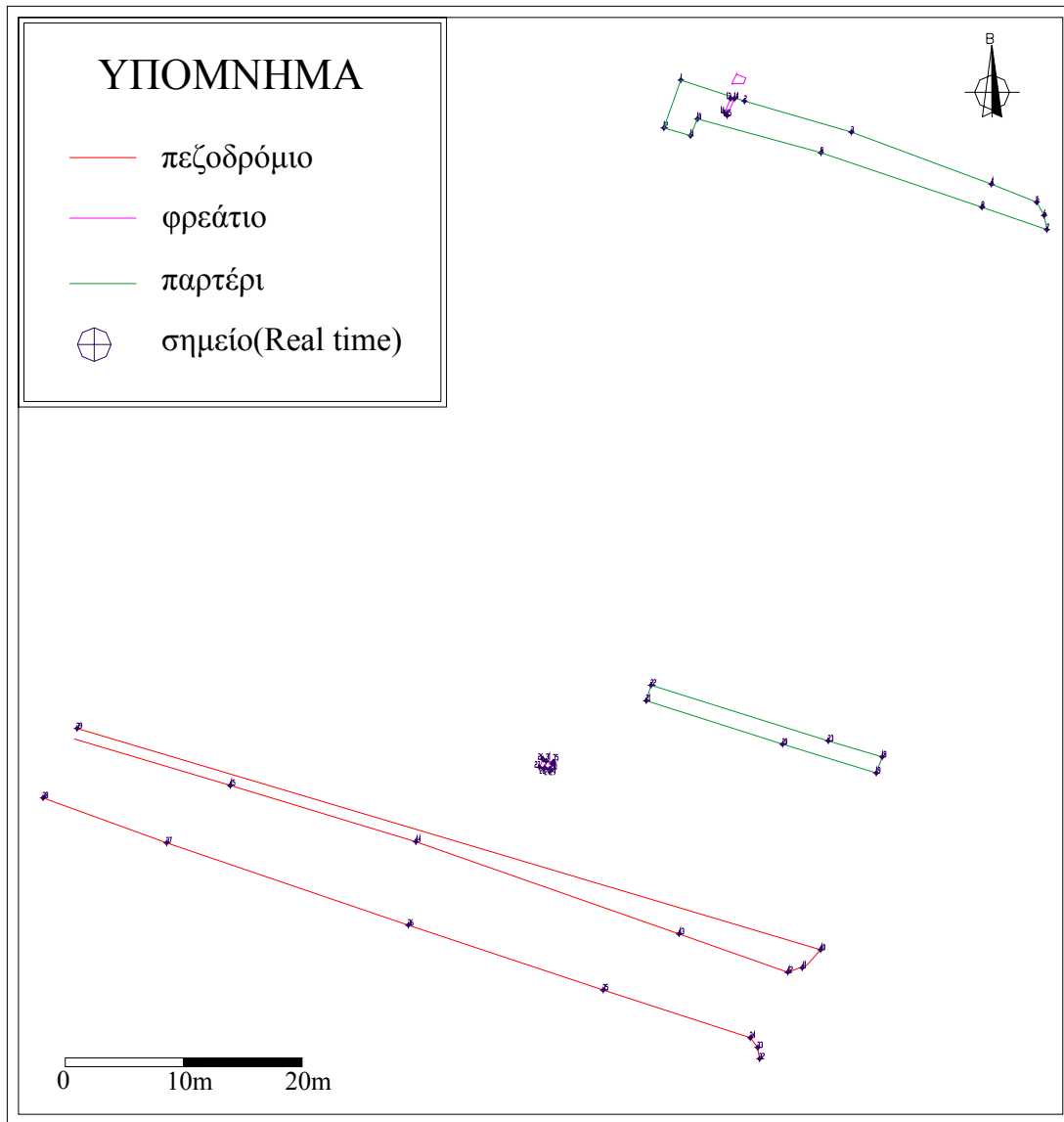
Η διόρθωση αφορά μόνο στα δεδομένα που μετρήθηκαν με φάση φέροντος κύματος.

Η αναφορά με τα αποτελέσματα της διόρθωσης περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

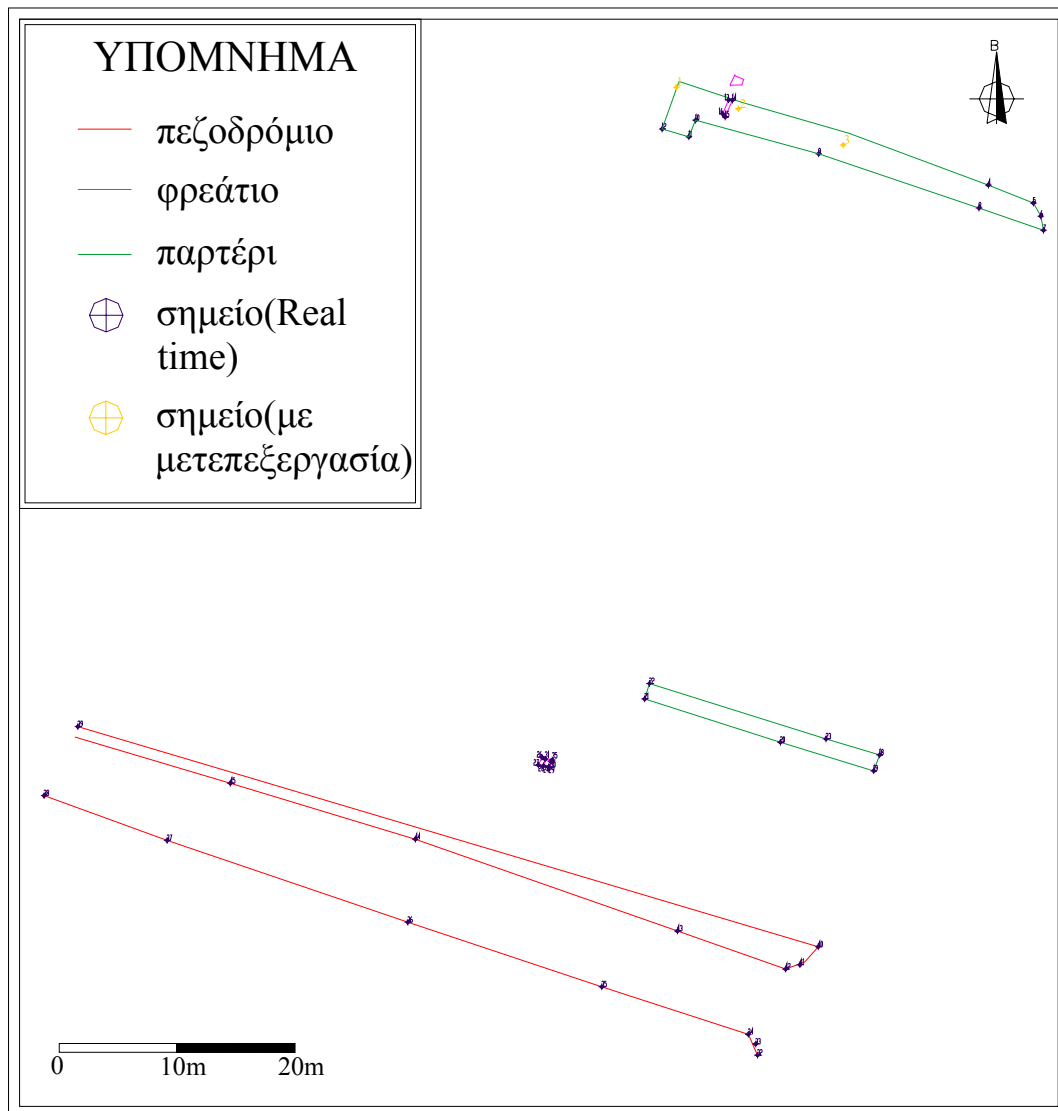
- το ποσοστό κάλυψης
- το συνολικό αριθμό των σημείων που μετρήθηκαν με φάση
- τον αριθμό των σημείων που διορθώθηκαν με φάση
- τον αριθμό των σημείων που δεν διορθώθηκαν με φάση
- τα ποσοστά των σημείων που διορθώθηκαν με τις αντίστοιχες αβεβαιότητές τους

Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι η αβεβαιότητα του 100% των διορθωμένων σημείων κυμαίνεται σε  $\pm 0 - \pm 15$  cm.

Το διάγραμμα που προκύπτει κατόπιν της διόρθωσης των μετρημένων στοιχείων παρουσιάζεται στο σχήμα 4.15. Συγκρίνοντας τις συντεταγμένες των θέσεων πριν και μετά τη διόρθωση προκύπτει ότι μόνο τρεις χαρακτηριστικές θέσεις έχουν διορθωθεί. Πιθανός λόγος για αυτό το αποτέλεσμα αποτελεί το μικρό ποσοστό κάλυψης, με αποτέλεσμα να μην διορθώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό των σημείων που έχουν μετρηθεί.



*Σχήμα 4.14: Αποτύπωση από μετρήσεις φάσης με μόνιμο σταθμό αναφοράς (Geotech) και μετεπεξεργασία στο χώρο στάθμευσης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών*



*Σχήμα 4.15: Αποτύπωση από μετρήσεις φάσης με μόνιμο σταθμό αναφοράς του Heros και μετεπεξεργασία στο χώρο στάθμευσης της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών*

#### **4.2.3.3 Δέκτης Trimble 5800 - Βάθρο**

##### Δέκτης Trimble 5800

Σε αυτήν την πειραματική διαδικασία επιλέχθηκε το σύστημα Trimble 5800, το οποίο έχει τη δυνατότητα μέτρησης στις συχνότητες L1 και L2 του συστήματος GPS και ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι ότι ενσωματώνει το δέκτη GPS, το σύστημα ασύρματης επικοινωνίας καθώς και την κεραία σε μία συμπαγή και ελαφριά συσκευή βάρους 1.21 kgf.

Το συνολικό βάρος του κινητού δέκτη μαζί με το στυλαίο, το χειριστήριο και την μπαταρία είναι μόλις 3.67 kgf.

Ο δέκτης διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη 2 MB, παρέχοντας εύκολη και επαρκή συλλογή δεδομένων τόσο στο σχετικό όσο και στον κινηματικό εντοπισμό. Χρησιμοποιήθηκε επίσης το χειριστήριο TSC2 της Trimble που επικοινωνεί με το δέκτη μέσω Bluetooth. Η δυνατότητα αυτή κάνει δυνατή τη λειτουργία του συστήματος χωρίς κανένα καλώδιο.

Τονίζεται ότι ανάλογα με τις απαιτήσεις της εργασίας, το σύστημα Trimble 5800 μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως σταθερός (base) είτε ως κινητός (rover) δέκτης GPS.

Επιπρόσθετα, παρέχει συνολικά 24 ηλεκτρονικά κυκλώματα (κανάλια) διπλής συχνότητας, που το καθένα μπορεί να παρακολουθεί αδιάλειπτα το σήμα από ένα συγκεκριμένο δορυφόρο. Υποστηρίζει τη δυνατότητα επικοινωνίας μέσω UHF, GSM και GPRS για τη λήψη διορθώσεων Κινηματικού Εντοπισμού Χρόνου (RTK).

Τέλος παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα εφαρμογής των παρακάτω μεθόδων εντοπισμού με τις αντίστοιχες ακρίβειες:

- Γρήγορου στατικού εντοπισμού (Fast Static)
  - Οριζοντιογραφική ακρίβεια:  $\pm (5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
  - Υψομετρική ακρίβεια:  $\pm (5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
- Κινηματικού εντοπισμού (PPK)
  - Οριζοντιογραφική ακρίβεια:  $\pm (10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
  - Υψομετρική ακρίβεια:  $\pm (20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
- Κινηματικού εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο (RTK)
  - Οριζοντιογραφική ακρίβεια:  $\pm (10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$
  - Υψομετρική ακρίβεια:  $\pm (20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}) \text{ RMS}$

Τα παρελκόμενα του συστήματος Trimble 5800 που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα παρακάτω:

- Ένας τρίποδας με επίπεδη κεφαλή
- Το χειριστήριο TSC2 της Trimble
- Ένα τρικόγλιο με οπτική κέντρωση
- Ένας σύνδεσμος για τοποθέτηση σε τρικόγλιο
- Μία μετροταινία
- Μπαταρία (Li- Ion) του δέκτη και φορτιστής

Οι δέκτες Trimble 5800 έχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης λήψης σημάτων από το αντίστοιχο σύστημα εντοπισμού GLONASS, που σημαίνει ότι υπάρχει πλεονασμός μετρήσεων αφού ο συνολικός αριθμός των δορυφόρων από τα δύο συστήματα (GPS και GLONASS), που είναι ορατοί στα σημεία μέτρησης, είναι μεγαλύτερος από ότι αν παρατηρούσε

μόνο GPS δορυφόρους, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία στην τελική λύση.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρέχει τη δυνατότητα συνεργασίας με άλλες συσκευές (VHF. Plotter), αλλά και συστήματα προσδιορισμού θέσης, καθώς και επίσης και σε εφαρμογές όπως η Φωτογραμμετρία και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.[27]

Στις φωτογραφίες 4.1 - 4.6 παρουσιάζεται ο δέκτης Trimble 5800 μαζί με τα παρελκόμενά του.



Φωτ 4.1: Δέκτης Trimble 5800



Φωτ 4.2: Δέκτης με στυλαιό



Φωτ 4.3: Μπαταρίες και φορτιστής



Φωτ 4.4: Τρικόχλιο



Φωτ 4.5: Χειριστήριο



Φωτ 4.6: Δέκτης και χειριστήριο

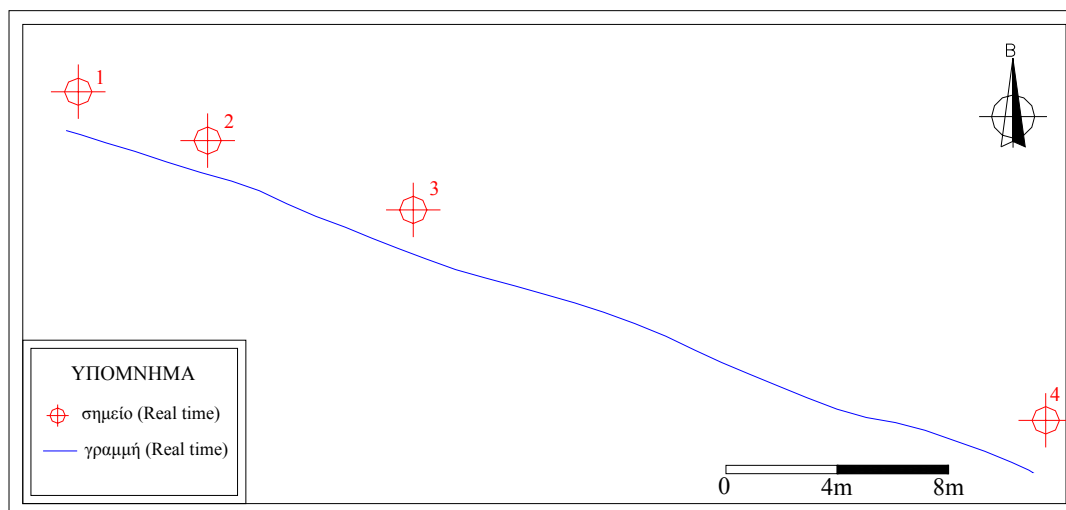
### Αποτύπωση

Τα συμπεράσματα από την προηγούμενη πειραματική διαδικασία είναι ανεπαρκή για τον έλεγχο της αβεβαιότητας μέτρησης του δέκτη GeoXT. Για αυτό το λόγο ακολουθήθηκε η εξής προσέγγιση.

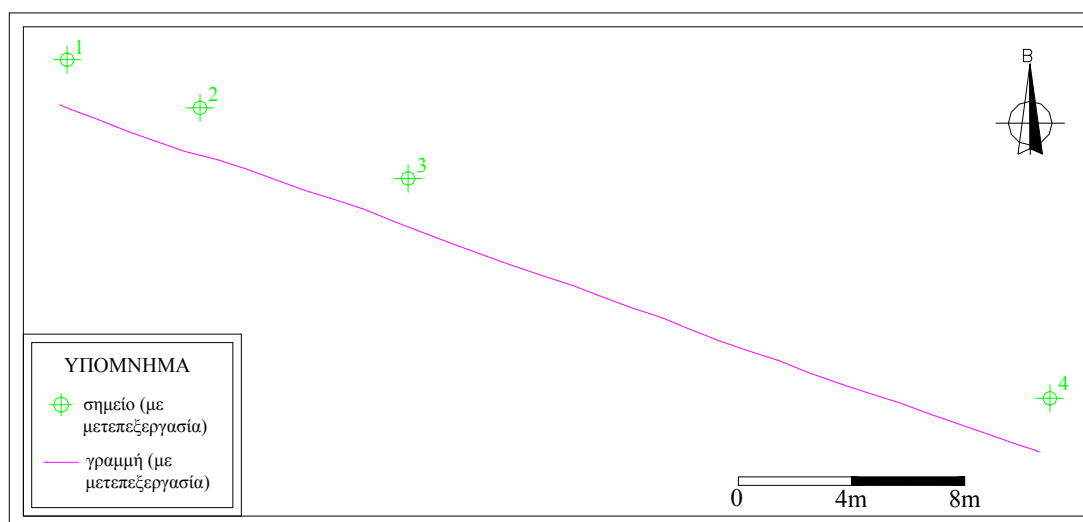
Στον εξωτερικό χώρο της ΣΑΤΜ τοποθετήθηκε ο δέκτης Trimble πάνω στον τρίποδα σε τυχαία θέση στο χώρο. Ο δέκτης λειτουργεί ως σταθερός συλλέγοντας δεδομένα από τους δορυφόρους σε όλο το χρονικό διάστημα πραγματοποίησης μετρήσεων με το φορητό δέκτη GeoXT. Πριν από την έναρξη της συλλογής των δεδομένων από το δέκτη, εισάγονται στο χειριστήριο οι συντεταγμένες του δέκτη στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η εισαγωγή των συντεταγμένων του δέκτη έγινε σε αυθαίρετο σύστημα αναφοράς.

Αυτή η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει την αποτύπωση λίγων στοιχείων (τέσσερα σημεία και μία γραμμή). Όμως σε αυτό το στάδιο κρίνεται πιο σημαντικό να εξεταστεί αν με αυτή την προσέγγιση πετυχαίνεται η πλήρης κάλυψη του αρχείου μέτρησης από τα δεδομένα του μόνιμου δέκτη. Τα αποτελέσματα από τη διόρθωση των μετρήσεων είναι ικανοποιητικά γιατί για πρώτη φορά υπήρξε πλήρης κάλυψη.

Τα μετρημένα στοιχεία πριν και μετά τη μετεπεξεργασία τους από το λογισμικό γραφείο παρουσιάζονται στα σχήματα 4.16 και 4.17.



Σχήμα 4.16: Τα μετρημένα στοιχεία με το φορητό δέκτη GeoXT στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών



Σχήμα 4.17: Τα διορθωμένα στοιχεία από τις μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών

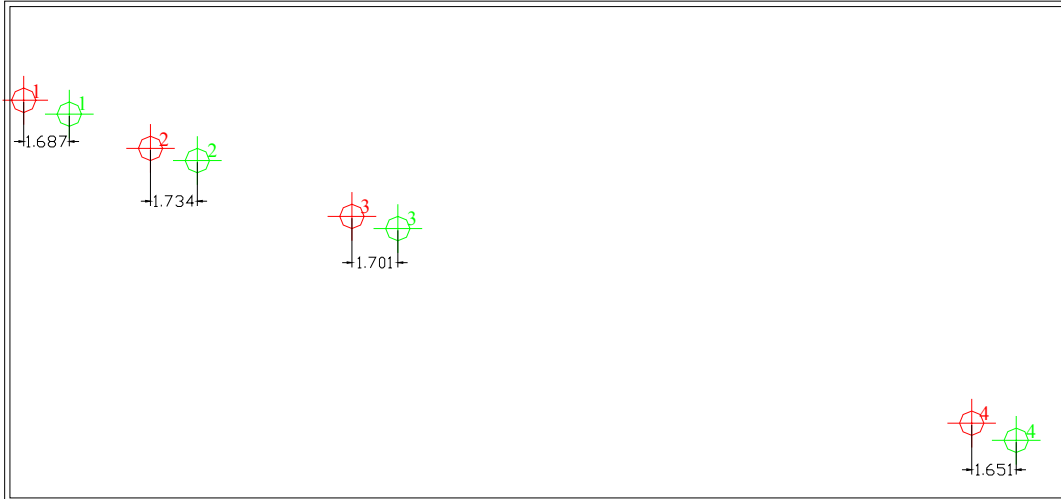
Όλα τα σημεία που μετρήθηκαν διορθώθηκαν τελικά, πετυχαίνοντας τις παρακάτω αβεβαιότητες:

- Η ακρίβεια μέτρησης του 20.6% των σημείων κυμαίνεται από 0-15 cm.
- Η ακρίβεια μέτρησης του 78.7% των σημείων κυμαίνεται από 30-50 cm.

- Η ακρίβεια μέτρησης του 0.7% των σημείων κυμαίνεται από 0.5-1 m.

Παρατηρούμε ότι η γραμμή είναι πιο ομαλή μετά τη μετεπεξεργασία σε σχέση με αυτή που μετρήθηκε.

Επίσης η θέση των σημείων πριν και μετά τη διόρθωση τους καθώς και η μεταξύ τους απόστασή απεικονίζεται στο σχήμα 4.18.



*Σχήμα 4.18: Αποστάσεις των μετρημένων σημείων πριν και μετά τη διόρθωσή τους από το λογισμικό γραφείου*

Υπενθυμίζεται ότι στις δύο προηγούμενες πειραματικές διαδικασίες υπήρξε 0% και 19% κάλυψη αντίστοιχα.

Η βασική διαφορά ανάμεσα στις προηγούμενες διαδικασίες και σε αυτή όπου επιτυγχάνεται η πλήρης κάλυψη του αρχείου μέτρησης με τα δεδομένα του μόνιμου δέκτη, είναι η απόσταση του σταθμού αναφοράς (Geotech, Heros) ή του δέκτη Trimble 5800 από την περιοχή αποτύπωσης με τον φορητό δέκτη GeoXT.

Επομένως σε αυτή τη διαδικασία θεωρήθηκε αρχικά ότι η επιτυχής κάλυψη οφείλεται στην κοντινή απόσταση του δέκτη Trimble 5800 από την περιοχή της αποτύπωσης.

Ωστόσο όπως αναφέρεται και στο δικτυακό τόπο [3] η μετεπεξεργασία των μετρήσεων που έχουν μετρηθεί μόνο με φάση φέροντος κύματος, είναι επιτυχής όταν η απόσταση του σταθμού αναφοράς από την περιοχή αποτύπωσης είναι μικρότερη από 75km και κυρίως κατά προτίμηση κάτω από 50km.

Οι σταθμοί αναφοράς της εταιρείας Geotech και του Heros απέχουν από την περιοχή της αποτύπωσης περίπου 13km και 4km αντίστοιχα. Επομένως η απόσταση δεν αποτελεί αιτία για την αποτυχία της μετεπεξεργασίας. Πιθανόν να οφείλεται στο χρόνο παραμονής για τη

μέτρηση του κάθε σημείου σε συνάρτηση με τις δυσκολίες που παρουσιάζει ο χώρος.

### 4.3 Μέτρηση πολυγωνομετρικών σημείων

Επιπλέον έγινε μέτρηση πολυγωνομετρικών σημείων με το δέκτη GeoXT για τον έλεγχο της ορθότητας των αποτελεσμάτων.

Στον περιβάλλοντα χώρο της εταιρείας Geotech υπάρχουν υλοποιημένες στάσεις οι οποίες έχουν ήδη μετρηθεί με τη μέθοδο RTK (Real Time Kinematic). Οι συντεταγμένες των στάσεων έχουν προσδιοριστεί με μικρή αβεβαιότητα της τάξης  $\pm 0.005\text{m}$ .

Αφού είναι γνωστές με μικρή αβεβαιότητα οι συντεταγμένες των στάσεων, μετρούνται εκ νέου χρησιμοποιώντας το δέκτη GeoXT για να διαπιστωθεί η ορθότητα των μετρήσεων.

Έχει προηγηθεί η τοποθέτηση του δέκτη (Trimble 5800) στο βάθρο της εταιρείας Geotech καθώς και η εισαγωγή των συντεταγμένων του βάθρου στο χειριστήριο. Η εισαγωγή των συντεταγμένων του καθώς και ο προσδιορισμός των στάσεων υλοποιήθηκε στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87.

Ύστερα από τη διεξαγωγή των μετρήσεων στις πέντε στάσεις με το δέκτη GeoXT και με την κεραία hurricane ακολούθησε η μετεπεξεργασία των μετρήσεων από το λογισμικό γραφείου.

Από τα αποτελέσματα της διαδικασίας διόρθωσης επισημαίνεται ότι υπήρξε πλήρης κάλυψη των αρχείων μέτρησης από τα δεδομένα του δέκτη.

#### 4.3.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται:

- οι συντεταγμένες που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο RTK
- οι συντεταγμένες που προσδιορίστηκαν με το δέκτη GeoXT και έχουν διορθωθεί από το λογισμικό γραφείου
- οι διαφορές τους κατά  $\Delta x$ ,  $\Delta y$
- η μεταξύ τους απόσταση

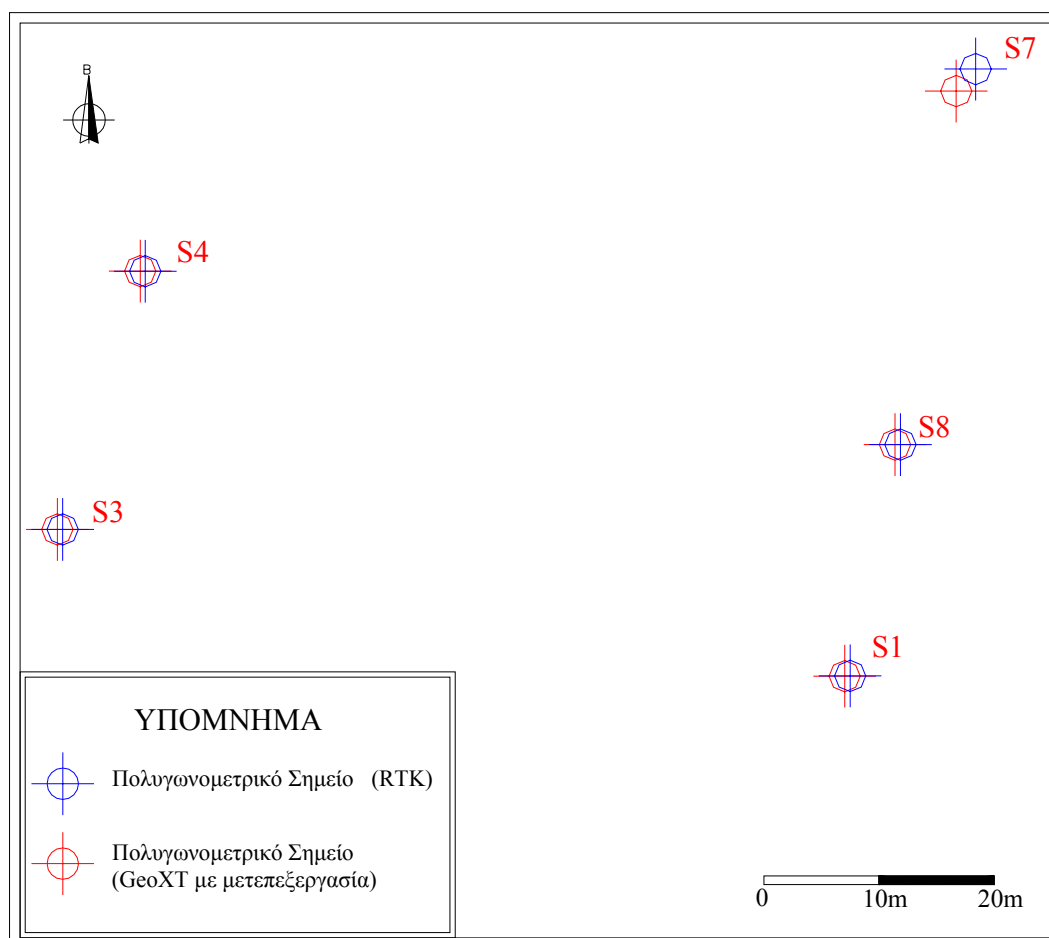
Από το μικρό αυτό πείραμα προκύπτουν τα εξής:

- Στη στάση S7 οι διαφορές κατά  $\Delta x$  και  $\Delta y$  είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με τις υπόλοιπες στάσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επισήμανση της στάσης S7 με καρφί έχει χαθεί με αποτέλεσμα την

εισαγωγή σφάλματος εξαιτίας της λανθασμένης τοποθέτησης του δέκτη.

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ Herpos							
ΣΤΑΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ RTK		ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (GPS Pathfinder Office)		ΔΙΑΦΟΡΕΣ		ΑΠΟΣΤΑΣΗ
	x	y	x	y	$\Delta x$	$\Delta y$	
S1	486382,4	4208046,52	486381,9	4208046,49	0,527	0,024	0,53
S3	486307,0	4208060,52	486306,5	4208060,53	0,509	-0,010	0,51
S4	486314,9	4208085,21	486314,4	4208085,23	0,486	-0,019	0,49
S7	486394,4	4208104,54	486392,6	4208102,44	1,866	2,106	2,81
S8	486387,2	4208068,64	486386,7	4208068,63	0,515	0,003	0,52

Πίνακας 4.2: Υπολογισμός αποστάσεων μεταξύ των στάσεων που προσδιορίζονται με το φορητό δέκτη GeoXT (με μετεπεξεργασία) και με τη μέθοδο RTK



Σχήμα 4.19: Σύγκριση πολυγωνομετρικών σημείων μετρημένων με το φορητό δέκτη GeoXT μετά τη διόρθωσή τους και με τη μέθοδο RTK

- Οι διαφορές κατά  $\Delta x$  είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις  $\Delta y$ . Αυτό σημαίνει ότι η αβεβαιότητα μέτρησης των τεταγμένων των σημείων με το δέκτη GeoXT είναι μικρότερη. Ειδικότερα, η αβεβαιότητα μέτρησης των τετμημένων των σημείων είναι της τάξης του 0.5 m, ενώ της τεταγμένης της τάξης του 0.015 m.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΕΦΑΡΜΟΓΗ

#### 5.1 Γενικά

Αντικείμενο της εφαρμογής που επιχειρήθηκε αποτελεί η αποτύπωση του κύριου δρόμου στο τοπογραφικό διάγραμμα της Πολυτεχνειούπολης με το φορητό δέκτη GeoXT.

Συγκεκριμένα σε αυτό το στάδιο της εργασίας η ενημέρωση ενός τοπογραφικού διαγράμματος θεωρήθηκε σημαντική διότι εφαρμόζεται όλη η γνώση και τα συμπεράσματα από τη μελέτη που προηγήθηκε σε ένα πραγματικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ένας τοπογράφος μηχανικός πολύ συχνά στην εργασία του.

#### 5.2 Αποτύπωση του κύριου δρόμου της Πολυτεχνειούπολης

Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζεται το τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής που βρίσκεται κοντά στη Σχολή των Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνειούπολης.

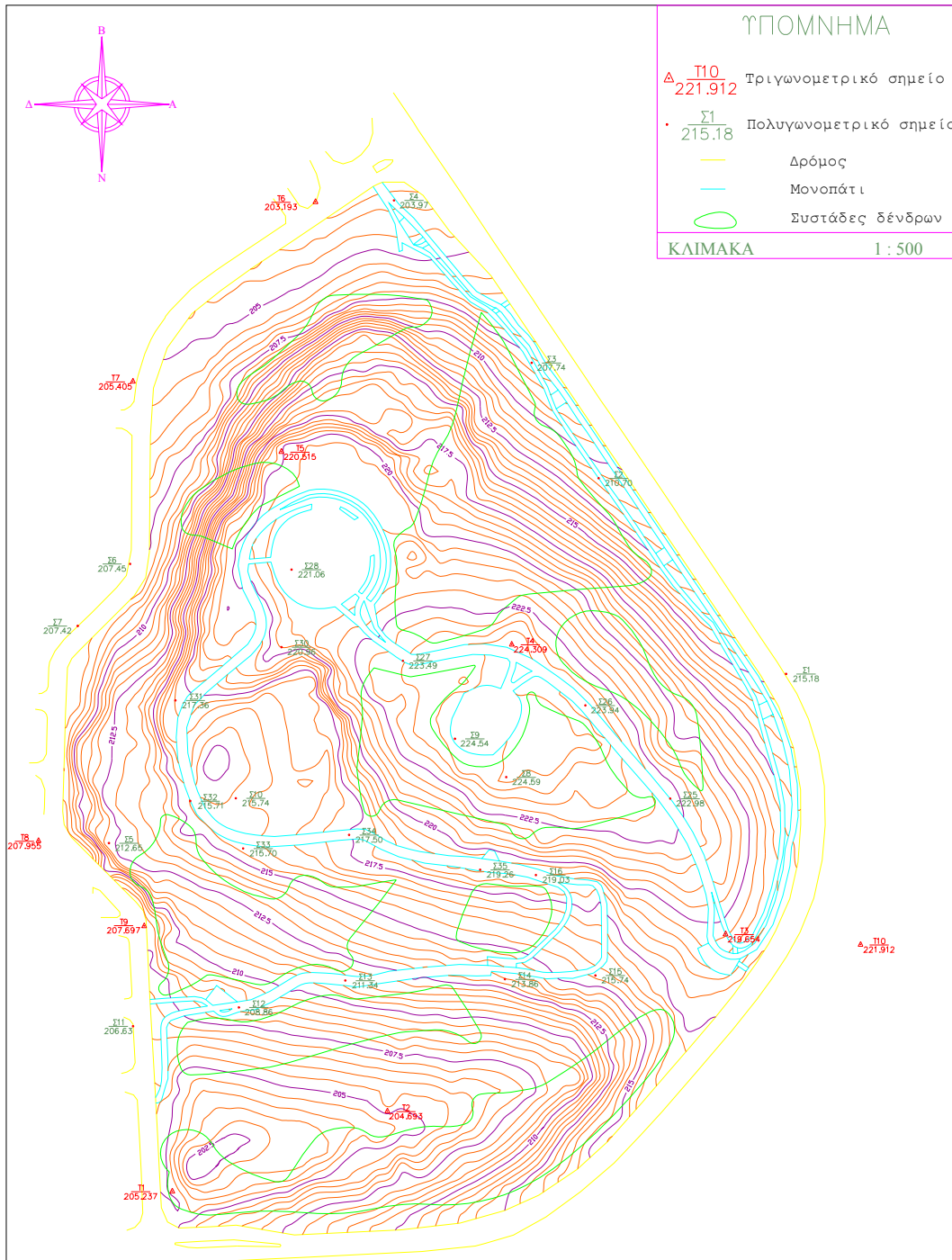
##### ➤ Στόχος

Κοντά στη σχολή των Χημικών Μηχανικών έχει προηγηθεί η αποτύπωση του λόφου και του δρόμου που τον περιβάλλει. Ειδικότερα ο δρόμος έχει αποτυπωθεί με τη μέθοδο Real Time Kinematic (RTK). Στόχος είναι να μετρηθεί τόσο ο ίδιος δρόμος όσο και τα πολυγωνομετρικά σημεία με το φορητό δέκτη GeoXT.

##### ➤ Διαδικασία μετρήσεων

Για την εκτέλεση των μετρήσεων εκτός από το φορητό δέκτη GeoXT με την κεραία hurricane, χρησιμοποιήθηκε ο δέκτης Trimble 5800 που τοποθετήθηκε στο βάθρο του κτιρίου Λαμπαδαρίου.

Ο δέκτης Trimble 5800 τοποθετείται στο βάθρο και στο χειριστήριο εισάγονται οι συντεταγμένες του τριγωνομετρικού σημείου στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87. Ο δέκτης λειτουργεί συλλέγοντας δεδομένα από τους δορυφόρους σε όλο το χρονικό διάστημα πραγματοποίησης των μετρήσεων με το δέκτη GeoXT.



Σχήμα 5.1: Τοπογραφικό διάγραμμα περιοχής Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

Στο φορητό δέκτη πραγματοποιούνται μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος (carrier) με σκοπό τη μετεπεξεργασία τους από τα δεδομένα του σταθερού δέκτη. Οι μετρήσεις αφορούν στο δρόμο που περιβάλλει το λόφο καθώς και στα πολυγωνομετρικά σημεία που έχουν τοποθετηθεί στην περιοχή αποτύπωσης στο παρελθόν .

Στην έναρξη της διαδικασίας μέτρησης, επειδή πραγματοποιούνται μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος, είναι απαραίτητη η καταγραφή θέσεων από το δέκτη GeoXT για το χρονικό διάστημα των δέκα λεπτών προκειμένου να επιλυθούν οι ασάφειες φάσης.

Κατά τη διάρκεια της συλλογής των μετρήσεων, εξαιτίας της ύπαρξης δέντρων κατά μήκος της δεξιάς και αριστερής οριογραμμής του δρόμου, ανιχνεύονται λιγότεροι από τέσσερις δορυφόροι με αποτέλεσμα το σήμα να χάνεται συνεχώς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μηδενίζεται και ο χρόνος φάσης.

Για την επίτευξη της μικρότερης αβεβαιότητας από τη διαδικασία της μετεπεξεργασίας, είναι απαραίτητο κάθε φορά που χάνεται το σήμα και μηδενίζεται ο χρόνος φάσης να συλλέγονται εκ νέου μετρήσεις για δέκα λεπτά και να επιλύονται ξανά οι ασάφειες. Αυτό όμως είναι πολύ χρονοβόρο και για αυτό το λόγο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δεν τηρήθηκε η παραπάνω διαδικασία.

#### ➤ Μετεπεξεργασία δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται στο πεδίο μπορεί να γίνει:

1. Στο πεδίο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, διαδικασία που παρέχει άμεσα αποτελέσματα (Real Time).
2. Στο γραφείο, αφού έχουν ολοκληρωθεί οι μετρήσεις με τη χρήση του λογισμικού GPS Pathfinder Office.

Επιλέγεται ο δεύτερος τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων χρησιμοποιώντας ως αρχείο επίλυσης τα δεδομένα που συλλέγονται από το δέκτη Trimble 5800.

Αναφέρεται ότι υπάρχει πλήρης κάλυψη μεταξύ των αρχείων μέτρησης και δεδομένων του δέκτη γεγονός που δηλώνει και τη λειτουργία του δέκτη σε όλη τη διάρκεια εκτέλεσης των μετρήσεων.

Από την μετεπεξεργασία μόνο των σημείων που μετρήθηκαν με φάση φέροντος κύματος προκύπτουν τα παρακάτω:

- ✓ Διορθώθηκαν σημεία σε ποσοστό 62.7%
- ✓ Οι εκτιμώμενες αβεβαιότητες των σημείων που διορθώθηκαν με φάση είναι:

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
0 - 15 cm	99.7
15 - 30 cm	0.2
30 - 50 cm	0.1
0.5 - 1 m	-
1 - 2 m	-
2 - 5 m	-
>5 m	0.1

*Πίνακας 5.1: Αβεβαιότητες αποκλειστικά των σημείων που διορθώθηκαν με φάση φέροντος κύματος*

Από την επεξεργασία των σημείων που μετρήθηκαν με κώδικα και με φάση φέροντος κύματος προκύπτουν τα παρακάτω:

- ✓ Διορθώθηκαν σημεία που μετρήθηκαν με κώδικα σε ποσοστό 100%
- ✓ Οι εκτιμώμενες αβεβαιότητες των σημείων που διορθώθηκαν με κώδικα είναι:

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
0 - 15 cm	33.2
15 - 30 cm	0.1
30 - 50 cm	25.2
0.5 - 1 m	34.6
1 - 2 m	6.4
2 - 5 m	0.4
>5 m	0.0

*Πίνακας 5.2: Αβεβαιότητες των σημείων που διορθώθηκαν με κώδικα και φάση φέροντος κύματος*

### 5.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Στο διάγραμμα του σχήματος 5.2 απεικονίζεται ο δρόμος και τα πολυγωνομετρικά σημεία

- με τη μέθοδο RTK
- στο πεδίο σε πραγματικό χρόνο (Real Time)

- μετά τη μετεπεξεργασία τους από το λογισμικό γραφείου

➤ Σύγκριση των πολυγωνομετρικών σημείων (σημεία της όδευσης)

Στον πίνακα 5.3 υπολογίζονται οι διαφορές ανάμεσα:

- στα σημεία που προσδιορίζονται με τη μέθοδο RTK και των αντίστοιχων που μετρούνται με το φορητό δέκτη GeoXT στο πεδίο σε πραγματικό χρόνο
- στα σημεία που προσδιορίζονται με τη μέθοδο RTK και των αντίστοιχων που μετρούνται με το φορητό δέκτη GeoXT και τελικά μετεπεξεργάζονται από το λογισμικό γραφείου

	Διαφορές συντεταγμένων GeoXT (Real Time) – RTK (m)	Διαφορές συντεταγμένων GeoXT (με μετεπεξεργασία) – RTK (m)
T7	4.3056	2.2997
S1	2.1437	2.2952
S6	2.0945	2.3273
S7	2.0772	2.3269
S11	1.9339	2.3769

*Πίνακας 5.3: Σύγκριση συντεταγμένων των πολυγωνομετρικών σημείων πριν και μετά τη διόρθωση τους από τις αντίστοιχες της μεθόδου RTK*

Από τους υπολογισμούς προκύπτει όλα τα πολυγωνομετρικά σημεία με εξαίρεση το T7 που μετρούνται με το φορητό δέκτη στο πεδίο σε πραγματικό χρόνο, διαφέρουν λιγότερο από τα αντίστοιχα που προσδιορίζονται με τη μέθοδο RTK.

➤ Σύγκριση των σημείων του δρόμου με τη μέθοδο RTK και με το φορητό δέκτη GeoXT (με μετεπεξεργασία)

Η θέση της δεξιάς οριογραμμή του δρόμου με μετεπεξεργασία είναι πολύ κοντά στο μεγαλύτερο τμήμα της αντίστοιχης που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK.

Συγκεκριμένα οι μεταξύ τους αποστάσεις κυμαίνονται από 0.04m – 0.54m.

Ωστόσο στο πάνω τμήμα του δρόμου οι αποστάσεις είναι πολύ μεγαλύτερες (της τάξης των 9m). Αυτή η μεγάλη διαφορά πιθανότατα να οφείλεται στην ύπαρξη δένδρων στο συγκεκριμένο τμήμα του δρόμου με

αποτέλεσμα ο αριθμός των δορυφόρων να μην είναι ικανοποιητικός για την επίτευξη καλύτερων μετρήσεων με μικρότερη αβεβαιότητα.

Οι αποστάσεις μεταξύ της αριστερής οριογραμμής του δρόμου και της αντίστοιχης που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK κυμαίνονται από 0.05m – 2.2m. Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις παρατηρούνται στην αριστερή στροφή του δρόμου.

➤ Σύγκριση των σημείων του δρόμου με τη μέθοδο RTK και με το φορητό δέκτη GeoXT (σε πραγματικό χρόνο)

Οι αποστάσεις μεταξύ της αριστερής οριογραμμής του δρόμου και της αντίστοιχης που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK κυμαίνεται περίπου από 0.12m - 5m. Μόνο σε ένα μικρό τμήμα της αριστερής στροφής, η αριστερή οριογραμμή προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την οριογραμμή που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK.

Οι αποστάσεις μεταξύ της δεξιάς οριογραμμής του δρόμου και της αντίστοιχης που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK κυμαίνεται περίπου από 0.02m - 0.6m. Παρατηρούμε ότι μετά το τέλος της στροφής η δεξιά οριογραμμή προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την αντίστοιχη που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι η θέση και η γεωμετρία του δρόμου με τη μέθοδο RTK προσεγγίζεται καλύτερα από τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται με το φορητό δέκτη GeoXT και οι οποίες τελικά επεξεργάζονται από το λογισμικό γραφείου. Εξαιρέση αποτελεί το βόρειο τμήμα του δρόμου όπου η απόκλιση του διορθωμένου δρόμου από τον αντίστοιχο που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK είναι πολύ μεγάλη (περίπου 9m).

➤ Σύγκριση των δύο μεθόδων αποτύπωσης που παρέχει ο GeoXT

Η αποτύπωση της δεξιάς και αριστερής οριογραμμής του δρόμου έγινε με δύο τρόπους.

Ο πρώτος αφορά στο σχεδιασμό του δρόμου που προκύπτει ενώνοντας τα σημεία που ανήκουν σε αυτόν και έχουν μετρηθεί με το φορητό δέκτη GeoXT. Με αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιείται ως στοιχείο μέτρησης το σημείο.

Ο δεύτερος τρόπος αφορά στην αποτύπωση της δεξιάς και της αριστερής οριογραμμής του δρόμου χρησιμοποιώντας ως στοιχείο μέτρησης τη γραμμή.



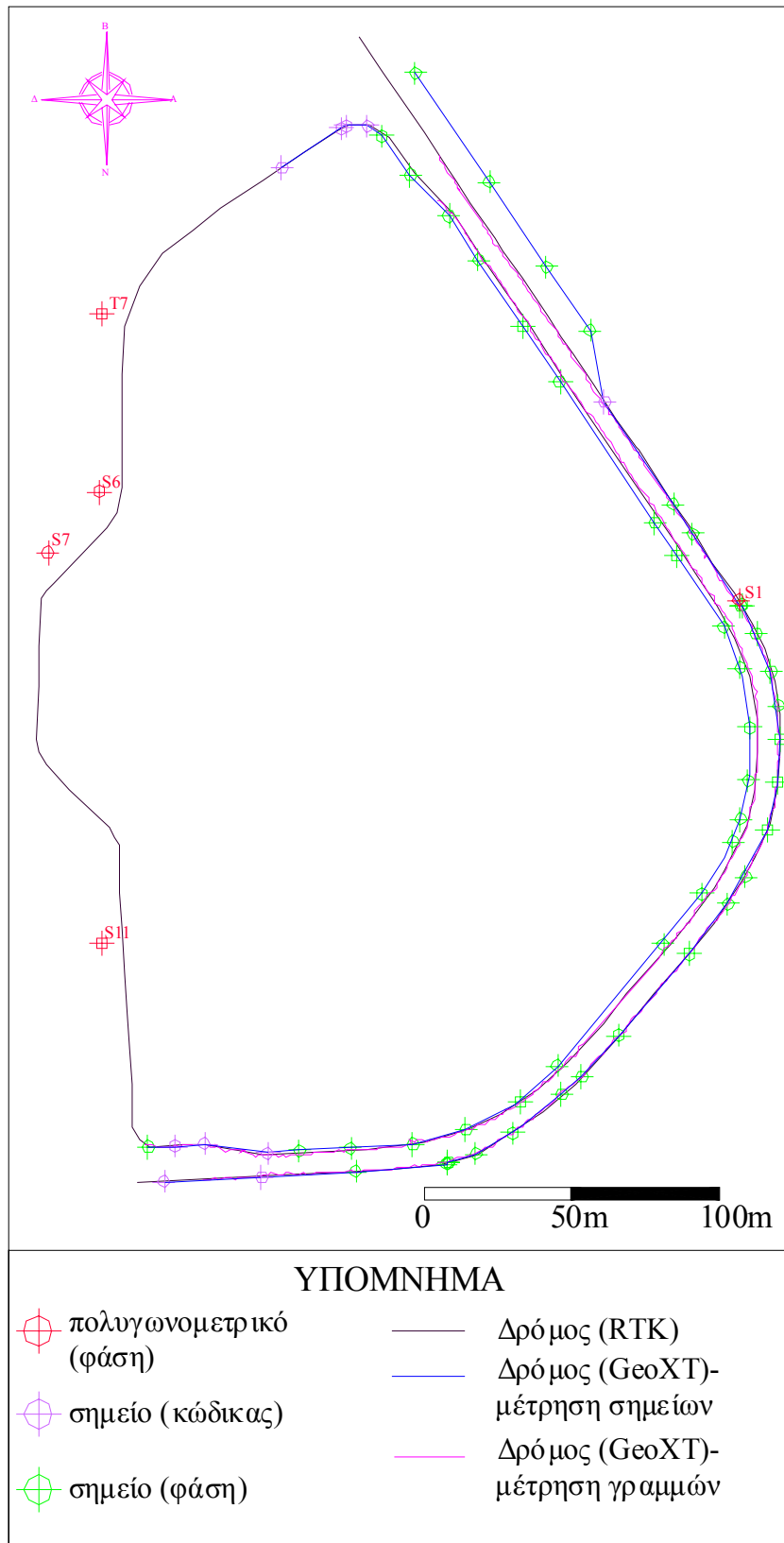
Σχήμα 5.2: Αποτύπωση του δρόμου και των πολυγωνομετρικών σημείων πριν και μετά τη διόρθωση από το λογισμικό γραφείου – Σύγκριση με τη μέθοδο μέτρησης RTK

Η διαφορά ανάμεσα στους δύο τρόπους είναι ότι στον δεύτερο τρόπο μετρούνται μόνο δύο χαρακτηριστικά (δεξιά και αριστερή οριογραμμή του δρόμου) ενώ στον πρώτο μετρούνται πολλά χαρακτηριστικά (σημεία) προκειμένου να αποδοθεί η σωστή γεωμετρία του.

Τα αποτελέσματα της αποτύπωσης του δρόμου με τους δύο τρόπους, η σύγκρισή τους καθώς και η σύγκριση τους με τον δρόμο που έχει αποτυπωθεί με τη μέθοδο RTK, απεικονίζονται στο διάγραμμα του σχήματος 5.3.

Παρατηρούμε ότι η αποτύπωση που προέρχεται από την ένωση των μετρημένων σημείων αποδίδει πολύ ικανοποιητικά τη γεωμετρία του δρόμου. Αντίθετα, η αποτύπωση του δρόμου με τις δύο γραμμές δεν είναι καθόλου ικανοποιητική επειδή εμφανίζονται με κυματιστή μορφή.

Επιπρόσθετα στο διάγραμμα διαχωρίζονται τα σημεία που έχουν μετρηθεί και επεξεργαστεί με τη μέθοδο της φάσης και του κώδικα έτσι ώστε όταν επιλέγεται η απόδοση του δρόμου με μεγαλύτερη ακρίβεια να απορρίπτονται όσα σημεία έχουν μετρηθεί με κώδικα και ανήκουν σε αυτόν.



Σχήμα 5.3: Απόδοση του δρόμου με α) μέτρηση σημείων και β) μέτρηση γραμμών

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1 Συμπεράσματα

Στη διπλωματική αυτή ερευνήθηκαν θέματα που αφορούν στον έλεγχο της αξιοπιστίας των μετρήσεων του φορητού δέκτη του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού, GeoXT και έγινε αξιολόγηση της χρήσης του στην ενημέρωση τοπογραφικών διαγραμμάτων.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας που εκπονήθηκε για κάθε πεδίο, είναι δυνατόν να συναχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

➤ Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του δέκτη έγινε πραγματοποιώντας μετρήσεις και με τις τρεις κεραίες στα τριγωνομετρικά σημεία της Πολυτεχνειούπολης.

Σε αυτή τη διαδικασία, η επεξεργασία των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις οδήγησε στη δημιουργία των εξής δύο τύπων διαγραμμάτων:

α) των διαφορών των συντεταγμένων όπως προσδιορίζονται με το φορητό δέκτη από τις αντίστοιχες ορθές ( $\Delta\varphi, \Delta\lambda, \Delta h$ ), σε κάθε τριγωνομετρικό σημείο ως συνάρτηση της ημέρας παρατήρησης και με τις τρεις κεραίες (ενσωματωμένη κεραία, κεραία patch, κεραία hurricane)

β) των διαφορών των συντεταγμένων όπως προσδιορίζονται με το φορητό δέκτη με τις τρεις κεραίες από τις αντίστοιχες ορθές

Σημειώνεται ότι τα παρακάτω συμπεράσματα προέρχονται από την πραγματοποίηση μετρήσεων με **κώδικα**.

1) Η χρησιμοποίηση του φορητού δέκτη GeoXT στον προσδιορισμό θέσης, παρουσιάζει μεγάλο εύρος αβεβαιότητας, που όπως έχει διαπιστωθεί και σε έρευνες διεθνώς έχει και ποικιλία τιμών.

2) Μετρώντας με τις τρεις κεραίες του δέκτη GeoXT, οι διαφορές των τιμών  $\varphi, \lambda$  από τις «ορθές» δεν βρίσκονται όλες εντός των αντίστοιχων ορίων της αβεβαιότητας που φέρει από την κατασκευή της ο δέκτης GeoXT.

Ειδικότερα τα ποσοστά των διαφορών  $\Delta\phi$  και  $\Delta\lambda$  που βρίσκονται εντός της αβεβαιότητας των μετρήσεων του δέκτη για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι:

- 76% με την κεραία hurricane
- 70% με την ενσωματωμένη κεραία
- 76% με την κεραία patch

- 3) Οι διακυμάνσεις στις διαφορές  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$  εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους και είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν. Ο προσδιορισμός μιας μέσης τιμής των  $\Delta\phi$ ,  $\Delta\lambda$  μπορεί να διορθώσει κατά ένα μέρος τις παρεχόμενες τιμές των  $\phi$ ,  $\lambda$  και να ελαχιστοποιήσει την αβεβαιότητα προσδιορισμού, όχι όμως να την εξαλείψει. Ο προσδιορισμός αυτός απαιτεί μεγαλύτερο πλήθος παρατηρήσεων.
- 4) Σε όλα τα τριγωνομετρικά σημεία εκτός της Ναυπηγικής και των Χημικών Μηχανικών (όπου δεν ήταν δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων με την κεραία hurricane), οι διαφορές  $\Delta\phi$  και  $\Delta\lambda$  των συντεταγμένων που προσδιορίζονται με το φορητό δέκτη GeoXT χρησιμοποιώντας την κεραία hurricane από τις αντίστοιχες «ορθές», είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες που δίνει ο δέκτης με την ενσωματωμένη κεραία ή με την κεραία patch.
- 5) Από τα διαγράμματα μεταβολής των  $\Delta\phi$  και  $\Delta\lambda$ , η μετρητική συμπεριφορά του φορητού δέκτη χρησιμοποιώντας την κεραία hurricane, διαπιστώνεται ομοιόμορφη τόσο στον προσδιορισμό του πλάτους  $\phi$  όσο και στον προσδιορισμό του μήκους  $\lambda$ .
- 6) **Η τυπική απόκλιση** (αποτελεί μέτρο της διασποράς των τιμών σε σχέση με τη μέση τιμή) που ταυτόχρονα αποτελεί και την αβεβαιότητα προσδιορισμού των μετρημένων σημείων από το δέκτη GeoXT χρησιμοποιώντας και τις τρεις κεραίες, είναι:

Για τις τιμές  $\Delta\phi$

$\sigma_{\text{Ενσωματωμένη}} = \pm 0.59m$
$\sigma_{\text{Patch}} = \pm 1.05m$
$\sigma_{\text{Hurricane}} = \pm 0.28m$

Για τις τιμές  $\Delta\lambda$

$\sigma_{\text{Ενσωματωμένη}} = \pm 0.90m$
$\sigma_{\text{Patch}} = \pm 1.36m$
$\sigma_{\text{Hurricane}} = \pm 0.43m$

Για τις τιμές  $\Delta h$

$\sigma_{\text{Ενσωματωμένη}} = \pm 0.88m$
$\sigma_{\text{Patch}} = \pm 2.24m$
$\sigma_{\text{Hurricane}} = \pm 0.39m$

Με την κεραία hurricane, οι θέσεις προσδιορίζονται με μικρότερη αβεβαιότητα. Ακολουθεί η ενσωματωμένη κεραία και στο τέλος η κεραία patch.

**Το εύρος** (μέγιστη και ελάχιστη τιμή των τιμών) για τις τρεις κεραίες είναι:

Για τις τιμές  $\Delta\phi$ :

- Ενσωματωμένη κεραία: (-2.04)m – (+1.50)m
- Κεραία patch: (-2.95)m – (+2.75)m
- Κεραία hurricane: (-0.92)m – (+0.17)m

Για τις τιμές  $\Delta\lambda$ :

- Ενσωματωμένη κεραία: (-4.41)m – (+0.45)m
- Κεραία patch: (-4.68)m – (+2.60)m
- Κεραία hurricane: (-1.40)m – (+0.02)m

Για τις τιμές  $\Delta h$ :

- Ενσωματωμένη κεραία: (-32.97)m – (-28.24)m
- Κεραία patch: (-38.16)m – (-28.43)m
- Κεραία hurricane: (-31.66)m – (-30.50)m

7) Ανεξάρτητα του τρόπου μέτρησης, η αβεβαιότητα προσδιορισμού του μήκους  $\lambda$  είναι σχεδόν διπλάσια της αβεβαιότητας του πλάτους  $\phi$ .

8) Από τα διαγράμματα της μεταβολής του  $\Delta h$ , προκύπτει ότι η μετρητική συμπεριφορά του φορητού δέκτη με την κεραία hurricane παρουσιάζεται ομοιόμορφη στον προσδιορισμό του υψομέτρου σε σχέση με τις άλλες κεραίες.

- Όσον αφορά στις μετρήσεις με το φορητό δέκτη GeoXT σε σημεία όπου έχει προηγηθεί ο προσδιορισμός τους με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό, αυτές πραγματοποιούνται με **κώδικα** στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών.

Από τις συνθήκες της διαδικασίας μέτρησης προκύπτουν:

- 1) Απαραίτητη προϋπόθεση στη διεξαγωγή μετρήσεων είτε με κώδικα είτε με φάση φέροντος κύματος αποτελεί η εξασφάλιση καλής ορατότητας που μεταφράζεται σε ανίχνευση τουλάχιστον τεσσάρων δορυφόρων από το δέκτη.
  - 2) Διαπιστώθηκε ότι δεν είναι δυνατή η συλλογή μετρήσεων σε περιοχές που περιβάλλονται από δέντρα, που βρίσκονται ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα κτίρια ή στα ίδια τα κτίρια.
- Η γεωμετρία των δορυφόρων καθορίζει τη συνολική ποιότητα των θέσεων που υπολογίζονται με κώδικα ή φάση.
    - 1) Η ποιότητα στον προσδιορισμό της θέσης του δέκτη είναι συνάρτηση της γεωμετρίας των ορατών δορυφόρων.  
Ο όρος γεωμετρία αναφέρεται στο τρόπο που κατανέμονται οι δορυφόροι τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με τον δέκτη.  
Στην περίπτωση που οι δορυφόροι είναι σωστά κατανεμημένοι καλύπτοντας ένα μεγάλο τμήμα του ουρανού, ο δέκτης υπολογίζει ακριβείς θέσεις και η τρέχουσα τιμή της ποιότητας είναι μεγάλη. Αντίθετα, όταν οι δορυφόροι είναι συγκεντρωμένοι στην ουράνια σφαίρα, τόσο η αβεβαιότητα υπολογισμού των θέσεων όσο και η τρέχουσα τιμή της ποιότητας μειώνεται.
    - 2) Για να εξασφαλιστεί ο συνδυασμός καλύτερης δυνατής αβεβαιότητας και ικανοποιητικού αριθμού δορυφόρων στον προσδιορισμό θέσεων, η τιμή του μέτρου της γεωμετρικής ακρίβειας καθορίζεται ενδιάμεσα στην επιλογή της μέγιστης παραγωγικότητας των δορυφόρων και της ελάχιστης αβεβαιότητας (PDOP=6).
  - Από τη μέτρηση στοιχείων με φάση φέροντος κύματος, τη χρήση των μόνιμων σταθμών αναφοράς της εταιρείας Geotech και του Heros και την αξιοποίηση των δεδομένων τους στη διαδικασία της μετεπεξεργασίας, εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα.

Υπενθυμίζεται ότι οι μετρήσεις έγιναν στον περιβάλλοντα χώρο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών και τα διαγράμματα των αποτυπώσεων προκύπτουν από τη διαδικασία της μετεπεξεργασίας όπου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των σταθμών αναφοράς Geotech και Heros.

- 1) Τα μετρημένα με κώδικα ή φάση στοιχεία όταν επεξεργάζονται σε **πραγματικό χρόνο** στο πεδίο (Real time), δεν αποδίδονται ορθά ως προς τη γεωμετρία και την ακρίβεια θέσης τους. Αυτό αποδεικνύεται τόσο στις αποτυπώσεις στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών όπου η αβεβαιότητα των μετρημένων σημείων κυμαίνεται σε 3m - 9m όσο και στις αποτυπώσεις στον περιβάλλοντα χώρο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών όπου κάποια χαρακτηριστικά (παρτέρι, φρεάτιο) αποτυπώνονται παραμορφωμένα και όχι με το πραγματικό γεωμετρικό τους σχήμα.
- 2) Σύμφωνα με τον οδηγό χρήσης του δέκτη, ο προσδιορισμός θέσεων με αβεβαιότητα της τάξης μερικών εκατοστών επιτυγχάνεται με **μετεπεξεργασία** των μετρήσεων από το λογισμικό γραφείου.

Ειδικότερα:

Μετεπεξεργασία	Αβεβαιότητα
Με μετρήσεις κώδικα	< 1 m
Με μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος	Ανίχνευση δορυφόρων για 5 λεπτά: 30 cm
	Ανίχνευση δορυφόρων για 10 λεπτά: 20 cm
	Ανίχνευση δορυφόρων για 20 λεπτά: 10 cm
	Ανίχνευση δορυφόρων για 45 λεπτά: 1 cm

Απαραίτητη προϋπόθεση στη συλλογή μετρήσεων με **φάση φέροντος κύματος** αποτελεί η συγκέντρωση επαρκών μετρήσεων για την επίλυση των ασαφειών φάσης.

Ο όρος επαρκείς μετρήσεις συνδέεται με την καταγραφή δεδομένων από τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους για το «ελάχιστο χρονικό διάστημα» που έχει καθοριστεί και είναι δέκα λεπτά για το συγκεκριμένο δέκτη.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται με φάση φέροντος κύματος αποθηκεύονται σε μια σειρά από δεδομένα (blocks). Η ύπαρξη των σειρών δεδομένων εξαρτάται από τον αριθμό των δορυφόρων που ανιχνεύονται από το δέκτη.

Έτσι λοιπόν κάθε σειρά δεδομένων αρχίζει όταν ανιχνεύονται τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι και τελειώνει όταν ο αριθμός αυτών είναι μικρότερος από τους ελάχιστους απαιτούμενους (τέσσερις).

Στην περίπτωση που ανιχνεύονται τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι για τουλάχιστον δέκα λεπτά, τότε στα δεδομένα που περιέχονται στο μπλοκ εξασφαλίζεται η αναμενόμενη ακρίβεια προσδιορισμού τους.

Αν όμως κάποια χρονική στιγμή ο αριθμός των δορυφόρων γίνει μικρότερος από τέσσερις και κατόπιν ο δέκτης εντοπίσει ικανοποιητικό αριθμό δορυφόρων για χρονικό διάστημα μικρότερο από δέκα λεπτά, τότε οι μετρήσεις που εμπεριέχονται σε αυτό το μπλοκ έχουν μεγαλύτερη αβεβαιότητα από την αναμενόμενη.

Αντίθετα στις μετρήσεις με **κώδικα** δεν ισχύει το ελάχιστο χρονικό διάστημα συγκέντρωσης επαρκών μετρήσεων.

Έτσι δικαιολογούνται και οι διαφορές στην αβεβαιότητα προσδιορισμού θέσης με κώδικα και φάση.

3) Ωστόσο τα αποτελέσματα της μετεπεξεργασίας των μετρημένων στοιχείων χρησιμοποιώντας τους μόνιμους σταθμούς αναφοράς α)της εταιρείας Geotech και β)του Heros δεν είναι ικανοποιητικά.

Στην πρώτη περίπτωση δεν υπήρξε κάλυψη μεταξύ των αρχείων μέτρησης και των δεδομένων του σταθμού αναφοράς με αποτέλεσμα να μην υλοποιηθεί η διαδικασία της μετεπεξεργασίας.

Στην δεύτερη περίπτωση υπήρξε μόνο 19% κάλυψη με αποτέλεσμα να διορθώθηκε ένα πολύ μικρό ποσοστό των μετρημένων σημείων.

- Από τη χρήση ενός σταθερού δέκτη Trimble 5800 στο χώρο της αποτύπωσης και η αξιοποίηση των δεδομένων του στη διαδικασία της μετεπεξεργασίας των μετρημένων στοιχείων (σημεία και γραμμές) με το φορητό δέκτη GeoXT προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα. Υπενθυμίζεται ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον εξωτερικό χώρο της σχολής ΣΑΤΜ

- 1) Η διαδικασία της μετεπεξεργασίας ήταν επιτυχής γιατί υπήρξε 100% κάλυψη του αρχείου των μετρήσεων με τα δεδομένα του μόνιμου δέκτη, σε αντίθεση με τις διαδικασίες της μετεπεξεργασίας όπου χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί αναφοράς της εταιρείας Geotech και του Herpos.
  - 2) Πιθανή αιτία για την αποτυχία της μετεπεξεργασίας στις προηγούμενες πειραματικές διαδικασίες αποτελεί ο χρόνος παραμονής για τη μέτρηση του κάθε σημείου. Σημειώνεται ότι στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία τηρήθηκαν πιστά οι προϋποθέσεις που ισχύουν για τη μέτρηση στοιχείων με φάση φέροντος κύματος.
- Στη διεξαγωγή μετρήσεων στα πολυγωνομετρικά σημεία στον περιβάλλοντα χώρο της εταιρείας Geotech, χρησιμοποιήθηκαν οι συσκευές GeoXT με την κεραία hurricane και Trimble 5800 ως κινητός και ως σταθερός δέκτης αντίστοιχα. Ελέγχεται η ορθότητα του δέκτη GeoXT συγκρίνοντας τις συντεταγμένες των σημείων κατόπιν της μετεπεξεργασίας με τις αντίστοιχες που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο RTK (Real Time Kinematic) και προκύπτει:
- 1) Η χρησιμοποίηση της συσκευής Trimble 5800 ως μόνιμος δέκτης στο χώρο της αποτύπωσης και η μετεπεξεργασία τους από το λογισμικό γραφείου (GPS Pathfinder), συνέβαλλαν σημαντικά στη βελτίωση της γεωμετρίας και της αβεβαιότητας προσδιορισμού θέσης των μετρημένων σημείων.
  - 2) Οι διαφορές στις τιμές των αποστάσεων, μεταξύ των μετρημένων σημείων με το δέκτη GeoXT και με τη μέθοδο RTK είναι της τάξης του 0.5m.
- Πραγματοποιήθηκε η μέτρηση ενός τμήματος του εσωτερικού περιμετρικού δρόμου, στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου κοντά στη Σχολή των Χημικών Μηχανικών, χρησιμοποιώντας τις συσκευές GeoXT και Trimble 5800 ως κινητό και ως σταθερό δέκτη αντίστοιχα.  
Από τη σύγκριση που έγινε ως προς τη θέση και τη γεωμετρία του δρόμου (σε πραγματικό χρόνο και με μετεπεξεργασία) με τα αντίστοιχα στοιχεία όπου έχουν προκύψει με τη μέθοδο RTK προκύπτουν τα συμπεράσματα:

1) Η μετεπεξεργασία των μετρήσεων στα σημεία υλοποιήθηκε δύο φορές.

Σημειώνεται ότι παρόλο που επιλέγεται να μετρηθούν τα σημεία του δρόμου με φάση, κατά τη διαδικασία της μετεπεξεργασίας διαπιστώθηκε ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό των σημείων μετρήθηκε με κώδικα.

Αυτός είναι και ο λόγος που η διαδικασία της μετεπεξεργασίας διεξάγεται για:

- τα σημεία που έχουν μετρηθεί μόνο με φάση απορρίπτοντας εκείνα του κώδικα
- τα σημεία που μετρήθηκαν με κώδικα και φάση.

Στην πρώτη μετεπεξεργασία προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των σημείων αυτών έχει προσδιοριστεί με αβεβαιότητα που κυμαίνεται από  $\pm 0\text{cm}$  -  $\pm 15\text{ cm}$ .

Στη δεύτερη μετεπεξεργασία προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των σημείων αυτών έχει προσδιοριστεί με αβεβαιότητα που κυμαίνεται από  $\pm 0.5\text{m}$  -  $\pm 1\text{ m}$ .

Συμπερασματικά τα σημεία που μετρήθηκαν με φάση έχουν μικρότερη αβεβαιότητα σε σχέση με εκείνα του κώδικα.

2) Συγκρίνοντας την αποτύπωση του κύριου δρόμου πριν και μετά την μετεπεξεργασία του από το λογισμικό γραφείου, παρατηρείται ότι η θέση και η γεωμετρία του δρόμου με τη μέθοδο RTK προσεγγίζεται καλύτερα από τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται με το φορητό δέκτη GeoXT και οι οποίες τελικά επεξεργάζονται στο γραφείο.

Συγκεκριμένα οι αποστάσεις μεταξύ των οριογραμμών του δρόμου από τις αντίστοιχες που έχουν μετρηθεί με τη μέθοδο RTK κυμαίνονται από 0.04m – 0.54m για τη δεξιά, και 0.05m – 2.2m για την αριστερή οριογραμμή. Εξάιρεση αποτελεί το βόρειο τμήμα του δρόμου όπου η απόκλιση δρόμου με μετεπεξεργασία από τον αντίστοιχο που έχει μετρηθεί με τη μέθοδο RTK είναι πολύ μεγάλη (περίπου 9m).

Ως τελικά συμπεράσματα προκύπτουν ότι με τους φορητούς δέκτες GNSS:

- Οι μετρήσεις με κώδικα και τα αποτελέσματα είτε σε πραγματικό χρόνο είτε από μετεπεξεργασία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καμία τοπογραφική εργασία και ούτε φυσικά στην ενημέρωση

διαγραμμάτων, γιατί οι αβεβαιότητες προσδιορισμού της θέσης σημείων είναι της τάξης των  $\pm 6m$  σε πραγματικό χρόνο. Η μετεπεξεργασία ελάχιστα βελτιώνει την ποιότητα των αποτελεσμάτων.

Συγκεκριμένα στις μετρήσεις κώδικα με την κεραία hurricane στον εξωτερικό χώρο της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών, η μέση τιμή των αποκλίσεων των μετρημένων σημείων με το δέκτη GeoXT από τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό είναι 6m.

Συμπερασματικά οι αβεβαιότητες που προκύπτουν από τις μετρήσεις με κώδικα σε περιοχές με περιορισμένη ορατότητα, **δεν είναι** αποδεκτές για ενημέρωση διαγραμμάτων, ιδιαίτερα αυτών που έχουν συνταχθεί σε κλίμακα 1:1000, 1:2000, 1:5000. Η μέθοδος είναι αποδεκτή για χάρτες κλίμακας 1:25000 και μικρότερες (π.χ. τουριστικοί χάρτες) με ποιοτικές πληροφορίες, όπου δεν απαιτούνται μεγάλες ακρίβειες.

- Οι μετρήσεις **με φάση φέροντος κύματος** και τα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο παρέχουν αβεβαιότητες της τάξης των  $\pm 3m$  και επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση διαγραμμάτων κλίμακας εκτύπωσης 1:12000 ή και μικρότερης.

Επιπρόσθετα, αν στις μετρήσεις φάσης με την κεραία hurricane χρησιμοποιηθεί κοντά στο χώρο της αποτύπωσης ένας σταθερός base γεωδαιτικός δέκτης (όπως έγινε στην αποτύπωση του κύριου δρόμου της Πολυτεχνειούπολης) τότε οι αποκλίσεις των μετρημένων σημείων με το δέκτη GeoXT με μετεπεξεργασία και με τη μέθοδο RTK κυμαίνονται από 0.04m - 2.2m με μέση τιμή περίπου 1m.

Συμπερασματικά οι αβεβαιότητες που προκύπτουν από τις μετρήσεις φάσης με μετεπεξεργασία είναι αποδεκτές για τη σύνταξη και ενημέρωση διαγραμμάτων σε κλίμακα εκτύπωσης 1:4000. Πρόκειται για κτηματολογικά διαγράμματα Εθνικού Κτηματολογίου αγροτικών περιοχών, προμελέτες έργων οδοποιίας, υδραυλικών και αρδευτικών.

- Τονίζεται ότι για την επίτευξη της αναμενόμενης αβεβαιότητας με μετεπεξεργασία ( $\pm 20cm$ ) πρέπει να τηρηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο όλες οι προϋποθέσεις που ισχύουν στις μετρήσεις με φάση φέροντος κύματος. Έτσι λοιπόν πρέπει να εξασφαλίζεται ο βέλτιστος γεωμετρικός σχηματισμός μεταξύ δορυφόρων και δέκτη καθώς και παρατηρήσεις για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του ελάχιστα καθορισμένου (10 min). Βέβαια αυτό είναι αδύνατον να εξασφαλιστεί σε αστικές περιοχές αλλά ακόμα και σε ημιαστικές εξαιτίας της ύπαρξης συχνών φυσικών και τεχνικών εμποδίων.

## 6.2 Προτάσεις

Έπειτα από την εκπόνηση της εργασίας και την εξαγωγή των συμπερασμάτων, ακολουθούν οι προτάσεις οι οποίες σχετίζονται με θέματα μελλοντικών μελετών.

- Από το μετρολογικό έλεγχο που έγινε με το δέκτη GeoXT χρησιμοποιώντας και τις τρεις κεραίες στα τριγωνομετρικά σημεία της Πολυτεχνειούπολης, διαπιστώθηκε ότι οι διαφορές των τιμών  $\varphi$ ,  $\lambda$  από τις «ορθές» ( $\Delta\varphi$ ,  $\Delta\lambda$ ), δεν βρίσκονται όλες εντός των αντίστοιχων ορίων της αβεβαιότητας που παρέχει ο δέκτης GeoXT.

Προτείνεται λοιπόν για τον προσδιορισμό της θέσης κάθε σημείου να μετρούνται με το δέκτη οι συντεταγμένες του ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) και στη συνέχεια αυτές να διορθώνονται κατευθείαν από τις διαφορές  $\Delta\varphi$  και  $\Delta\lambda$  όπως αυτές προκύπτουν από το μετρολογικό έλεγχο. Ο δέκτης GeoXT διαθέτει λειτουργικό σύστημα Windows CE όπου θα μπορούσε να συνταχθεί ένα απλό λογισμικό το οποίο θα είναι μόνιμα εγκατεστημένο σε αυτό, και να γίνονται οι διορθώσεις αυτόματα.

- Στην εργασία αυτή, ο μετρολογικός έλεγχος του δέκτη GeoXT πραγματοποιήθηκε με μετρήσεις κώδικα στα τριγωνομετρικά σημεία της Πολυτεχνειούπολης. Ωστόσο κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας διαπιστώθηκε ότι οι μετρήσεις με φάση φέροντος κύματος και η μετεπεξεργασία τους από το λογισμικό παρέχουν μικρότερη αβεβαιότητα στον προσδιορισμό θέσης.

Επομένως προτείνεται να δοκιμαστεί ο μετρολογικός έλεγχος του δέκτη με μετεπεξεργασία από μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος.

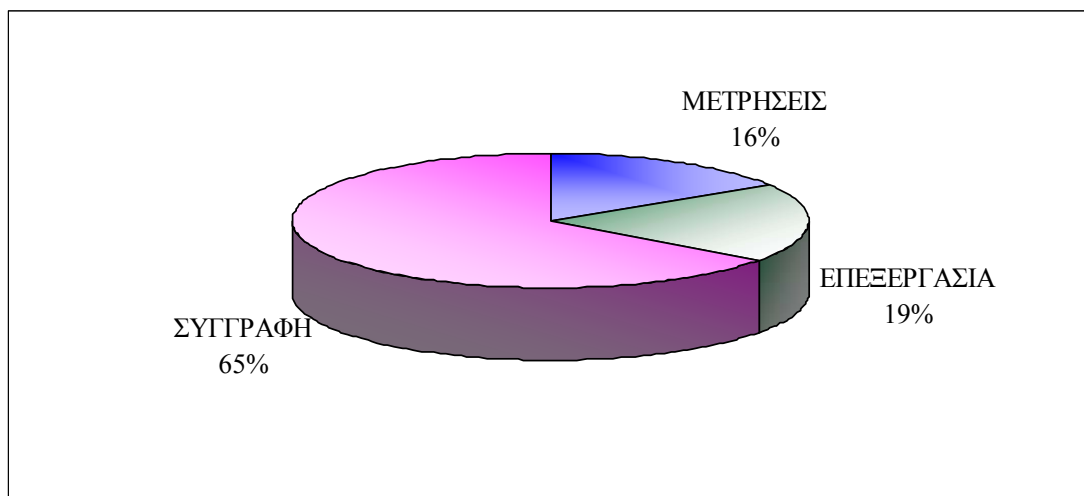
- Τέλος προτείνεται να διερευνηθεί αν ο δέκτης GeoXT θα μπορούσε να καλύψει πιο γενικές αποτυπώσεις χωρίς την ύπαρξη εμποδίων, όπως για παράδειγμα το αμπελοουργικό κτηματολόγιο.

## 6.3 Χρονική διάρκεια εργασίας

Η χρονική διάρκεια της εργασίας (Δεκέμβριος 2009 – Οκτώβριος 2010) μπορεί να χωριστεί σε τρεις χρονικές περιόδους που αντιστοιχούν στα επιμέρους στάδια διεξαγωγής της:

- Χρονική διάρκεια μετρήσεων: 16% της συνολικής διάρκειας  
Απαιτήθηκαν συνολικά 25 ανθρωποημέρες για τις εργασίες πεδίου.  
Πιο αναλυτικά:
  - ✓ Για τις μετρήσεις του μετρολογικού ελέγχου απαιτήθηκαν 9 ανθρωποημέρες.
  - ✓ Οι μετρήσεις για την αποτύπωση στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών πραγματοποιήθηκαν σε 6 ανθρωποημέρες.
  - ✓ Οι μετρήσεις για τις αποτυπώσεις στον εξωτερικό χώρο της Σχολής Τοπογράφων Μηχανικών και της εταιρείας Geotech διήρκησαν 4 ανθρωποημέρες.
  - ✓ Οι μετρήσεις για την αποτύπωση ενός τμήματος του κεντρικού δρόμου της Πολυτεχνειούπολης πραγματοποιήθηκαν σε 6 ανθρωποημέρες.
- Χρονική διάρκεια επεξεργασίας: 19% της συνολικής διάρκειας  
Απαιτήθηκαν συνολικά 30 ανθρωποημέρες για τη μελέτη των λειτουργικών δυνατοτήτων του δέκτη, για την αντιμετώπιση προβλημάτων τόσο στη διεξαγωγή των μετρήσεων όσο και στη μετεπεξεργασία τους από τους σταθμούς αναφοράς καθώς και για τη διερεύνηση επιπρόσθετων διαδικασιών στην προσπάθεια αναζήτησης καλύτερων μεθόδων προσδιορισμού θέσεων με μικρότερη αβεβαιότητα.
- Χρονική διάρκεια συγγραφής: 65% της συνολικής διάρκειας  
Στη συγγραφή της εργασίας απαιτήθηκαν συνολικά 100 ανθρωποημέρες.

### ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Καλαφάτης Ευάγγελος., Καπόπουλος Ηρακλής., Χατζηπαράσχου Άγγελος., *Εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων στην αποτύπωση Ανάβατου (Χίος)*, Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 1988

Λαζαρίδου Ελένη., *Ενημέρωση τοπογραφικών διαγραμμάτων με χρήση αποστασιομέτρων Laser και τεχνολογιών GPS*, Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα Ιούνιος 2003

Καραθανάση Φλώρα., *Επέκταση δικτύου GPS για τον έλεγχο μετακινήσεων στις περιοχές Νέο Φάληρο – Μοσχάτο – Καλλιθέα*, Διπλωματική Εργασία, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα Μάρτιος 2009

Μπαλοδήμος Δ.-Δ., *Ειδικές Γεωδαιτικές Αποτυπώσεις*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 1993

Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Σταθάς Δ., Αραμπατζή Ο., *Γεωδαισία - Δίκτυα - Αποτυπώσεις – Χαραξείς*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2006

Πανταζής Γ., *Γεωμετρική τεκμηρίωση τεχνητών και φυσικών κατασκευών σε μεγάλες κλίμακες, Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2005

Πανταζής Γ.- Δούκας Ι., *Η αναγκαιότητα μετρολογικού ελέγχου φορητών δεκτών του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού. Πρώτες σκέψεις και αποτελέσματα*, 3<sup>ο</sup> Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, Λάρνακα, Κύπρος, Φεβρουάριος 2010

Γεωργόπουλος Γ., Δογγούρης Σ., Λάμπρου Ε., Μπαλοδήμος Δ., Πανταζής Γ., *Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2005

Φωτίου Α., Πικριδάς Χ., *GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές*, Θεσσαλονίκη 2006

Παραδείσης Δ., *Σημειώσεις δορυφορικής γεωδαισίας*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα Νοέμβριος 2000

Τσακίρη Μ., *Γεωδαισία II – Εισαγωγή στο GPS, Σημειώσεις μαθήματος* ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2005

Savvaidis, P., Ifadis, I.M., Doukas, I.D, Lakakis, K. and Petridou-Chrysohoidou, N.: "Calibrating Geodetic Instruments", GeoInformatics, (invited paper), Vol. 7, October - November, pp. 18-21, 2004.

Wormley, S.J.: "GPS Errors & Estimating Your Receiver's Accuracy", [http://eduobservatory.org/gps/gps\\_accuracy.html#\\_jmp0](http://eduobservatory.org/gps/gps_accuracy.html#_jmp0) 2008

Martin, D.: "Review of Standards, Best Practice, Testing and Calibration in Global Navigation Satellite System (GNSS)", International Federation of Surveyors, Article of the Month, pp. 1-7, September, 2008.

### **Διευθύνσεις στο Διαδίκτυο**

1. [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/GRAFEIO\\_TYPOY/TEXNOGRAFIMA\\_2007/TEXNOGRAFIMA\\_334/334\\_12\\_13\\_14.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/GRAFEIO_TYPOY/TEXNOGRAFIMA_2007/TEXNOGRAFIMA_334/334_12_13_14.pdf)
2. [http://www.geoline.ch/pdf/mGIS\\_Hurricane%20%White%20Paper\\_0704.pdf](http://www.geoline.ch/pdf/mGIS_Hurricane%20%White%20Paper_0704.pdf)
3. [http://www.nycounty.com/RID\\_data/rid7385\\_TPs\\_pdf/TP\\_9-8\\_RI.pdf](http://www.nycounty.com/RID_data/rid7385_TPs_pdf/TP_9-8_RI.pdf)
4. <http://sotirissofias.blogspot.com/>
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Plane\\_table#cite\\_note-aturner-2](http://en.wikipedia.org/wiki/Plane_table#cite_note-aturner-2)
6. <http://www.tpub.com/engbas/11-24.htm>
7. <http://www.prc68.com/I/Alidade.shtml>
8. [http://www.scotlandsruralpast.org.uk/index.php?option=com\\_content&task=view&id=57&Itemid=89](http://www.scotlandsruralpast.org.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=57&Itemid=89)
9. [http://www.english-heritage.org.uk\\_publications\\_with-alidade-and-tape\\_alidadeandtapefinallayoutstaged.pdf](http://www.english-heritage.org.uk_publications_with-alidade-and-tape_alidadeandtapefinallayoutstaged.pdf)
10. [http://www.tpub.com/content/administration/14220/css/14220\\_84.htm](http://www.tpub.com/content/administration/14220/css/14220_84.htm)
11. <http://americanhistory.si.edu/collections/surveying/type.cfm?typeid=2>

12. <http://americanhistory.si.edu/collections/surveying/index.htm>
13. <http://en.wikipedia.org/wiki/Alidade>
14. <http://www.geoplane.com/trimble/geoxt2005.html>
15. [http://www.geotech.gr/index.asp?pathID=1\\_2\\_12\\_37\\_97\\_108\\_112](http://www.geotech.gr/index.asp?pathID=1_2_12_37_97_108_112)
16. [http://www.frontierprecision.com/FPI\\_OnlineCatalogSurvGPSReceivers.html](http://www.frontierprecision.com/FPI_OnlineCatalogSurvGPSReceivers.html)
17. [http://www.discoveryprogramme.ie/tech\\_surv\\_gps equip.html](http://www.discoveryprogramme.ie/tech_surv_gps equip.html)
18. <http://www.rjmengineeringco.com/r08b.html>
19. [http://www.alibaba.com/productshowimg/id110909435-110346599-0/Trimble\\_5800\\_GPS.html?tracelog=fmotherproduct1](http://www.alibaba.com/productshowimg/id110909435-110346599-0/Trimble_5800_GPS.html?tracelog=fmotherproduct1)
20. [http://www.geosystems.co.nz/\\_ImgUser/39/39999.jpg](http://www.geosystems.co.nz/_ImgUser/39/39999.jpg)
21. <http://www.geoplane.com/trimble/hurricaneantenna.html>
22. <http://www.kowoma.de/en/gps/errors.htm>
23. [www.kowoma.de/en/gps/positioning.htm](http://www.kowoma.de/en/gps/positioning.htm)
24. [www.soi.wide.ad.jp/class/20050026/slides/01/61.html](http://www.soi.wide.ad.jp/class/20050026/slides/01/61.html)
25. <http://www.soi.wide.ad.jp/class/20050026/slides/01/62.html>
26. [http://www.protectionshop.gr/files/Trib/\\_m.jpg](http://www.protectionshop.gr/files/Trib/_m.jpg)
27. <http://www.vithos.eu>



## ABSTRACT

The necessity of the completion of the topographic plans is obvious. Nowadays there are many plans that are old and incomplete, making them useless.

This study is focused on GeoXT handheld GPS receiver and on the examination of his usefulness in the completion of topographic plans.

In **Chapter 1** the profits of the completion of the topographic plans in many applications that an engineer faces are reported briefly.

By the incomplete elements that are provided by most mapping services of Greece (Geographic Service of Army, National Cadastre), is realized the necessity of the completion of topographic plans.

Then the use of the planetable, the total stations and the handheld GPS receivers are analyzed in the completion of topographic plans. Finally the methods of measurements with code and carrier phase by the GPS are described.

In **Chapter 2** the Trimble GeoXT Series 2005 handheld GPS receiver is described in details.

Its main and technical characteristics, its external antennas as well as its basic operations are analyzed.

Afterwards the factors that influence the uncertainty and arises from the determination of the coordinates using GeoXT receiver are referred.

The laboratorial check and the uncertainties by using GeoXT receiver with its three antennas (internal, patch, hurricane) are presented. Finally the measurement procedures are reported extensively.

In **Chapter 3** the reliability of the GeoXT receiver is checked. The sources of the errors that influence the precision of GPS are described.

The metrological check and the results through the diagrams are presented in order to determine receiver's reliability and accuracy. Finally the metrological check is evaluated by drawing conclusions.

In **Chapter 4** the experimental processes by using GeoXT receiver are presented and based on:

- Code measurements
- Carrier phase measurements

In the second method the measurements are post – processed in the office using the software GPS Pathfinder. In each experimental process the data for post – processing are provided by:

- The permanent GPS station of Geotech Ltd

- A permanent station of Hepos
- A geodetic GPS Receiver (Trimble 5800), which is set in the field

Moreover the reliability of the GeoXT receiver is checked by achieving coordinates measurements of a traverse points that they have been determined with adequate accuracy by using the RTK method.

The measurements are post processed by using the data from the receiver Trimble 5800. Then the post – processed coordinates points are compared with their respective points of RTK method and finally the differences are evaluated.

In **Chapter 5** the mapping of the main street in the National Technical University Campus, using the GeoXT and Trimble 5800 as rover and base receiver respectively, is presented.

Then the plan of the street (in real time and with post - processing) is compared with the one which has been drawn using the Real Time Kinematic measurement method.

In **Chapter 6** all the conclusions, the proposals and the timetable of this study are presented.

**Keywords:** GeoXT handheld GPS (Global Positioning System) receiver, code, carrier phase, internal antenna, patch antenna, hurricane antenna, metrological, post – processing , base stations, Trimble 5800 receiver

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 18 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2010**

<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτα</b>	<i>ΩΡΑ : 09:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.991" N	23° 46' 51.466" E	275.44 m
	Δορυφόροι	2, 5, 10, 12, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.59 m		
<b>Κεράτα (patch)</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.948" N	23° 46' 51.454" E	275.38 m
	Δορυφόροι	5, 12, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.6		
	Accuracy	0.71 m		

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτα</b>	<i>ΩΡΑ : 09:50</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.930" N	23° 46' 51.424" E	277.03 m
	Δορυφόροι	5, 10, 12, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.47		
	Accuracy	0.66 m		
<b>Κεράτα Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.423" N	23° 46' 57.359" E	241.76 m
	Δορυφόροι	5, 10, 12, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.48		
	Accuracy	0.67m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΠΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτα</b>	<i>ΩΡΑ : 10:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.813" N	23° 47' 00.466" E	255.10 m
	Δορυφόροι	5, 10, 12, 16, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	1.92		
	Accuracy	0.53m		
<b>Κεράτα Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.812" N	23° 47' 00.435" E	253.55 m
	Δορυφόροι	5, 10, 12, 16, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	1.91		
	Accuracy	0.52m		

<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.557" N	23° 47' 09.274" E	258.10 m
	Δορυφόροι	5, 16, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.79		
	Accuracy	0.66m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.566" N	23° 47' 09.240" E	259.10 m
	Δορυφόροι	5, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.92		
	Accuracy	0.80m		
<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:05</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.442" N	23° 47' 08.505" E	248.57 m
	Δορυφόροι	5, 16, 21, 29, 31		
	PDOP	2.16		
	Accuracy	0.58m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.424" N	23° 47' 08.501" E	248.22 m
	Δορυφόροι	16, 18, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.87		
	Accuracy	0.70m		
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.188" N	23° 46' 31.886" E	235.16 m
	Δορυφόροι	6, 16, 18, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.43		
	Accuracy	0.65m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.212" N	23° 46' 31.856" E	234.38 m
	Δορυφόροι	6, 16, 18, 21, 29, 30, 31		
	PDOP	2.43		
	Accuracy	0.65m		

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτα</b>	<i>ΩΡΑ : 12:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.475" N	23° 46' 48.797" E	248.90 m
	Δορυφόροι	3, 6, 16, 18, 21, 22		
	PDOP	3.6		
	Accuracy	0.91m		
<b>Κεράτα Patch</b>	<i>ΩΡΑ :</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.462" N	23° 46' 48.762" E	249.86 m
	Δορυφόροι	3, 6, 16, 18, 21, 22		
	PDOP	3.64		
	Accuracy	0.90m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 19 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010**

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτα</b>	<i>ΩΡΑ : 10:39</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.409" N	23° 46' 57.356" E	243.19 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	1.92		
	Accuracy	0.67 m		
<b>Κεράτα Patch</b>	<i>ΩΡΑ : 10:50</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.412" N	23° 46' 57.293" E	246.30 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.00		
	Accuracy	0.71 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτα</b>	<i>ΩΡΑ : 11:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.462" N	23° 47' 08.469" E	251.73 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.37		
	Accuracy	0.65 m		
<b>Κεράτα Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.485" N	23° 47' 08.515" E	249.35 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.87		
	Accuracy	0.83 m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΡΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:40</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.797" N	23° 47' 00.460" E	254.81 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	3.01		
	Accuracy	0.60 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.762" N	23° 47' 00.448" E	253.74 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.98		
	Accuracy	0.59 m		
<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:25</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.907" N	23° 46' 47.968" E	248.19 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.99		
	Accuracy	0.72 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.883" N	23° 46' 47.970" E	243.29 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	3.05		
	Accuracy	0.75 m		
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 13:15</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.162" N	23° 46' 31.985" E	239.08 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 23, 32		
	PDOP	3.95		
	Accuracy	1.36 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.237" N	23° 46' 31.824" E	233.51 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 23, 32		
	PDOP	3.86		
	Accuracy	1.32 m		
<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: ΔΥΝΑΤΟΣ ΑΕΡΑΣ</b>				

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 13:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.538" N	23° 46' 48.809" E	250.43 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 23, 31, 32		
	PDOP	2.8		
	Accuracy	0.86 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.504" N	23° 46' 48.758" E	250.21 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 23, 31, 32		
	PDOP	2.76		
	Accuracy	0.86 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 14:00</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.960" N	23° 46' 51.502" E	275.65 m
	Δορυφόροι	11, 17, 23, 31, 32		
	PDOP	2.43		
	Accuracy	0.74m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.978" N	23° 46' 51.443" E	274.82 m
	Δορυφόροι	11, 17, 23, 31, 32		
	PDOP	2.51		
	Accuracy	0.75 m		
<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 16:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.530" N	23° 47' 09.260" E	262.83 m
	Δορυφόροι	4, 7, 13, 23, 32		
	PDOP	3.77		
	Accuracy	0.86m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.530" N	23° 47' 09.210" E	261.19 m
	Δορυφόροι	4, 7, 13, 23, 32		
	PDOP	3.85		
	Accuracy	0.86 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 22 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010**

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 09:50</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.451" N	23° 46' 57.386" E	243.61 m
	Δορυφόροι	3, 6, 18, 19, 21, 22, 26		
	PDOP	3.71		
	Accuracy	1.26 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.445" N	23° 46' 57.453" E	245.99 m
	Δορυφόροι	3, 6, 16, 18, 19, 22, 26		
	PDOP	2.21		
	Accuracy	0.70 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 10:12</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.474" N	23° 47' 08.494" E	249.85 m
	Δορυφόροι	3, 6, 16, 18, 19, 22, 26		
	PDOP	2.27		
	Accuracy	0.79 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.449" N	23° 47' 08.381" E	247.85 m
	Δορυφόροι	3, 6, 18, 19, 22, 26		
	PDOP	5.38		
	Accuracy	1.46 m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΔΡΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 10:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.802" N	23° 47' 00.477" E	255.18 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	1.94		
	Accuracy	0.68 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.763" N	23° 47' 00.516" E	254.01 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	1.97		
	Accuracy	0.69 m		

<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:50</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.567" N	23° 47' 09.275" E	261.88 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.19		
	Accuracy	0.63 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.583" N	23° 47' 09.258" E	259.63 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.5		
	Accuracy	0.70 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:20</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.970" N	23° 46' 51.496" E	276.99 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	3.01		
	Accuracy	0.65 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 26.030" N	23° 46' 51.507" E	276.69 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	3.02		
	Accuracy	0.64 m		
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:40</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.197" N	23° 46' 31.889" E	233.71 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.76		
	Accuracy	0.56 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.234" N	23° 46' 31.882" E	293.36 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.69		
	Accuracy	0.56 m		

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΠΑ : 12:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.890" N	23° 46' 47.953" E	245.84 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.92		
	Accuracy	0.69 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.882" N	23° 46' 47.962" E	242.87 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.91		
	Accuracy	0.69 m		

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΠΑ : 12:50</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.496" N	23° 46' 48.802" E	250.80 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.37		
	Accuracy	0.80 m		
<b>Κεραία Patch</b>	<i>ΩΠΑ : 13:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.545" N	23° 46' 48.754" E	248.47 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.12		
	Accuracy	0.88 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 25 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010**

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΠΑ : 09:25</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.437" N	23° 46' 57.338" E	242.84 m
	Δορυφόροι	3, 6, 18, 19, 21, 22, 26		
	PDOP	3.36		
	Accuracy	1.17 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.381" N	23° 46' 57.337" E	240.85 m
	Δορυφόροι	3, 6, 16, 18, 19, 21, 22, 26		
	PDOP	2.24		
	Accuracy	0.65 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.483" N	23° 47' 08.446" E	250.37 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 16, 18, 19, 22, 26		
	PDOP	2.15		
	Accuracy	0.66 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.467" N	23° 47' 08.443" E	249.48 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 16, 18, 19, 22, 26		
	PDOP	2.14		
	Accuracy	0.66m		
<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΡΞ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:15</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.801" N	23° 47' 00.422" E	255.40 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26		
	PDOP	4.42		
	Accuracy	1.13 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.756" N	23° 47' 00.472" E	257.81 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	1.93		
	Accuracy	0.68 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:50</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.984" N	23° 46' 51.514" E	276.77 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.56		
	Accuracy	0.66 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.943" N	23° 46' 51.507" E	275.47 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.93		
	Accuracy	0.84 m		

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 11:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.949" N	23° 46' 47.965" E	244.31 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.99		
	Accuracy	0.63 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.890" N	23° 46' 47.985" E	242.15 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	3.1		
	Accuracy	0.66 m		
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 11:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.207" N	23° 46' 31.915" E	234.00 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.7		
	Accuracy	0.57 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.155" N	23° 46' 31.933" E	234.60 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.65		
	Accuracy	0.56 m		
<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 12:05</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.578" N	23° 47' 09.306" E	260.84 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.69		
	Accuracy	0.65 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.560" N	23° 47' 09.339" E	259.14 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.7		
	Accuracy	0.65 m		

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 13:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.475" N	23° 46' 48.810" E	249.51 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.32		
	Accuracy	0.67 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.487" N	23° 46' 48.832" E	248.92 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.73		
	Accuracy	0.93 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 26 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2010**

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 10:20</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.409" N	23° 46' 57.358" E	242.58 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	4.54		
	Accuracy	1.17 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.412" N	23° 46' 57.331" E	241.66 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.05		
	Accuracy	0.73 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 10:40</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.477" N	23° 47' 08.478" E	250.18 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.39		
	Accuracy	0.65 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.446" N	23° 47' 08.443" E	252.48 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.5		
	Accuracy	0.66m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:00</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.809" N	23° 47' 00.468" E	254.67 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.94		
	Accuracy	0.66 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.818" N	23° 47' 00.465" E	257.30 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.96		
	Accuracy	0.65 m		
<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:20</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.564" N	23° 47' 09.282" E	260.53 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.87		
	Accuracy	0.59 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.544" N	23° 47' 09.292" E	258.29 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.83		
	Accuracy	0.58 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:40</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.987" N	23° 46' 51.482" E	276.02 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.5		
	Accuracy	0.58 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.951" N	23° 46' 51.518" E	279.20 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.51 m		

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 11:55</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.902" N	23° 46' 47.968" E	246.31 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.09		
	Accuracy	0.52 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.920" N	23° 46' 47.935" E	243.25 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.1		
	Accuracy	0.53 m		
<b>ΑΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 12:45</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.526" N	23° 46' 48.797" E	249.50 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.2		
	Accuracy	0.85 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.496" N	23° 46' 48.756" E	249.15 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.74		
	Accuracy	0.82 m		
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 13:15</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.177" N	23° 46' 31.850" E	234.48 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.24		
	Accuracy	0.67m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.120" N	23° 46' 31.897" E	237.00 m
	Δορυφόροι	11, 19, 20, 23, 31, 32, 32		
	PDOP	3.62		
	Accuracy	0.97 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 2 ΜΑΡΤΙΟΥ 2010**

**ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ**

Ενσωματωμένη Κεραία	<i>ΩΡΑ : 10:55</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.548" N	23° 46' 48.821" E	251.36 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	3.33		
	Accuracy	0.79 m		
Κεραία Patch		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.522" N	23° 46' 48.882" E	248.97 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.89		
	Accuracy	0.61 m		

**ΦΥΣΙΚΗ**

Ενσωματωμένη Κεραία	<i>ΩΡΑ : 11:20</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.419" N	23° 46' 57.397" E	241.04 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.84		
	Accuracy	0.59 m		
Κεραία Patch		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.419" N	23° 46' 57.383" E	241.53 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.51 m		

**ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ**

Ενσωματωμένη Κεραία	<i>ΩΡΑ : 11:40</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.477" N	23° 47' 08.519" E	250.07 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.52 m		
Κεραία Patch		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.462" N	23° 47' 08.531" E	253.69 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.1		
	Accuracy	0.53 m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΡΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:55</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.789" N	23° 47' 00.495" E	255.46 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.92		
	Accuracy	0.69 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.752" N	23° 47' 00.480" E	258.82 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.91		
	Accuracy	0.70 m		
<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:20</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.577" N	23° 47' 09.314" E	260.44 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.35		
	Accuracy	0.81 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.576" N	23° 47' 09.394" E	259.75 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.33		
	Accuracy	0.81 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:35</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 26.036" N	23° 46' 51.519" E	274.82 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.76		
	Accuracy	0.86 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 26.044" N	23° 46' 51.547" E	273.81 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.76		
	Accuracy	0.88 m		

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:55</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.967" N	23° 46' 47.978" E	241.36 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.26		
	Accuracy	0.67 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.924" N	23° 46' 47.955" E	243.90 m
	Δορυφόροι	11, 17, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.83		
	Accuracy	0.57 m		

<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 13:25</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.231" N	23° 46' 31.910" E	233.56 m
	Δορυφόροι	11, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.43		
	Accuracy	0.72m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.135" N	23° 46' 31.912" E	234.86 m
	Δορυφόροι	11, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.48		
	Accuracy	0.73 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 3 ΜΑΡΤΙΟΥ 2010**

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 09:55</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.928" N	23° 46' 47.974" E	244.00 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	1.97		
	Accuracy	0.69 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.953" N	23° 46' 47.930" E	243.77 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 18, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	1.99		
	Accuracy	0.70 m		

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.499" N	23° 46' 48.779" E	250.57 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.46		
	Accuracy	0.78 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.477" N	23° 46' 48.799" E	250.07 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.5		
	Accuracy	0.79 m		
<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:40</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.409" N	23° 46' 57.337" E	241.60 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26		
	PDOP	3.16		
	Accuracy	0.72 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.427" N	23° 46' 57.348" E	243.76 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.91		
	Accuracy	0.65 m		
<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:00</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.461" N	23° 47' 08.467" E	250.30 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.75		
	Accuracy	0.59 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.452" N	23° 47' 08.505" E	251.13 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.7		
	Accuracy	0.58 m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 11:15</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.810" N	23° 47' 00.477" E	253.48 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.85		
	Accuracy	0.59 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.749" N	23° 47' 00.485" E	254.40 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.51 m		
<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 11:35</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.557" N	23° 47' 09.255" E	261.25 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.52 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.605" N	23° 47' 09.224" E	259.60 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.52 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 11:55</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.965" N	23° 46' 51.479" E	275.99 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.91		
	Accuracy	0.70 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.945" N	23° 46' 51.498" E	280.23 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.91		
	Accuracy	0.71 m		

<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 12:20</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.215" N	23° 46' 31.875" E	234.73 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.71		
	Accuracy	0.80 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.134" N	23° 46' 31.983" E	236.74 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.75		
	Accuracy	0.83 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 9 ΜΑΡΤΙΟΥ 2010**

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 10:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.519 N	23° 46' 48.776" E	249.85 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.8		
	Accuracy	0.66 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.532" N	23° 46' 48.817" E	251.10 m
	Δορυφόροι	3, 6, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	3.04		
	Accuracy	0.84 m		
<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Υπήρχε άλλο όργανο τοποθετημένο πάνω στο βάθρο</b>				

<b>ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 10:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.894" N	23° 46' 47.957" E	242.10 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.74		
	Accuracy	0.60 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.923" N	23° 46' 47.955" E	241.76 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.7		
	Accuracy	0.60 m		

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:50</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.421" N	23° 46' 57.379" E	241.58 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.84		
	Accuracy	0.59 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.462" N	23° 46' 57.394" E	240.72 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.52 m		
<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:05</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.466" N	23° 47' 08.496" E	249.73 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.51 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.502" N	23° 47' 08.472" E	248.46 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.09		
	Accuracy	0.52 m		
<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΡΞ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:25</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.810" N	23° 47' 00.472" E	254.17 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.71		
	Accuracy	0.66 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.762" N	23° 47' 00.497" E	255.46 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.92		
	Accuracy	0.69 m		

<b>ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:40</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.573" N	23° 47' 09.269" E	260.45 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.9		
	Accuracy	0.73 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 33.624" N	23° 47' 09.222" E	260.48 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.41		
	Accuracy	0.80 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.994" N	23° 46' 51.542" E	275.93 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.76		
	Accuracy	0.85m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.912" N	23° 46' 51.604" E	280.28 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.46		
	Accuracy	0.66 m		
<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:35</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.198" N	23° 46' 31.859" E	234.53 m
	Δορυφόροι	11, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	3.65		
	Accuracy	0.97 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.174" N	23° 46' 31.910" E	235.82 m
	Δορυφόροι	11, 17, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.85		
	Accuracy	0.57 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :10 ΜΑΡΤΙΟΥ 2010**

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 10:00</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.908" N	23° 46' 47.971" E	243.41 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26		
	PDOP	3.00		
	Accuracy	0.77 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.890" N	23° 46' 47.944" E	243.36 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.57		
	Accuracy	0.66 m		

<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 10:15</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.207" N	23° 46' 31.871" E	234.62 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.83		
	Accuracy	0.65 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.171" N	23° 46' 31.926" E	235.19 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 26, 32		
	PDOP	2.83		
	Accuracy	0.65 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεραία</b>	<i>ΩΡΑ : 10:45</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.470" N	23° 47' 08.478" E	248.70 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.52 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.503" N	23° 47' 08.453" E	249.48 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.52m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:05</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.811" N	23° 47' 00.476" E	256.21 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.19		
	Accuracy	0.58 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.756" N	23° 47' 00.464" E	255.55 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.52 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:30</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.967" N	23° 46' 51.503" E	274.78 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.92		
	Accuracy	0.69 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.974" N	23° 46' 51.500" E	282.96 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.91		
	Accuracy	0.71 m		
<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:15</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.523" N	23° 46' 48.802" E	250.21 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 31, 32		
	PDOP	2.6		
	Accuracy	0.72 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.462" N	23° 46' 48.704" E	249.00 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.38		
	Accuracy	0.67 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :13 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2010**

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>	<i>ΩΠΑ : 13:47</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.893" N	23° 46' 47.934" E	243.30 m
	Δορυφόροι	4, 7, 13, 20, 23, 32		
	PDOP	2.94		
	Accuracy	0.79 m		
<b>Κεράια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.928" N	23° 46' 47.959" E	242.39 m
	Δορυφόροι	4, 7, 11, 13, 20, 23, 32		
	PDOP	2.98		
	Accuracy	0.78 m		
<b>Κεράια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.896" N	23° 46' 47.933" E	243.61 m
	Δορυφόροι	4, 7, 11, 13, 20, 23, 32		
	PDOP	2.95		
	Accuracy	0.77 m		
<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>	<i>ΩΠΑ : 10:18</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.974 N	23° 46' 51.490" E	275.83 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 31, 32		
	PDOP	3.07		
	Accuracy	0.72 m		
<b>Κεράια Hurricane</b>	<i>ΩΠΑ : 10:36</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.965" N	23° 46' 51.481" E	275.74 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.42		
	Accuracy	0.84 m		
<b>Κεράια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.918" N	23° 46' 51.546" E	275.70 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.77		
	Accuracy	0.82 m		

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:56</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.429" N	23° 46' 57.361" E	242.39 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.49		
	Accuracy	0.67 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.430" N	23° 46' 57.354" E	241.60 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.46		
	Accuracy	0.67 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.431" N	23° 46' 57.365" E	241.55 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.37		
	Accuracy	0.68 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:22</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.465" N	23° 47' 08.471" E	250.34 m
	Δορυφόροι	11, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.24		
	Accuracy	0.69 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>	<i>ΩΡΑ : 11:31</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.477" N	23° 47' 08.492" E	249.50 m
	Δορυφόροι	11, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.3		
	Accuracy	0.7 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.482" N	23° 47' 08.507" E	247.45 m
	Δορυφόροι	11, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	3.99		
	Accuracy	1.04 m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΡΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:53</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.804" N	23° 47' 00.463" E	254.33 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.13		
	Accuracy	0.64 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.800" N	23° 47' 00.455" E	255.27 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.19		
	Accuracy	0.65 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.804" N	23° 47' 00.465" E	254.68 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.26		
	Accuracy	0.67 m		

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 12:24</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.519" N	23° 46' 48.792" E	248.50 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.47		
	Accuracy	0.73 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.506" N	23° 46' 48.796" E	249.45m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.47		
	Accuracy	0.73 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.474" N	23° 46' 48.781" E	247.31 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.46		
	Accuracy	0.73 m		

<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>	<i>ΩΡΑ : 13:08</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.214" N	23° 46' 31.863" E	233.05 m
	Δορυφόροι	4, 11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.8		
	Accuracy	0.55 m		
<b>Κεράια Patch</b>	<i>ΩΡΑ : 13:20</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.162" N	23° 46' 31.940" E	232.98 m
	Δορυφόροι	4, 11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.26		
	Accuracy	0.67 m		
<b>Κεράια Hurricane</b>	<i>ΩΡΑ : 13:29</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.219" N	23° 46' 31.854" E	234.08 m
	Δορυφόροι	4, 7, 11, 13, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.43		
	Accuracy	0.68 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :14 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2010**

<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>	<i>ΩΡΑ : 09:15</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.889" N	23° 46' 47.945" E	242.62 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.93		
	Accuracy	0.59 m		
<b>Κεράια Patch</b>	<i>ΩΡΑ : 09:27</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.863" N	23° 46' 47.934" E	241.17 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.52 m		
<b>Κεράια Hurricane</b>	<i>ΩΡΑ : 09:23</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.900" N	23° 46' 47.958" E	243.53 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.09		
	Accuracy	0.52 m		

<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 09:41</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.965 N	23° 46' 51.470' E	275.50 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.06		
	Accuracy	0.51 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.964" N	23° 46' 51.488" E	276. 32 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.51 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.942" N	23° 46' 51.534" E	276.12 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.52 m		

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:05</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.427" N	23° 46' 57.368" E	241.75 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.99		
	Accuracy	0.70 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.431" N	23° 46' 57.346" E	244.09 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.98		
	Accuracy	0.73 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.423" N	23° 46' 57.380" E	242.16 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.99		
	Accuracy	0.72 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΟΙ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 10:31</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.459" N	23° 47' 08.490" E	249.21 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.76		
	Accuracy	0.81 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.465" N	23° 47' 08.483" E	249.63 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.8		
	Accuracy	0.84 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.444" N	23° 47' 08.464" E	249.91 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.83		
	Accuracy	0.87 m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΑΡΞ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΡΑ : 11:03</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.806" N	23° 47' 00.471" E	254.40 m
	Δορυφόροι	11, 14, 17, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.67		
	Accuracy	0.49 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.783" N	23° 47' 00.488" E	254.54 m
	Δορυφόροι	11, 14, 17, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.66		
	Accuracy	0.49 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.807" N	23° 47' 00.470" E	254.63 m
	Δορυφόροι	11, 17, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.88		
	Accuracy	0.58 m		

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτ</b>	<i>ΩΠΑ : 11:34</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.531" N	23° 46' 48.800" E	250.04 m
	Δορυφόροι	11, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.43		
	Accuracy	0.72 m		
<b>Κεράτ Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.520" N	23° 46' 48.791" E	249.33 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.04		
	Accuracy	0.63 m		
<b>Κεράτ Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.489" N	23° 46' 48.822" E	248.29 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.99		
	Accuracy	0.62 m		

<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτ</b>	<i>ΩΠΑ : 12: 10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.226" N	23° 46' 31. 883" E	234.61 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.4		
	Accuracy	0.70 m		
<b>Κεράτ Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.310" N	23° 46' 31.880" E	237.90 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.42		
	Accuracy	0.71 m		
<b>Κεράτ Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.213" N	23° 46' 31.882" E	234.51 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.44		
	Accuracy	0.71 m		

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :15 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2010**

<b>ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ</b>				
<b>Κεράια Hurricane</b>	<i>ΩΡΑ : 09:08</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.206" N	23° 46' 31.859" E	234.80 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.95		
	Accuracy	0.59 m		
<b>Κεράια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.219" N	23° 46' 31.927" E	238.64 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 19, 22, 32		
	PDOP	3.46		
	Accuracy	0.67 m		
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.208" N	23° 46' 31.861" E	233.77 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 22, 32		
	PDOP	2.82		
	Accuracy	0.58 m		
<b>ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ</b>				
<b>Κεράια Hurricane</b>	<i>ΩΡΑ : 09:35</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.907" N	23° 46' 47.934" E	244.20 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.06		
	Accuracy	0.51 m		
<b>Κεράια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.905" N	23° 46' 47.943" E	242.31 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.07		
	Accuracy	0.51 m		
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 32.911" N	23° 46' 47.942" E	245.25 m
	Δορυφόροι	3, 6, 11, 14, 19, 20, 22, 32		
	PDOP	2.08		
	Accuracy	0.52 m		

<b>ΕΣΤΙΑ</b>				
<b>Κεράια Hurricane</b>	<i>ΩΡΑ : 10:04</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.970" N	23° 46' 51.493" E	276.46 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.99		
	Accuracy	0.71 m		
<b>Κεράια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.967" N	23° 46' 51.497" E	280.13 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.99		
	Accuracy	0.72 m		
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 25.976" N	23° 46' 51.494" E	276.33 m
	Δορυφόροι	3, 11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	2.99		
	Accuracy	0.73 m		

<b>ΦΥΣΙΚΗ</b>				
<b>Κεράια Patch</b>	<i>ΩΡΑ : 10:38</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.444" N	23° 46' 57.324" E	241.73 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.83		
	Accuracy	0.87 m		
<b>Ενσωματωμένη Κεράια</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.424" N	23° 46' 57.372" E	242.18 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 32		
	PDOP	3.19		
	Accuracy	0.93 m		
<b>Κεράια Hurricane</b>	<i>ΩΡΑ : 10:51</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 37.422" N	23° 46' 57.354" E	242.27 m
	Δορυφόροι	11, 14, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.47		
	Accuracy	0.68 m		

<b>ΝΑΥΠΗΓΟΙ</b>				
<b>Κεράια Patch</b>	<i>ΩΡΑ : 11:09</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.459" N	23° 47' 08.509" E	252.01 m
	Δορυφόροι	11, 17, 19, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	1.88		

	Accuracy	0.58 m		
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.481" N	23° 47' 08.484" E	249.94 m
	Δορυφόροι	11, 17, 19, 20, 23, 32		
	PDOP	2.86		
	Accuracy	1.17 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>	<i>ΩΠΑ : 11:16</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 41.487" N	23° 47' 08.458" E	250.95 m
	Δορυφόροι	11, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.22		
	Accuracy	0.68 m		

<b>ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΠΕΣ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 11:34</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.812" N	23° 47' 00.465" E	255.04 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.01		
	Accuracy	0.62 m		
<b>Κεράτια Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.793" N	23° 47' 00.450" E	256.45 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.05		
	Accuracy	0.63 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 34.804" N	23° 47' 00.460" E	254.11 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.19		
	Accuracy	0.65 m		

<b>ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΡΙΟΥ</b>				
<b>Ενσωματωμένη Κεράτια</b>	<i>ΩΠΑ : 12:10</i>	<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.518" N	23° 46' 48.784" E	249.19 m
	Δορυφόροι	11, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.82		
	Accuracy	0.82 m		
<b>Κεράτια Hurricane</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.532" N	23° 46' 48.796" E	249.94 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.47		

	Accuracy	0.72 m		
<b>Κεραία Patch</b>		<b>φ</b>	<b>λ</b>	<b>h</b>
	Συντεταγμένες WGS 84	37° 58' 30.528" N	23° 46' 48.812" E	248.13 m
	Δορυφόροι	11, 13, 17, 20, 23, 31, 32		
	PDOP	2.47		
	Accuracy	0.73 m		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΛΠΕΣ									
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84									
				φ	37° 58' 34.8002"				
				λ	23° 47' 00.4369"				
				h	223.607 m				
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			Κεραία Hurricane		
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh
1η(18/12)	-0,0128	-0,0291	-31,493	-0,0118	0,0019	-29,943			
2η(19/2)	0,0032	-0,0231	-31,203	0,0382	-0,0111	-30,133			
3η(22/2)	-0,0018	-0,0401	-31,573	0,0372	-0,0791	-30,403			
4η(25/2)	-0,0008	0,0149	-31,793	0,0442	-0,0351	-34,203			
5η(26/2)	-0,0088	-0,0311	-31,063	-0,0178	-0,0281	-33,693			
6η(2/3)	0,0112	-0,0581	-31,853	0,0482	-0,0431	-35,213			
7η(3/3)	-0,0098	-0,0401	-29,873	0,0512	-0,0481	-30,793			
8η(9/3)	-0,0098	-0,0351	-30,563	0,0382	-0,0601	-31,853			
9η(10/3)	-0,0108	-0,0391	-32,603	0,0442	-0,0271	-31,943			
10η(3/4)	-0,0038	-0,0261	-30,723	0,0002	-0,0181	-31,663	-0,0038	-0,0281	-31,073
11η(14/4)	-0,0058	-0,0341	-30,793	0,0172	-0,0511	-30,933	-0,0068	-0,0331	-31,023
12(15/4)	-0,0118	-0,0281	-31,433	0,0072	-0,0131	-32,843	-0,0038	-0,0231	-30,503
<b>Μέσος Όρος σε "</b>	<b>0,008</b>	<b>0,033</b>		<b>0,030</b>	<b>0,035</b>		<b>0,005</b>	<b>0,028</b>	
<b>Μέσος Όρος σε m</b>	<b>0,23</b>	<b>1,00</b>	<b>-31,25</b>	<b>0,89</b>	<b>1,04</b>	<b>-31,97</b>	<b>0,14</b>	<b>0,84</b>	<b>-30,87</b>

ΦΥΣΙΚΗ									
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84									
				φ	37° 58' 37,4151"				
				λ	23° 46' 57,3332"				
				h	210,746 m				
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			Κεραία Hurricane		
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh
1η(18/12)	11,4851	5,9092	-66,284	-0,0079	-0,0258	-31,014			
2η(19/2)	0,0061	-0,0228	-32,444	0,0031	0,0402	-35,554			
3η(22/2)	-0,0359	-0,0528	-32,864	-0,0299	-0,1198	-35,244			
4η(25/2)	-0,0219	-0,0048	-32,094	0,0341	-0,0038	-30,104			
5η(26/2)	0,0061	-0,0248	-31,834	0,0031	0,0022	-30,914			
6η(2/3)	-0,0039	-0,0638	-30,294	-0,0039	-0,0498	-30,784			
7η(3/3)	0,0061	-0,0038	-30,854	-0,0119	-0,0148	-33,014			
8η(9/3)	-0,0059	-0,0458	-30,834	-0,0469	-0,0608	-29,974			
9η(10/3)									
10η(3/4)	-0,0139	-0,0278	-31,644	-0,0149	-0,0208	-30,854	-0,0159	-0,0318	-30,804
11η(14/4)	-0,0119	-0,0348	-31,004	-0,0159	-0,0128	-33,344	-0,0079	-0,0468	-31,414
12(15/4)	-0,0089	-0,0388	-31,434	-0,0289	0,0092	-30,984	-0,0069	-0,0208	-31,524
<b>Μέσος Όρος σε "</b>	<b>0,012</b>	<b>0,032</b>		<b>0,018</b>	<b>0,033</b>		<b>0,010</b>	<b>0,033</b>	
<b>Μέσος Όρος σε m</b>	<b>0,36</b>	<b>0,96</b>	<b>-31,53</b>	<b>0,55</b>	<b>0,98</b>	<b>-31,98</b>	<b>0,31</b>	<b>0,99</b>	<b>-31,25</b>

ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ									
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84									
				φ	37° 58' 41,4695"				
				λ	23° 47' 08,4550"				
				h	-				
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			Κεραία Hurricane		
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh
1η(18/12)	0,0275	-0,05		0,0455	-0,046				
2η(19/2)	0,0075	-0,014		-0,0155	-0,06				
3η(22/2)	-0,0045	-0,039		0,0205	0,074				
4η(25/2)	-0,0135	0,009		0,0025	0,012				
5η(26/2)	-0,0075	-0,023		0,0235	0,012				
6η(2/3)	-0,0075	-0,064		0,0075	-0,076				
7η(3/3)	0,0085	-0,012		0,0175	-0,05				
8η(9/3)	0,0035	-0,041		-0,0325	-0,017				
9η(10/3)	-0,0005	-0,023		-0,0335	0,002				
10η(3/4)	0,0045	-0,016		-0,0125	-0,052		-0,0075	-0,037	
11η(14/4)	0,0105	-0,035		0,0255	-0,009		0,0045	-0,028	
12(15/4)	-0,0115	-0,029		0,0105	-0,054		-0,0175	-0,003	
Μέσος Όρος σε "	0,009	0,030		0,021	0,039		0,010	0,023	
Μέσος Όρος σε m	0,27	0,89		0,62	1,16		0,29	0,68	

ΕΣΤΙΑ									
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84									
				φ	37° 58' 25,9686"				
				λ	23° 46' 51,4479"				
				h	244,80 m				
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			Κεραία Hurricane		
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh
1η(18/12)	-0,0224	-0,0181	-30,64	0,0206	-0,0061	-30,58			
2η(19/2)	0,0086	-0,0541	-30,85	-0,0094	0,0049	-30,02			
3η(22/2)	-0,0014	-0,0481	-32,19	-0,0614	-0,0591	-31,89			
4η(25/2)	-0,0154	-0,0661	-31,97	0,0256	-0,0591	-30,67			
5η(26/2)	-0,0184	-0,0341	-31,22	0,0176	-0,0701	-34,4			
6η(2/3)	-0,0674	-0,0711	-30,02	-0,0754	-0,0991	-29,01			
7η(3/3)	0,0036	-0,0311	-31,19	0,0236	-0,0501	-35,43			
8η(9/3)	-0,0254	-0,0941	-31,13	0,0566	-0,1561	-35,48			
9η(10/3)	0,0016	-0,0551	-29,98	-0,0054	-0,0521	-38,16			
10η(3/4)	-0,0054	-0,0421	-31,03	0,0506	-0,0981	-30,9	0,0036	-0,0331	-30,94
11η(14/4)	0,0036	-0,0221	-30,7	0,0266	-0,0861	-31,32	0,0046	-0,0401	-31,52
12(15/4)	-0,0074	-0,0461	-31,53	0,0016	-0,0491	-35,33	-0,0014	-0,0451	-31,66
Μέσος Όρος σε "	0,015	0,049		0,031	0,066		0,003	0,039	
Μέσος Όρος σε m	0,45	1,46	-31,04	0,94	1,98	-32,77	0,10	1,18	-31,37

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ									
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84									
				φ	37° 58' 41,2118"				
				λ	23° 46' 31,8380"				
				h	-				
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			Κεραία Hurricane		
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh
1η(18/12)	0,0238	-0,048		-0,0002	-0,018				
2η(19/2)	0,0498	-0,147		-0,0252	0,014				
3η(22/2)	-0,0222	-0,051		-0,0222	-0,044				
4η(25/2)	0,0048	-0,077		0,0568	-0,095				
5η(26/2)	0,0348	-0,012		0,0918	-0,059				
6η(2/3)	-0,0192	-0,072		0,0768	-0,074				
7η(3/3)	-0,0032	-0,037		0,0778	-0,145				
8η(9/3)	0,0138	-0,021		0,0378	-0,072				
9η(10/3)	0,0048	-0,033		0,0408	-0,088				
10η(3/4)	-0,0022	-0,025		0,0498	-0,102		-0,0072	-0,016	
11η(14/4)	-0,0142	-0,045		-0,0982	-0,042		-0,0012	-0,044	
12(15/4)	0,0038	-0,023		-0,0072	-0,089		0,0058	-0,021	
<b>Μέσος Όρος σε "</b>	<b>0,016</b>	<b>0,049</b>		<b>0,049</b>	<b>0,070</b>		<b>0,005</b>	<b>0,027</b>	
<b>Μέσος Όρος σε m</b>	<b>0,49</b>	<b>1,48</b>		<b>1,46</b>	<b>2,10</b>		<b>0,14</b>	<b>0,81</b>	

ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ							
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84							
				φ	37° 58' 33,5704"		
				λ	23° 47' 09,2394"		
				h	229,862 m		
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	
1η(18/12)	0,0134	-0,0346	-28,238	0,0044	-0,0006	-29,238	
2η(19/2)	0,0404	-0,0206	-32,968	0,0404	0,0294	-31,328	
3η(22/2)	0,0034	-0,0356	-32,018	-0,0126	-0,0186	-29,768	
4η(25/2)	0,9924	-0,0666	-30,978	0,0104	-0,0996	-29,278	
5η(26/2)	0,0064	-0,0426	-30,668	0,0264	-0,0526	-28,428	
6η(2/3)	-0,0066	-0,0746	-30,578	-0,0056	-0,1546	-29,888	
7η(3/3)	0,0134	-0,0156	-31,388	-0,0346	0,0154	-29,738	
8η(9/3)	-0,0026	-0,0296	-30,588	-0,0536	0,0174	-30,618	
9η(10/3)							
10η(3/4)							
11η(14/4)							
12(15/4)							
<b>Μέσος Όρος σε "</b>	<b>0,012</b>	<b>0,040</b>		<b>0,023</b>	<b>0,049</b>		
<b>Μέσος Όρος σε m</b>	<b>0,37</b>	<b>1,20</b>	<b>-30,93</b>	<b>0,70</b>	<b>1,46</b>	<b>-29,79</b>	

ΚΤΗΡΙΟ ΒΕΗ									
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84									
				φ	37° 58' 32,8988"				
				λ	23° 46' 47,9174"				
				h	-				
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			Κεραία Hurricane		
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh
1η(18/12)									
2η(19/2)	-0,0082	-0,0526		0,0158	-0,0526				
3η(22/2)	0,0088	-0,0356		0,0168	-0,0446				
4η(25/2)	-0,0502	-0,0476		0,0088	-0,0676				
5η(26/2)	-0,0032	-0,0506		-0,0212	-0,0176				
6η(2/3)	-0,0682	-0,0606		-0,0252	-0,0376				
7η(3/3)	-0,0292	-0,0566		-0,0542	-0,0126				
8η(9/3)	0,0048	-0,0396		-0,0242	-0,0376				
9η(10/3)	-0,0092	-0,0536		0,0088	-0,0266				
10η(3/4)	0,0058	-0,0166		-0,0292	-0,0416		0,0028	-0,0156	
11η(14/4)	0,0098	-0,0276		0,0358	-0,0166		-0,0012	-0,0406	
12(15/4)	-0,0122	-0,0246		-0,0062	-0,0256		-0,0082	-0,0166	
Μέσος Όρος σε "	0,019	0,042		0,022	0,035		0,004	0,024	
Μέσος Όρος σε m	0,57	1,27		0,67	1,04		0,12	0,73	

ΔΥΤΙΚΟ ΚΤΗΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ									
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ WGS 84									
				φ	37° 58' 30,5015"				
				λ	23° 46' 48,7905"				
				h	-				
Ημερομηνία	Ενσωματωμένη Κεραία			Κεραία Patch			Κεραία Hurricane		
	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh	Δφ	Δλ	Δh
1η(18/12)	0,0265	-0,0065		0,0395	0,0285				
2η(19/2)	-0,0365	-0,0185		-0,0025	0,0325				
3η(22/2)	0,0055	-0,0115		-0,0435	0,0365				
4η(25/2)	0,0265	-0,0195		0,0145	-0,0415				
5η(26/2)	-0,0245	-0,0065		0,0055	0,0345				
6η(2/3)	-0,0465	-0,0305		-0,0205	-0,0915				
7η(3/3)	0,0025	0,0115		0,0245	-0,0085				
8η(9/3)	-0,0175	0,0145		-0,0305	-0,0265				
9η(10/3)	-0,0215	-0,0115		0,0395	0,0865				
10η(3/4)	-0,0175	-0,0015		0,0275	0,0095		-0,0045	-0,0055	
11η(14/4)	-0,0295	-0,0095		0,0125	-0,0315		-0,0185	-0,0005	
12(15/4)	-0,0165	0,0065		-0,0265	-0,0215		-0,0305	-0,0055	
Μέσος Όρος σε "	0,023	0,012		0,024	0,037		0,018	0,004	
Μέσος Όρος σε m	0,68	0,37		0,72	1,12		0,53	0,11	