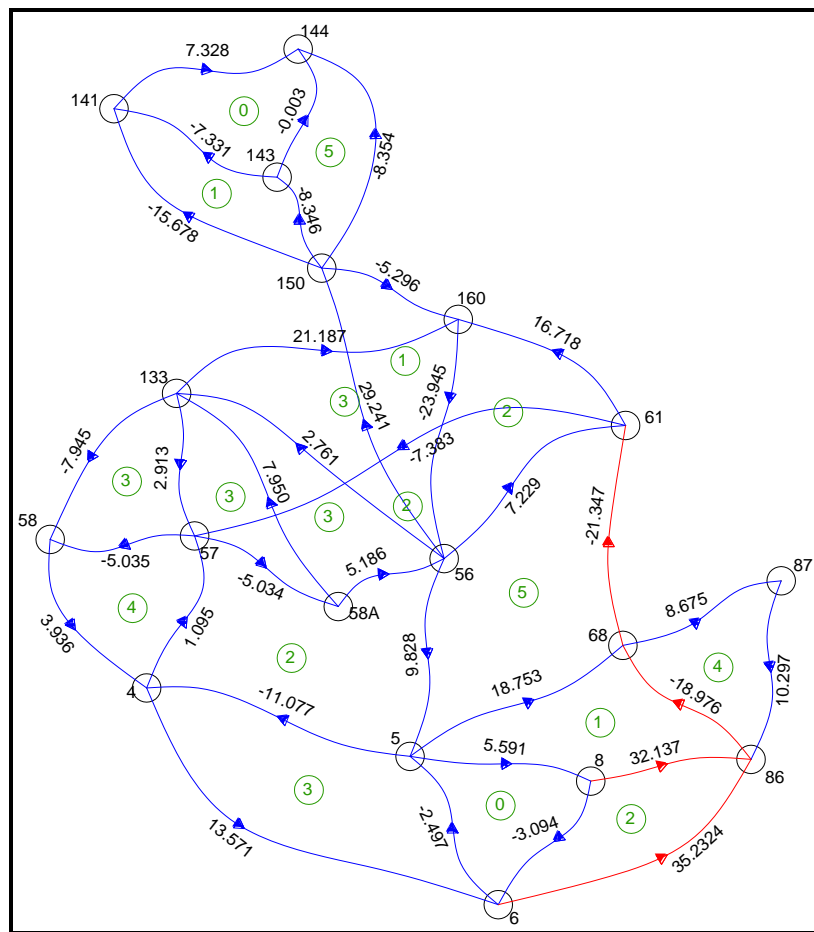




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ
ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΦΕΤΗΡΙΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΘΗΝΩΝ
ΠΟΥ ΙΔΡΥΘΗΚΕ ΤΟ 1920



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΦΑΡΜΑΚΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :
ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΛΑΜΠΡΟΥ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010



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

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ
ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΦΕΤΗΡΙΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΘΗΝΩΝ
ΠΟΥ ΙΔΡΥΘΗΚΕ ΤΟ 1920

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΦΑΡΜΑΚΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :
ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΛΑΜΠΡΟΥ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

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

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στη φίλη και συμφοιτήτρια, **Ελένη-Γεωργία Αλεβιζάκου**, για την άψογη και ευχάριστη συνεργασία κατά την διάρκεια των μετρήσεων και της επεξεργασίας αυτών. Την ευχαριστώ για την αμέριστη υποστήριξη και κατανόησή της καθώς και για την πολύτιμη βοήθειά της για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για τη συμπαράσταση, την ψυχολογική στήριξη και ενθάρρυνση τόσο κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας όσο και κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στη Σ.Α.Τ.Μ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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

Τα χωροσταθμικά δίκτυα είναι δίκτυα κατακορύφου ελέγχου και αποτελούνται από σημεία με γνωστό υψόμετρο χωρίς να είναι απαραίτητα γνωστή η ακριβής οριζοντιογραφική τους θέση. Τα σημεία αυτά ονομάζονται υψομετρικές αφετηρίες (Repères) και υλοποιούνται με ορειχάλκινους ήλους πακτωμένους σε σταθερά σημεία του εδάφους ή των κατασκευών. Η επιλογή των θέσεων των κορυφών του χωροσταθμικού δικτύου έχει ως σκοπό να διασφαλίσει όσο το δυνατόν την διαχρονικότητα των σημείων για το λόγο αυτό επιλέγονται μνημεία, ναοί κ.α.

Τέτοια δίκτυα ιδρύθηκαν σε ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο με αρχή την πόλη των Αθηνών, τον Πειραιά και τα Περίχωρα αυτών. Οι εργασίες ίδρυσης και εγκατάστασης του υψομετρικού δικτύου αυτού που εκπονήθηκαν από την Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Συγκοινωνιών ξεκίνησαν το 1920 και ολοκληρώθηκαν το 1921. Οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό των ορθομετρικών υψομέτρων έγιναν αξιοποιώντας την τότε γνωστή μέθοδο της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης και ως αφετηρία του δικτύου θεωρήθηκε το υψόμετρο του παλιρροιογράφου στο Τελωνείο του Πειραιά.

Η δημιουργία του χωροσταθμικού δικτύου των Αθηνών, του Πειραιά και των Περιχώρων έγινε υπό την αιγίδα του Υπουργείου Συγκοινωνιών. Η εργασία της ίδρυσής του έγινε από την Τοπογραφική Υπηρεσία που συγκρότησε το Υπουργείο Συγκοινωνιών και παρουσιάστηκε τον Ιούλιο του 1921 υπό την επιμέλεια του Δ.Ν. Λαμπαδάριου, διπλωματούχου μηχανικού και καθηγητή Γεωδαισίας του Ε.Μ.Π.

Όπως ήταν αναμενόμενο η μετέπειτα αναζήτηση των σημείων αυτών στο πλαίσιο παλαιότερης διπλωματικής εργασίας [Ε.Γκόβα,2007] απέφερε την εύρεση ενός μέρους μόνο από τον συνολικό αριθμό των υψομετρικών αφετηριών που είχαν τοποθετηθεί το 1920. Η πλειοψηφία των σημείων είχε καταστραφεί με αποτέλεσμα να έχουν σωθεί μόλις 67 από τα 320 που αρχικά είχαν τοποθετηθεί.

Από την ίδρυση του πρώτου χωροσταθμικού δικτύου των Αθηνών έχουν περάσει 90 χρόνια κατά τη διάρκεια των οποίων έχουν επέλθει ραγδαίες αλλαγές στον αστικό ιστό της πόλης των Αθηνών. Η κατασκευή του Μετρό, η πληθώρα των άλλων τεχνικών έργων καθώς και οι σεισμοί που έχουν πλήξει την πόλη από το 1920 αναμένεται να έχουν μεταβάλλει τη θέση των υψομετρικών αφετηριών.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω κρίθηκε σκόπιμο να μετρηθεί εκ νέου ένα μέρος του πρώτου χωροσταθμικού δικτύου της Αθήνας και να γίνει ο έλεγχος κατακόρυφων μετακινήσεων στην συγκεκριμένη περιοχή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IV
ΠΙΝΑΚΕΣ	VI
ΧΑΡΤΕΣ	VI
ΕΙΚΟΝΕΣ	VII
ΣΧΗΜΑΤΑ	VII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VIII
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 Γεωδαιτικά δίκτυα υποδομής	2
1.2 Χωροσταθμικό δίκτυο Αθηνών, προαστίων και περιχώρων	3
1.2.1 Αναγνώριση και εγκατάσταση	5
1.2.2 Όργανα	9
1.2.3 Μεθοδολογία	10
1.2.4 Επεξεργασία	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ

2.1 Γενικά	14
2.2 Γεωμετρική Χωροστάθμηση	15
2.3 Τριγωνομετρική Υψομετρία	17
2.4 Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία	19
2.5 Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

3.1 Επιλογή Δικτύου	24
3.2 Βελτιστοποίηση	29
3.3 Επιλογή Μεθόδων	34
3.3.1 Ο ψηφιακός χωροβάτης DL-102C	35
3.3.2 Οι γεωδαιτικοί σταθμοί	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

4.1 Αναγνώριση περιοχής	39
4.2 Μετρήσεις	40
4.3 Προβλήματα	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Γενικά	48
5.2 Επεξεργασία μετρήσεων γεωμετρικής χωροστάθμησης	49
5.3 Επεξεργασία μετρήσεων ΤΡ.Υ.Α	50
5.4 Προσδιορισμός ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών	52
5.5 Υπολογισμός Υψομέτρων	55
5.5.1 Επίλυση δικτύου κατακόρυφου ελέγχου	56
5.5.2 Έλεγχος αξιοπιστίας επίλυσης (Test x^2)	59
5.5.3 Προσδιορισμός μετακινήσεων δικτύου κατακόρυφου ελέγχου	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Συμπεράσματα	64
6.2 Προτάσεις	65
6.3 Διάρκεια εργασιών	66

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67
ABSTRACT	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	69

ΠΙΝΑΚΕΣ

1.1 Περιγραφή υψομετρικών αφετηριών	8
1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Wild- Zeiss τύπου I	9
1.3 Τελικά αποτελέσματα μέσω σφαλμάτων	13
3.1 Υπολογισμός βαρών με $P=(1/S)$ και με αριθμό στάσεων για 14 σενάρια μετρήσεων	31
3.2 Ίχνος πίνακα V_x και μέσο τετραγωνικό σφάλμα για 11 σενάρια μετρήσεων	33
4.1 Στοιχεία μετρήσεων με γεωμετρική χωροστάθμηση	41
4.2 Έλεγχοι Μέσου-Άκρου	42
4.3 Έλεγχος κλεισίματος διπλών χωροσταθμήσεων	44
4.4 Στοιχεία μετρήσεων με TP.Y.A	46
5.1 Καταγραφή στοιχείων TP.Y.A	51
5.2 Υψομετρικές διαφορές 1920-2010	52
5.3 Έλεγχος υψομετρικού κλεισίματος βρόγχων	55
5.4 Συνορθωμένα υψόμετρα και αβεβαιότητες	58
5.5 Έλεγχος Μετακινήσεων	62

ΧΑΡΤΕΣ

1.1 Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη με τις θέσεις των υψομετρικών αφετηριών	7
3.1 Κατανομή υψομετρικών αφετηριών στην περιοχή της Αθήνας	24
3.2 Κατανομή υψομετρικών αφετηριών στην περιοχή του Πειραιά	25
3.3 Σημεία δικτύου κατακόρυφου ελέγχου	28

EIKONES

1.1 Μικρή ορειχάλκινη υψομετρική αφετηρία	6
1.2 Μεγάλη ορειχάλκινη υψομετρική αφετηρία	6
1.3 Χωροβάτης Wild-Zeiss τύπου I	9
3.1 Τεκμηρίωση υψομετρικών αφετηριών	26
3.2 Τρίποδας αλουμινίου	36
3.3 Τηλεπισκοπικές σταδίες	36
3.4 Ψηφιακός χωροβάτης DL-102C	36
3.5 Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TCR-405 Power	38
3.6 Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός TCR-1201	38
3.7 Γωνιομετρικός στόχος	38
4.1 Επικίνδυνη θέση οργάνου-παρατηρητή	47
5.1 Αρχείο μετρήσεων χωροβάτη .txt	49
5.2 Τελικό αρχείο .txt χωροσταθμίσεων	50

ΣΧΗΜΑΤΑ

2.1 Απλή Γεωμετρική Χωροστάθμιση	15
2.2 Χωροσταθμική Όδευση	16
2.3 Τριγωνομετρική Υψομετρία	18
2.4 Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία	20
2.5 ΤΡ.Υ.Α. με περισσότερες από δύο στάσεις	21
2.6 Σκόπευση προς την υψομετρική αφετηρία	22
3.1 Διάγραμμα βελτιστοποίησης	33
4.1 Σφάλμα ελέγχων μέσου-άκρου	43
5.1 Υψομετρικό Δίκτυο	53
6.1 Διάγραμμα κατανομής εργασιών	66

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο επαναπροσδιορισμός των ορθομετρικών υψομέτρων των κορυφών του υψομετρικού δικτύου που ιδρύθηκε στο κέντρο των Αθηνών το 1920 και ο έλεγχος μετακινήσεων αυτών.

Στο **πρώτο κεφάλαιο** αναφέρονται τα ιστορικά στοιχεία των υψομετρικών αφετηριών, οι οποίες τοποθετήθηκαν το 1920 και έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις για τον προσδιορισμό ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών. Επίσης αναλύεται η μέθοδος επίλυσης του δικτύου και οι ακρίβειες που προέκυψαν.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναλύονται οι διάφορες επίγειες μέθοδοι προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, όπως είναι η Ψηφιακή Γεωμετρική Χωροστάθμηση, η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία, η Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας κ.α.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** περιγράφεται το δίκτυο των 18 σημείων όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και η διαδικασία της βελτιστοποίησης. Επίσης παρουσιάζονται οι μέθοδοι μέτρησης που εφαρμόστηκαν καθώς και ο απαραίτητος εξοπλισμός για την εφαρμογή αυτών.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφονται αναλυτικά οι διαδικασίες των μετρήσεων με τις δύο μεθόδους που επελέγησαν και τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά την εφαρμογή τους.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** αναλύεται η επεξεργασία των μετρημένων μεγεθών ώστε να προκύψουν οι τελικές υψομετρικές διαφορές. Επίσης περιγράφεται η διαδικασία επίλυσης του δικτύου καθώς και ο έλεγχος αξιοπιστίας αυτής, ενώ γίνεται και ο προσδιορισμός των μετακινήσεων του κατακόρυφου δικτύου ελέγχου.

Στο **έκτο κεφάλαιο** αναλύονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω αποτελέσματα.

Στο **παράρτημα** παρουσιάζονται πίνακες με τα στοιχεία των μετρήσεων καθώς και οι πίνακες με τη συνόρθωση του δικτύου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασία είναι ο επαναπροσδιορισμός των υψομέτρων των κορυφών του χωροσταθμικού δικτύου των Αθηνών που ιδρύθηκε το 1920 και ο έλεγχος μετακινήσεων.

Αρχικά εντοπίστηκαν οι υψομετρικές αφετηρίες που έχουν διασωθεί με την βοήθεια των περιγραφών των σημείων τόσο του τεύχους «Το Χωροσταθμικόν Δίκτυον Αθηνών, προαστίων και περιχώρων» [Λαμπαδάριος, 1921] , όσο και της διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Τεκμηρίωση των Υψομετρικών Αφετηριών του Χωροσταθμικού Δικτύου Αθηνών, Προαστίων και Περιχώρων (1920) Βελτιστοποίηση Δικτύου» [Γκόβα, 2007].

Ο τελικός αριθμός των σημείων του δικτύου που επιλύθηκε είναι 18 σημεία τα οποία βρίσκονται στο κέντρο των Αθηνών. Για τον προσδιορισμό των υψομετρικών διαφορών χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι μέτρησης, αυτή της Ψηφιακής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης και αυτή της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας Ακριβείας με ανάλογες ακρίβειες.

Έπειτα επιλύθηκε το δίκτυο με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων και έγινε ο προσδιορισμός των νέων υψομέτρων με τις αντίστοιχες αβεβαιότητές τους.

Τέλος τα παραπάνω αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα υψόμετρα που είχαν προσδιοριστεί από την Τοπογραφική Υπηρεσία το 1920 και έγινε έλεγχος για μετακινήσεις για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1. Γεωδαιτικά δίκτυα υποδομής

Η υποδομή τριγωνομετρικών, χωροσταθμικών και πολυγωνομετρικών δικτύων είναι μία εργασία μείζονος σημασίας για κάθε πόλη, ιδίως όταν αυτά πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές για την διεξαγωγή τοπογραφικής ή κτηματογραφικής αποτύπωσης. Οι προδιαγραφές αυτές τα καθιστούν κατάλληλα εργαλεία για τη μελέτη και την εκτέλεση τεχνικών ή ρυμοτομικών έργων καθώς επίσης και για τη σύνταξη του κτηματολογίου.

Με σκοπό λοιπόν την εξυπηρέτηση των τεχνικών αναγκών των δημόσιων, δημοτικών και ιδιωτικών υπηρεσιών η Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Συγκοινωνιών αποφάσισε με άδεια του Υπουργείου την δημοσίευση των εκτελούμενων από αυτήν μεγάλων εργασιών, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και ως υποδείγματα συστηματικής διεξαγωγής γεωδαιτικών και τοπογραφικών εργασιών.

Οι εργασίες αυτές περιγράφονται σε έξι (6) τεύχη, τα οποία είναι :

1^ο τεύχος: Χωροσταθμικό δίκτυο Αθηνών, προαστίων και περιχώρων.

2^ο τεύχος: Τριγωνομετρικό δίκτυο Αθηνών, προαστίων και περιχώρων.

3ο τεύχος: Πολυγωνομετρικό δίκτυο Αθηνών και Πειραιώς,
περιχώρων και προαστίων.

4^ο τεύχος: Στερεοφωτοταχυμετρικές τοπογραφικές αποτυπώσεις –
Ανάγκη εισαγωγής της από του αέρος
στερεοφωτοταχυμετρίας.

5^ο τεύχος: Οργάνωση και λειτουργία του κτηματολογίου της
Θεσσαλονίκης.

6^ο τεύχος: Κτηματογραφική λεπτομερής αποτύπωση των ιδιοκτησιών
Αθηνών, προαστίων και περιχώρων.

Πριν από αυτό το έργο, καμία τοπογραφική ή τεχνική εργασία στην Ελλάδα δεν εξαρτάτο από δίκτυο το οποίο να πληρεί τις προδιαγραφές και τους κανονισμούς των άλλων αναπτυγμένων κρατών, εκτός από ένα μικρό τμήμα τις Αθήνας.

Για τη δημιουργία δικτύων στην Θεσσαλονίκη, απαραίτητα για οποιεσδήποτε εργασίες στην πόλη καθώς και για την ακριβή τοπογράφιση και κτηματογράφιση, συγκροτήθηκε τον Αύγουστο του 1917 μία ειδική υπηρεσία, το Συνεργείο Σχεδίου Πόλεων της Θεσσαλονίκης ενώ το Μάιο του 1918 συγκροτήθηκε για ανάλογες εργασίες στην Αθήνα η Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Συγκοινωνιών.

1.2. Χωροσταθμικό δίκτυο Αθηνών, προαστίων και περιχώρων

Η Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Συγκοινωνιών διεξήγαγε τις απαραίτητες εργασίες για την δημιουργία του χωροσταθμικού δικτύου της Αθήνας, περιχώρων και προαστίων, οι οποίες ξεκίνησαν το 1920 και ολοκληρώθηκαν με την παρουσίαση του δικτύου τον Ιούλιο του 1921 υπό την επιμέλεια του Δ.Ν. Λαμπαδάριου, διπλωματούχου μηχανικού και καθηγητή Γεωδαισίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Το χωροσταθμικό δίκτυο είναι το πρώτο από τα έξι συνολικά τεύχη των εργασιών που εκπονήθηκαν σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη. [Λαμπαδάριος Δ. Ν., 1921]

Όμως λόγω της γρήγορης εκπόνησης και εκτύπωσης του τεύχους αυτού προέκυψαν διάφορα τυπογραφικά και ορθογραφικά λάθη καθώς επίσης και παραβλέψεις οι οποίες δικαιολογούν τυχόν ασυμφωνίες μεταξύ των παρατηρήσεων και των περιγραφών. Το γεγονός αυτό μπορεί να δικαιολογήσει τις ασάφειες και τα λάθη που εντοπίστηκαν στις περιγραφές των υψομετρικών αφετηριών κατά την μετέπειτα αναζήτησή τους. [Γκόβα Ε. 2007]

Στις 2 Ιουλίου του 1920 ξεκίνησαν οι εργασίες για την ίδρυση του χωροσταθμικού δικτύου. Η εκτέλεση των εργασιών εγκατάστασης, μέτρησης και υπολογισμού του χωροσταθμικού δικτύου της Αθήνας και των περιχώρων ανατέθηκε από την Υπηρεσία στον διπλωματούχο τοπογράφο μηχανικό κ. Ι. Φαρβ, υπάλληλο της Τοπογραφικής Υπηρεσίας της Ελβετικής Ομοσπονδίας και ειδικό στην διεξαγωγή χωροσταθμήσεων με τη βοήθεια των τοπογράφων, διπλωματούχων της Ανώτατης Σχολής Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου της Αθήνας, κ. Κ. Δενδρινού και του κ. Α. Σταύρου.

Κατά τη διαδικασία ίδρυσης των υψομετρικών αφετηριών προέκυψαν δυσκολίες όσον αφορά στον προσδιορισμό της θέσης τους αλλά και σε προβλήματα όπως η έλλειψη ονομασιών των οδών, η μη ύπαρξη χιλιομετρικών δεικτών στις οδούς κ.α.

Όπως σε κάθε υψομετρική εργασία έτσι και εδώ ήταν απαραίτητος ο καθορισμός του υψόμετρου μίας αφετηρίας ώστε να προσδιοριστούν στη συνέχεια και τα υψόμετρα των υπόλοιπων σημείων του δικτύου. Όμως κατά την αρχή των εργασιών, ο παλιρροιογράφος στο λιμάνι του Πειραιά, είχε απομακρυνθεί πιθανόν για επισκευή ή αντικατάσταση και έτσι τοποθετήθηκε η αφετηρία «ΜΗΔΕΝ» με υψόμετρο 2.00 μ. που ορίστηκε από ακριβής τριετείς παρατηρήσεις (1897-1898-1899) επί του παλαιού παλιρροιογράφου που ήταν εγκατεστημένος στο Τελωνείο του Πειραιά.

Η ίδρυση του χωροσταθμικού δικτύου όπως έχει αναφερθεί βοήθησε στην εκπόνηση διάφορων τεχνικών έργων στα ακόλουθα χρόνια όπως είναι :

- Μελέτη και κατασκευή υπονόμων
- Κατασκευή ή μεταβολή στάθμης οδοστρωμάτων
- Τροποποίηση ή εγκατάσταση, υπογείως ή επιφανειακώς νέων σιδηροδρομικών ή τροχιοδρομικών γραμμών.
- Μελέτη και εκτέλεση ρυμοτομικών ή εξυγιαντικών έργων (διευθέτηση γύρω από τους χείμαρρους) κ.α.

1.2.1. Αναγνώριση και εγκατάσταση

Το πρώτο μέρος των εργασιών περιελάμβανε την αναγνώριση και την εγκατάσταση (σήμανση) του χωροσταθμικού δικτύου της Αθήνας και των περιχώρων.

Απαιτήθηκε χρονικό διάστημα δύο εβδομάδων ώστε το συνεργείο με επικεφαλής τον κ. Ι. Φαρβ να πραγματοποιήσει την αναγνώριση των περιοχών όπου έγινε η εγκατάσταση του δικτύου. Η εγκατάσταση των υψομετρικών αφετηριών επιλέχθηκε να γίνει σε στέρεα μόνιμα κτίρια όπως είναι οι εκκλησίες, δημόσια καταστήματα, σχολεία κ.α. καθώς επίσης και σε τεχνικά έργα όπως γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης κ.λπ. ώστε να διασφαλίζεται η μονιμότητά τους στο χρόνο. Για το λόγο αυτό δεν έγινε τοποθέτηση αφετηριών σε χιλιομετρικούς δείκτες ή σε βάσεις πινακίδων δεικτών οδών ή σιδηροδρόμων ή σε ελεύθερους στήλους οι οποίοι μπορούν να καταργηθούν, να υποστούν καθίζηση ή να μετατεθούν.

Για την σήμανση των υψομετρικών αφετηριών χρησιμοποιήθηκαν είτε μικρές ορειχάλκινες υψομετρικές αφετηρίες, οριζόντια ή κάθετα πακτωμένες με σφαιρική επιφάνεια (*Εικόνα 1.1*), είτε μεγάλες ορειχάλκινες υψομετρικές αφετηρίες, οριζόντια πακτωμένες με αναγραφή του υψόμετρου (*Εικόνα 1.2*). Για τις μικρές αφετηρίες ως επιφάνεια αναφοράς για τις μετρήσεις θεωρήθηκε το επίπεδο που διέρχεται από το υψηλότερο σημείο της σφαιρικής της κεφαλής της αφετηρίας κατά το οριζόντιο επίπεδο που εφάπτεται σε αυτή.

Σε ορισμένες περιπτώσεις για την σήμανση σημαντικών σταθερών αφετηριών (Εθν. Πανεπιστημίου, Ε.Μ. Πολυτεχνείου, Ζαπτείου κ.α.) χρησιμοποιήθηκαν μεγαλύτερες ορειχάλκινες υψομετρικές αφετηρίες στις οποίες αναγράφεται η Υπηρεσία υπό την αιγίδα της οποίας διεξήχθησαν οι μετρήσεις καθώς επίσης και το υψόμετρο που προσδιορίστηκε.



Εικόνα 1.1: Μικρή ορειχάλκινη υψομετρική αφετηρία



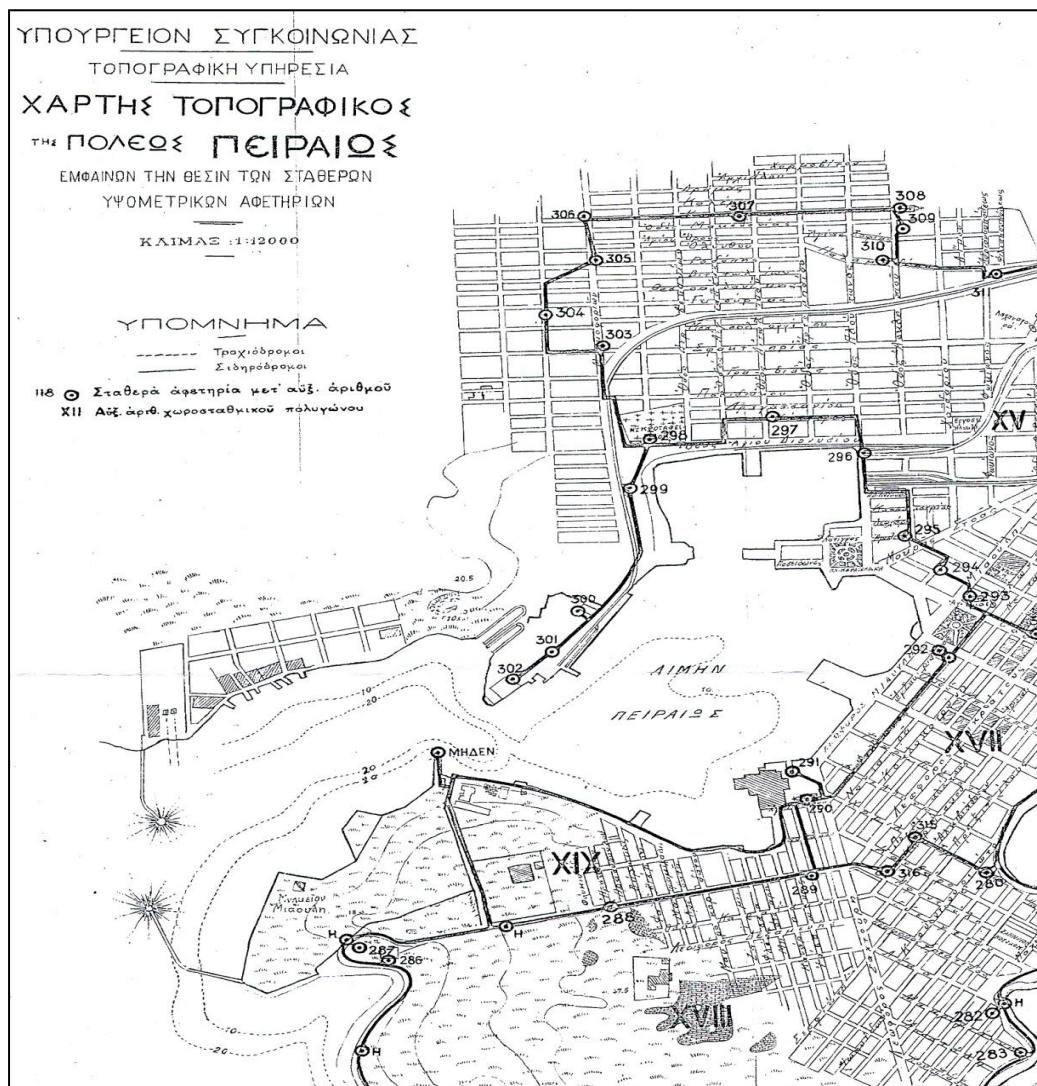
Εικόνα 1.2: Μεγάλη ορειχάλκινη υψομετρική αφετηρία

Η αρίθμηση των αφετηριών έγινε κατά συνεχή αύξοντα αριθμό από το 1 έως το 320. Ο αριθμός αυτός αναγράφεται στο κάτω μέρος τους όμως λόγω αλλοιώσεων που υπέστησαν με το πέρασμα του χρόνου, όπως σκουριά, μπογιά κ.α. σε λίγες μόνο παραμένει διακριτός. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αρκετές μεγάλες ορειχάλκινες αφετηρίες διακρίνονται ανέπαφα τα χαραγμένα στοιχεία τους.

Οι θέσεις των υψομετρικών αφετηριών παρουσιάστηκαν σε τρεις τοπογραφικούς χάρτες (Χάρτης 1.1) αλλά και περιγράφηκαν σε αναλυτικό πίνακα ο οποίος περιείχε τα εξής στοιχεία : αύξων αριθμός υψομετρικής αφετηρίας, υψόμετρο, περιγραφή (οδός, αριθμός κτιρίου,

σχέση με παρακείμενα κτίρια ή τεχνικά έργα) και χαρακτηριστικά που υποδηλώνουν την θέση τους (προσανατολισμός, αποστάσεις από χαρακτηριστικές γραμμές ή επιφάνειες). Απόσπασμα αυτού του πίνακα παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Τα 320 σημεία τοποθετήθηκαν ανά πεντακόσια μέτρα κατά μέσο όρο στα συνολικά 165 χιλιόμετρα του χωροσταθμικού δικτύου. Σε περιπτώσεις όπου δεν ήταν δυνατή η τοποθέτηση υψομετρικών αφετηριών ανά 500 μέτρα λόγω της αδυναμίας εύρεσης σταθερών σημείων τοποθετήθηκαν βοηθητικές αφετηρίες (μικρά σιδερένια καρφιά) ώστε να μειώνονται οι μεγάλες αποστάσεις χωροστάθμησης.



Χάρτης 1.1 Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη με τις θέσεις των υψομετρικών αφετηριών

Θέσις	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΚΛΗΤΗΣ ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΑ ΕΙΣ ΜΕΤΡΑ	Τοποθεσία και περιγραφή της θέσεως ενάσ- της ύψομετρικής αφετηρίας.
Γαλάτσι	⊕ 201	170,013	Γαλάτσι, ναός «'Αγίας Γλυκερίας» ἐπὶ τῆς κορυφῆς τῆς κοίτης προσόψεως 0,90 μ. ἀριστερῶς τῆς εὐθείας καὶ 0,90 μ. ὑπὲρ τὸ ἔδαφος.
	⊕ 202	181,000	'Αγριακὸς (ἡμιονική), πρὸ ναοῦ «'Αγ. Γλυ- κερίας» εἰς Μουσουλμανικὸν Καρυγιάννη 'Αρ- γυροῦ (κτηματίου) πρὸς ΝΑ ἐπὶ βράχου 1 μ. πλάτος Μουσουλμανικὸν καὶ 0,80 μ. ὑπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ βράχου.
	⊕ 203	183,211	Γαλάτσι, βράχος 13 μ. ὀριζίως τοῦ Μουσω- λείου ἐπὶ τοῦ βράχου τούτου ἰσοπέδως τῆ ἔδαφει.
Λεωφόρος Συγγροῦ	⊕ 204	43,458	Λεωφόρος Συγγροῦ, λίθινά μεγάλη γέφυρα ἐπὶ τοῦ 'Ιλισσοῦ ἐπὶ τοῦ τοίχου τοῦ ἀριστεροῦ περυστοτόχου πρὸς τὰ ἀνάτη 0,10 μ. ἀπὸ τῆς γεφύρας καὶ 0,80 μ. ὑπὲρ τὴν κοίτην.
	.	49,284	Λεωφόρος Συγγροῦ, λίθινά γέφυρα ἐπὶ τῆς ἐπὶ γωνιαίου λίθου τοῦ θαλάμιου κορυ- φίδος πρὸς τὰ ἀνάτη κατὰ τὴν δεξιάν ὁχθὴν.
	⊕ 205	50,153	Λεωφόρος Συγγροῦ, κτήμα πρὸς Α τῆς ὁδοῦ (κ. Βαλλιάνου) ἐπὶ τοῦ περιβολοτόχου τῆς Α προσόψεως 0,40 μ. ἀπὸ τῆς Ν γωνίας καὶ 0,35 μ. ὑπὲρ τὸ ἔδαφος.
	⊕ 206	46,404	Λεωφόρος Συγγροῦ, κτήμα ὁ «Σωτήρ» ἐπὶ τῆς Α προσόψεως 0,35 μ. ἀπὸ τῆς Β γωνίας καὶ 0,35 μ. ὑπὲρ τὸ ἔδαφος.
	.	34,326	Λεωφόρος Συγγροῦ, γέφυρα λιθίνη ἐν τῇ θέ- σει Μολυβιά ἐπὶ τοῦ ἀριστεροῦ κροσπίδου πρὸς τὰ κατάντη.
	⊕ 207	30,455	Λεωφόρος Συγγροῦ, λίθινά γέφυρα ἐπὶ τοῦ δευτέρου λίθου τοῦ θόλου ἐπὶ τῆς ἀρι- στερῆς ὁχθῆς, πρὸς τὰ ἀνάτη 0,45 μ. ὑπὲρ τὴν κοίτην.
	⊕ 208	27,245	Λεωφόρος Συγγροῦ, λιθίνη γέφυρα (ἡ πρώτη μετὰ τὴν προηγουμένην) ἐπὶ τοῦ δεξιοῦ περυστοτόχου πρὸς τὰ κατάντη 0,30 μ. ἀπὸ τῆς γεφύρας καὶ 0,40 μ. ὑπὲρ τὴν κοίτην.

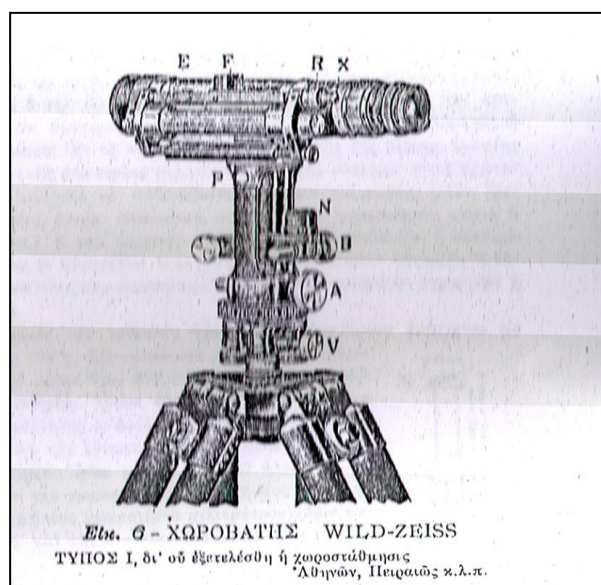
Πίνακας 1.1 Περιγραφή υψομετρικῶν αφετηριῶν

1.2.2. Όργανα

Για την ταχύτερη διεκπεραίωση των εργασιών του χωροσταθμικού δικτύου της Αθήνας και των περιχώρων επιλέχθηκε η χρήση ενός μικρού χωροβάτη Wild-Zeiss, τύπου I (Εικόνα 1.3) και δύο χωροσταθμικών πήχων αγγλικής κατασκευής Cook. Το όργανο αυτό παρείχε υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις με ευκολία και απλότητα στη χρήση του ενώ η μορφή του ήταν σύγχρονη και εξελιγμένη για τα δεδομένα της εποχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά (Πίνακας 1.2) κατέστησαν το όργανο αυτό κατάλληλο για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Διάμετρος αντικειμενικού φακού	27mm
Μεγέθυνση τηλεσκοπίου	M= 20 πλην
Μήκος τηλεσκοπίου	200mm
Γωνιώδης τιμή της αεροστάθμης	$\gamma = 29''$
Βάρος του οργάνου	1.6kgr
Βάρος της θήκης	1.2kgr
Βάρος του τρίποδα	4.0kgr
Σταδιομετρικός τύπος	E=100 I+ 0.10

Πίνακας 1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Wild- Zeiss τύπου I



Εικόνα 1.3 Χωροβάτης Wild-Zeiss τύπου I

Οι δύο πήχεις 15 και 20 της Τοπογραφικής Υπηρεσίας, κατασκευής Cook, χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή των χωροσταθμίσεων και αποτελούνται από τρεις βραχίονες με μήκος περίπου 1.70 μ. έκαστος, οι οποίοι συμπύχθηκαν σε ένα. Για την γνώση και εξουδετέρωση των σφαλμάτων διαιρέσεως των χωροσταθμικών πήχεων, διεξαγόταν ανά 15 ημέρες περίπου έλεγχος και σύγκριση αυτών προς το υπ' αριθ. 47 χαλύβδινο κανονικό μέτρο της Γεωδαιτικής Συλλογής του Ε. Μ. Πολυτεχνείου, κατασκευής Bamberg του Βερολίνου.

Οι διορθώσεις που προέκυψαν από τα σφάλματα αυτά είναι :

- Διόρθωση ανά μέτρο
- Διόρθωση επεκτάσεως του πήχου
- Διόρθωση σε διάφορα σημεία της άκρης κάθε πήχου για αναγωγή στο σημείο μηδέν αυτού

1.2.3. Μεθοδολογία

Για τη μέτρηση του χωροσταθμικού δικτύου η μέθοδος που ακολουθήθηκε είχε τα εξής χαρακτηριστικά :

1. Κάθε χωροσταθμική όδευση εκτελέστηκε δύο φορές σε μετάβαση και επιστροφή (*aller-retour*).
2. Η δεύτερη χωροστάθμιση έγινε με φορά αντίθετη από την πρώτη εξαλείφοντας έτσι διάφορα συστηματικά σφάλματα που εξαρτώνται από την φορά της όδευσης.
3. Για να γίνει αντιληπτή κάποια πιθανή ανωμαλία της ατμοσφαιρικής διάθλασης οι δύο αντίθετες χωροσταθμίσεις έγιναν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.
4. Οι μετρήσεις έγιναν με δύο χωροσταθμικούς πήχεις για ταχύτερη διεξαγωγή της χωροστάθμισης.

5. Οι αποστάσεις σκόπευσης όπισθεν και εμπροσθεν ήταν ίσες μηδενίζοντας έτσι τα σφάλμα του οργάνου και των ατμοσφαιρικών επιδράσεων.

Για την μέτρηση ολόκληρου του χωροσταθμικού δικτύου των Αθηνών και των περιχώρων έγιναν 4600 στάσεις χωροβάτη σε 245 εργάσιμες ώρες ενώ το συνολικό μήκος χωροσταθμίσεων έφτασε τα 350 χιλιόμετρα. Τα χαρακτηριστικά των μετρήσεων που προέκυψαν είναι τα εξής :

- Μέσο μήκος μιας σκόπευσης 34m
- Μέσο μήκος μιας στάσης 68m
- Διάρκεια μέτρησης κάθε στάσης κατά μέσο όρο 3.2 min
- Μέση ταχύτητα ανά ώρα 1.3km
- Μέση διάρκεια χωροσταθμίσεως τμήματος μήκους 1km τα 46min

1.2.4. Επεξεργασία

Έπειτα από κάθε μέτρηση μιας χωροσταθμικής όδευσης γινόταν η αναγωγή των σφαλμάτων των πήξεων αρ.15 και αρ.20 προσδιορίζοντας έτσι την διορθωμένη υψομετρική διαφορά. Τα στοιχεία αυτά καθώς και το μήκος της κάθε όδευσης αναγράφονται σε πίνακες.

Το όριο του μέσου σφάλματος κάθε χωροσταθμικής όδευσης ήταν τα $\pm 5\text{mm}$. Έτσι όταν κάποια από αυτές το ξεπερνούσε επαναλαμβανόταν η μέτρηση ενώ αν ήταν μικρότερο του ορίου αυτού γινόταν αποδεκτή.

Αφού λοιπόν προσδιορίστηκαν τα σφάλματα κλεισίματος (ω) των 28 πολυγώνων του δικτύου προσδιορίστηκε το ανά km μέσο σφάλμα (μ) το οποίο δίνεται από τη σχέση $\mu = \pm \frac{\omega}{\sqrt{L}}$, όπου L το μήκος της περιμέτρου, του πολυγώνου.

Από τα παραπάνω προέκυψε το υψομετρικό κλείσιμο του δικτύου ίσο με -14.3mm ενώ το μήκος της εξωτερικής περιμέτρου του είναι ίσο περίπου με 58km .

Για την συνόρθωση του χωροσταθμικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε η Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων με συνθήκες παρατήρησης και όχι έμμεσες παρατηρήσεις.

Η περιοχή χωρίστηκε σε 4 τμήματα, το δίκτυο της Αθήνας, του Πειραιά, του Παλαιού Φαλήρου και των ενδιάμεσων περιοχών. Η χωριστή συνόρθωση ήταν αναγκαία αφού η ακρίβεια ήταν διαφορετική σε κάθε περιοχή λόγω των διαφορετικών συνθηκών. Επίσης το δίκτυο των ενδιάμεσων περιοχών μετρήθηκε με μειωμένη ακρίβεια σε σχέση με τα υπόλοιπα για εξοικονόμηση χρόνου.

Για την επίλυση λοιπόν των τεσσάρων αυτών δικτύων σχηματίστηκαν οι κατάλληλες εξισώσεις παρατήρησης ενώ παράλληλα προσδιορίστηκαν τα βάρη των μετρήσεων από τον τύπο $P = \frac{1}{S}$, όπου S το μήκος της χωροστάθμησης σε χιλιόμετρα.

Από τα παραπάνω προέκυψαν τα υψόμετρα των υψομετρικών αφετηριών και παρουσιάζονται σε πίνακες, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι ακρίβειες που επετεύχθησαν διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα μέσα σφάλματα μ των τεσσάρων υποδικτύων που προσδιορίστηκαν με τρεις διαφορετικούς τρόπους (Πίνακας 1.3).

Το μέσο σφάλμα μ για κάθε υποδίκτυο υπολογίστηκε αρχικά από διάφορες παρατηρήσεις τμημάτων με τη χρήση του τύπου $\mu = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[P\Delta\Delta]}{n}}$ όπου n : ο αριθμός των χωροσταθμικών οδεύσεων και Δ η διαφορά σε km μετάβασης-επιστροφής. Επίσης προσδιορίστηκε από τα σφάλματα κλεισίματος ω των πολυγώνων από τον τύπο $\mu = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{\omega^2}{L} \right]}$ όπου N το πλήθος των εξισώσεων συνθήκης, ω το σφάλμα κλεισίματος πολυγώνου και L το μήκος της περιμέτρου πολυγώνου. Τέλος από την επίλυση των

δικτύων με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων προέκυψε το μέσο σφάλμα

μ από τον τύπο $\mu = \pm \sqrt{\frac{[P\upsilon\upsilon]}{N}}$ όπου υ η πιθανή διόρθωση σε mm.

Υποδίκτυα	Από διάφορες παρατηρήσεις Τμημάτων $\mu = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[P\Delta\Delta]}{n}}$ (mm)	Από σφάλματα κλεισίματος ω των πολυγώνων $\mu = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{\omega^2}{L} \right]}$ (mm)	Από τις διορθώσεις των δικτύων κατά την μέθοδο ελαχ. τετραγ. $\mu = \pm \sqrt{\frac{[P\upsilon\upsilon]}{N}}$ (mm)
1. Αθηνών	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{3528.4}{127}} = \pm 2.63$	$\sqrt{\frac{1}{14}} 55.1 = \pm 1.98$	$\sqrt{\frac{54.8}{14}} = \pm 1.98$
2. Πειραιώς	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{730.4}{66}} = \pm 1.60$	$\sqrt{\frac{1}{5}} 13.0 = \pm 1.61$	$\sqrt{\frac{11.8}{5}} = \pm 1.53$
3. Π. Φαλήρου	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{162.1}{9}} = \pm 2.12$	$\sqrt{\frac{1}{3}} 3.4 = \pm 1.07$	$\sqrt{\frac{5.9}{3}} = \pm 1.40$
4. Ενδιάμεσο	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1312.9}{103}} = \pm 1.78$	$\sqrt{\frac{1}{6}} 59.6 = \pm 3.15$	$\sqrt{\frac{100.7}{6}} = \pm 4.10$

Πίνακας 1.3 Τελικά αποτελέσματα μέσω σφαλμάτων

Όπως παρατηρείται το μέσο σφάλμα μ που προσδιορίστηκε και με τους τρεις τρόπους είναι περίπου ίσο για κάθε υποδίκτυο με καλύτερη προσέγγιση αυτή που προκύπτει από το σφάλμα κλεισίματος των πολυγώνων ω . Επίσης για τα τρία υποδίκτυα Αθηνών, Πειραιώς και Π. Φαλήρου το μέσο σφάλμα είναι μικρότερο από $\pm 2\text{mm}$ ενώ για το ενδιάμεσο δίκτυο ξεπερνά τα $\pm 4\text{mm}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ
ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ****2.1. Γενικά**

Για τον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών και κατ' επέκταση τον προσδιορισμό ορθομετρικών υψομέτρων σημείων της Φ.Γ.Ε., όπως είναι οι υψομετρικές αφετηρίες, επιβάλλεται να ορισθεί μία επιφάνεια αναφοράς η οποία θα αποτελεί αφετηρία όλων των μετρήσεων. Ως επιφάνεια αναφοράς στον προσδιορισμό των ορθομετρικών υψομέτρων θεωρείται η μέση στάθμη της θάλασσας (μ.σ.θ.), η οποία αποτελεί ουσιαστικά μία αρκετά καλή προσέγγιση του γεωειδούς ($\pm 1\text{m}$) και βάση αυτής της αφετηρίας προσδιορίζονται τα ορθομετρικά υψόμετρα.

Όμως ο προσδιορισμός υψομέτρων είναι απαραίτητος και σε σημεία που απέχουν από τη θάλασσα. Για το λόγο αυτό χρειάζονται σημεία με γνωστό υψόμετρο σε απόσταση από την μ.σ.θ. διευκολύνοντας έτσι τις μετρήσεις προσδιορισμού υψομέτρων στις περιοχές μακριά από τη θάλασσα. Τα σημεία αυτά είναι γνωστά ως υψομετρικές αφετηρίες ή *refer* και βρίσκονται τοποθετημένα σε όλη τη χώρα με γνωστές θέσεις, υλοποιώντας έτσι υψομετρικά δίκτυα ή δίκτυα κατακορύφου ελέγχου.

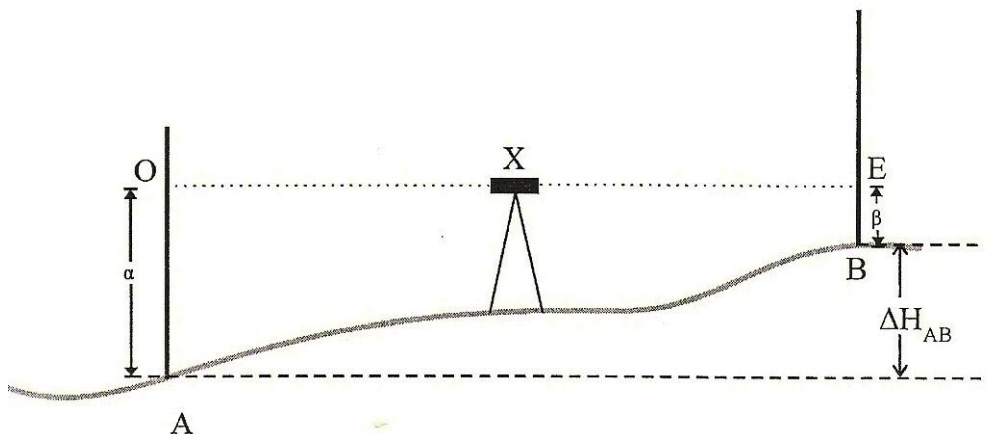
Ο προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών μπορεί να γίνει είτε με επίγειες είτε με δορυφορικές μεθόδους. Όσον αφορά τις επίγειες μεθόδους αυτές που χρησιμοποιούνται ως επί τω πλείστον είναι η Γεωμετρική Χωροστάθμηση και η Τριγωνομετρική Υψομετρία καθώς και διάφορες παραλλαγές αυτών όπως είναι η Ειδική Γεωμετρική Χωροστάθμηση, η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία, η Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας κ.α. Επίσης υπάρχουν και άλλες επίγειες μέθοδοι προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών οι οποίες χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις όπως η Βαρομετρική Υψομετρία και η Υδροστατική ή Υδραυλικά Χωροστάθμηση.

2.2. Γεωμετρική Χωροστάθμιση

Ο προσδιορισμός των υψομετρικών διαφορών ή ο προσδιορισμός υψομέτρων σημείων αν είναι γνωστό το υψόμετρο ενός τουλάχιστον αρχικού σημείου όπως αναφέρεται παραπάνω πραγματοποιείται με διάφορες επίγειες μεθόδους. Η κύρια επίγεια μέθοδος άμεσου προσδιορισμού των υψομετρικών διαφορών είναι η Γεωμετρική Χωροστάθμιση.

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι απαραίτητος ένας χωροβάτης καθώς επίσης και δύο αριθμημένοι πήχεις, οι οποίοι ονομάζονται σταδίες ή χωροσταθμικοί πήχεις. Ο χωροβάτης είναι ουσιαστικά ένα τηλεσκόπιο το οποίο αφού οριζοντιωθεί με τη βοήθεια σωληνωτής αεροστάθμης έχει την ικανότητα να περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του δίνοντας έτσι τις αναγνώσεις στις δύο σταδίες. Αυτές τοποθετούνται κατακόρυφα πάνω στα σημεία, των οποίων η υψομετρική διαφορά χρειάζεται να προσδιοριστεί, με τη βοήθεια των σφαιρικών αεροσταθμών που διαθέτουν.

Αφού λοιπόν τοποθετηθεί ο χωροβάτης στο μέσο της απόστασης των δύο σημείων ή σε κάποιο σημείο της μεσοκαθέτου της γίνονται οι αναγνώσεις πάνω στις σταδίες. Η διαφορά των δύο αυτών αναγνώσεων μας δίνει την υψομετρική διαφορά των σημείων. Η διαδικασία της απλής γεωμετρικής χωροστάθμισης παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 2.1)



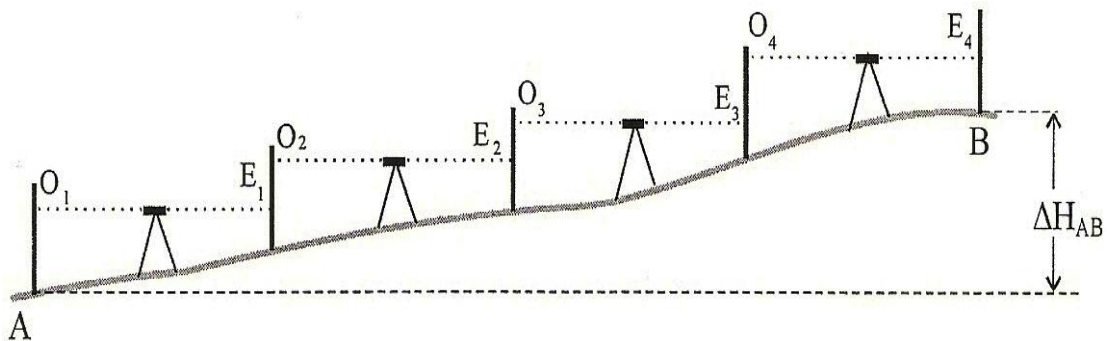
Σχήμα 2.1: Απλή Γεωμετρική Χωροστάθμιση

Για να προσδιοριστεί λοιπόν η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων A και B χρησιμοποιείται ο τύπος :

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = O - E \quad (2.1)$$

όπου H_A, H_B τα υψόμετρα των σημείων και O, E οι αναγνώσεις στις σταδίες.

Σε περίπτωση που τα δύο σημεία δεν είναι άμεσα ορατά ή η μεταξύ τους απόσταση είναι μεγάλη με αποτέλεσμα η εμβέλεια του χωροβάτη να μην επιτρέπει την απλή γεωμετρική χωροστάθμηση γίνεται η χρήση ενδιάμεσων σημείων με εφαρμογή διαδοχικών απλών χωροσταθμίσεων. Οι διαδοχικές αυτές χωροσταθμίσεις αποτελούν μία χωροσταθμική όδευση (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 : Χωροσταθμική Όδευση

Η διαδικασία αυτή γίνεται σε μετάβαση και επιστροφή (aller-retour) ενώ για καλύτερη σταθερότητα της σταδίας και μονοσήμαντη έδρασή της στα ενδιάμεσα σημεία χρησιμοποιούνται χωροσταθμικές βάσεις («χελώνες»). Οι αποστάσεις μεταξύ σταδίας και χωροβάτη εξαρτώνται από την εμβέλεια μέτρησης του χωροβάτη, η οποία κυμαίνεται από 20-30 μέτρα για τους οπτικομηχανικούς χωροβάτες και φτάνει τα 100 μέτρα για τους ψηφιακούς.

Η τελική υψομετρική διαφορά των σημείων A και B δίνεται από τον τύπο :

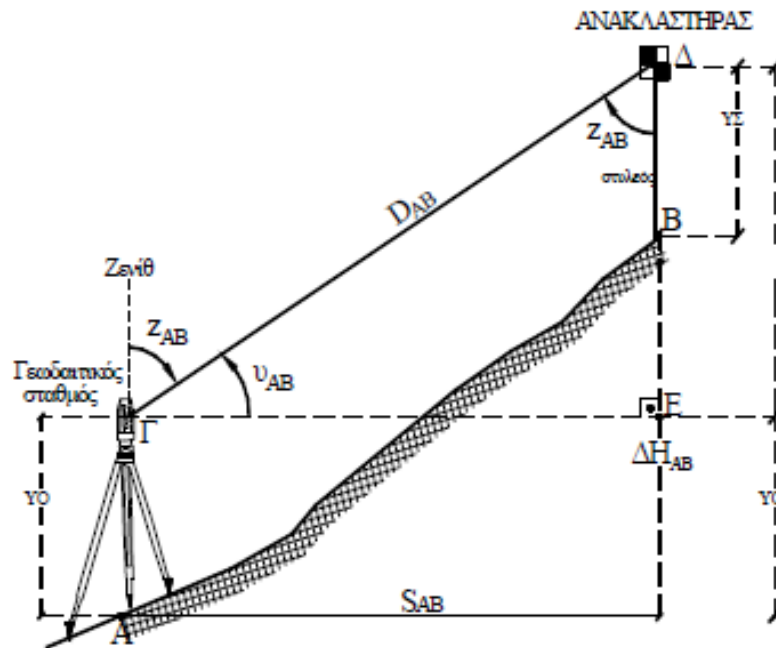
$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = \sum \Delta H_{ij} = \sum (O - E) = \sum O - \sum E \quad (2.2)$$

Η χρήση των ψηφιακών χωροβατών έχει σήμερα αυξήσει ιδιαίτερα την ταχύτητα καθώς και την ακρίβεια των μετρήσεων. Οι ψηφιακοί χωροβάτες διαθέτουν μία CCD κάμερα η οποία λαμβάνει μία «εικόνα» από την ειδική σταδία και έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία δίνει το αποτέλεσμα της μέτρησης. Η μεγάλη εμβέλεια των ψηφιακών χωροβατών δίνει τη δυνατότητα μικρότερης παραμονής στο πεδίο ενώ η αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων στην ειδική καταγραφική μονάδα που διαθέτουν απαλλάσσει τις μετρήσεις από τυχόν χονδροειδή σφάλματα είτε κατά την ανάγνωση στη σταδία είτε κατά την καταγραφή των μετρήσεων.

Η γεωμετρική χωροστάθμηση είναι η ακριβέστερη μέθοδος προσδιορισμού ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών. Η αβεβαιότητα που παρέχει κυμαίνεται από 1cm έως και 0.2mm.

2.3. Τριγωνομετρική Υψομετρία

Εκτός από την γεωμετρική χωροστάθμηση ο προσδιορισμός των ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών γίνεται και με τη μέθοδο της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας. Η μέθοδος αυτή είναι μία έμμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών και δεν επιτυγχάνει τις ίδιες ακρίβειες με την γεωμετρική χωροστάθμηση έχει όμως το πλεονέκτημα ότι μπορεί να υπολογίσει υψομετρικές διαφορές με απλές τοπογραφικές μετρήσεις μηκών και γωνιών με τη χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών (total station).



Σχήμα 2.3 : Τριγωνομετρική Υψομετρία

Αφού λοιπόν μετρηθούν το μήκος D_{AB} , η ζενίθια γωνία z_{AB} , το ύψος οργάνου OY και το $Y\Sigma$, υπολογίζεται η υψομετρική διαφορά ΔH_{AB} από τη σχέση :

$$\Delta H_{AB} = D_{AB} \cos z_{AB} + YO - Y\Sigma \quad (2.3)$$

Με τη μέθοδο της τριγωνομετρικής υψομετρίας μπορούν να επιτευχθούν αβεβαιότητες μερικών εκατοστών.

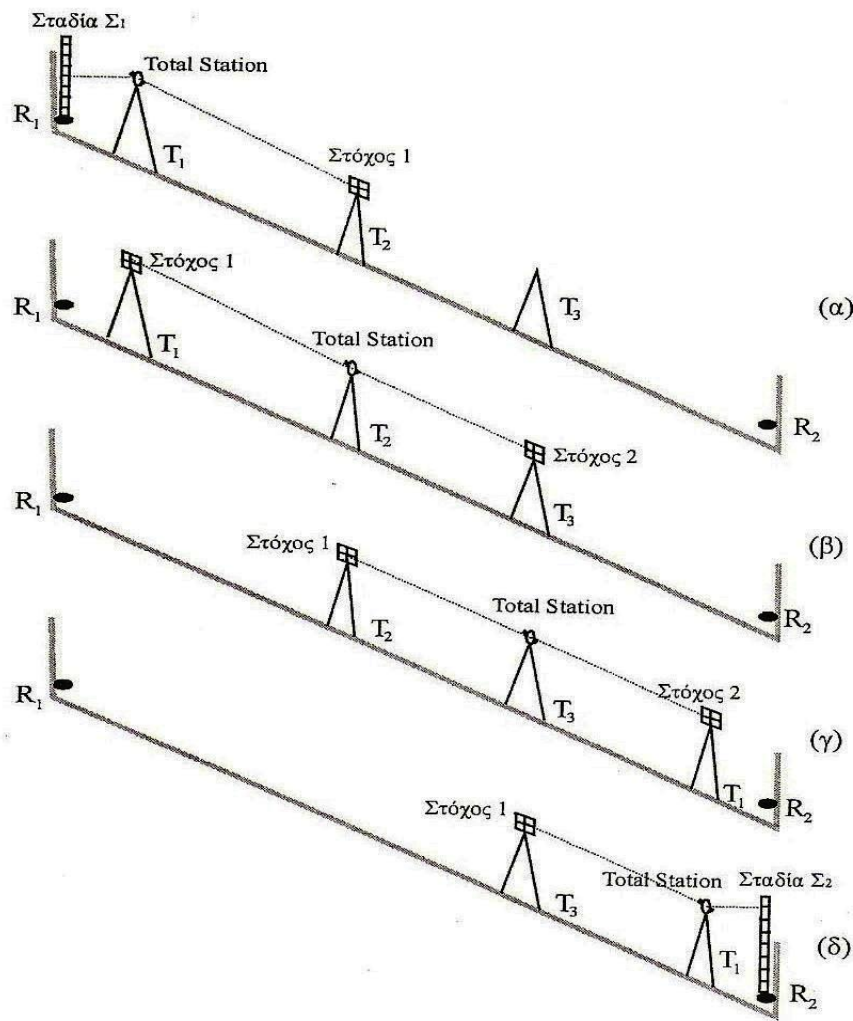
2.4. Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία

Η ειδική τριγωνομετρική υψομετρία είναι μία μέθοδος που συνδυάζει την κλασική τριγωνομετρική υψομετρία με την γεωμετρική χωροστάθμηση αυξάνοντας έτσι την ακρίβεια προσδιορισμού της υψομετρικής διαφοράς.

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής χρειάζεται 1 ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός, 1 χωροσταθμικός πήχυς, 2 στόχοι και 2-3 τρίποδες. Η διαδικασία ξεκινάει τοποθετώντας τη μία σταδία στο αρχικό σημείο και τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό σε τυχαίο σημείο. Αφού παρθεί η ανάγνωση στη σταδία A_1 σε οριζόντια σκόπευση, γίνεται η μέτρηση της γωνίας και του μήκους στο επόμενο σημείο όπου έχει τοποθετηθεί ο κατάλληλος στόχος. Έπειτα γίνεται αλλαγή οργάνου και στόχου μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου σημείου και μετράται πάλι η γωνία και το μήκος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ώσπου στο τελικό σημείο τοποθετείται πάλι η σταδία και παίρνεται σε οριζόντια σκόπευση η ανάγνωση A_2 . (Σχήμα 2.4)

Η τελική ακρίβεια που μπορεί να προκύψει με τη μέθοδο αυτή μπορεί να φτάσει το $\pm 5mm/km$. Το τελικό αποτέλεσμα της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ των σημείων προκύπτει από τον τύπο :

$$\Delta H_{R_1 R_2} = (A_1 - A_2) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{T_i T_j} - \Delta H_{T_j T_i}}{2} \quad (2.4)$$



Σχήμα 2.4 : Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία

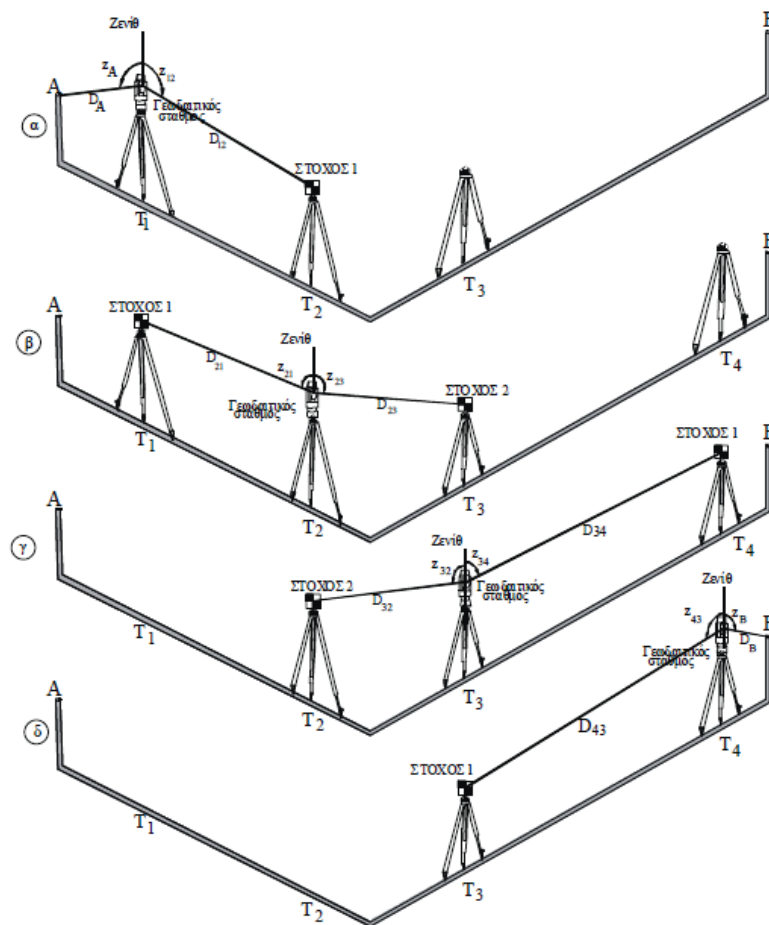
2.5. Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας

Η Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας (ΤΡ.Υ.Α.), όπως έχει αναφερθεί, αποτελεί μία περαιτέρω εξέλιξη της Ε.Τ.Υ. αξιοποιώντας την δυνατότητα μέτρησης μηκών χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα που παρέχουν οι σύγχρονοι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί (reflectorless).

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μεταξύ σημείων της Φ.Γ.Ε. τα οποία μπορεί να είναι προσιτά ή απρόσιτα και να απέχουν μικρή ή μεγάλη απόσταση. Ο προσδιορισμός των υψομετρικών διαφορών γίνεται από

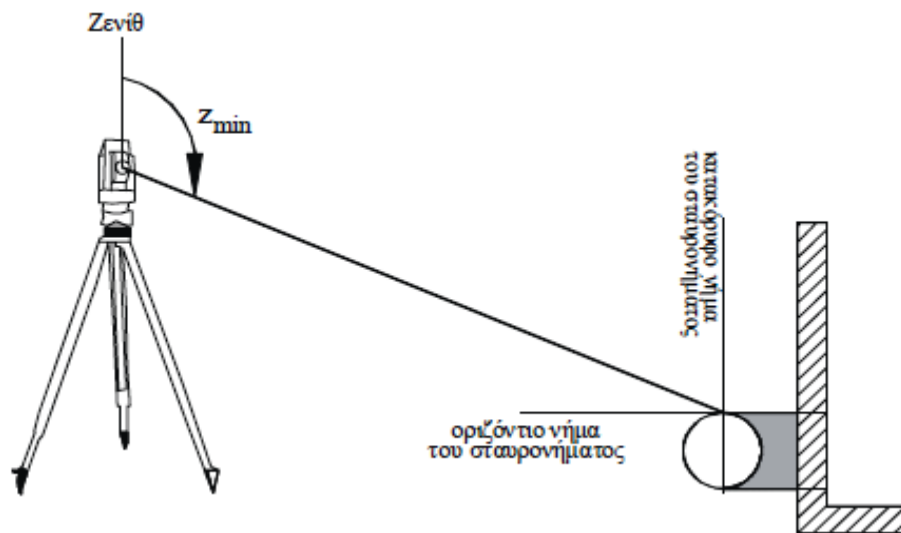
άμεσες μετρήσεις μηκών και ζενίθιων γωνιών με τη χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών. Η μέτρηση των μηκών στο αρχικό και στο τελικό σημείο γίνονται απευθείας στο σημείο αξιοποιώντας τη δυνατότητα μέτρησης μηκών χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα ενώ όταν τα σημεία δεν είναι ορατά μεταξύ τους χρησιμοποιούνται ενδιάμεσα σημεία όπου οι μετρήσεις των αποστάσεως γίνονται με τη χρήση ανακλαστήρα. Τέλος οι μετρήσεις στις ενδιάμεσες στάσεις γίνονται ταυτόχρονα και αμοιβαία σε μετάβαση και επιστροφή εξαλείφοντας έτσι την επίδραση της μεταβολής του συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης καθώς και την επίδραση της καμπυλότητας της γης.

Για την εκτέλεση των μετρήσεων με την μέθοδο της ΤΡ.Υ.Α. χρειάζονται ένας ή δύο ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί με δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα, τρεις τρίποδες και 2 στόχοι.



Σχήμα 2.5 : ΤΡ.Υ.Α. με περισσότερες από δύο στάσεις

Η διαδικασία των μετρήσεων ξεκινάει στοχεύοντας στο αρχικό σημείο και μετρώντας μήκος και ζενίθια γωνία χωρίς τη χρήση στόχου και έπειτα στο δεύτερο τρίποδα τοποθετείται στόχος μετρώντας γωνία και μήκος. Στη συνέχεια στο δεύτερο τρίποδα τοποθετείται το δεύτερο όργανο και στον πρώτο τρίποδα τοποθετείται στόχος. Έτσι γίνεται σχεδόν ταυτόχρονα μέτρηση γωνιών και μηκών και από τα δύο όργανα για τα δύο ενδιάμεσα σημεία. Για παραπάνω από δύο ενδιάμεσες στάσεις εκτελείται η παραπάνω διαδικασία με αμφίπλευρη μέτρηση μεταξύ των θέσεων των οργάνων (Σχήμα 2.5). Τέλος η μέτρηση στο τελικό σημείο γίνεται πάλι χωρίς τη χρήση στόχου, στοχεύοντας με προσοχή στο επάνω μέρος της υψομετρικής αφετηρίας όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.6.



Σχήμα 2.6: Σκόπευση προς την υψομετρική αφετηρία.

Η μέθοδος αυτή είναι μία μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών με αβεβαιότητα $\pm 2-5\text{mm}$. Η αβεβαιότητα αυτή εξαρτάται κυρίως από την αβεβαιότητα προσδιορισμού των μηκών και των ζενίθιων γωνιών που παρέχουν οι επιλεγμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί. Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι οι μετρήσεις γίνονται αμοιβαία και σχεδόν ταυτόχρονα, όταν χρησιμοποιούνται δύο όργανα, εξαλείφοντας έτσι την επίδραση της καμπυλότητας της γης και της μεταβολής της τιμής του συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης k .

Η υψομετρική διαφορά ΔH_{AB} μεταξύ των δύο σημείων προσδιορίζεται από τη σχέση:

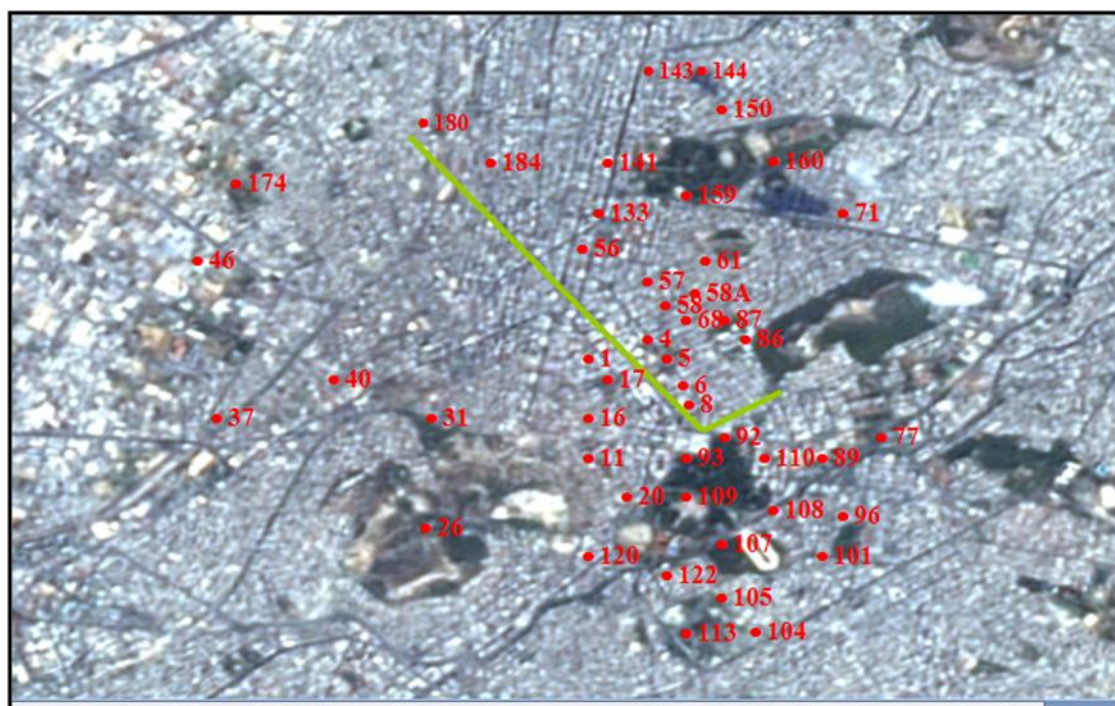
$$\Delta H_{AB} = \Delta H_B - \Delta H_A + \sum_{i=2}^n \frac{\Delta H_{i-1,i} - \Delta H_{i,i-1}}{2} \quad (2.5)$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

3.1. Επιλογή Δικτύου

Το χωροσταθμικό δίκτυο που επιλύθηκε το 1920 από την Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Συγκοινωνιών αποτελούνταν όπως έχει αναφερθεί από 320 σημεία σε Αθήνα, Πειραιά και προάστια. Όμως σε μετέπειτα αναζήτηση των υψομετρικών αφετηριών αυτών κατά την εκπόνηση διπλωματικής εργασίας βρέθηκαν ανέπαφα μόλις 67 από αυτά, τα 48 στην περιοχή των Αθηνών και τα 19 στον Πειραιά. Η κατανομή των σημείων αυτών παρουσιάζεται στους ακόλουθους χάρτες (Χάρτης 3.1 , Χάρτης 3.2)



Χάρτης 3.1 Κατανομή υψομετρικών αφετηριών στην περιοχή της Αθήνας



Χάρτης 3.2 Κατανομή υψομετρικών αφετηριών στην περιοχή του Πειραιά

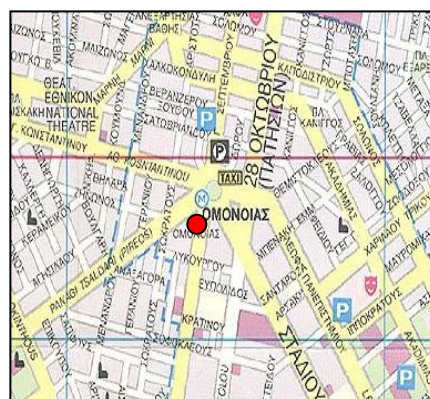
Από τα σημεία αυτά τα 65 εντοπίστηκαν στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας με την χρήση των περιγραφών που συμπεριλάμβανε το τεύχος που δημιουργήθηκε το 1920. Αφού έγινε ο εντοπισμός των υψομετρικών αφετηριών που είχαν εγκατασταθεί το 1920 έγινε η τεκμηρίωση αυτών με τα στοιχεία εντοπισμού τους (φ,λ,Η κ.λπ.), τη διεύθυνσή τους, την περιγραφή τους καθώς και μία φωτογραφία και απόσπασμα από χάρτη που υποδεικνύουν την ακριβή θέση των σημείων (*Εικόνα 3.1*). [Γκόβα Ε., 2007]



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΦΕΤΗΡΙΩΝ ΤΟΥ
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΘΗΝΩΝ, ΠΡΟΑΣΤΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΧΩΡΩΝ (1920) – ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΧΑΡΤΗ

Στοιχεία Εντοπισμού	
ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΦΕΤΗΡΙΑ : No 1	H = 70.396 m
ΤΥΠΟΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ : Μικρό μπουλόνι	
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (WGS 84) :	
$\varphi = 37^\circ 59' 02.3''$	$\lambda = 23^\circ 43' 40.6''$
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	
ΟΔΟΣ : Πλατεία Ομονοίας	ΑΡΙΘΜΟΣ :
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ : Ξενοδοχείο « Πάγγειον »	
Στην όψη του κτιρίου προς την πλατεία. Στην νότια πλευρά της πλατείας, μεταξύ των οδών Αθηνάς και Σταδίου.	

Εικόνα 3.1: Τεκμηρίωση υψομετρικών αφετηριών

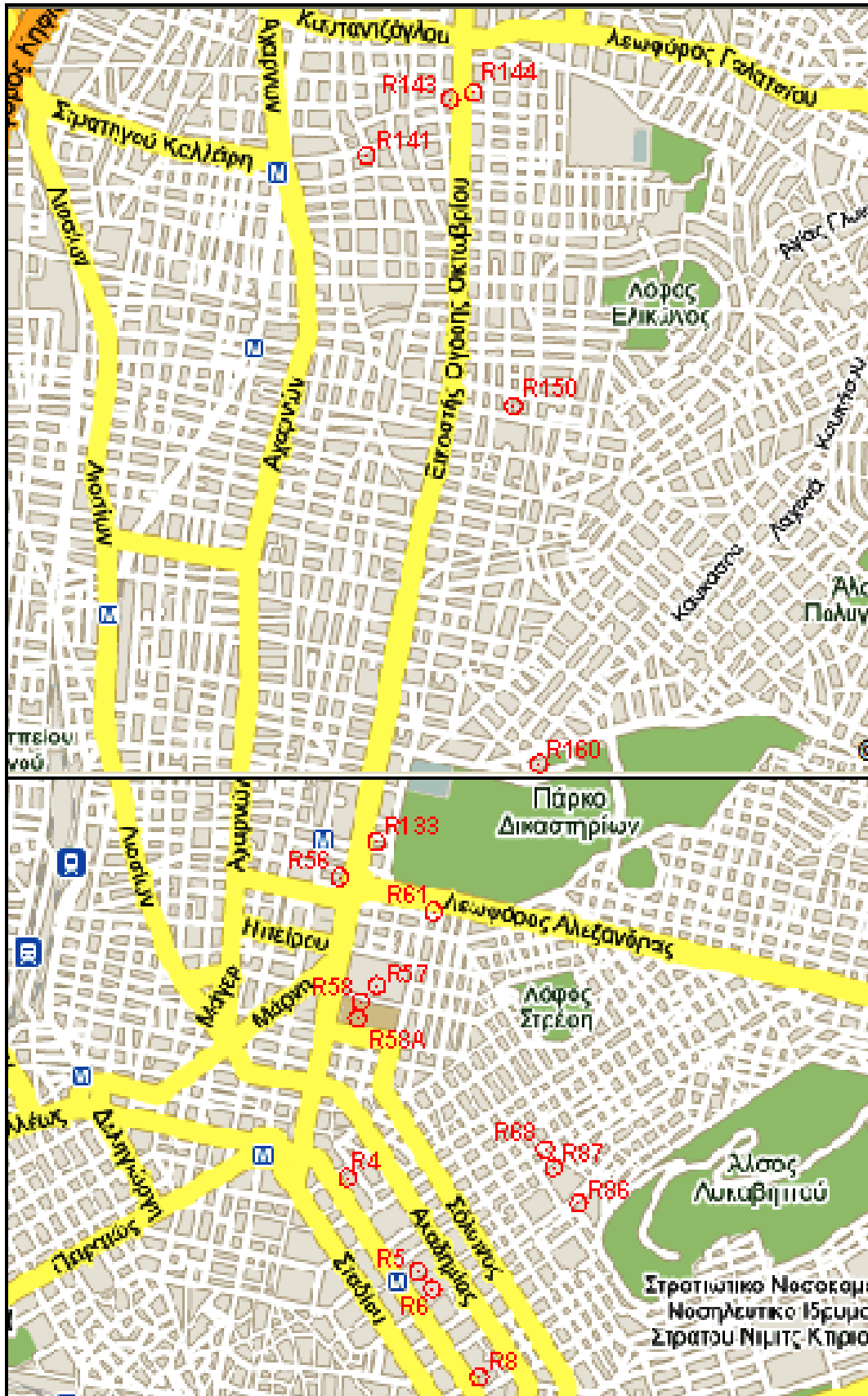
Σε αυτά τα 65 σημεία προστέθηκαν οι υψομετρικές αφετηρίες 58 και 58Α που εντοπίστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας και βρίσκονται στο κτίριο Αβέρωφ του Πολυτεχνείου επί της οδού Πατησίων. Η τεκμηρίωση κάθε σημείου περιλαμβάνεται στο παράρτημα.

Όμως, επειδή η πληθώρα των σημείων αυτών δεν επέτρεπε την μέτρησή τους και την επεξεργασία τους στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε ένα μέρος αυτών για τον επαναπροσδιορισμό των υψομέτρων τους και την σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με τα αντίστοιχα στοιχεία της εργασίας της Τοπογραφικής Υπηρεσίας του 1920.

Έτσι από τα συνολικά 48 σημεία που βρέθηκαν στην περιοχή των Αθηνών και θέτοντας ως άξονα-όριο την οδό Πανεπιστημίου και την προέκταση αυτής, όπως φαίνεται στον *Χάρτη 2.1*, επιλέχθηκε το υποδίκτυο των 22 υψομετρικών αφετηριών που βρίσκονται βορειοανατολικά της οδού.

Από τα 22 αυτά σημεία απορρίφθηκαν οι υψομετρικές αφετηρίες με αριθμό 71,159,180 και 184. Η υψομετρική αφετηρία 159 βρίσκεται στην εκκλησία των Ταξιαρχών εντός του Πεδίου του Άρεως όπου κατά την περίοδο των μετρήσεων πραγματοποιούνταν εργασίες ανάπλασης του πάρκου και έτσι δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση σε αυτό. Επίσης η υψομετρική αφετηρία 180 βρισκόταν σε τοίχο κτιρίου όπου στεγάζεται εστιατόριο επί της Αγ. Μελετίου και σε ανακαίνιση κάλυψε το μπουλόνι με μάρμαρο. Τέλος τα σημεία 184 και 71 απορρίφθηκαν καθώς οι αποστάσεις τους από τα υπόλοιπα σημεία του δικτύου ήταν αρκετά μεγάλες για να γίνουν με χωροστάθμηση.

Έτσι λοιπόν επιλέχθηκε προς μέτρηση και επίλυση το δίκτυο των 18 υψομετρικών αφετηριών οι οποίες είναι οι εξής: 4, 5, 6, 8, 56, 57, 58, 58Α, 61, 68, 86, 87, 133, 141, 143, 144, 150,160 όπως παρουσιάζονται και στο χάρτη που ακολουθεί (*Χάρτης 3.3*)



Χάρτης 3.3 : Σημεία δικτύου κατακόρυφου ελέγχου

3.2. Βελτιστοποίηση

Πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις προηγήθηκε η διαδικασία της βελτιστοποίησης του δικτύου προκειμένου να επιτευχθεί ο σωστός σχεδιασμός, με βάση το σκοπό που θα εξυπηρετήσει και τις προδιαγραφές για την ακρίβειά του. Κατά τη διαδικασία αυτή προσδιορίζονται είτε αβεβαιότητες απολύτων ή σχετικών θέσεων είτε μεγέθη που συνδέονται με την αξιοπιστία του δικτύου.

Έτσι επιλέγονται διάφορα σενάρια όπου μεταβάλλονται ο αριθμός, το είδος ή η αβεβαιότητα των παρατηρήσεων, ώστε να προκύψει έπειτα από ανάλυση ο ιδανικός συνδυασμός με βάση την επιδιωκόμενη αβεβαιότητα αλλά και την οικονομία χρόνου και κόστους.

Για την αξιολόγηση των σεναρίων αυτών βασικό κριτήριο είναι τα στοιχεία που προκύπτουν από τον προσδιορισμό του a priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας V_x , ο οποίος δίνεται από τη σχέση

$$V_x = \sigma_0^2 (A^T P A)^{-1} \quad (3.1)$$

Όπως έχει αναφερθεί σκοπός της βελτιστοποίησης είναι η επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού μετρήσεων για την επίτευξη της επιθυμητής αβεβαιότητας των αποτελεσμάτων με τις λιγότερες δυνατές διαδρομές.

Για την διαδικασία της βελτιστοποίησης έγιναν οι εξής παραδοχές :

- Κάθε υψομετρική αφετηρία θα πρέπει να συνδεθεί με τρεις τουλάχιστον υψομετρικές αφετηρίες του δικτύου
- Η μέθοδος μέτρησης που θα ακολουθηθεί είναι η ψηφιακή γεωμετρική χωροστάθμηση
- Θεωρήθηκε ως σταθερό σημείο η υψομετρική αφετηρία 58
- Ως σφάλμα εκτίμησης στις αναγνώσεις στις σταδίες θεωρήθηκε το $\sigma_e = \pm 0.5mm$
- Τέλος οι εξισώσεις παρατήρησης για κάθε μέτρηση έχουν την μορφή $\Delta H_{ij} = H_j - H_i$

Έχοντας λοιπόν ως δεδομένα τα παραπάνω σχηματίστηκε ο πίνακας σχεδιασμού A, ο οποίος αποτελείται από τους συντελεστές των αγνώστων στις εξισώσεις παρατήρησης, καθώς επίσης και ο πίνακας βαρών P.

Για τον προσδιορισμό του πίνακα P εφαρμόστηκαν δύο τρόποι. Αρχικά προσδιορίστηκε το σφάλμα της κάθε μέτρησης από τη σχέση,

$\sigma_i = \frac{\sigma_e}{2} \sqrt{2 \times (n_1 + n_2)}$, όπου n_1 και n_2 ο αριθμός των στάσεων του χωροβάτη σε μετάβαση και επιστροφή αντίστοιχα και σ_e το σφάλμα εκτίμησης στις αναγνώσεις στη σταδία. Αν θεωρηθεί όμως $n=n_1=n_2$ τότε ισχύει $\sigma_i = \sigma_e \cdot \sqrt{n}$ οπότε τα βάρη προκύπτουν από τη σχέση

$$P_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_i^2} = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_e^2 \cdot n} \text{ με } \sigma_0 = \pm 1mm.$$

Ο αριθμός των στάσεων προσδιορίστηκε θεωρώντας ότι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών στάσεων χωροβάτη ήταν κατά μέσο όρο 50m. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν προσεγγιστικά οι αποστάσεις μεταξύ των υψομετρικών αφετηριών σε χάρτη, ακολουθώντας την βέλτιστη διαδρομή κατά μήκος των οδών και έγινε η αναγωγή τους σε πραγματική απόσταση χρησιμοποιώντας την κλίμακα του χάρτη. Τέλος διαιρώντας την απόσταση μεταξύ δύο υψομετρικών αφετηριών με τα 50m προέκυψε ο αριθμός των στάσεων.

Ο δεύτερος τρόπος προσδιορισμού του πίνακα βαρών P ήταν χρησιμοποιώντας τον τύπο $P = \frac{1}{S}$, όπου S το μήκος της κάθε σύνδεσης σε χιλιόμετρα.

Για την επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού μετρήσεων επιλέχθηκαν 14 'σενάρια' προς αξιολόγηση με συνδέσεις από 27, που είναι το ελάχιστο με βάση το κριτήριο που τέθηκε δηλαδή το να συνδέεται η κάθε υψομετρική αφετηρία με τρεις άλλες τουλάχιστον, έως και 62 συνδέσεις. Για τα 'σενάρια' αυτά προσδιορίστηκαν τα βάρη των μετρήσεων P και με τους δύο τρόπους που προαναφέρθηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. (πίνακας 3.1)

		Υψομετρικές Αφετηρίες		Απόσταση σε m	Βάρη (P=1/S)	Αριθμός στάσεων	Βάρη με αριθμό στάσεων			Υψομετρικές Αφετηρίες		Απόσταση σε m	Βάρη (P=1/S)	Αριθμός στάσεων	Βάρη με αριθμό στάσεων
27 σενάρια	5	4	696	1.437	14	0.287	27	61	68	924	1.082	18	0.216		
	5	6	162	6.141	3	1.228		86	8	1356	0.738	27	0.148		
	6	8	320	3.122	6	0.624		86	6	787	1.271	16	0.254		
	6	4	553	1.808	11	0.362	29	5	68	729	1.372	15	0.274		
	4	57	892	1.121	18	0.224		57	61	603	1.659	12	0.332		
	57	58α	404	2.477	8	0.495	31	68	86	240	4.159	5	0.832		
	68	87	99	10.099	2	2.020		56	61	420	2.378	8	0.476		
	86	87	249	4.018	5	0.804	33	56	150	1831	0.546	37	0.109		
	58α	133	697	1.435	14	0.287		57	133	562	1.778	11	0.356		
	133	160	701	1.426	14	0.285	35	133	56	194	5.142	4	1.028		
	160	56	888	1.126	18	0.225		150	160	1868	0.535	37	0.107		
	150	143	1097	0.911	22	0.182	38	58α	61	815	1.227	16	0.245		
	143	144	53	18.706	1	3.741		87	6	952	1.051	19	0.210		
	143	141	342	2.923	7	0.585		56	4	1058	0.945	21	0.189		
	144	141	413	2.419	8	0.484	41	58α	5	1047	0.955	21	0.191		
	141	150	1214	0.824	24	0.165		8	87	1212	0.825	24	0.165		
	58	133	606	1.651	12	0.330		58	68	1102	0.908	22	0.182		
	144	150	1185	0.844	24	0.169	44	86	58	1163	0.860	23	0.172		
	58	57	337	2.969	7	0.594		4	87	985	1.016	20	0.203		
	56	5	663	1.509	13	0.302		160	144	2606	0.384	52	0.077		
58	4	715	1.398	14	0.280	47	68	58α	896	1.117	18	0.223			
160	61	1015	0.985	20	0.197		4	68	1015	0.986	20	0.197			
8	5	531	1.883	11	0.377		6	57	1445	0.692	24	0.138			
58α	56	570	1.755	11	0.351										

Πίνακας 3.1 Υπολογισμός βαρών με $P=(1/S)$ και με αριθμό στάσεων για 14 σενάρια μετρήσεων

	Υψομετρικές Αφετηρίες		Απόσταση σε m	Βάρη (P=1/S)	Αριθμός στάσεων	Βάρη με αριθμό στάσεων
50	57	160	1796	0.557	36	0.111
	160	86	1746	0.573	35	0.115
	4	160	1782	0.561	36	0.112
53	61	150	2234	0.448	45	0.090
	8	56	1085	0.921	22	0.184
	141	133	2474	0.404	49	0.081
56	6	150	3815	0.262	76	0.052
	68	8	1106	0.904	22	0.181
	61	6	1917	0.521	38	0.104
59	4	133	2825	0.354	57	0.071
	8	61	2250	0.444	45	0.089
	5	87	916	1.092	18	0.218
62	58	160	1297	0.771	26	0.154
	58	87	1385	0.722	28	0.144
	56	6	821	1.218	16	0.244

Πίνακας 3.1 (συνέχεια) Υπολογισμός βαρών με $P=(1/S)$ και με αριθμό στάσεων για 14 σενάρια μετρήσεων

Στη συνέχεια έχοντας προσδιορίσει τους πίνακες σχεδιασμού A και τους πίνακες βαρών P με δύο μεθόδους έγινε επίλυση προσδιορίζοντας τους a priori πίνακες μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας V_x για 14 συνδυασμούς. Από τους πίνακες αυτούς προέκυψε το ίχνος του κάθε πίνακα που δίνεται από τη σχέση $I_{xv} = \sum_{i=1}^v V(i, i)$, όπου v ο αριθμός των αγνώστων υψομετρικών αφετηριών.

Έπειτα προσδιορίστηκε για κάθε συνδυασμό το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μιας υψομετρικής αφετηρίας το οποίο δίνεται από τον τύπο.

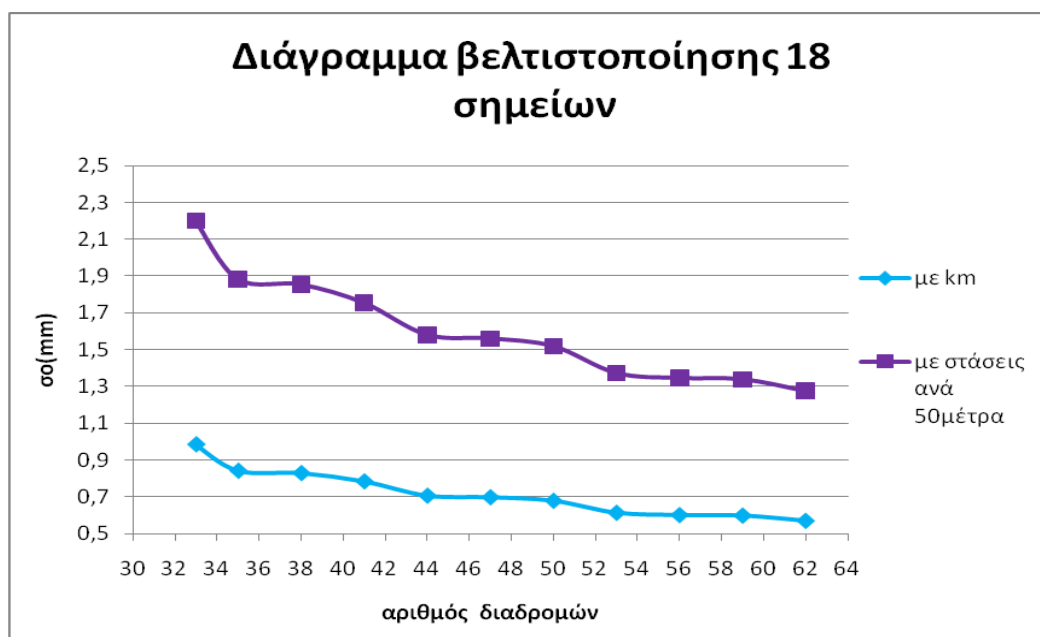
$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{I_{xv}}{v}}.$$

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που προέκυψε για κάθε συνδυασμό καθώς επίσης και το ίχνος του πίνακα V_x παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (Πίνακας 3.2)

ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ	Μέσο τετραγωνικό σφάλμα με km (mm)	Μέσο τετραγωνικό σφάλμα με στάσεις (mm)
33	±1.0	±2.3
35	±0.8	±1.9
38	±0.8	±1.9
41	±0.8	±1.8
44	±0.7	±1.6
47	±0.7	±1.6
50	±0.7	±1.5
53	±0.6	±1.4
56	±0.6	±1.3
59	±0.6	±1.3
62	±0.6	±1.3

Πίνακας 3.2 Τυχνος πίνακα V_x και μέσο τετραγωνικό σφάλμα για 11 σενάρια μετρήσεων

Στη συνέχεια σχεδιάστηκε το διάγραμμα της βελτιστοποίησης του δικτύου (Σχήμα 3.1) όπου παρουσιάζονται οι 11 συνδυασμοί σε συνάρτηση με το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που δίνει ο καθένας και με τις δύο μεθόδους προσδιορισμού των βαρών.



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα βελτιστοποίησης

Από το παραπάνω διάγραμμα επιλέχθηκε το ‘σενάριο’ των 35 συνδέσεων αφού και με τους δύο τρόπους το σφάλμα είναι κάτω από 2mm και η περαιτέρω αύξηση των παρατηρήσεων δεν αυξάνει ιδιαίτερα την ακρίβεια προσδιορισμού των υψομέτρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι και με τους δύο τρόπους προσδιορισμού των βαρών η αύξηση των παρατηρήσεων προκαλεί ανάλογη μείωση του σφάλματος.

Επίσης, διαπιστώνεται ότι οι δύο μέθοδοι μας δίνουν διαφορετικά σφάλματα για κάθε συνδυασμό. Πιο συγκεκριμένα σε όλους τους συνδυασμούς το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που προκύπτει από τη μέθοδο με τον αριθμό των στάσεων είναι το διπλάσιο από ότι με την άλλη μέθοδο. Κρίνοντας λοιπόν από την τάξη μεγέθους των σφαλμάτων και στις δύο περιπτώσεις τα αποτελέσματα της μεθόδου με τον αριθμό των στάσεων είναι πιο ρεαλιστικά καθώς η άλλη δίνει σφάλματα κάτω του χιλιοστού που είναι πρακτικά δύσκολο να επιτευχθεί με βάση την ακρίβεια μέτρησης των οργάνων.

3.3. Επιλογή μεθόδων

Αφού έγινε η επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού για την επίλυση του δικτύου ξεκίνησε η διαδικασία των μετρήσεων των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των υψομετρικών αφετηριών. Η βασική μέθοδος που επιλέχθηκε για την εκτέλεση των μετρήσεων ήταν η γεωμετρική χωροστάθμηση, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της τριγωνομετρικής υψομετρίας ακριβείας. Και οι δύο αυτές μέθοδοι αποτελούν διαδικασίες οι οποίες προσδιορίζουν με ικανοποιητική ακρίβεια υψομετρικές διαφορές, ενώ το σφάλμα της δεύτερης μεθόδου προέκυψε ανάλογο της τάξης μεγέθους του σφάλματος της χωροστάθμησης οπότε δεν επηρεάστηκε η βελτιστοποίηση σύμφωνα με την οποία θεωρήθηκαν ότι όλες οι συνδέσεις έγιναν με γεωμετρική χωροστάθμηση.

Οι συνδέσεις των υψομετρικών αφετηριών του δικτύου δεν ήταν δυνατό να γίνουν με απλή χωροστάθμηση καθώς οι αποστάσεις μεταξύ τους ήταν μεγάλες ενώ δεν υπήρχε αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των σημείων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν ενδιάμεσα σημεία εφαρμόζοντας γεωμετρική χωροστάθμηση σε κάθε ένα δημιουργώντας

έτσι μία χωροσταθμική όδευση. Οι χωροσταθμικές αυτές οδεύσεις έγιναν σε μετάβαση και επιστροφή (*aller-retour*).

Κατά την διαδικασία των μετρήσεων με γεωμετρική χωροστάθμιση παρατηρήθηκαν δυσχέρειες σε ορισμένες συνδέσεις είτε λόγω της μεγάλης απόστασης μεταξύ των υψομετρικών αφετηριών που καθιστούσαν αδύνατη τη μέτρηση είτε λόγω της μεγάλης υψομετρικής διαφοράς (έντονη κλίση) σε κοντινά σημεία. Έτσι για την μέτρηση των συνδέσεων αυτών επιλέχθηκε η μέθοδος της τριγωνομετρικής υψομετρίας ακριβείας, η οποία εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών με ακρίβεια αντίστοιχη της γεωμετρικής χωροστάθμισης.

3.3.1. Ο ψηφιακός χωροβάτης DL-102C

Για την εκτέλεση των μετρήσεων με Γεωμετρική Χωροστάθμιση χρησιμοποιήθηκε ψηφιακός χωροβάτης ο οποίος έχει το πλεονέκτημα της άμεσης καταγραφής των μετρήσεων ενώ διαθέτει ενσωματωμένα προγράμματα αυτοελέγχου και μεθόδων υψομετρίας.

Ο ψηφιακός χωροβάτης στην παρούσα εργασία ήταν ο χωροβάτης DL-102C της Topcon (*Εικόνα 3.4*) με ονομαστική ακρίβεια $\pm 1.5mm/\sqrt{km}$ και ανάγνωση στη σταδία 0.1mm ενώ η απόσταση της ηλεκτρονικής μέτρησης κυμαίνεται από 2.0m έως 100m. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα κατάλληλα παρελκόμενα, δηλαδή ένας χωροσταθμικός πήχυς αλουμινίου με κωδικοποιημένη ανάγνωση και προσαρμοσμένη αεροστάθμη (*Εικόνα 3.3*), μία χωροσταθμική βάση και ένας τρίποδας (*Εικόνα 3.2*). Το συνεργείο που εκπόνησε τις μετρήσεις αυτές αποτελείτο από δύο άτομα.



Εικόνα 3.2: Τρίποδας αλουμινίου



Εικόνα 3.3 Τηλεπισκοπικές σταδίες



Εικόνα 3.4: Ψηφιακός χωροβάτης DL-102C

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ψηφιακού χωροβάτη αφορούν τη σημαντική μείωση του χρόνου παραμονής στο πεδίο και την εξάλειψη των χονδροειδών σφαλμάτων, όπως είναι αυτά που οφείλονται στον παρατηρητή και σχετίζονται με το σφάλμα ανάγνωσης και καταγραφής των μετρήσεων, αφού αυτές καταγράφονται αυτόματα στην ειδική καταγραφική μονάδα του χωροβάτη. Η τεχνολογία του οργάνου αυτού παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου της απόκλισης του σκοπευτικού άξονα από την οριζόντια θέση και της αυτόματης διόρθωσης των αποτελεσμάτων. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι είναι εφικτός ο έλεγχος των αποτελεσμάτων απευθείας στο ύπαιθρο με την εμφάνιση μηνυμάτων για τη μη ορθή θέση του χωροβάτη ή της σταδίας καθώς και η δυνατότητα ανάγνωσης ακόμη και εάν υπάρχει εμπόδιο στο σημείο σκόπευσης του κεντρικού σταυρονήματος.

Αντιθέτως, σημαντικό μειονέκτημα του ψηφιακού χωροβάτη αποτελεί η αδυναμία μέτρησης σε περιβάλλον με περιορισμένο φωτισμό καθώς επίσης και η ύπαρξη τροφοδοσίας της μπαταρίας του.

3.3.2. Οι γεωδαιτικοί σταθμοί

Για την εκτέλεση της ΤΡ.Υ.Α. χρησιμοποιήθηκαν δύο ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί με την δυνατότητα μέτρησης χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα, ο TCR-405 Power της Leica (*Εικόνα 3.5*) με ακρίβεια μέτρησης γωνιών $\pm 15''$ και ακρίβεια μέτρησης μηκών $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ και ο TCR-1201 (*Εικόνα 3.6*) με ακρίβεια μέτρησης γωνιών $\pm 3''$ και ακρίβεια μέτρησης μηκών $\pm 1\text{mm} \pm 1\text{ppm}$. Εκτός από τα όργανα αυτά χρειάστηκαν δύο κατάφωτα στα οποία προσαρμόστηκαν κατάλληλοι στόχοι για να είναι ορατοί σε μεγάλες αποστάσεις (*Εικόνα 3.7*) και τρεις τρίποδες στους οποίους τοποθετήθηκαν οι γεωδαιτικοί σταθμοί και τα κατάφωτα. Το συνεργείο για την εκπόνηση της τριγωνομετρικής υψομετρίας ακριβείας αποτελείτο από τέσσερα άτομα.



*Εικόνα 3.5: Total Station
TCR-405 Power*



*Εικόνα 3.6: Total Station
TCR-1201*



Εικόνα 3.7 : Γωνιομετρικός στόχος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

4.1. Αναγνώριση περιοχής

Αφού έγινε η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού μετρήσεων για την επίτευξη της επιθυμητής ακρίβειας καθώς επίσης και η επιλογή των μεθόδων και των απαραίτητων οργάνων και παρελκόμενων ξεκίνησαν οι εργασίες πεδίου.

Αρχικά έγινε η αναγνώριση της περιοχής και ο καθορισμός των διαδρομών που θα ακολουθούνταν. Οι θέσεις των υψομετρικών αφετηριών του δικτύου εντοπίζονται σε κεντρικούς και πολυσύχναστους δρόμους της πόλης των Αθηνών με αποτέλεσμα βασικό κριτήριο για την επιλογή της διαδρομής να μην είναι η συντομότερη αλλά αυτή με την μικρότερη κίνηση αυτοκινήτων και πεζών.

Το γεγονός ότι η περιοχή μελέτης αποτελεί μία από τις πιο πολυσύχναστες περιοχές με μεγάλη κίνηση πεζών και οχημάτων δυσχέραινε ιδιαίτερα την διαδικασία των μετρήσεων. Η έλλειψη ορατότητας λόγω της πληθώρας των πεζών και των οχημάτων καθώς και οι κραδασμοί από βαρέα οχήματα αποτελούν τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν στο πλαίσιο των εργασιών πεδίου.

4.2. Μετρήσεις

Από τα τέλη Φεβρουαρίου του έτους 2010 ξεκίνησαν οι μετρήσεις των υψομετρικών διαφορών με τη μέθοδο της Γεωμετρικής χωροστάθμησης με τη χρήση ψηφιακού χωροβάτη και των κατάλληλων παρελκόμενων. Οι μετρήσεις αυτές διήρκεσαν μέχρι τις αρχές του Μαΐου του ίδιου έτους ενώ παράλληλα έγιναν και οι συνδέσεις με τη μέθοδο της TP.Y.A.

Οι υψομετρικές διαφορές που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο αυτή ήταν μόλις τέσσερις οι οποίες έγιναν μέσα σε μία ημέρα μετρήσεων. Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιήθηκε και για τον προσδιορισμό του υψόμετρου της αφετηρίας 5 από την υψομετρική αφετηρία στο βάθρο της Γ.Υ.Σ. που βρίσκεται στον Λυκαβηττό και με γνωστό υψόμετρο προκειμένου να γίνει σύνδεση του δικτύου με το ισχύον σήμερα Ε.Σ.Υ. (Εθνικό Σύστημα Υψομέτρων).

Οι μετρήσεις με τη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης ξεκίνησαν στα τέλη Φεβρουαρίου του 2010 και ολοκληρώθηκαν στις αρχές Μαΐου του ίδιου έτους. Οι ώρες διεξαγωγής τους ήταν 8 έως 12 το πρωί και 4 έως 8 το απόγευμα σε περίπτωση που ο φωτισμός το επέτρεπε. Το συνολικό μήκος χωροσταθμίσεων έφτασε τα 20.6 km και χρειάστηκαν περίπου 30 ώρες για την εκπόνησή τους. Η ταχύτητα ανά στάση ήταν 5 λεπτά/στάση και η ταχύτητα χωροστάθμησης ήταν 1km/h. Σε σύγκριση με τις αντίστοιχες ταχύτητες που επετεύχθησαν από το συνεργείο που διεξήγαγε τις μετρήσεις το 1920 παρατηρούμε ότι είναι λίγο καλύτερες αφού η ταχύτητά τους ήταν 1.3 km/h. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το συνεργείο του 1920 αποτελούταν από τρία άτομα και διέθεταν δύο σταδίες ενώ στην προκειμένη περίπτωση το συνεργείο αποτελούταν από δύο άτομα με μία σταδία χάνοντας έτσι πολύτιμο χρόνο από την μία ανάγνωση στην άλλη. Σε περίπτωση που το συνεργείο που διεξήγαγε τις μετρήσεις αποτελούνταν από τρία άτομα και διέθεταν 2 σταδίες τότε θα είχαν σαφώς καλύτερη ταχύτητα από αυτή του 1920 καθώς οι μετρήσεις έγιναν με ψηφιακό χωροβάτη ελαχιστοποιώντας έτσι τον χρόνο ανάγνωσης και καταγραφής των μετρήσεων σε σχέση με τον χωροβάτη που χρησιμοποιήθηκε το 1920.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία των συνδέσεων των υψομετρικών αφετηριών που έγιναν με τη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης. (Πίνακας 4.1)

Συνδέσεις		Υψομετρική διαφορά (mm)	Αριθμός στάσεων <i>n</i>	Χρόνος (min)	Ημερομηνία
Από	Προς				
143	144	0.003	2	10	25/02/2010
143	141	-7.331	5	40	25/02/2010
141	144	7.328	5	40	25/02/2010
56	61	7.229	7	35	27/02/2010
61	57	-7.383	11	45	13/03/2010
06	05	-2.497	5	40	02/03/2010
87	86	10.297	10	90	02/03/2010
05	68	18.753	16	70	02/03/2010
160	133	-21.187	21	105	03/03/2010
160	56	-23.945	20	100	12/03/2010
57	04	-1.095	19	60	13/03/2010
04	05	11.077	14	50	16/03/2010
87	68	-8.675	5	15	16/03/2010
58A	57	5.034	6	30	19/03/2010
58A	133	7.950	10	50	19/03/2010
08	06	-3.094	4	20	21/03/2010
04	06	13.571	11	45	21/03/2010
150	143	-8.346	19	90	23/03/2010
08	05	-5.591	7	25	02/05/2010
56	05	9.828	25	120	21/04/2010
57	133	2.913	9	30	28/04/2010
58	57	5.035	5	20	28/04/2010
150	56	-29.241	32	120	23/04/2010
150	141	-15.678	19	80	20/04/2010
150	144	-8.354	16	60	04/05/2010
150	160	-5.296	27	90	11/05/2010
56	58 ^A	-5.186	9	40	12/05/2010
04	58	-3.936	11	50	12/05/2010
56	133	2.761	1	5	12/05/2010
58	133	7.945	12	50	07/05/2010
160	61	-16.719	20	90	07/05/2010

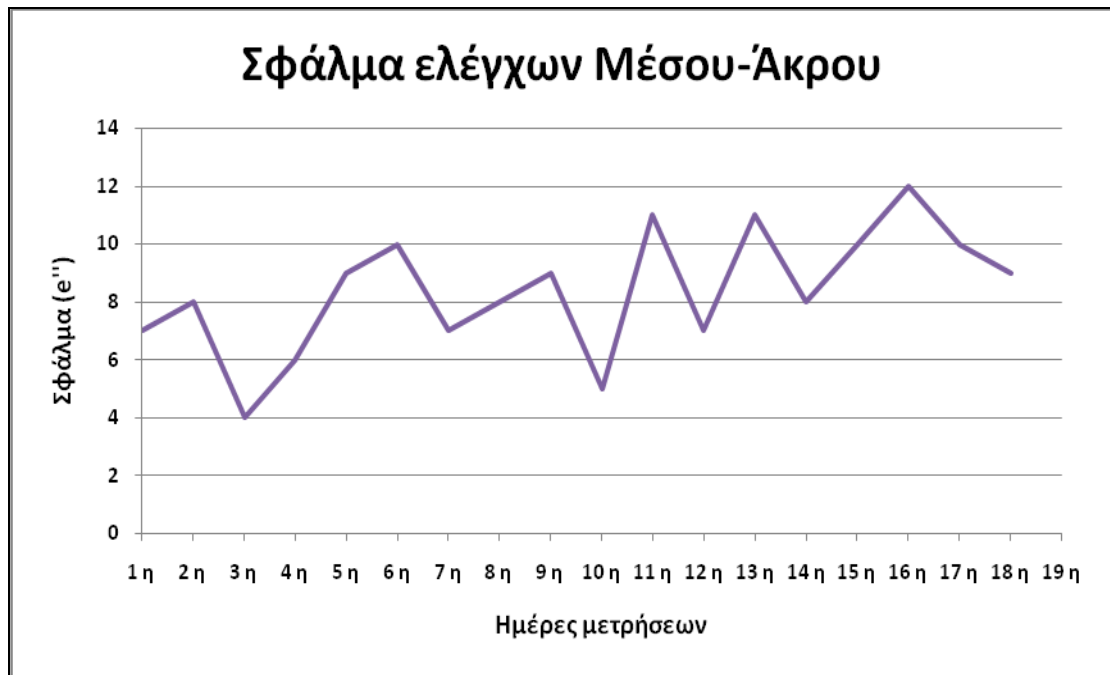
Πίνακας 4.1 : Στοιχεία μετρήσεων με γεωμετρική χωροστάθμιση

Πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις, **κάθε μέρα** γινόταν έλεγχος του σκοπευτικού άξονα του οργάνου, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ακρίβεια με την οποία μπορεί να μετρήσει, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του. Ο έλεγχος αυτός ονομάζεται έλεγχος μέσου-άκρου και γίνεται τοποθετώντας δύο χωροσταθμικές βάσεις σε απόσταση 50m μεταξύ τους και σε πρώτη φάση τοποθετείται ο χωροβάτης στη μέση της απόστασης αυτής. Αφού γίνει η μέτρηση όπισθεν και εμπροσθεν σε αυτή τη θέση μετά ο χωροβάτης τοποθετείται πολύ κοντά στη μία βάση και ξαναγίνεται μέτρηση. Οι διαφορά αυτών των δύο μετρήσεων μας δίνει το σφάλμα του σκοπευτικού άξονα σε δευτερόλεπτα από τη σχέση $\arctan \varepsilon = \frac{\Delta H' - \Delta H}{l}$. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σφάλματα αυτά για κάθε μέρα μετρήσεων (*Πίνακας 4.2*)

Ημερομηνία	Σφάλμα(ε'')	Ημερομηνία	Σφάλμα(ε'')	Ημερομηνία	Σφάλμα(ε'')
25/02/2010	7	16/03/2010	7	23/04/2010	11
27/02/2010	8	19/03/2010	8	27/04/2010	8
02/03/2010	4	21/03/2010	9	28/04/2010	10
03/03/2010	6	23/03/2010	5	07/05/2010	12
12/03/2010	9	20/04/2010	11	02/05/2010	10
13/03/2010	10	21/04/2010	7	11/05/2010	9

Πίνακας 4.2: Έλεγχοι Μέσου-Άκρου

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα δημιουργήθηκε διάγραμμα που δείχνει την διακύμανση του σφάλματος των ελέγχων μέσου-άκρου που έγιναν για κάθε ημέρα μετρήσεων.



Σχήμα 4.1: Σφάλμα ελέγχων μέσου-άκρου

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 4.1 και το σχήμα 4.1 το σφάλμα του σκοπευτικού άξονα κυμαίνεται από 5 έως 11 δευτερόλεπτα. Το όργανο μας δίνει την δυνατότητα αυτόματης απαλοιφής αυτού του σφάλματος από όλες τις μετρήσεις μέσω κατάλληλης ρύθμισης. Όμως εάν ο χωροβάτης τοποθετείται σε κάθε μέτρηση στην μεσοκάθετο μεταξύ των σημείων τοποθέτησης των σταδίων δεν χρειάζεται αυτή η διόρθωση καθώς το σφάλμα του σκοπευτικού άξονα εξαλείφεται.

Για τον έλεγχο κάθε χωροσταθμικής όδευσης στο πεδίο προσδιορίζοταν το σφάλμα κλεισίματος σε μετάβαση και επιστροφή αφαιρώντας τις τιμές των δύο υψομετρικών διαφορών που είχαν προκύψει. Το όριο αυτού του σφάλματος υπολογίζεται από τον τύπο $\sigma = 2 \cdot \sigma_e \cdot \sqrt{n}$ όπου n ο αριθμός των στάσεων του χωροβάτη που έγιναν και σ_e το θεωρητικό σφάλμα μέτρησης του χωροβάτη που είναι ίσο με 0.5mm και για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, δηλαδή $z_{95\%} = 1.96$. Αν το σφάλμα που προέκυπτε ήταν μικρότερο του ορίου θεωρούταν αποδεκτή η μέτρηση, εάν όμως ήταν μεγαλύτερο τότε επαναλαμβανόταν η μέτρηση.

Συνδέσεις		Αριθμός στάσεων n	$\sigma = 2 \cdot \sigma_e \cdot \sqrt{n}$ (mm)	Επιτρεπόμενο κλείσιμο 95% (mm)	Κλείσιμο aller-retour (mm)
Από	Προς				
143	144	2	±1	±3	1
143	141	5	±2	±4	1
141	144	5	±2	±4	1
56	61	7	±3	±5	2
61	57	11	±3	±7	2
06	05	5	±2	±4	2
87	86	10	±3	±6	2
05	68	16	±4	±8	3
160	133	21	±5	±9	5
160	56	20	±4	±9	4
57	04	19	±4	±9	3
04	05	14	±4	±7	2
87	68	5	±2	±4	2
58A	57	6	±2	±5	1
58A	133	10	±3	±6	2
08	06	4	±2	±4	2
04	06	11	±3	±7	3
150	143	19	±4	±9	4
08	05	7	±3	±5	2
56	05	25	±5	±10	3
57	133	9	±3	±6	2
58	57	5	±2	±4	2
150	56	32	±6	±11	2
150	141	19	±4	±9	4
150	144	16	±4	±8	3
150	160	27	±5	±10	4
56	58 ^A	9	±3	±6	1
04	58	11	±3	±7	3
56	133	1	±1	±2	1
58	133	12	±3	±7	3
160	61	20	±4	±9	1

Πίνακας 4.3 : Έλεγχος κλεισίματος διπλών χωροσταθμήσεων

Στο παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα τελικά κλεισίματα μετάβασης-επιστροφής των διπλών χωροσταθμήσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις κρίθηκε απαραίτητη η επανάληψη κάποιων συνδέσεων καθώς η αρχική μέτρηση έδινε σφάλμα κλεισίματος μεγαλύτερο του επιτρεπτού ορίου. Τέτοιες συνδέσεις ήταν η σύνδεση 150-143, 160-133, 87-86 και η σύνδεση 144-143-141.

Για τον προσδιορισμό των υψομετρικών διαφορών με την μέθοδο της ΤΡ.Υ.Α. χρειάστηκαν μόνο δύο ημέρες μετρήσεων. Οι συνδέσεις του δικτύου που έγιναν με τη μέθοδο αυτή είναι 6-86, 8-86, 68-86, 68-61 ενώ με ΤΡ.Υ.Α. έγινε και η σύνδεση του σημείου 5 με βάθρο της Γ.Υ.Σ. που βρίσκεται στο Λυκαβηττό. Η επιλογή της μεθόδου αυτής για την μέτρηση των συγκεκριμένων υψομετρικών διαφορών έγινε κυρίως λόγω των μεγάλων αποστάσεων μεταξύ των σημείων καθώς επίσης και λόγω των έντονων κλίσεων της περιοχής.

Οι αποστάσεις από και προς το αρχικό και το τελικό σημείο ήταν από 3-10m, ενώ οι αποστάσεις μεταξύ των ενδιάμεσων σημείων κυμαίνονται από μερικές δεκάδες μέτρα έως και 0.5km. Αυτές οι μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των ενδιάμεσων σημείων κατέστησαν αδήριτη την ανάγκη χρήσης ενός αυτοκινήτου και μιας μοτοσικλέτας για την ταχύτερη μεταφορά των οργάνων και των παρελκόμενων.

Το συνεργείο των μετρήσεων με την μέθοδο της ΤΡ.Υ.Α. αποτελούνταν από τέσσερα άτομα, τα οποία χωρίστηκαν σε δύο υποομάδες και κάθε μία από αυτές είχε ένα σύστημα κατάφωτου και ένα όργανο. Ο διαχωρισμός αυτός καθώς και η χρήση των οχημάτων επέτρεψε στο συνεργείο να είναι ευέλικτο και ταχύτατο.

Οι μετρήσεις με τη μέθοδο τις ΤΡ.Υ.Α. διεξήχθησαν από τις 8π.μ. έως τις 11π.μ. για τις τέσσερις συνδέσεις του δικτύου από τις οποίες οι 06-86 και 08-86 έγιναν ταυτόχρονα ενώ από τις 7π.μ. έως τις 8π.μ. έγινε και η σύνδεση του σημείου 5 με το βάθρο της Γ.Υ.Σ. στο Λυκαβηττό. Οι ημέρες που επιλέχθηκαν για την εκτέλεση των μετρήσεων ήταν ημέρες με όσο το δυνατόν μικρότερη κίνηση πεζών και οχημάτων στους δρόμους για το λόγο αυτό οι μετρήσεις των τεσσάρων συνδέσεων έγιναν Κυριακή και του σημείου 5 με το βάθρο στο Λυκαβηττό έγιναν κατά την περίοδο των καλοκαιρινών διακοπών.

Η ταχύτητα διεξαγωγής των μετρήσεων με ΤΡ.Υ.Α είναι περίπου 1.5km/h και είναι καλύτερη από αυτή της χωροστάθμησης. Για το λόγο αυτό ενδείκνυται η μέθοδος αυτή σε πυκνοδομημένες αστικές περιοχές όπως αυτή του κέντρου των Αθηνών. Ακολουθεί αναλυτικός πίνακας των στοιχείων των υψομετρικών διαφορών που έγιναν με τη μέθοδο της ΤΡ.Υ.Α.

Συνδέσεις		Ημερομηνία	Χρόνος (h)	ΔΗ
Από	Προς			
06	86	16/05/2010	1.5	35.232
08	86	16/05/2010		32.137
68	61	16/05/2010	0.5	-21.347
86	68	16/05/2010	1	-18.976
5	Λυκαβηττός	28/07/2010	1	

Πίνακας 4.4 : Στοιχεία μετρήσεων με ΤΡ.Υ.Α.

4.3. Προβλήματα

Στη διάρκεια των μετρήσεων πολλές φορές υπήρξαν προβλήματα τα οποία παρεμπόδιζαν την διαδικασία τόσο της γεωμετρικής χωροστάθμησης όσο και της ΤΡ.Υ.Α.

Το κυριότερο πρόβλημα και στις δύο περιπτώσεις ήταν η συχνή διέλευση πεζών κατά μήκος των πεζοδρομίων όπου και τοποθετούνταν τα όργανα καθώς και η διέλευση των οχημάτων κατά μήκος των οδών εγκάρσια των οποίων χρειάστηκε συχνά να γίνουν μετρήσεις.

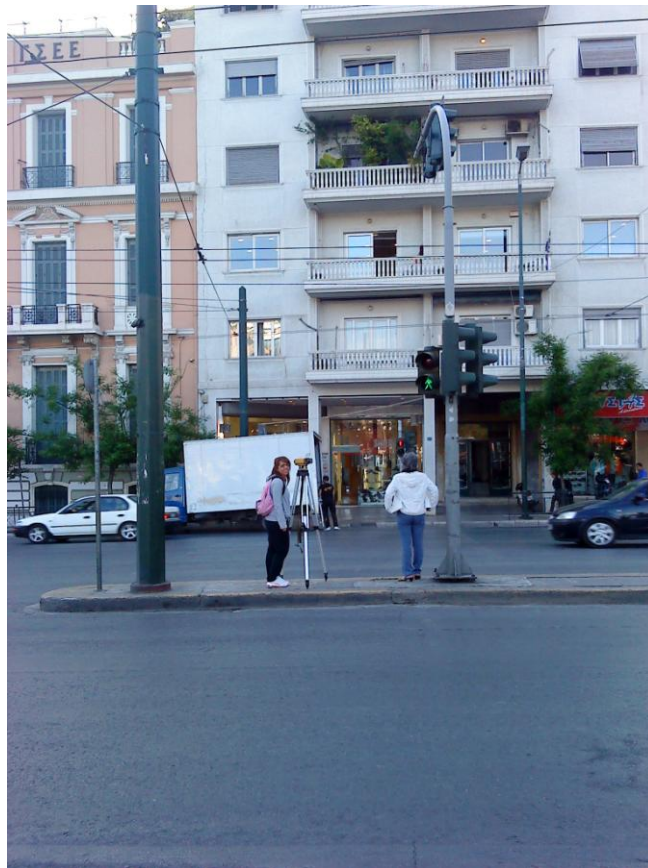
Το πρόβλημα της ελλιπούς ορατότητας λόγω της διέλευσης των πεζών και των οχημάτων ήταν πολύ έντονο λόγω της πολυσύχναστης περιοχής στη οποία διεξάγονταν οι μετρήσεις με αποτέλεσμα να χάνεται πολύτιμος χρόνος. Ως λύση του προβλήματος αυτού αποφασίστηκε η μη επιλογή των κοντινότερων διαδρομών αλλά αυτών με τη λιγότερη δυνατή κίνηση πεζών και οχημάτων.

Η πληθώρα των πεζών δημιουργούσε και άλλου είδους προβλήματα πέραν της ορατότητας και αυτά αφορούν κυρίως τη μετακίνηση της χωροσταθμικής βάσης, της σταδίας ή και του οργάνου κυρίως λόγω έλλειψης προσοχής των πεζών αλλά ορισμένες φορές και εσκεμμένα. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρειάστηκε να γίνει η σύνδεση από την αρχή χάνοντας έτσι όλα τα προηγούμενα δεδομένα.

Τα οχήματα όπως και οι πεζοί δυσχέραιναν ιδιαίτερα την ορατότητα, όμως σε αρκετές περιπτώσεις η διέλευση βαρέων οχημάτων επηρέαζε

την οριζοντίωση του οργάνου. Τέτοια προβλήματα δυστυχώς δεν μπορούσαν να προβλεφτούν εξ αρχής.

Τέλος σε ορισμένες περιπτώσεις χρειάστηκε να τοποθετηθούν όργανα σε πολυσύχναστους οδικούς κόμβους. Ως επί τω πλείστον αυτό αποφεύχθηκε και λόγω της επικινδυνότητας των θέσεων αυτών τόσο για τα όργανα όσο και για τη σωματική ακεραιότητα του συνεργείου. Στην *Εικόνα 4.1* παρουσιάζεται μία από τις λίγες περιπτώσεις όπου το όργανο μαζί με τον παρατηρητή βρίσκονται επί της νησίδας στη διασταύρωση της λεωφόρου Αλεξάνδρας με την οδό Πατησίων.



Εικόνα 4.1: Επικίνδυνη θέση οργάνου-παρατηρητή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1. Γενικά

Αφού έγιναν οι απαραίτητες μετρήσεις στο ύπαιθρο ακολουθεί η διαδικασία της επεξεργασίας των μετρημένων μεγεθών για να προκύψουν τα τελικά ζητούμενα.

Στην προκειμένη περίπτωση τα δεδομένα που προέκυψαν από τις μετρήσεις είναι αρχικά τα αρχεία στην καταγραφική μονάδα του χωροβάτη καθώς και οι μετρήσεις μηκών και ζενίθιων γωνιών που έγιναν κατά την εφαρμογή της TP.Y.A.

Η μεταφορά των δεδομένων από τον ψηφιακό χωροβάτη στον υπολογιστή έγινε συνδέοντας τα δύο συστήματα με ειδικό καλώδιο και χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό (Tecs.exe, της εταιρείας Topcon).

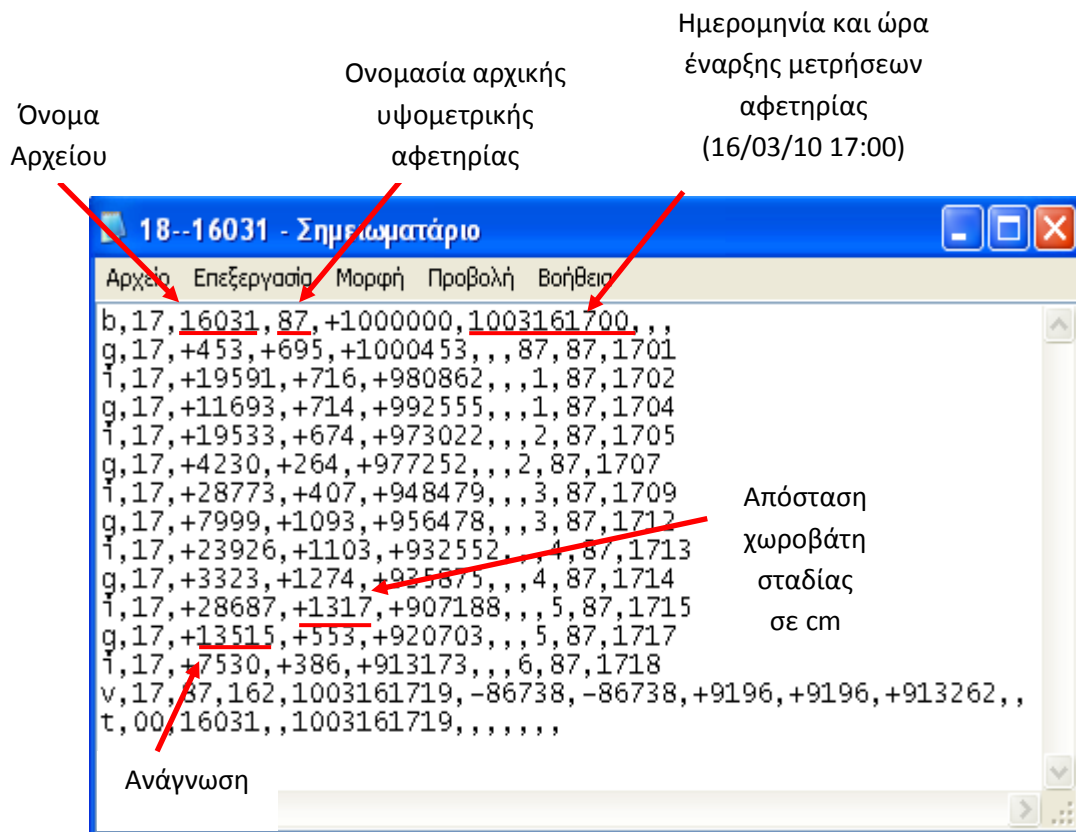
Αφού έγινε η μεταφορά των δεδομένων από τον ψηφιακό χωροβάτη στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία προέκυψαν οι υψομετρικές διαφορές κατάλληλες για συνόρθωση. Αντίστοιχα από τα μετρημένα μεγέθη της TP.Y.A. με χρήση των κατάλληλων τύπων προσδιορίστηκαν και οι αντίστοιχες υψομετρικές διαφορές.

Στη συνέχεια προσδιορίστηκε το κλείσιμο των βρόγχων και έγινε έλεγχος εάν αυτό είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Ακολούθησε η συνόρθωση του κατακόρυφου δικτύου προσδιορίζοντας έτσι τα ορθομετρικά υψόμετρα των υψομετρικών αφετηριών, ενώ έγινε και ο έλεγχος της αξιοπιστίας των μετρήσεων με το Test χ^2 .

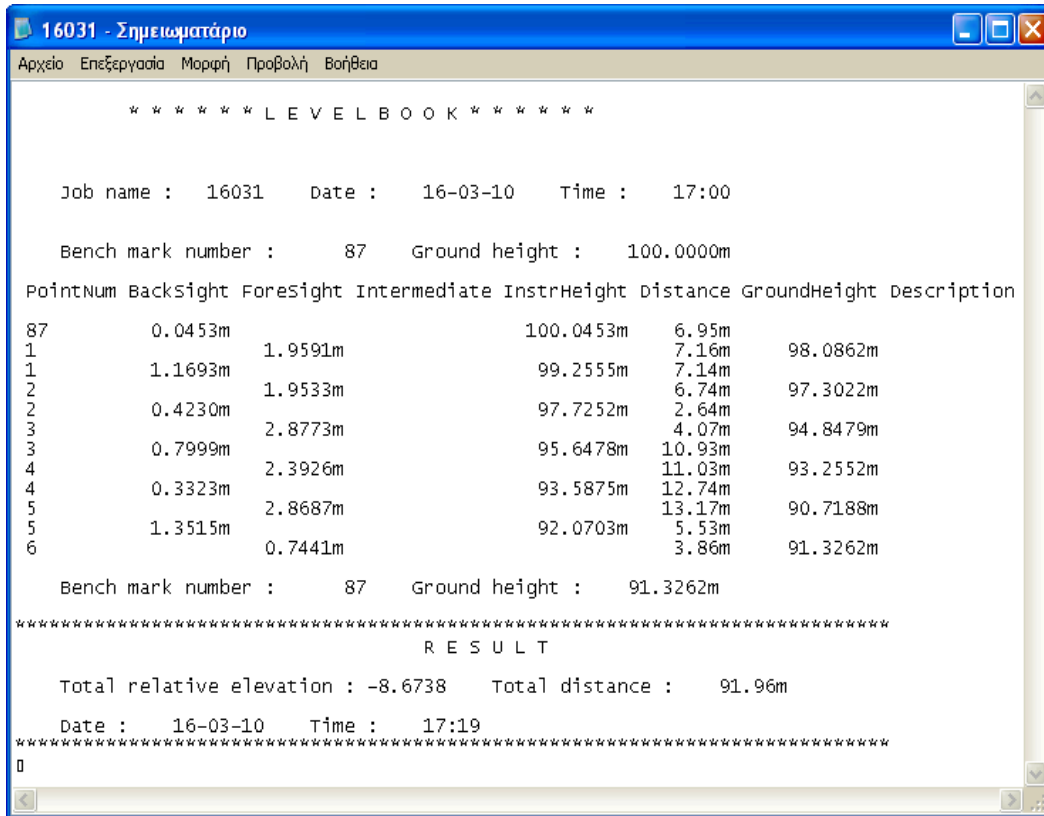
5.2. Επεξεργασία μετρήσεων γεωμετρικής χωροστάθμησης

Όπως έχει αναφερθεί οι μετρήσεις της γεωμετρικής χωροστάθμησης με ψηφιακό χωροβάτη αποθηκεύονται αυτόματα στην ειδική καταγραφική μονάδα που διαθέτει το όργανο. Από εκεί με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού μεταφέρονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το αρχείο κάθε χωροστάθμησης προβάλλεται αρχικά σε μορφή .txt όπως φαίνεται στην *Εικόνα 5.1*. Τα κυριότερα στοιχεία που προβάλλονται είναι η ονομασία της αρχικής και της τελικής υψομετρικής αφετηρίας, η ώρα και η ημερομηνία διεξαγωγής της μέτρησης, η ανάγνωση στη σταδία καθώς και η απόσταση μεταξύ σταδίας και χωροβάτη για κάθε στάση του χωροβάτη.



Εικόνα 5.1: Αρχείο μετρήσεων χωροβάτη .txt

Έπειτα, το αρχείο αυτό με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού μετατρέπεται σε αρχείο .txt με την ακόλουθη μορφή.




Εικόνα 5.2 : Τελικό αρχείο .txt χωροσταθμίσεων

Τέλος, αφού έγινε η προαναφερθείσα μετατροπή όλων των αρχείων της χωροστάθμισης, μεταφέρθηκαν σε περιβάλλον λογισμικού excel οι ονομασίες των υψομετρικών αφετηριών, οι αναγνώσεις κάθε σκόπευσης στη σταδία και ο αριθμός των στάσεων. Από τα στοιχεία αυτά προσδιορίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές σε μετάβαση και επιστροφή καθώς και ο μέσος όρος αυτών που αποτελεί και το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το σύνολο των δεδομένων αυτών παρουσιάζεται στο παράρτημα.

5.3. Επεξεργασία μετρήσεων ΤΡ.Υ.Α.

Κατά την διαδικασία των μετρήσεων με χρήση της μεθόδου της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας Ακριβείας μετρήθηκαν μήκη και ζενίθιες γωνίες. Η καταγραφή των στοιχείων αυτών έγινε σε κατάλληλο έντυπο (Πίνακας 5.1)



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ
ΕΝΤΥΠΟ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ
(ΤΡ.Υ.Α)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 28-7-2010 ΟΡΓΑΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ

ΑΠΟ R_(ΑΡΧΗΣ) 19053(ΛΥΚΑΒΗΤΟΣ) ΠΡΟΣ R_(ΤΕΛΟΥΣ) 5

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ R _(ΑΡΧΗΣ) 19053							
ΑΠ Ο	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός ΜΟ	ΜΗΚΟΣ	ΔH _{R_{αρχης}}
1	R _{αρχης}	81,4406	318,5591	81,4408	81,4407	21,078	6,0583
		81,4412 (81,4432)	318,5600 (318,5584)	81,4406 (81,4424)		21,078 21,080 (21,079 21,076)	

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ (ΔH = cos z · D)

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός ΜΟ	ΜΗΚΟΣ	ΔH	ΔH _{αρχης}
1	2	107,9271	292,0716	107,9278	107,9273	1295,127 1295,126	-173,2750	-173,1308
1	2	107,9284	292,0750	107,9267		1295,15 1295,15	172,9865	
2	1	92,0850	307,9133	92,0859	92,0861	1295,15 1295,15		2,3466
2	1	92,0850	307,9127	92,0862		1295,15 1295,15		
2	3	97,4658	302,5304	97,4677	97,4675	58,979	2,3456	2,3466
2	3	97,4654	302,5310	97,4672		58,979		
3	2	102,5337	297,4644	102,5344	102,5347	58,979 58,978	-2,3476	
3	2	102,5334	297,4635	102,5350		58,979		

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ R _(ΤΕΛΟΥΣ) 5							
ΑΠ Ο	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός ΜΟ	ΜΗΚΟΣ	ΔH _{R_{τελους}}
3	R _{τελους}	108,9958	291,0034	108,9962	108,9971	7,225 7,222	-1,0191
		108,9939	290,9981	108,9979		7,222 7,222	

$$\Delta H = \Delta H_{R(\text{ΤΕΛΟΥΣ})} - \Delta H_{R(\text{ΑΡΧΗΣ})} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} = -177.8616 \text{ m}$$

Πίνακας 5.1 : Καταγραφή στοιχείων ΤΡ.Υ.Α.

Για τον προσδιορισμό των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των σημείων που μετρήθηκαν με ΤΡ.Υ.Α. χρησιμοποιήθηκε ο τύπος :

$$\Delta H = \Delta H_{R(\text{ΤΕΛΟΥΣ})} - \Delta H_{R(\text{ΑΡΧΗΣ})} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} = \quad (5.1)$$

όπου ΔH η υψομετρική διαφορά που προκύπτει από τη σχέση:

$$\Delta H_{i,i+1} = D_{i,i+1} \cdot \cos z_{i,i+1} \quad (5.2)$$

με z τη ζενίθια γωνία από τις δύο θέσης σκόπευσης και D ο μέσος όρος των τιμών του μήκους.

Τα έντυπα και οι απαραίτητοι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό των υψομετρικών διαφορών των τεσσάρων συνδέσεων που έγιναν με τη μέθοδο της ΤΡ.Υ.Α. παρουσιάζονται στο παράρτημα.

5.4. Προσδιορισμός ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών

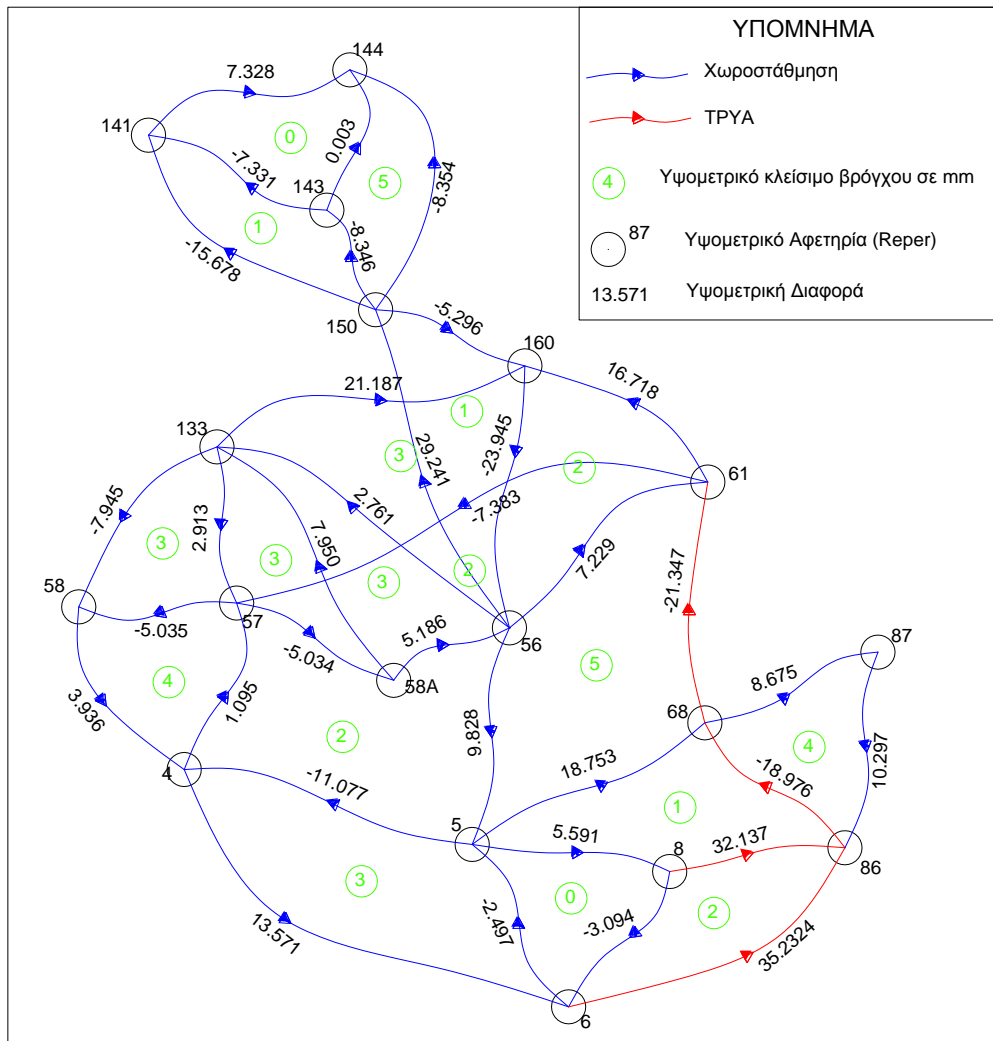
Η παραπάνω επεξεργασία οδήγησε στον προσδιορισμό των τελικών αποτελεσμάτων των υψομετρικών διαφορών των 35 συνδέσεων που έγιναν είτε με γεωμετρική χωροστάθμηση είτε με ΤΡ.Υ.Α. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αυτές οι διαφορές και η σύγκρισή τους με τις αντίστοιχες υψομετρικές διαφορές που υπολογίστηκαν από τα υψόμετρα των αφετηριών που είχαν προσδιοριστεί το 1920.(Πίνακας 5.2)

Συνδέσεις	Υψομετρικές Διαφορές 2010(m)	Υψομετρικές Διαφορές 1920(m)	Διαφορά (mm)	Συνδέσεις	Υψομετρικές Διαφορές 2010(m)	Υψομετρικές Διαφορές 1920(m)	Διαφορά (mm)
143-144	0.003	-0.003	-6	08-05	-5.591	-5.590	1
143-141	-7.331	-7.331	0	56-05	9.828	9.827	-1
141-144	7.328	7.328	0	57-133	2.913	2.915	2
56-61	7.229	7.226	-3	58-57	5.035	5.031	-4
61-57	-7.383	-7.381	2	150-56	-29.241	-29.239	2
06-05	-2.497	-2.494	3	150-141	-15.678	-15.674	4
87-86	10.297	7.815	-2482	150-144	-8.354	-8.346	8
05-68	18.753	18.749	-4	150-160	-5.296	-6.304	-1008
160-133	-21.187	-20.175	1012	56-58A	-5.186	-5.185	1
160-56	-23.945	-22.935	1010	04-58	-3.936	-7.284	-3348
57-04	-1.095	2.253	3348	56-133	2.761	2.760	-1
04-05	11.077	7.729	-3348	58-133	7.945	7.946	1
87-68	-8.675	-8.676	-1	160-61	-16.719	-15.709	1010
58A-57	5.034	5.030	-4	06-86	35.232	32.746	-2486
58A-133	7.950	7.945	-5	08-86	32.137	29.650	-2486
08-06	-3.094	-3.096	-2	68-61	-21.347	-21.350	-3
04-06	13.571	10.223	-3348	86-68	-18.976	-16.491	2485
150-143	-8.346	-8.343	3				

Πίνακας 5.2 Υψομετρικές διαφορές 1920 και 2010 και η σύγκρισή τους

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται ότι οι περισσότερες υψομετρικές διαφορές του 2010 έχουν μικρές αποκλίσεις από αυτές του 1920 της τάξης των μερικών χιλιοστών. Εξαίρεση αποτελούν οι συνδέσεις που περιλαμβάνουν τις υψομετρικές αφετηρίες 4, 86 και 160 οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά από τις παλιές μετρήσεις της τάξης των μερικών μέτρων. Από αυτό προκύπτει ότι τα σημεία αυτά δεν είναι τα ίδια σημεία με εκείνα που μετρήθηκαν το 1920 αλλά πιθανόν να είναι υψομετρικές αφετηρίες άλλων υπηρεσιών. Έτσι αποφασίστηκε να γίνει η συνόρθωση συμπεριλαμβάνοντας και αυτά τα σημεία χωρίς όμως να μπορεί να γίνει έλεγχος μετακινήσεων.

Στη συνέχεια σχηματίστηκαν βρόγχοι με τις υψομετρικές διαφορές για να γίνει έλεγχος των μετρημένων υψομετρικών διαφορών αξιοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 5.2.



Σχήμα 5.1 : Υψομετρικό Δίκτυο

Στο σχήμα 5.1 απεικονίζονται οι 18 υψομετρικές αφετηρίες, οι 35 υψομετρικές συνδέσεις που πραγματοποιήθηκαν καθώς και ο τρόπος προσδιορισμού κάθε υψομετρικής διαφοράς (με μπλε χρώμα απεικονίζονται οι μετρήσεις της γεωμετρικής χωροστάθμησης ενώ με κόκκινο χρώμα εκείνες της ΤΡ.Υ.Α.). Τέλος παρουσιάζεται το υψομετρικό κλείσιμο κάθε μοναδιαίου βρόγχου.

Θεωρητικά το υψομετρικό κλείσιμο σε όλους τους βρόγχους θα έπρεπε να είναι ίσο με το μηδέν, αυτό όμως δεν είναι εφικτό καθώς στις μετρημένες υψομετρικές διαφορές υπεισέρχονται και τα σφάλματα των μετρήσεων. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του σφάλματος του υψομετρικού κλεισίματος του κάθε βρόγχου, το οποίο θα αποτελέσει στη συνέχεια και το όριο για τον έλεγχο του υψομετρικού κλεισίματος κάθε βρόγχου.

Σύμφωνα με τον γνωστό τύπο $\sigma = \pm \sigma_e \sqrt{n}$ προσδιορίζεται το σφάλμα κάθε διπλής χωροστάθμησης. Αν λοιπόν ένας βρόγχο αποτελείται από τρεις ή περισσότερες χωροσταθμίσεις, τότε το σφάλμα του βρόγχου θα είναι :

$$\begin{aligned}\sigma_{\beta}^2 &= \sigma_{\Delta H_1}^2 + \sigma_{\Delta H_2}^2 + \dots + \sigma_{\Delta H_i}^2 \\ \sigma_{\beta}^2 &= (\sigma_e \cdot \sqrt{n_1})^2 + (\sigma_e \cdot \sqrt{n_2})^2 + \dots + (\sigma_e \cdot \sqrt{n_i})^2 \\ \sigma_{\beta} &= \sigma_e \cdot \sqrt{n_1 + n_2 + \dots + n_i}\end{aligned}\tag{5.3}$$

όπου $\sigma_e = 0.5mm$ το θεωρητικό σφάλμα μέτρησης του χωροβάτη και n_1, n_2, n_i οι στάσεις χωροβάτη σε κάθε χωροσταθμική όδευση.

Από τα παραπάνω προκύπτει το σφάλμα του κάθε βρόγχου από τον τύπο 5.3. Στις συνδέσεις που έγιναν με ΤΡ.Υ.Α. χρησιμοποιήθηκε ο θεωρητικός αριθμός στάσεων που είχε προσδιοριστεί για την πραγματοποίηση της βελτιστοποίησης. Αυτό μπορεί να γίνει καθώς, όπως έχει αναφερθεί, το σφάλμα της ΤΡ.Υ.Α. είναι ανάλογο αυτού της χωροστάθμησης.

Τέλος για τον προσδιορισμό του μέγιστου επιτρεπόμενου υψομετρικού κλεισίματος κάθε βρόγχου χρησιμοποιείται η σχέση $\sum \Delta H = 0$ και ως επίπεδο εμπιστοσύνης του στατιστικού ελέγχου το 95%. Έτσι θα πρέπει για κάθε βρόγχο το υψομετρικό κλείσιμό του να μην υπερβαίνει την τιμή $\sigma_{\beta} \cdot z_{95\%}$ όπου $z_{95\%} = 1.96$. (Πίνακας 5.3)

Βρόγχοι	Αριθμός στάσεων	Σφάλμα κλεισίματος βρόγχων σ_{β} (mm)	$\sigma_{\beta} \cdot z_{95\%}$ (mm)	Υψομετρικό κλείσιμο βρόγχου (mm)
143-144-141	12	±2	±3	0
150-143-141	43	±3	±6	1
150-143-144	37	±3	±6	5
150-56-160	79	±4	±9	1
160-133-56	42	±3	±6	3
160-56-61	47	±3	±7	2
133-56-58A	20	±2	±4	3
57-58A-133	25	±3	±5	3
133-58-57	26	±3	±5	3
57-58A-56-61	33	±3	±6	2
57-04-58	35	±3	±6	4
57-58A-56-05-04	73	±4	±8	2
61-56-05-68	65	±4	±8	5
04-05-06	30	±3	±5	3
05-06-08	16	±2	±4	0
08-06-86	47	±3	±7	2
05-68-86-08	55	±4	±7	1
68-87-86	20	±2	±4	4

Πίνακας 5.3 Έλεγχος υψομετρικού κλεισίματος βρόγχων

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι όλα τα υψομετρικά κλεισίματα των βρόγχων είναι εντός των αντίστοιχων ορίων που έχουν τεθεί και έτσι δεν χρειάστηκε η επανάληψη κάποιας μέτρησης.

5.5. Υπολογισμός Υψομέτρων

Μετά την επεξεργασία των μετρήσεων του πεδίου και τον προσδιορισμό των τελικών υψομετρικών διαφορών έγινε η συνόρθωση

του δικτύου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων για τον προσδιορισμό των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου καθώς και τις αβεβαιότητες αυτών. Για την επίλυση του δικτύου εφαρμόστηκε η μέθοδος έμμεσων παρατηρήσεων.

Η επίλυση του δικτύου έγινε σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab αφού πρώτα σχηματίστηκαν ο πίνακας A των συντελεστών των αγνώστων, ο πίνακας P των βαρών των παρατηρήσεων και ο πίνακας d των μετρημένων μεγεθών.

Τέλος έγινε και ο απαραίτητος ολικός στατιστικός έλεγχος της αξιοπιστίας της επίλυσης του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου ($\text{test } x^2$) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

5.5.1 Επίλυση δικτύου κατακόρυφου ελέγχου

Αφού έγιναν οι μετρήσεις και η επεξεργασία αυτών επόμενο βήμα είναι η επίλυση του δικτύου, η οποία έγινε με τη Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων (Μ.Ε.Τ.) και συγκεκριμένα με την μέθοδο των έμμεσων παρατηρήσεων σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab.

Το δίκτυο αυτό επιλύθηκε με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις θεωρώντας ως σταθερό σημείο την υψομετρική αφετηρία 5 με υψόμετρο $H_5 = 263.80m$. Για τον προσδιορισμό του υψομέτρου αυτού έγινε σύνδεσή του με ΤΡ.Υ.Α. με βάθρο στο Λυκαβηττό με γνωστό υψόμετρο, προσδιορισμένο το 1960 από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού. Τα στοιχεία για την μέτρηση καθώς και τον προσδιορισμό του υψομέτρου αυτού δίνονται στο παράρτημα.

Επίσης έγινε επίλυση του δικτύου θεωρώντας ως σταθερό το σημείο 58 που βρίσκεται στο Πολυτεχνείο επί της οδού Πατησίων και με υψόμετρο αυτό που είχε προσδιοριστεί το 1920. Η επιλογή της υψομετρικής αφετηρίας 58 ως σταθερής κορυφής έγινε για λόγους αποκλειστικά ιστορικούς ενώ όπως διαπιστώθηκε αυτή η επιλογή δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα της συνόρθωσης. Έτσι λοιπόν προέκυψαν δύο επιλύσεις του δικτύου προσδιορίζοντας για κάθε μία τα υψόμετρα των αφετηριών και τις αβεβαιότητες αυτών.

Η συνόρθωση του δικτύου έγινε με την μέθοδο των έμμεσων παρατηρήσεων προσδιορίζοντας τα υψόμετρα των κορυφών του δικτύου. Επίσης υπολογίζεται ο αντίστοιχος πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας V_x που περιλαμβάνει τις αβεβαιότητες προσδιορισμού των υψομέτρων αυτών (Πίνακας 5.4).

Οι υψομετρικές διαφορές, που προσδιορίστηκαν είτε με χωροστάθμηση είτε με ΤΡ.Υ.Α., αποτελούν τις παρατηρήσεις του δικτύου του κατακόρυφου ελέγχου και ο συνολικός αριθμός τους είναι $n=35$. Οι ανεξάρτητες καθοριστικές παράμετροι, δηλαδή τα τελικά υψόμετρα των κορυφών του δικτύου, είναι $m=17$. Από τα παραπάνω προκύπτει ο βαθμός ελευθερίας του δικτύου ίσος με $r=n-m=35-17$, δηλαδή $r=18$.

Τα υψόμετρα των κορυφών του δικτύου προσδιορίζονται από την επίλυση του συστήματος :

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P \delta \ell \quad (5.4)$$

Για την επίλυση του συστήματος αυτού αρχικά σχεδιάζεται ο πίνακας των συντελεστών των αγνώστων κορυφών, πίνακας A , με τη χρήση των εξισώσεων παρατήρησης που προέκυψαν από τις μετρημένες υψομετρικές διαφορές. Ο πίνακας αυτός είναι ένας πίνακας διαστάσεων 35×17 , όπου 35 είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων n και 17 ο αριθμός των αγνώστων. Επίσης, κατασκευάστηκε ο πίνακας $\delta \ell$ με διαστάσεις 35×1 που περιέχει τα μετρημένα μεγέθη.

Τέλος προσδιορίζεται ο πίνακας βαρών P που περιέχει τα βάρη των παρατηρήσεων τα οποία προκύπτουν από τη σχέση $P_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_i^2}$ όπου $\sigma_0 = \pm 0.001m$ το a priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους και σ_i το σφάλμα της κάθε μέτρησης. Για τις συνδέσεις που έγιναν με τη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης το σφάλμα τους προσδιορίστηκε από τη σχέση που ακολουθεί με $\sigma_e = \pm 0.5mm$ και n ο αριθμός των στάσεων που έγιναν. Αντίστοιχα για τις συνδέσεις που έγιναν με τη μέθοδο της ΤΡ.Υ.Α. υπολογίστηκε σφάλμα περίπου $\pm 6mm$ και για τις 4 συνδέσεις.

$$\sigma_i = \sigma_e \cdot \sqrt{n} \quad (5.5)$$

Από την επίλυση του παραπάνω συστήματος προκύπτει ο πίνακας \hat{x} , ο οποίος είναι ένας πίνακας διαστάσεων 17×1 και περιέχει τα συνορθωμένα υψόμετρα των κορυφών του δικτύου.

Στη συνέχεια προσδιορίστηκε ο πίνακας μεταβλητότητα-συμμεταβλητότας από τη σχέση :

$$V_{\hat{x}} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \quad (5.6)$$

όπου $\hat{\sigma}_0$ το a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους, το οποίο υπολογίζεται από το τύπο :

$$\hat{\sigma}_0 = \pm \sqrt{\frac{\nu^T \cdot P \cdot \nu}{r}} \quad (5.7)$$

Αφού λοιπόν υπολογίστηκε το διάνυσμα των διορθωμένων υψομετρικών διαφορών $\hat{\ell}$, σχηματίζεται το διάνυσμα ν με τα υπόλοιπα χρησιμοποιώντας τη σχέση $\nu = \hat{\ell} - \delta\ell$.

Από τα παραπάνω προκύπτει η τιμή του a posteriori τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους ίση με $\hat{\sigma}_0 = \pm 1mm$ και για τις δύο επιλύσεις καθώς και ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας. Τα διαγώνια στοιχεία αυτού του πίνακα αποτελούν τις αβεβαιότητες των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου υψωμένες στο τετράγωνο.

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 5.4) παρουσιάζονται τα τελικά υψόμετρα των κορυφών του δικτύου με την αντίστοιχη αβεβαιότητά τους για τις δύο επιλύσεις καθώς και οι διαφορές που προέκυψαν.

Υψομετρική Αφετηρία	Συνορθωμένα Ορθομετρικά Υψόμετρα με σταθερό το 58(m)	Αβεβαιότητα (mm)	Συνορθωμένα Ορθομετρικά Υψόμετρα με σταθερό το 5 (m)	Αβεβαιότητα (mm)	Διαφορά (cm)
04	74.684	±1.1	74.863	±0.6	17.9
05	85.760	±1.2	85.938	-	17.9
06	88.256	±1.3	88.435	±0.8	17.9
08	91.351	±1.6	91.529	±1.1	17.9
56	75.934	±1.4	76.113	±1.4	17.9
57	75.780	±1.0	75.959	±1.1	17.9
58	70.747	-	70.926	±1.2	17.9
58 ^A	70.746	±1.3	70.925	±1.4	17.9
61	83.163	±1.0	83.342	±1.1	17.9
68	104.513	±1.4	104.691	±1.1	17.9
86	123.488	±1.6	123.666	±1.2	17.9
87	113.189	±1.8	113.367	±1.6	17.9
133	78.694	±1.2	78.872	±1.5	17.9
141	89.498	±4.3	89.677	±4.3	17.9
143	96.829	±4.4	97.008	±4.4	17.9
144	96.825	±4.4	97.004	±4.4	17.9
150	105.176	±4.2	105.355	±4.3	17.9
160	99.882	±1.3	100.060	±1.4	17.9

Πίνακας 5.4 : Συνορθωμένα υψόμετρα και αβεβαιότητες

Διαπιστώνεται ότι υπάρχει σταθερή διαφορά μεταξύ των υψομέτρων που προσδιορίστηκαν με τους δύο τρόπους. Τα υψόμετρα από την επίλυση με σταθερό το σημείο 5 και με υψόμετρο που προσδιορίστηκε από το βάθρο της Γ.Υ.Σ. στο Λυκαβηττό είναι +17.9cm από εκείνα που προσδιορίστηκαν με σταθερό το 58 και με υψόμετρο αυτό που είχε προκύψει το 1920. Η διαφορά αυτή πιθανόν να οφείλεται είτε στη διαφορετική αρχή του δικτύου της Γ.Υ.Σ. με εκείνο του 1920, δηλαδή διαφορετικό παλιρροιογράφο, είτε σε τυχόν διαφορετική μέθοδο μέτρησης στα βάθρα.

Οι πίνακες που σχεδιάστηκαν για την επίλυση του δικτύου (πίνακας Α, πίνακας δℓ) καθώς επίσης και οι πίνακες που προέκυψαν παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα.

5.5.2 Έλεγχος αξιοπιστίας επίλυσης (Test χ^2)

Στη συνέχεια έγινε έλεγχος της αξιοπιστίας της επίλυσης του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου με το Test χ^2 με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Έτσι γίνεται αξιολόγηση της επίλυσης και το κατά πόσο αυτή ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

Σύμφωνα με αυτό τον έλεγχο θα πρέπει να ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2 \cdot r}{\sigma_0^2} \leq \chi_{p,r}^2 \quad (5.8)$$

Για την επίλυση του δικτύου θεωρήθηκε a priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους $\sigma_0 = \pm 1mm$, ενώ το a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους υπολογίστηκε ίσο με $\pm 1mm$. Ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι ίσος με $n=35$ και ο αριθμός των αγνώστων καθοριστικών παραμέτρων είναι $m=17$, οπότε προκύπτει ο βαθμός ελευθερίας του δικτύου $r=n-m=18$.

Από τα παραπάνω δεδομένα και για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, δηλαδή $p=0.95$ από τον αντίστοιχο πίνακα προκύπτει $\chi_{0.95,18}^2 = 28.87$. Οπότε η ανισότητα θα είναι :

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2 \cdot r}{\sigma_0^2} \leq \chi_{p,r}^2 \Rightarrow \frac{0.001^2 \cdot 18}{0.001^2} \leq 28.87 \Rightarrow 18 \leq 28.87 \quad (5.9)$$

Άρα το στατιστικό και το θεωρητικό μοντέλο που επιλέγηκε για την επίλυση του δικτύου ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

5.5.3 Προσδιορισμός μετακινήσεων δικτύου κατακόρυφου ελέγχου

Αφού λοιπόν προσδιορίστηκαν τα υψόμετρα επόμενο βήμα είναι η διαδικασία της ανίχνευσης τυχόν μεταβολών των υψομέτρων και το κατά πόσο αυτές οι μεταβολές χαρακτηρίζονται ως μετακινήσεις.

Για τον προσδιορισμό των μετακινήσεων των κορυφών του δικτύου γίνεται σύγκριση μεταξύ των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου που προσδιορίστηκαν στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας με τα υψόμετρα που είχαν προσδιοριστεί το 1920.

Αφού λοιπόν υπολογιστεί η διαφορά ανάμεσα στα υψόμετρα των κοινών σημείων του δικτύου του 1920 (\hat{H}_i^{1920}) με αυτά του δικτύου 2010 (\hat{H}_i^{2010}) πρέπει να γίνει έλεγχος του κατά πόσο οι τυχόν διαφορές που προέκυψαν αποτελούν μετακινήσεις. Για τον έλεγχο αυτό χρειάζονται οι αβεβαιότητες των υψομέτρων και στις δύο χρονικές περιόδους.

Η αβεβαιότητα των υψομέτρων που προσδιορίστηκαν το 1920 για το δίκτυο αυτό είναι θεωρηθήκαν $\sigma_{\hat{H}_i^{1920}} = 1.98mm$ για όλες τις υψομετρικές αφετηρίες, όσο δηλαδή ήταν το μέσο σφάλμα μ αφού δεν υπήρχαν περαιτέρω πληροφορίες για κάθε υψομετρική αφετηρία. Αντίστοιχα από τον πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας, πίνακας V_x , προέκυψαν και οι αβεβαιότητες $\sigma_{\hat{H}_i^{2010}}$ για κάθε σημείο του δικτύου για τη δεύτερη φάση των μετρήσεων.

Η απόλυτη μετακίνηση, λοιπόν, κατά την κατακόρυφη έννοια που εντοπίζονται με βάση τα δίκτυα κατακόρυφου ελέγχου $\delta\hat{H}_i^{1920,2010}$ για κάθε σημείο i μεταξύ των δύο φάσεων μέτρησης των στοιχείων του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου 1920-2010 προκύπτει από τη σχέση :

$$\delta\hat{H}_i^{1920-2010} = \hat{H}_i^{2010} - \hat{H}_i^{1920} \quad (5.10)$$

Για τον έλεγχο της σημαντικότητας της διαφοράς αυτής για κάθε υψομετρική αφετηρία, δηλαδή αν θεωρείται μετακίνηση ή είναι θόρυβος, χρησιμοποιείται η ανισότητα :

$$\left| \delta \hat{H}_i^{1920,2010} \right| \geq z_p \cdot \sigma_{\delta \hat{H}_i^{1920,2010}} \quad (5.11)$$

όπου $\sigma_{\delta \hat{H}_i^{1920,2010}} = \sqrt{\sigma_{\hat{H}_i^{1920}}^2 + \sigma_{\hat{H}_i^{2010}}^2}$ και z_p ο αντίστοιχος συντελεστής της τυποποιημένης κανονικής κατανομής, $\sigma_{\hat{H}_i^{1920}}$, $\sigma_{\hat{H}_i^{2010}}$ οι αβεβαιότητες των υψομέτρων της κορυφής i κατά τη φάση των μετρήσεων του 1920 και του 2010 αντίστοιχα.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τον παραπάνω τρόπο και σε περίπτωση που η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη από το γινόμενο $z_p \cdot \sigma_{\delta \hat{H}_i^{1920,2010}}$ τότε αυτή θεωρείται μετακίνηση.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των διαφορών για κάθε μία από τις υψομετρικές αφετηρίες καθώς επίσης και το όριο για να θεωρηθεί αυτή ως μετακίνηση. Ο έλεγχος αυτός έγινε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% όπου $z_{95\%} = 1.96$.

Υψομετρική Αφετηρία	Υψόμετρα 2010 (m)	$\sigma_{\hat{H}_i^{2010}}$ (mm)	Υψόμετρα 1920 (m)	$\sigma_{\hat{H}_i^{1920}}$ (mm)	$\sigma_{\delta\hat{H}_i^{1920,2010}}$ (mm)	$\sigma_{\delta\hat{H}_i^{1920,2010}} \cdot Z_{95\%}$ (mm)	$\delta\hat{H}_i^{1920-2010}$ (mm)
4	74.684	±1.1	78.031	±1.98	-	-	-
5	85.760	±1.2	85.760	±1.98	±2.7	±4.5	0.4
6	88.256	±1.3	88.254	±1.98	±2.9	±4.6	2.3
8	91.351	±1.6	91.350	±1.98	±3.0	±5.0	0.5
56	75.934	±1.4	75.933	±1.98	±2.7	±4.8	1.0
57	75.780	±1.0	75.778	±1.98	±2.5	±4.3	2.4
58	70.747	-	70.747	±1.98	-	-	-
58A	70.746	±1.3	70.748	±1.98	±2.7	±4.6	-1.7
61	83.163	±1.0	83.159	±1.98	±2.7	±4.3	4.4
68	104.513	±1.4	104.509	±1.98	±2.9	±4.8	3.5
86	123.488	±1.6	121.000	±1.98	-	-	-
87	113.189	±1.8	113.185	±1.98	±3.3	±5.2	3.8
133	78.694	±1.2	78.693	±1.98	±2.5	±4.5	0.9
141	89.498	±4.3	89.498	±1.98	±3.4	±9.3	0.0
143	96.829	±4.4	96.829	±1.98	±3.4	±9.5	0.0
144	96.825	±4.4	96.826	±1.98	±3.4	±9.5	-0.8
150	105.176	±4.2	105.172	±1.98	±3.0	±9.1	4.3
160	99.882	±1.3	98.868	±1.98	-	-	-

Πίνακας 5.5 : Έλεγχος μετακινήσεων

Από τα 18 σημεία του δικτύου, η υψομετρική αφετηρία 58 θεωρήθηκε ως σταθερή για αυτό το λόγο δεν υπολογίζεται κάποια μετακίνηση. Επίσης όπως έχουμε αναφέρει οι υψομετρικές αφετηρίες 04, 86 και 160 δεν είναι τα ίδια σημεία και για τα δύο δίκτυα οπότε ούτε σε αυτά μπορεί να γίνει έλεγχος για μετακινήσεις.

Στα υπόλοιπα 14 σημεία του δικτύου διαπιστώνεται ότι οι μετακινήσεις δεν είναι στατιστικά σημαντικές καθώς το διάνυσμα $\delta\hat{H}_i^{1920,2010}$ βρίσκεται μέσα στο θόρυβο των μετρήσεων αφού ισχύει για όλα

$$\eta \text{ ανισότητα } \left| \delta\hat{H}_i^{1920,2010} \right| \leq z_p \cdot \sigma_{\delta\hat{H}_i^{1920,2010}} .$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας μετρηθήκαν και επαναπροσδιορίστηκαν τα υψόμετρα ορισμένων υψομετρικών αφετηριών του δικτύου που είχε ιδρυθεί από την Γεωγραφική Υπηρεσία του Υπουργείου Συγκοινωνιών το 1920. Τελικός στόχος του επαναπροσδιορισμού αυτού ήταν ο έλεγχος μετακινήσεων των σημείων του δικτύου κατά την κατακόρυφη έννοια.

Για το σκοπό αυτό, αφού προσδιορίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των αφετηριών με Γεωμετρική Χωροστάθμηση και με TP.Y.A., έγινε συνόρθωση του δικτύου και υπολογίστηκαν τα υψόμετρα καθώς και οι αντίστοιχες αβεβαιότητες.

Αρχικά έγινε η βελτιστοποίηση του δικτύου εκτιμώντας τα βάρη των παρατηρήσεων με δύο τρόπους, ο πρώτος με τη χρήση του αριθμού των στάσεων για κάθε χωροστάθμηση και ο δεύτερος με την απόσταση σε χιλιόμετρα. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που προσδιορίστηκε με την πρώτη μέθοδο ήταν πιο ρεαλιστικό. Η τελική επιλογή του 'σεναρίου' μέτρησης 35 συνδέσεων με μέσο τετραγωνικό σφάλμα τα 2mm θεωρήθηκε ικανοποιητική σύμφωνα με τις ακρίβειες των οργάνων καθώς και τις επιδιωκόμενες αβεβαιότητες σε ανάλογες μετρήσεις. Τέλος επιλύοντας το δίκτυο προκύπτει ότι το a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους είναι περίπου $\pm 1\text{mm}$.

Από την διαδικασία των μετρήσεων προέκυψαν οι ταχύτητες τόσο για την γεωμετρική χωροστάθμηση όσο και για την TP.Y.A. και είναι 1km/h και 1.5km/h αντίστοιχα. Συγκρίνοντας αυτές τις ταχύτητες που επετεύχθησαν με την ταχύτητα του συνεργείου του 1920 που ήταν 1.3km/h προκύπτει ότι η χωροστάθμηση που έγινε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αν και έγινε με ψηφιακό χωροβάτη ήταν πιο αργή από εκείνη του 1920 και αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το ένα συνεργείο αποτελούταν από τρία άτομα και οι μετρήσεις έγιναν με δύο σταδίες ενώ το άλλο διέθετε μόνο μία σταδία καθώς αποτελούταν από δύο άτομα. Τέλος διαπιστώνεται ότι η ταχύτητα που επετεύχθη με τη μέθοδο της TP.Y.A. είναι πολύ καλύτερη από εκείνη της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης.

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων με Γεωμετρική Χωροστάθμηση προέκυψαν διάφορα προβλήματα κυρίως όσον αφορά την μέτρηση σε

αστικό και πυκνοδομημένο χώρο. Η ορατότητα και κατ' επέκταση η μέτρηση ήταν πολλές φορές αδύνατη λόγω της συχνής διέλευσης πεζών και οχημάτων. Για το λόγο αυτό σε ανάλογες περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η κίνηση των δρόμων και να επιλέγονται εκ των προτέρων δρόμοι με όσο το δυνατόν μικρότερη διέλευση πεζών και οχημάτων και ιδιαίτερες ημέρες και ώρες. Έτσι η μέθοδος της ΤΡ.Υ.Α. είναι αρκετά πιο αποτελεσματική και γρήγορη σε αστικές περιοχές σε σύγκριση με την Γεωμετρική Χωροστάθμηση.

Το δίκτυο επιλύθηκε μία φορά με σταθερό το σημείο 58 με υψόμετρο γνωστό από τις μετρήσεις του 1920 και μία φορά με σταθερό το σημείο 5 με υψόμετρο που προσδιορίσαμε από βάθρο της Γ.Υ.Σ. Μεταξύ αυτών των δύο επιλύσεων προέκυψε διαφορά στα υψόμετρα ίση με 17.9cm, δηλαδή το δίκτυο της Γ.Υ.Σ. είναι κατά 18cm περίπου πάνω από εκείνο του 1920. Αυτό πιθανόν να οφείλεται σε διαφορετική αφετηρία των δύο δικτύων ή σε διαφορετική μέθοδο μέτρησης.

Όπως προέκυψε και από τον έλεγχο των μικρομετακινήσεων οι διαφορές των υψομέτρων του σήμερα με του 1920 είναι από μηδενικές έως μερικά χιλιοστά οι οποίες για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% δεν θεωρούνται στατιστικά σημαντικές και αποτελούν θόρυβο των μετρήσεων.

Αντιθέτως λοιπόν με τα αναμενόμενα αποτελέσματα οι μετρήσεις έδειξαν πως, παρόλο τις μεγάλες μεταβολές που έγιναν τα τελευταία 90 χρόνια, οι κορυφές του χωροσταθμικού δικτύου του 1920 παρέμειναν αμετακίνητες. Σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα των σημείων 'έπαιξε' η επιλογή των θέσεων των κορυφών οι οποίες ήταν κυρίως σε μνημεία και εκκλησίες.

6.2. Προτάσεις

Όπως έχει αναφερθεί η μέθοδος της ΤΡ.Υ.Α. ενδείκνυται σε μετρήσεις υψομετρικών διαφορών σε αστικές περιοχές και σε μεγάλες αποστάσεις. Προτείνεται λοιπόν η χρήση αυτής της μεθόδου σε ανάλογες συνθήκες καθώς είναι πιο αποτελεσματική και πιο γρήγορη από αυτή της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης με ανάλογες ακρίβειες.

Επίσης για την διαδικασία της βελτιστοποίησης προτείνεται η χρήση του τύπου που προσδιορίζει τα βάρη από των αριθμών των στάσεων και όχι από την απόσταση καθώς τα αποτελέσματα είναι πιο ρεαλιστικά και συμπίπτουν με τα τελικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη συνόρθωση.

Επιπροσθέτως, ο προσδιορισμός νέων υψομέτρων συνδέοντας το δίκτυο με τον παλιρροιογράφο του Πειραιά θα καθιστούσε το δίκτυο αυτό κατάλληλο εργαλείο για τη μελέτη και εκτέλεση σύγχρονων τεχνικών και ρυμοτομικών έργων.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής έγινε ο έλεγχος μετακινήσεων για ένα μόνο μέρος του δικτύου που εγκαταστάθηκε το 1920. Προτείνεται λοιπόν έλεγχος μετακινήσεων και για τα υπόλοιπα σημεία του δικτύου και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν.

6.3. Διάρκεια εργασιών

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας απαιτήθηκαν συνολικά 7 μήνες συμπεριλαμβανομένων των διακοπών του Πάσχα και του καλοκαιριού. Στους πρώτους 4 μήνες έγιναν οι μετρήσεις και ένα μέρος της επεξεργασίας αυτών ενώ τους υπόλοιπους 3 έγινε η συγγραφή του τεύχους, η επεξεργασία των μετρήσεων και οι τυχόν διορθώσεις.

Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις με Γεωμετρική Χωροστάθμιση διάρκησαν 28 ημέρες και με ΤΡ.Υ.Α. 2 ημέρες. Η συγγραφή του τεύχους έγινε μέσα σε 35 ημέρες ενώ οι επεξεργασία των μετρήσεων και οι απαραίτητοι υπολογισμοί χρειάστηκαν 20 ημέρες. Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή του χρόνου στις εργασίες.



Σχήμα 6.1: Διάγραμμα κατανομής εργασιών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγάτζα Α.Μ., Μπαλοδήμου (2007), **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις Ι**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
2. Αγάτζα Α.Μ., Μπαλοδήμου (2007), **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις ΙΙ**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
3. Γκόβα Ε (2007), Τεκμηρίωση των Υψομετρικών Αφετηριών του Χωροσταθμικού Δικτύου Αθηνών, Προαστίων και Περιχώρων (1920) Βελτιστοποίηση Δικτύου, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Διπλωματική εργασία, Αθήνα
4. Λαμπαδάριος Δ.Ν. (1921), **Το Χωροσταθμικόν Δίκτυον Αθηνών, Προαστείων και Περιχώρων**, Τοπογραφική Υπηρεσία Υπουργείου Συγκοινωνίας
5. Λάμπρου Ε. (2008), **Εφαρμοσμένα Θέματα Γεωδαισίας**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
6. Μπαλοδήμος Δ.-Δ. , Αραμπατζή Ο. (2004), **Υψομετρία**, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα

HEIGHT DIFFERENCES DETERMINATION OF A PART OF THE ATHENS LEVELLING NETWORK ESTABLISHED IN 1920

ABSTRACT

The subject of the present diploma thesis is to determine the orthometric heights of the benchmarks of the vertical network that was established in Athens at 1920 and to estimate their displacements.

In the **first chapter** historical information of the benchmarks are presented as well as the method that was used for the measurements, the results and their uncertainty.

In the **second chapter** the modern methods that used to measure height differences are analyzed, such as spirit leveling method, special trigonometric heighting method, accurate trigonometric heighting etc.

The **third chapter** contains the description of the remaining network points after 90 years and the process of the optimization for the measurement.

In the **forth chapter** there is a detailed description of the methods that were used to measure the height differences and also the problems that were arose during the field work.

In the **fifth chapter** the necessary processing of the measurements is analyzed. In addition the network adjustment is presented and the results are compared to those of 1920 in order to determinate the displacements of the network points.

In the **sixth chapter** the conclusions are registered as well as several suggestions for the height measuring in urban regions.

The **appendix** contains all the field work sheets, the calculations and all the processing required.

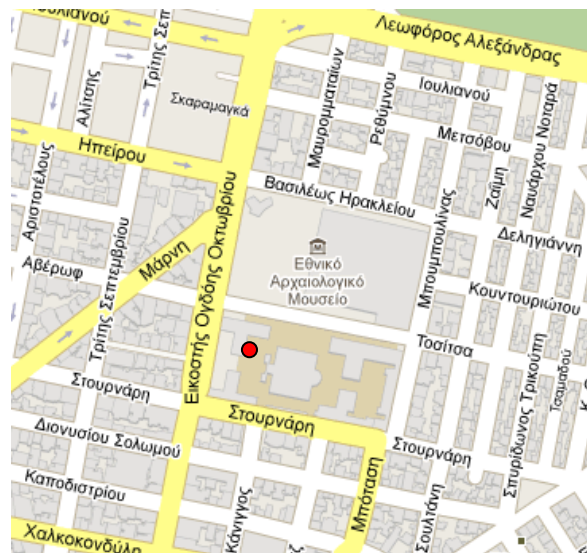
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ



ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΧΑΡΤΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΦΕΤΗΡΙΑ : Νο 58

H = 70.747 m

ΤΥΠΟΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ : Μεγάλο μπουλόνι

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (WGS 84) :

$\varphi = 37^{\circ} 59' 00.0''$

$\lambda = 23^{\circ} 43' 51.8''$

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

ΟΔΟΣ : Πατησίων- Τοσίτσα

ΑΡΙΘΜΟΣ :

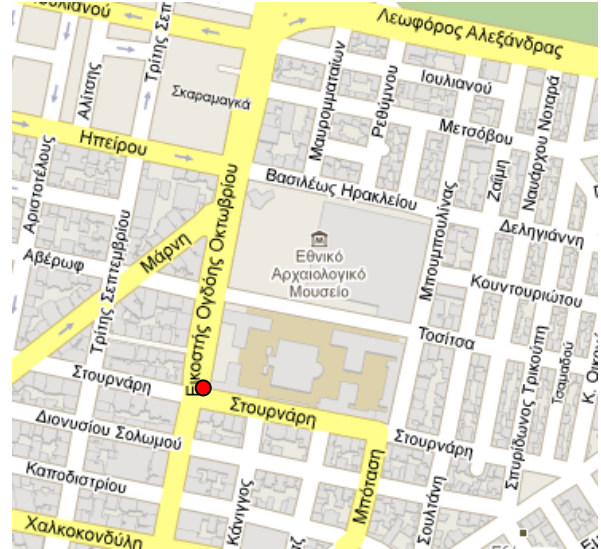
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Επί του κτιρίου Αβέρωφ στην όψη του προς την οδό Πατησίων 0.40m από την βόρεια γωνία και 0.75m από το έδαφος

ΣΧΟΛΙΟ :



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ



ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΧΑΡΤΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ	
ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΦΕΤΗΡΙΑ : Νο 58Α	H = 70.748 m
ΤΥΠΟΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ : Μικρό μπουλόνι	
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (WGS 84) :	
$\varphi = 37^\circ 59' 17.0''$	$\lambda = 23^\circ 43' 51.8''$
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	
ΟΔΟΣ : Πατησίων- Τοσίτσα	ΑΡΙΘΜΟΣ :
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Επί του κτιρίου Αβέρωφ στην όψη του προς την οδό Πατησίων 0.38m από την νότια γωνία και 0.75m από το έδαφος	
ΣΧΟΛΙΟ :	

Μετρήσεις χωροστάθμησης

Συνδέσεις	Aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
144-143	144	0.9722		143	0.6217		
	1	1.1816	1.4076	11	1.5876	1.1790	
	2	1.2271	1.3732	144		1.0340	
	143		0.5970				
	Υψομετρική διαφορά (m)	0.0031		Υψομετρική διαφορά (m)	-0.0037		0.0034
143-141	143	0.4861		141	1.8498		
	4	0.1966	1.7006	6	2.6443	0.7141	
	5	1.3139	1.9833	7	1.9373	0.0349	
	6	0.6876	1.6321	8	1.9868	1.244	
	7	0.1315	1.9403	9	1.789	0.2691	
	8	0.999	2.3247	143		0.6137	
	141		1.5642				
	Υψομετρική διαφορά (m)	-7.3305		Υψομετρική διαφορά (m)	7.3314		-7.3310
58-133	58	1.1072		133	0.3503		
	1	0.9453	1.0731	1	0.7653	2.0234	
	2	1.9701	1.3393	2	0.6032	1.8525	
	3	1.9085	0.8551	3	1.0627	1.5788	
	4	2.2095	0.8283	4	0.927	2.0197	
	5	1.9718	0.6993	5	0.7165	2.0177	
	6	1.8614	1.3318	6	0.6832	1.8422	
	7	1.5538	1.2986	7	0.9937	2.0245	
	8	1.7928	0.912	8	1.6661	1.3445	
	9	2.062	0.7306	9	0.749	1.0303	
	133		0.3679	10	1.4167	1.5344	
				11	0.5427	0.6087	
				12	1.5519	1.2693	
				58		0.8262	
	Υψομετρική διαφορά (m)	7.9464		Υψομετρική διαφορά (m)	-7.9439		7.9452

Συνδέσεις	Aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
06-05	ο6	0.245		ο5	1.4973		
	1	1.1001	1.5865	1	1.718	0.8875	
	2	1.0948	1.5859	2	1.0731	1.1216	
	3	1.8203	1.6205	3	1.6269	1.3206	
	4	1.6758	0.809	4	1.6004	1.0231	
	5	0.9669	0.5309	ο6		0.6666	
	6	0.876	2.6069				
	ο5		1.5372				
	Υψομετρική διαφορά (m)	-2.4980		Υψομετρική διαφορά (m)	2.4963		-2.4972
87-86	87	0.051		86	0.9818		
	1	1.1711	1.8199	11	0.7705	1.5132	
	2	0.036	2.2185	12	0.4543	1.5109	
	3	2.4913	0.0779	13	0.2659	2.1404	
	4	2.1906	0.3167	14	0.3285	2.4101	
	5	2.4369	0.2641	15	0.2688	2.492	
	6	2.3903	0.2918	16	0.3344	2.4583	
	7	2.3997	0.2571	17	0.1046	2.7429	
	8	2.5166	0.0928	18	2.7438	2.758	
	9	1.4751	0.5767	19	1.5324	0.6708	
	86		0.9448	20	1.8719	1.1794	
				87		0.0774	
	Υψομετρική διαφορά (m)	10.2983		Υψομετρική διαφορά (m)	-10.2965		10.2974
160-160'	160	0.4284		160'	1.8324		
	1	0.8341	1.8126	3	1.6387	0.9227	
	160'		1.6739	160		0.3235	
	Υψομετρική διαφορά (m)	-2.2240		Υψομετρική διαφορά (m)	2.2249		2.2245

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
160-133	160	0.4995		133	1.1172		
	1	0.4293	1.6606	23	1.9587	0.2409	
	2	0.6662	2.5173	24	2.0215	1.137	
	3	0.2158	1.8651	25	2.2406	1.228	
	4	0.5658	2.6094	26	1.7553	0.6931	
	5	0.8478	2.2865	27	1.567	1.2303	
	6	0.6906	2.1099	28	1.5675	1.2423	
	7	0.7739	2.2024	29	1.0682	1.5137	
	8	1.332	2.0132	30	1.3459	1.7584	
	9	0.851	1.6529	31	1.8562	1.2041	
	10	0.8702	1.9702	32	2.0732	1.0041	
	11	0.789	2.0423	33	2.3662	0.6833	
	12	1.2804	2.1373	34	1.639	0.3041	
	13	1.6	1.8477	35	1.97	1.0362	
	14	1.704	1.2296	36	2.0821	0.8735	
	15	1.6762	1.2191	37	1.8102	0.7157	
	16	1.2388	1.5573	38	2.1512	0.9366	
	17	1.156	1.7023	39	2.2132	0.5621	
	18	0.8387	1.6983	40	2.1294	0.5153	
	19	1.2504	2.4107	41	1.9022	0.8198	
	20	0.8303	1.8342	42	2.1156	0.7732	
	21	0.6779	2.2972	43	1.828	0.6185	
133		1.1051	160		0.4989		
	Υψομετρική διαφορά (m)	-21.1848		Υψομετρική διαφορά (m)	21.1893		-21.1871
58A-57	58A	0.7272		57	0.2124		
	1	1.1599	1.6683	1	0.8299	2.9475	
	2	1.5672	1.3256	2	0.7766	2.3679	
	3	1.8377	1.0261	3	0.805	1.5903	
	4	1.5984	1.2063	4	1.0214	1.682	
	5	2.2303	0.7609	5	1.5729	0.9725	
	6	2.8345	0.9197	58A		0.6916	
	7	1.2014	0.5977				
	57		0.6174				
		Υψομετρική διαφορά (m)	5.0346		Υψομετρική διαφορά (m)	-5.0336	

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
160-56	160	0.4284		160	0.4759		
	1	0.8341	1.8126	1	0.4139	1.7789	
	160'		1.6739	2	0.7662	2.3817	
	160'	1.2019		3	0.255	1.8353	
	1	0.6904	1.7099	4	0.3663	2.4571	
	2	0.8508	1.9223	5	0.4385	2.3718	
	3	0.9203	1.4575	6	0.8385	2.5824	
	4	0.8838	1.7821	7	1.4956	1.3195	
	5	0.6928	1.8418	8	0.7651	1.5089	
	6	0.8112	1.9411	9	0.6756	1.943	
	7	0.846	1.9147	10	0.6143	2.3009	
	8	0.8258	2.0474	11	0.7737	2.3901	
	9	1.0844	1.9008	12	0.4995	2.0973	
	10	1.466	1.2736	13	0.1472	2.205	
	11	1.2567	1.2101	14	0.5757	1.8711	
	12	0.9366	1.8581	15	2.0676	2.0915	
	13	0.6549	1.7292	16	0.9404	1.6528	
	14	0.6429	1.8242	17	1.0336	2.1204	
	15	0.901	1.8634	18	1.2783	2.0907	
	16	0.7879	1.6713	56		1.3656	
	17	0.8514	1.8468				
	18	0.8072	1.6645				
	19	0.5829	1.8018				
	20	0.6456	1.7102				
	21	0.6609	1.8608				
22	0.8643	1.6233					
23	0.9199	1.7467					
24	0.6952	1.5722					
56		1.4301					
	Υψομετρική διαφορά (m) 160-56	-23.9471		Υψομετρική διαφορά (m) 160-56	-23.9431		-23.9451
08-06	ο8	1.001		ο8	0.3399		
	1	1.052	1.4	1	1.83	1.4762	
	2	0.739	2.34	2	2.2626	0.6272	
	3	0.436	2.304	3	2.0508	0.7347	
	4	1.478	1.209	4	1.5588	1.1482	
	ο6		0.548	5	1.6249	1.3517	
				ο6		1.236	

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
56-61	56	0.6371		61	1.0214		
	1	0.8126	1.4179	10	0.5155	1.4999	
	2	1.6767	1.3358	11	0.5216	2.1818	
	3	2.4172	0.5156	12	0.9873	2.2381	
	4	2.1514	0.7662	13	0.6383	1.7514	
	5	2.1892	0.5446	14	0.6244	1.745	
	6	2.5294	0.5997	15	1.1641	1.9359	
	7	1.8108	0.8819	56		1.3505	
	61		0.9342				
	Υψομετρική διαφορά (m)	7.2285		Υψομετρική διαφορά (m)	-7.2300		7.2293
57-61	57	0.7997		57	0.7554		
	1	1.9558	1.475	1	1.2315	1.3845	
	2	2.0643	0.6664	2	1.9102	0.9457	
	3	2.5539	0.7168	3	2.0048	0.7604	
	4	2.8733	0.6985	4	2.0288	0.6415	
	5	1.7359	0.979	5	1.8865	0.6073	
	6	1.7306	1.1366	6	2.1982	0.7744	
	7	1.2723	1.5475	7	1.904	0.3238	
	8	1.7773	1.1675	8	1.463	1.2558	
	61		0.9923	9	1.6782	1.2402	
				10	1.2619	1.5371	
				11	1.4573	1.4182	
				12	0.889	0.8597	
				13	1.1045	1.655	
				61		0.988	
Υψομετρική διαφορά (m)	7.3835		Υψομετρική διαφορά (m)	7.3817		7.3826	
141-144	141	1.5614		144	0.9805		
	10	2.3686	0.8481	1	0.0935	1.8293	
	11	2.3995	0.0177	2	0.6179	1.4578	
	12	1.9242	0.1616	3	0.3179	1.9206	
	13	1.6254	1.1668	4	0.7255	3.0054	
	14	1.4117	1.019	141		1.8507	
	15	1.3821	1.178				
	144		0.9546				
	Υψομετρική διαφορά (m)	7.3271		Υψομετρική διαφορά (m)	-7.3285		7.3278

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
05-68	05	1.627		68	0.4675		
	1	1.8241	0.3899	1	2.7507	0.753	
	2	1.6845	0.951	2	2.1744	0.0743	
	3	2.0116	1.2436	3	0.7348	1.9691	
	4	2.2266	1.4739	4	0.7375	2.1263	
	5	2.3324	0.4519	5	0.8094	2.2293	
	6	2.3484	1.9718	6	0.0559	2.2463	
	7	2.6865	0.2718	7	0.0578	2.7207	
	8	2.6813	0.7497	8	0.2306	2.9397	
	9	2.7039	0.0748	9	0.3307	2.6056	
	10	2.3332	0.1979	10	0.0508	2.6155	
	11	2.2101	0.3799	11	0.0469	2.7537	
	12	0.0913	2.9153	12	0.8915	1.4407	
	13	2.2336	2.3324	13	0.8401	1.3455	
	14	1.819	0.7499	14	0.4928	1.9622	
	15	2.15	1.0375	05		1.6436	
	16	1.4041	0.1256				
	17	1.028	0.6872				
	68		0.6403				
	Υψομετρική διαφορά (m)	18.7512		Υψομετρική διαφορά (m)	-18.7541		18.7527
87-68	87	0.0453		68	0.964		
	1	1.1693	1.9591	1	2.5322	0.6535	
	2	0.423	1.9533	2	2.2184	0.4095	
	3	0.7999	2.8773	3	2.9426	0.1059	
	4	0.3323	2.3926	4	1.8122	0.9922	
	5	1.3515	2.8687	5	1.7476	1.294	
	68		0.7441	87		0.0865	
		Υψομετρική διαφορά (m)	-8.6738		Υψομετρική διαφορά (m)	8.6754	

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
57-04	57	0.4052		04	0.9962		
	1	0.132	1.9874	1	0.4037	1.6412	
	2	0.8459	1.4943	2	0.6313	2.1064	
	3	0.6283	1.9577	3	1.1062	1.9719	
	4	0.9696	1.7433	4	1.0903	1.6937	
	5	1.1366	1.7663	5	1.1507	2.0093	
	6	1.2344	1.6271	6	1.1982	1.4761	
	7	1.3417	1.5326	7	1.2348	1.4492	
	8	1.2965	1.3949	8	1.3081	1.4232	
	9	1.4546	1.4145	9	1.4466	1.332	
	10	1.2128	1.4568	10	1.4453	1.2551	
	11	1.3949	1.3691	11	1.4136	1.4282	
	12	1.4406	1.252	12	1.4759	1.2487	
	13	1.4302	1.3044	13	1.5259	1.0142	
	14	1.71	1.2459	14	1.3686	0.9132	
	15	1.827	0.5151	15	1.5931	0.9254	
	16	1.824	0.9468	16	1.7935	1.0925	
	17	1.9694	0.7879	17	2.054	1.0148	
	18	2.0509	0.7135	18	2.3004	0.8771	
	19	1.1907	0.7679	19	1.7627	0.7811	
04		1.3113	57		0.5491		
	Υψομετρική διαφορά (m)	-1.0935		Υψομετρική διαφορά (m)	1.0967		-1.0951
58A-133	58A	0.7966		133	0.5825		
	1	0.9645	1.6601	1	0.929	1.7409	
	2	1.814	1.0551	2	0.7338	1.712	
	3	1.6809	0.8156	3	0.8883	2.6085	
	4	1.7409	1.0325	4	0.9205	1.8329	
	5	1.9115	0.8158	5	0.7111	1.8952	
	6	1.8239	0.8286	6	0.9693	1.8852	
	7	1.7481	1.0659	7	1.2068	1.9061	
	8	2.5606	0.9775	8	1.1188	1.9174	
	9	1.7032	0.8089	9	1.3628	1.5904	
	10	1.762	0.8823	10	1.5049	1.0479	
	133		0.6152	58A		0.7418	
		Υψομετρική διαφορά (m)	7.9487		Υψομετρική διαφορά (m)	-7.9505	

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
04-05	04	1.5711		05	1.6916		
	1	1.782	0.8616	1	1.9809	0.5789	
	2	1.732	0.937	2	1.2575	0.8335	
	3	1.7723	0.8291	3	1.6202	2.2166	
	4	2.2077	0.4238	4	0.9818	1.7891	
	5	2.0548	0.4985	5	0.8779	1.9775	
	6	2.2694	0.8878	6	1.0621	1.9193	
	7	1.9272	0.7071	7	0.8136	2.0586	
	8	1.8752	0.8563	8	0.1204	2.3668	
	9	1.6443	0.9927	9	0.1417	2.7658	
	10	1.9914	0.7387	10	0.8042	1.8476	
	11	1.7917	0.9572	11	0.69	1.8297	
	12	2.0659	1.5489	12	1.67	2.0562	
	13	0.9614	1.0555	13	0.971	1.8217	
	14	0.8533	1.7322	04		1.699	
	15	1.1861	2.0996				
	05		1.4843				
	Υψομετρική διαφορά (m)	11.0755		Υψομετρική διαφορά (m)	-11.0774		11.0765
04-06	04	0.6596		06	0.106		
	1	2.0714	0.9802	1	0.95	1.951	
	2	2.244	0.9754	2	0.815	1.99	
	3	2.1945	0.7654	3	0.2344	2.119	
	4	1.9383	0.9282	4	0.7044	2.7469	
	5	2.0295	0.931	5	0.8409	2.0015	
	6	2.0096	0.803	6	0.8992	1.8488	
	7	2.4772	0.7022	7	1.0004	1.9587	
	8	2.9491	0.7571	8	0.7135	2.0479	
	9	0.6633	0.6568	9	0.9287	2.3337	
	10	1.7894	1.6552	10	1.0169	2.1211	
	11	1.7907	0.8221	04		0.6603	
	12	1.9823	0.9428				
	06		0.3075				
	Υψομετρική διαφορά (m)	13.5720		Υψομετρική διαφορά (m)	-13.5695		13.5708

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh	
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)		
150-143	150	0.6437		143	0.6755			
	1	0.5617	1.5805	1	2.2651	1.1421		
	2	0.3024	2.7642	2	2.0193	0.4339		
	3	0.6174	2.8917	3	0.8653	1.4964		
	4	1.5319	1.3569	4	1.2829	1.7206		
	5	1.2984	1.7708	5	1.7336	1.6257		
	6	1.2738	1.3475	6	1.6267	1.2379		
	7	1.3452	1.5946	7	1.5571	1.278		
	8	1.0564	1.4668	8	1.613	1.3792		
	9	1.3104	1.8512	9	1.042	1.1274		
	10	1.6963	1.7666	10	0.826	2.2065		
	11	2.0274	1.0384	11	1.3835	1.7424		
	12	1.4323	0.434	12	1.8582	1.163		
	13	1.1712	1.5826	13	2.5062	1.171		
	14	1.2098	1.3815	14	2.4474	0.5741		
	15	1.0441	1.7622	15	2.424	0.0229		
	16	1.5587	1.5947	16	1.9254	0.8739		
	17	2.0585	1.0724	17	1.6059	0.989		
	18	0.208	2.9301	18	1.5847	2.0032		
	19	1.4116	1.186	19	1.3662	1.3971		
	143		0.7301	150		0.676		
	Υψομετρική διαφορά (m)	-8.3436		Υψομετρική διαφορά (m)	8.3477		-8.3457	
57-133	57	0.8395		133	0.7935			
	1	0.7378	1.5117	1	2.3149	0.7454		
	2	2.4702	0.6412	2	1.4805	0.8343		
	3	1.7944	0.882	3	0.5052	1.7327		
	4	1.6656	1.1576	4	1.0224	1.8688		
	5	1.8248	1.2266	5	1.1456	1.7604		
	6	1.7088	1.0696	6	1.1159	1.5701		
	7	1.782	0.7402	7	0.776	1.6952		
	8	0.778	0.9958	8	0.6586	2.447		
	9	1.1073	2.704	9	1.2488	0.6037		
		133		0.8653	57		0.7159	
		Υψομετρική διαφορά (m)	2.9144		Υψομετρική διαφορά (m)	-2.9121		2.9133

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
56-05	56	0.7082		05	1.5378		
	1	0.7241	1.9852	1	0.1397	2.3385	
	2	0.613	2.0907	2	0.2328	2.1412	
	3	0.714	2.2505	3	0.7291	2.3559	
	4	1.0467	1.6483	4	0.7754	2.1784	
	5	1.1389	1.8859	5	0.8289	2.1947	
	6	1.0441	1.8805	6	0.3907	2.2055	
	7	1.4307	1.3496	7	1.1267	2.6829	
	8	1.7037	1.3624	8	1.7998	0.7371	
	9	1.9408	1.116	9	0.1498	0.9424	
	10	1.4553	0.9337	10	0.6457	2.2117	
	11	1.5288	1.4163	11	0.5196	2.1295	
	12	1.4687	1.122	12	1.4722	2.2523	
	13	1.0846	1.5551	13	1.6643	1.2459	
	14	1.0801	1.5623	14	1.4488	1.1987	
	15	2.6243	0.1132	15	1.4017	1.7765	
	16	2.4066	0.0903	16	1.1556	1.414	
	17	1.2351	0.8026	17	1.0292	1.6951	
	18	2.5033	2.3403	18	1.2766	2.0948	
	19	2.2296	0.3037	19	1.7439	1.1178	
	20	2.0945	0.7492	20	1.6098	1.0311	
	21	1.931	0.79	21	1.7721	1.0075	
	22	2.0475	0.7342	22	1.9419	0.8662	
	23	2.126	0.2755	23	2.1148	0.8181	
	24	2.3081	0.2145	24	2.0765	0.9647	
	05		0.7865	25	1.8532	0.9066	
			26	1.4564	1.3609		
			56		0.8515		
	Υψομετρική διαφορά (m)	9.8292	Υψομετρική διαφορά (m)	-9.8265		9.8279	
08-05	08	1.0284		05	1.0344		
	1	1.1029	1.4722	1	1.9059	1.8714	
	2	0.2629	1.8669	2	1.8548	1.0593	
	3	0.7573	2.6066	3	1.8036	0.8797	
	4	0.9761	2.1388	4	1.8074	0.6025	
	5	0.7923	2.0506	5	2.143	0.7686	
	6	1.5934	0.4528	6	1.6745	0.6273	
	05		1.5174	7	1.5438	1.3193	
				08		1.0488	
	Υψομετρική διαφορά (m)	-5.5920	Υψομετρική διαφορά (m)	5.5905		-5.5913	

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
150-56	150	0.6079		56	2.1776		
	1	0.4982	2.404	1	2.6062	0.632	
	2	0.8035	2.3762	2	1.4845	0.047	
	3	1.2411	1.2453	3	2.0083	1.0326	
	4	1.1917	1.4955	4	2.4879	0.678	
	5	0.7801	1.4201	5	1.729	0.9562	
	6	1.3524	1.6889	6	1.1324	1.3365	
	7	2.034	0.0939	7	1.2078	1.8752	
	8	1.1623	1.0101	8	1.9298	0.863	
	9	1.2745	1.575	9	2.5061	0.5858	
	10	1.0457	1.7584	10	2.3209	0.3695	
	11	0.8272	2.053	11	2.7738	0.4108	
	12	1.1704	2.1391	12	2.6108	0.5599	
	13	0.5343	1.7864	13	1.9824	0.3973	
	14	0.5269	2.264	14	1.1233	1.5782	
	15	0.3718	2.1768	15	1.4636	2.3631	
	16	0.9078	1.8999	16	1.7442	1.4678	
	17	1.1345	1.7048	17	1.9168	0.7993	
	18	1.5089	1.8099	18	2.2072	0.6483	
	19	2.0045	0.6706	19	2.0228	0.6711	
	20	1.801	1.2911	20	2.2024	0.4539	
	21	0.9134	1.4821	21	1.9891	0.9575	
	22	0.1325	2.6843	22	1.9555	0.9201	
	23	1.0648	2.7746	23	1.9164	1.0488	
	24	0.24	2.1634	24	1.7955	1.2564	
	25	0.4725	2.9586	25	1.5952	1.0543	
	26	0.7253	2.2526	26	0.6677	2.4365	
	27	1.8694	1.2512	27	1.9016	2.515	
	28	1.3518	1.1608	28	1.7408	1.0093	
	29	1.1368	1.7527	29	1.6117	1.2832	
	30	0.3989	2.0139	30	2.4409	1.1171	
	31	0.6467	2.3472	31	2.1604	0.3568	
	32	0.8787	2.3	150		0.49	
33	0.804	2.4597					
56		2.19					
	Υψομετρική διαφορά (m)	-29.2406	Υψομετρική διαφορά (m)	29.2421		-29.2414	

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
150-141	150	0.6046		141	1.8366		
	1	1.6464	1.5957	1	2.6859	0.7788	
	2	1.9893	1.6334	2	2.556	0.3077	
	3	1.4084	1.3535	3	1.6397	0.3318	
	4	1.1379	1.85	4	2.0061	1.5977	
	5	1.6428	1.6686	5	2.534	0.052	
	6	1.1426	1.4165	6	2.3394	0.1254	
	7	0.6514	1.4104	7	1.5501	0.3054	
	8	1.3085	1.4176	8	1.6149	1.426	
	9	1.7581	1.5215	9	1.5357	1.3969	
	10	0.6117	1.9683	10	2.3269	1.064	
	11	0.9478	1.1275	11	1.7999	1.9292	
	12	1.0358	1.1845	12	1.7992	1.7926	
	13	0.3203	1.7173	13	1.7248	1.0624	
	14	0.0396	2.5133	14	1.7928	1.4703	
	15	0.1887	2.1832	15	1.8352	1.3037	
	16	1.4196	1.7846	16	1.9568	1.5917	
	17	0.1757	2.065	17	1.2826	1.8156	
	18	0.7879	2.903	18	1.5922	1.7472	
	19	0.8293	2.181	19	1.7586	1.6981	
		141		1.8311	150		0.6953
	Υψομετρική διαφορά (m)	-15.6796		Υψομετρική διαφορά (m)	15.6756		-15.6776
58-57	58	1.3453		57	0.198		
	1	1.0181	1.1754	1	0.4103	2.3323	
	2	1.2027	1.6219	2	0.5654	2.2203	
	3	1.8081	1.1635	3	1.07	1.7905	
	4	2.2593	1.1143	4	1.9604	1.5233	
	5	2.3106	0.5566	5	1.0272	1.4029	
	6	1.6777	0.1489	58		0.998	
	57		0.8072				
		Υψομετρική διαφορά (m)	5.0340		Υψομετρική διαφορά (m)	-5.0360	
56-133	56	1.7928		133	0.3503		
	1	2.062	0.7306	1	0.7653	2.0234	
	133		0.3633	56		1.8525	
	Υψομετρική διαφορά (m)	2.7609		Υψομετρική διαφορά (m)	-2.7603		2.7606

Συνδέσεις	aller			retour			Τελικό Δh
	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	Κωδικός σημείου	ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	
150-144	150	0.5806		144	1.1653		
	1	1.5299	1.5697	1	2.0055	1.0983	
	2	1.9878	1.311	2	1.9819	0.5923	
	3	1.3057	1.776	3	2.3034	0.6272	
	4	1.6565	2.267	4	2.3396	0.3113	
	5	1.3186	1.8564	5	0.621	1.1818	
	6	1.8311	2.0759	6	1.2346	1.6337	
	7	1.8047	1.6606	7	1.3064	1.2987	
	8	0.9748	2.0219	8	1.514	1.1576	
	9	1.5994	1.7151	9	1.8334	1.3892	
	10	1.6555	1.8714	10	0.9098	0.504	
	11	1.6737	1.7999	11	1.7277	1.3366	
	12	1.5184	1.5467	12	1.5093	0.9311	
	13	2.1118	1.1149	13	1.7603	0.9132	
	14	0.6228	1.5224	14	0.667	1.0536	
	15	0.643	2.1602	15	1.127	1.2356	
	16	0.6901	2.3293	150		0.3865	
	17	0.8174	1.9543				
	18	0.9588	1.8907				
	144		1.1896				
Υψομετρική διαφορά (m)	-8.3524		Υψομετρική διαφορά (m)	8.3555		-8.3540	
04-58	04	1.8078		58	1.2693		
	1	0.4393	0.6569	1	0.8262	0.5427	
	2	0.4688	2.631	2	0.9306	1.5519	
	3	0.4685	2.3548	3	1.4881	1.4251	
	4	1.7644	2.1053	4	1.4828	1.2224	
	5	1.805	1.2324	5	1.6433	1.371	
	6	1.2387	1.6735	6	1.2405	1.3464	
	7	1.1946	1.4365	7	1.2534	1.6424	
	8	1.6585	1.5091	8	1.8207	1.7179	
	9	1.0597	1.7134	9	2.2521	0.8443	
	58		0.5303	10	2.5985	1.0518	
				11	2.6288	0.1507	
				12	1.0227	1.9755	
				04		1.6802	
	Υψομετρική διαφορά (m)	-3.9379		Υψομετρική διαφορά (m)	3.9347		-3.9363

Μετρήσεις ΤΡ.Υ.Α.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ ΕΝΤΥΠΟ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (ΤΡ.Υ.Α)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 6-5-2010 ΟΡΓΑΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ

ΑΠΟ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$ 6..... ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$86.....

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$ 6							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)}$
1	$R_{(ΑΡΧΗΣ)}$	104,7293	295,2660	104,7317		7,825/7,824	-0,5810

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ

($\Delta H = \cos z \cdot D$)

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	ΔH	$\Delta H_{\text{τελικό}}$
1	2	100,6630	299,3316	100,6657		33,332/33,332	-0,3485	-0,3476
2	1	99,3356	300,6597	99,3380		33,332/33,332	0,3466	
2	4	95,7293	304,2664	95,7315		507,019/507,018	33,9698	33,9985
4	2	104,2766	295,7250	104,2758		507,008/507,008	-34,0271	
4	5	97,8379	302,1622	97,8379		59,040/59,040	2,0047	2,0053
5	4	102,1615	297,8350	102,1633		59,042/59,042	-2,0059	

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$ 86							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)}$
5	$R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$	117,6584	282,3380	117,6602		3,670/3,668	-1,0048

$$\Delta H = \Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)} - \Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} = 35.232m$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ
ΕΝΤΥΠΟ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ
ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (ΤΡ.Υ.Α)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 16-5-2010 ΟΡΓΑΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ

ΑΠΟ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$ 8..... ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$86.....

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$ 8							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)}$
3	$R_{(ΑΡΧΗΣ)}$	115,5870	284,4244	115,5813		5,157/5,159	-1,2499

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ

$(\Delta H = \cos z \cdot D)$

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	ΔH	$\Delta H_{\text{τελικό}}$
3	2	101,1107	298,8890	101,1109		235,766/235,767	-4,1139	-4,1124
2	3	98,8909	<small>Δεν έγιναν άλλα είχα κόσμο</small> 98,8909	98,8909		235,972	4,1108	
2	4	95,7293	304,2664	95,7315		507,019/507,018	33,9698	33,9985
4	2	104,2766	295,7250	104,2758		507,008/507,008	-34,0271	
4	5	97,8379	302,1622	97,8379		59,040/59,040	2,0047	2,0053
5	4	102,1615	297,8350	102,1633		59,042/59,042	-2,0059	

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$ 86							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)}$
5	$R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$	117,6584	282,3380	117,6602		3,670/3,668	-1,0048

$$\Delta H = \Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)} - \Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} = 32.137\text{m}$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΑΙΣΙΑΣ
ΕΝΤΥΠΟ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ
(ΤΡ. Υ.Α)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 16-5-2010 ΟΡΓΑΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ

ΑΠΟ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$ 68..... ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$61.....

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$ 68							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)}$
1	$R_{(ΑΡΧΗΣ)}$	112,3583	287,6375	112,3604		3,980/3,980	-0,7679

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ ($\Delta H = \cos z \cdot D$)

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	ΔH	$\Delta H_{τελικό}$
1	2	97,6881	302,3084	97,6899		141,549/141,549	5,1352	5,1375
2	1	102,3115	297,6885	102,3115		141,546/141,546	-5,1383	
2	3	100,7237	299,2758	100,7240		473,703/473,702	-5,3871	-5,3697
3	2	99,2777	300,7163	99,2807		473,712/473,712	5,3522	
3	4	105,3704	294,6242	105,3731		223,891/223,891	-18,8741	-18,8707
4	3	94,6286	305,3713	94,6287		223,886/223,886	18,8673	
4	5	100,5031	299,4969	100,5031		95,406/95,405	-0,7540	-0,7552
5	4	99,4920	300,5015	99,4953		95,408/95,408	0,7564	
5	6	101,2235	298,7717	101,2259		57,091/57,091	-1,0993	-1,0987
6	5	98,7742	301,2235	98,7754		57,089/57,088	1,0981	

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$ 61							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)}$
6	$R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$	118,025	281,9733	118,0259	118,0136	4,146/4,147	-1,1578
		118,001	281,9992	118,0012			

$$\Delta H = \Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)} - \Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} = -21.347\text{m}$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΑΙΣΙΑΣ
ΕΝΤΥΠΟ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ
(ΤΡ.Υ.Α)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 16-5-2010 ΟΡΓΑΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ

ΑΠΟ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$ 86.....

ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$68.....

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΑΡΧΗΣ)}$...86							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)}$
1	$R_{(ΑΡΧΗΣ)}$	110,9420	289,0524	110,9448		4,855/4,854	-0,8306

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ

$(\Delta H = \cos z \cdot D)$

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	ΔH	$\Delta H_{\text{τελικό}}$
1	2	106,3527	293,6425	106,3551		207,458/207,458	-20,6753	-20,6679
2	1	93,6495	306,3509	93,6493		207,453/207,453	20,6605	
3	2	102,1963	297,8002	102,1981		47,223/47,223	-1,6302	1,6297
2	3	97,8031	302,1966	97,8033		47,221/47,221	1,6291	

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ $R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$...68							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	$\Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)}$
3	$R_{(ΤΕΛΟΥΣ)}$	112,3729	287,6252	112,3739		3,978/3,978	-0,7683

$$\Delta H = \Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)} - \Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} = -16.491m$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ
ΕΝΤΥΠΟ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ
(ΤΡ.Υ.Α)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 28-7-2010 ΟΡΓΑΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ

ΑΠΟ R_(ΑΡΧΗΣ) 19053(ΛΥΚΑΒΗΤΟΣ)

ΠΡΟΣ R_(ΤΕΛΟΥΣ) 5

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ R _(ΑΡΧΗΣ) 19053							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	ΔH _{R(ΑΡΧΗΣ)}
1	R _(ΑΡΧΗΣ)	81,4406	318,5591	81,4408	81,4407	21,078	6,0583
		81,4412 (81,4432)	318,5600 (318,5584)	81,4406 (81,4424)		21,078/21,080 (21,079/21,076)	

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΓΩΝΙΕΣ

(ΔH = cos z · D)

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	ΔH	ΔH _{τελικό}
1	2	107,9271	292,0716	107,9278	107,9273	1395,127/1395,126	-173,2750	-173,1308
1	2	107,9284	292,0750	107,9267				
2	1	92,0850	307,9133	92,0859	92,0861	1395,15/1395,15	172,9865	
2	1	92,0850	307,9127	92,0862			1395,15/1395,15	
2	3	97,4658	302,5304	97,4677	97,4675	58,979	2,3456	2,3466
2	3	97,4654	302,5310	97,4672				
3	2	102,5332	297,4644	102,5344	102,5347	58,979/58,978	-2,3476	
3	2	102,5334	297,4635	102,5350				

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ R _(ΤΕΛΟΥΣ) 5							
ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	ΘΕΣΗ I	ΘΕΣΗ II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο	ΜΗΚΟΣ	ΔH _{R(ΤΕΛΟΥΣ)}
3	R _(ΤΕΛΟΥΣ)	108,9958	291,0034	108,9962	108,9971	7,235/7,233	-1,0191
		108,9939	290,9981	108,9979		7,233/7,233	

$$\Delta H = \Delta H_{R(ΤΕΛΟΥΣ)} - \Delta H_{R(ΑΡΧΗΣ)} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} = -177.8616 \text{ m}$$

Πίνακες

1. Επίλυση με σταθερό το 58

Πίνακας Α

1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1

Πίνακας δ1**Πίνακας P****Πίνακας x**

-11.077	2	74.6839
2.497	0.8	85.7604
3.094	0.8	88.2563
-13.571	0.57143	91.3505
1.095	0.36364	75.934
-5.034	0.8	75.7804
8.675	0.4	70.7463
-10.297	0.25	83.1634
7.950	0.19048	104.5125
21.187	0.2	123.4877
-23.945	0.21053	113.1888
-8.346	0.28571	78.6939
-0.0034	0.8	89.498
-7.331	0.66667	96.829
-7.328	0.4	96.8252
15.678	1	105.1763
786.922	0.36364	99.8815
8.354	0.21053	
75.782	0.57143	
9.828	0.16	
746.833	0.44444	
-16.719	0.8	
-5.591	0.125	
5.186	0.21053	
21.347	0.25	
-32.137	0.14815	
-35.232	0.44444	
18.753	0.36364	
7.383	4	
18.976	0.33333	
7.229	0.2	
29.241	0.02778	
2.913	0.02778	
-2.761	0.02778	
-5.296	0.02778	

Πίνακας Vx

1.0e-004 *

0.0116	0.0110	0.0109	0.0109	0.0063	0.0053	0.0051	0.0055	0.0094	0.0102	0.0097	0.0029	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0052
0.0110	0.0139	0.0125	0.0126	0.0072	0.0056	0.0055	0.0059	0.0112	0.0120	0.0115	0.0031	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0057
0.0109	0.0125	0.0173	0.0164	0.0070	0.0056	0.0055	0.0060	0.0121	0.0148	0.0131	0.0031	0.0063	0.0063	0.0063	0.0063	0.0057
0.0109	0.0126	0.0164	0.0244	0.0070	0.0057	0.0055	0.0061	0.0125	0.0157	0.0138	0.0032	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0058
0.0063	0.0072	0.0070	0.0070	0.0201	0.0076	0.0095	0.0085	0.0075	0.0072	0.0074	0.0057	0.0151	0.0151	0.0151	0.0151	0.0101
0.0053	0.0056	0.0056	0.0057	0.0076	0.0092	0.0082	0.0088	0.0065	0.0060	0.0063	0.0044	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078	0.0079
0.0051	0.0055	0.0055	0.0055	0.0095	0.0082	0.0158	0.0081	0.0062	0.0058	0.0061	0.0063	0.0088	0.0088	0.0088	0.0088	0.0081
0.0055	0.0059	0.0060	0.0061	0.0085	0.0088	0.0081	0.0105	0.0073	0.0066	0.0070	0.0048	0.0089	0.0089	0.0089	0.0089	0.0092
0.0094	0.0112	0.0121	0.0125	0.0075	0.0065	0.0062	0.0073	0.0209	0.0161	0.0190	0.0036	0.0071	0.0071	0.0071	0.0071	0.0067
0.0102	0.0120	0.0148	0.0157	0.0072	0.0060	0.0058	0.0066	0.0161	0.0240	0.0191	0.0033	0.0067	0.0067	0.0067	0.0067	0.0062
0.0097	0.0115	0.0131	0.0138	0.0074	0.0063	0.0061	0.0070	0.0190	0.0191	0.0332	0.0035	0.0069	0.0069	0.0069	0.0069	0.0065
0.0029	0.0031	0.0031	0.0032	0.0057	0.0044	0.0063	0.0048	0.0036	0.0033	0.0035	0.0148	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0066
0.0057	0.0065	0.0063	0.0064	0.0151	0.0078	0.0088	0.0089	0.0071	0.0067	0.0069	0.0061	0.1869	0.1848	0.1847	0.1800	0.0133
0.0057	0.0065	0.0063	0.0064	0.0151	0.0078	0.0088	0.0089	0.0071	0.0067	0.0069	0.0061	0.1848	0.1904	0.1872	0.1800	0.0133
0.0057	0.0065	0.0063	0.0064	0.0151	0.0078	0.0088	0.0089	0.0071	0.0067	0.0069	0.0061	0.1847	0.1872	0.1920	0.1800	0.0133
0.0057	0.0065	0.0063	0.0064	0.0151	0.0078	0.0088	0.0089	0.0071	0.0067	0.0069	0.0061	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.0133
0.0052	0.0057	0.0057	0.0058	0.0101	0.0079	0.0081	0.0092	0.0067	0.0062	0.0065	0.0066	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0165

2. Επίλυση με σταθερό το 5

Πίνακας Α

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1

Πίνακας δ1

74.862
88.436
3.094
-13.571
1.095
-5.034
8.675
-10.297
7.950
21.187
-23.945
-8.346
-0.0034
-7.331
-7.328
15.678
7.945
8.354
5.035
-76.111
3.936
-16.719
-91.530
5.186
21.347
-32.137
-35.232
104.691
7.383
18.976
7.229
29.241
2.913
-2.761
-5.296

Πίνακας Ρ

2
0.8
0.8
0.57143
0.36364
0.8
0.4
0.25
0.19048
0.2
0.21053
0.28571
0.8
0.66667
0.4
1
0.36364
0.21053
0.57143
0.16
0.44444
0.8
0.125
0.21053
0.25
0.14815
0.44444
0.36364
4
0.33333
0.2
0.02778
0.02778
0.02778
0.02778

Πίνακας x

74.8625
88.4348
91.529
76.1125
75.959
70.9257
70.9248
83.3419
104.6907
123.6661
113.367
78.8724
89.6765
97.0076
97.0038
105.3548
100.06

Πίνακας Vx

1.0e-004 *

0.0036	0.0014	0.0012	0.0020	0.0026	0.0030	0.0025	0.0025	0.0011	0.0012	0.0012	0.0027	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0024
0.0014	0.0061	0.0051	0.0011	0.0014	0.0014	0.0013	0.0014	0.0022	0.0042	0.0030	0.0013	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0013
0.0012	0.0051	0.0131	0.0011	0.0014	0.0013	0.0013	0.0014	0.0026	0.0051	0.0035	0.0013	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0013
0.0020	0.0011	0.0011	0.0195	0.0087	0.0067	0.0107	0.0092	0.0029	0.0019	0.0026	0.0092	0.0153	0.0153	0.0153	0.0153	0.0111
0.0026	0.0014	0.0014	0.0087	0.0119	0.0083	0.0110	0.0112	0.0036	0.0024	0.0031	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0105
0.0030	0.0014	0.0013	0.0067	0.0083	0.0139	0.0084	0.0080	0.0027	0.0019	0.0024	0.0108	0.0074	0.0074	0.0074	0.0074	0.0082
0.0025	0.0013	0.0013	0.0107	0.0110	0.0084	0.0187	0.0106	0.0034	0.0023	0.0030	0.0116	0.0107	0.0107	0.0107	0.0107	0.0108
0.0025	0.0014	0.0014	0.0092	0.0112	0.0080	0.0106	0.0126	0.0040	0.0026	0.0034	0.0096	0.0103	0.0103	0.0103	0.0103	0.0115
0.0011	0.0022	0.0026	0.0029	0.0036	0.0027	0.0034	0.0040	0.0123	0.0068	0.0102	0.0031	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0037
0.0012	0.0042	0.0051	0.0019	0.0024	0.0019	0.0023	0.0026	0.0068	0.0140	0.0096	0.0021	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0024
0.0012	0.0030	0.0035	0.0026	0.0031	0.0024	0.0030	0.0034	0.0102	0.0096	0.0241	0.0028	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0032
0.0027	0.0013	0.0013	0.0092	0.0096	0.0108	0.0116	0.0096	0.0031	0.0021	0.0028	0.0225	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0116
0.0022	0.0012	0.0012	0.0153	0.0096	0.0074	0.0107	0.0103	0.0033	0.0022	0.0029	0.0104	0.1879	0.1857	0.1856	0.1810	0.0150
0.0022	0.0012	0.0012	0.0153	0.0096	0.0074	0.0107	0.0103	0.0033	0.0022	0.0029	0.0104	0.1857	0.1913	0.1882	0.1810	0.0150
0.0022	0.0012	0.0012	0.0153	0.0096	0.0074	0.0107	0.0103	0.0033	0.0022	0.0029	0.0104	0.1856	0.1882	0.1929	0.1810	0.0150
0.0022	0.0012	0.0012	0.0153	0.0096	0.0074	0.0107	0.0103	0.0033	0.0022	0.0029	0.0104	0.1810	0.1810	0.1810	0.1810	0.0150
0.0024	0.0013	0.0013	0.0111	0.0105	0.0082	0.0108	0.0115	0.0037	0.0024	0.0032	0.0116	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0190