



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΙΔΡΥΣΗ ΑΣΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΡΑΦΗΝΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΤΖΟΥΡΟΥ

Επιβλέπουσα : Ορθοδοξία Αραμπατζή
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

**ΙΔΡΥΣΗ ΑΣΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΡΑΦΗΝΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΤΖΟΥΡΟΥ

Επιβλέπουσα : Ορθοδοξία Αραμπατζή
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 26/06/ 2013 .

(Υπογραφή)

.....
Ορθοδοξία Αραμπατζή
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Πανταζής Γεώργιος
Επικ.Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Σταθάς Δημοσθένης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2013

(Υπογραφή)

.....

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΖΟΥΡΟΣ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Παναγιώτης Τζούρος, 2013

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσα εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τη συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το 2013, ξεκίνησε η προσπάθεια για την εκπλήρωση αυτής της Διπλωματικής εργασίας με σκοπό την ίδρυση ενός δικτύου κατακορύφου ελέγχου στην περιοχή της Ραφήνας . Στο σημείο αυτό , επιθυμώ να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε κάθε έναν από τους ανθρώπους που με στήριξαν όλο αυτό το διάστημα .

Τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στη συνάδελφο μου Μαρία Τσέρμου για την άψογη και ευχάριστη συνεργασία μας, την αμέριστη υποστήριξη και κατανόηση της καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια της στην ολοκλήρωση αυτής της Διπλωματικής εργασίας .

Επίσης, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά την εισηγήτρια της παρούσας εργασίας , την κα. Ορθοδοξία Αραμπατζή Λέκτορα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , που μου εμπιστεύτηκε το θέμα αυτής της μελέτης . Την ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση σε όλη τη διάρκεια της υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας καθώς, και για την πολύτιμη υποστήριξη της και το ενδιαφέρον για την ορθή εκπόνηση και παρουσίαση της .

Ευχαριστώ τον Αναπλ. Καθηγητή στα ΤΕΙ Αθήνας κ. Βασίλη Παγούνη για την πολύτιμη βοήθεια του, κυρίως για τα πολύτιμα στοιχεία που μου παρείχε .

Ακόμη ευχαριστώ τους υποψήφιους διδάκτορες ΕΜΠ και μέλη ΙΔΑΧ της ΣΑΤΜ Γιώργο Πηνιώτη, Δήμητρα Τσίνη και Δημήτρη Τσίνη για την πολύτιμη βοήθεια τους και καθοδήγησή τους .

Τέλος , θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Σταμούλη και Ευφροσύνη και τα αδέρφια μου Σταυρό και Θεόδωρο , για τη διαρκή κατανόηση , συμπαράσταση και ενθάρρυνση τους. Στάθηκαν πολύτιμη βοήθεια για την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας .

Περίληψη

Ο προσδιορισμός της κατακόρυφης θέσης σημείων του εδάφους είναι πολύ σημαντικός στις μέρες μας για το μεγαλύτερο πλήθος των έργων του Μηχανικού και απαραίτητη πλέον στα τοπογραφικά διαγράμματα .

Για το σκοπό αυτό, στην περιοχή της Ραφήνας λόγω έλλειψης δικτύου κατακόρυφου ελέγχου σε κάποιες περιοχές αποφασίστηκε να ιδρυθεί ένα γεωδαιτικό Δίκτυο Κατακόρυφου Ελέγχου (Δ.Κ.Ε.) για αστική χρήση . Προσδιορίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κορυφών του, με τις μεθόδους της Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης (aller – retour) και της Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας (Ε.Τ.Υ.) . Στη συνέχεια, μετά τη συνόρθωση των παρατηρήσεων και τον προσδιορισμό των καλύτερων τιμών των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου , που έγινε με τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (Μ.Ε.Τ.) και ειδικότερα με την μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων, συντάχθηκε ένα τεύχος όπου φαίνονται συνοπτικά οι θέσεις των κορυφών που τοποθετήθηκαν (σε χαρτογραφικό υπόβαθρο Google), φωτογραφίες των υψομετρικών αφετηριών αλλά και τα τελικά τους υψόμετρα στο κρατικό υψομετρικό δίκτυο.

Με το Δίκτυο Κατακόρυφου Ελέγχου (Δ.Κ.Ε.) που ιδρύθηκε έγινε προσπάθεια να καλυφθεί το κενό που υπάρχει σε κάποιες περιοχές της Ραφήνας όπως είναι η περιοχή του Πρωτέα , του Νηρέα και των Ορειχαλκουργών (Πετρέλαια) που σήμερα δεν έχουν κάποιο δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου .

Λέξεις κλειδιά: Δίκτυο Κατακόρυφου Ελέγχου (Δ.Κ.Ε.), Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρίας (Ε.Τ.Υ.), Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων (Μ.Ε.Τ.) , Ραφήνα , περιοχή Πρωτέα , περιοχή Νηρέα , περιοχή Ορειχαλκουργών (Πετρέλαια) .

Abstract

The determination of the vertical position of points on the ground is very important nowadays for a large number of Engineer's applications and necessary now in topographical charts.

For this purpose, in the area of Rafina, it was decided to establish a geodetic Vertical Control Network (V.C.N) for urban use because there was lack of vertical control network in some areas. The height differences between the points of the network were determined using the methods of Double Geometric Leveling and Special Trigonometric Leveling (S.T.L). The adjustment of observations and the determination of the best values of the points orthometric heights were done by the Least Squares Method (L.S.M) and especially by the method of indirect observations. In annex I , the positions of the network points (in the cartographic base of Google), their photographs together with information of their final elevations in the state elevation grid were given.

The Network created in this work was an attempt to fill the gap that exists in some areas of Rafina such as Proteas, Nereus and Oreichalkourgia (Petroleum) which currently do not have an official state vertical control network .

Keywords: Vertical Control Network , Special Trigonometric Leveling (S.T.L.) Least Squares Method (L.S.M), Rafina area, area Nereus, area Proteas , area Oreichalkourgia (Petroleum)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Αντικείμενο μελέτης.....	1
1.2	Περιοχή μελέτης.....	2
1.2.1	Γενικά.....	3
1.2.2	Γεωγραφικά στοιχεία.....	5
1.2.3	Οικοδομική δραστηριότητα.....	6
1.3	Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.....	7
1.4	Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	8
2	Βασικοί ορισμοί.....	11
2.1	Σχήμα , μέγεθος της Γης και επιφάνειες αναφοράς.....	11
2.1.1	Γεωειδές.....	12
2.1.2	Ελλειψοειδές εκ περιστροφής.....	13
2.1.3	Σφαίρα.....	14
2.2	Προσδιορισμός της θέσης σημείου της Φ.Γ.Ε. ως προς τις επιφάνειες αναφοράς.....	14
3	Γεωμετρική Χωροστάθμιση.....	17
3.1	Γενικά.....	17
3.2	Διαδικασία μετρήσεων.....	18
3.3	Η μέθοδος και οι πηγές σφαλμάτων.....	21
3.4	Η ακρίβεια της μεθόδου.....	23
4	Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία.....	25
4.1	Ιστορική ανασκόπηση.....	25
4.2	Η αρχή της μεθόδου της T.Y.....	26
4.3	Πηγές σφαλμάτων.....	31
4.4	Η ακρίβεια της μεθόδου.....	33
4.5	Εφαρμογές της Τριγωνομετρικής υψομετρίας.....	33
4.6	Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (E.T.Y.).....	34
4.7	Διαδικασία μετρήσεων E.T.Y.....	35
4.8	Τα πλεονεκτήματα της E.T.Y.....	36
5	Ίδρυση δικτύου κατακορύφου ελέγχου.....	39
5.1	Γενικά.....	39
5.2	Σχεδιασμός του δικτύου.....	40

5.3	Επιλογή της θέσης των σημείων του δικτύου	41
5.4	Γεωμετρία δικτύου	46
5.5	Επιλογή οργάνων	46
5.5.1	Μετρήσεις Γ.Χ.	47
5.5.2	Μετρήσεις Ε.Τ.Υ.	54
6	Εργασίες πεδίου	57
6.1	Γενικά	57
6.2	Μετρήσεις Γεωμετρικής Χωροστάθμησης.....	58
6.3	Μετρήσεις Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας.....	62
7	Επεξεργασία μετρήσεων	67
7.1	Επεξεργασία κατακόρυφων γωνιών Ε.Τ.Υ.....	67
7.2	Υπολογισμός της α priori θεωρητικής ακρίβειας Γ.Χ.....	68
7.3	Υπολογισμός της α priori θεωρητικής ακρίβειας Ε.Τ.Υ.	69
7.3.1	Επίδραση της ανάγνωσης O (όπισθεν) και E (έμπροσθεν)	69
7.3.2	Επίδραση του μήκους S και της ζενίθιας γωνίας z	69
7.4	Έλεγχος κλεισίματος διπλών γεωμετρικών χωροσταθμήσεων	73
8	Επίλυση του δικτύου	75
8.1	Γενικά	75
8.2	Συνόρθωση του δικτύου μας.....	76
8.2.1	Γενικά	76
8.2.2	Υπολογισμός βαρών.....	77
8.2.3	Το πρόγραμμα <i>adjHI.bas</i> (Α. - Μ. Αγατζά – Μπαλοδήμου)	78
8.2.4	Το πρόγραμμα <i>Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων</i> (Δ. Τσίνης).....	79
8.2.5	Σύγκριση των δύο προγραμμάτων	81
8.2.6	Αποτελέσματα επιλύσεων.....	82
9	Χρονοδιάγραμμα εργασιών.....	95
9.1	Χρονοδιάγραμμα εργασιών.....	95
9.2	Εργασίες πεδίου	96
9.3	Εργασίες γραφείου.....	96
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	99
	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	101
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ	103

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	105
ΕΝΤΥΠΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΩΝ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	107
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	13131
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΙΠΛΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗΣ	131
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΙΔΙΚΗΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ	131
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ a priori ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΑΚΡΙΒΕΙΩΝ Ε.Τ.Υ.	165
ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ-ΣΥΜΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ.	173

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 : <i>Αεροφωτογραφία Ραφήνας</i>	4
Εικόνα 2: <i>Γεωγραφικά όρια Δήμου Ραφήνας – Πικερμίου</i>	6
Εικόνα 3 : <i>Έντυπο καταγραφής μετρήσεων χωροστάθμησης "σε όδευση"</i>	21
Εικόνα 4 : <i>Ορειχάλκινο μπουλόνι σήμανσης υψομετρικής κορυφής</i>	42
Εικόνα 5 : <i>Ο Χωροβάτης Leica Sprinter 150M</i>	52
Εικόνα 6 : <i>Τα Παρελκόμενα του Χωροβάτη</i>	53
Εικόνα 7 : <i>Ο Γεωδαιτικός Σταθμός (Total station) Leica TCR 407</i>	55
Εικόνα 8 : <i>Τα παρελκόμενα του Γεωδαιτικού Σταθμού</i>	56
Εικόνα 9 : <i>Μορφή αρχείου που αποθηκεύεται στο χωροβάτη</i>	61
Εικόνα 10 : <i>Έντυπο καταγραφής μετρήσεων κατακόρυφων γωνιών</i>	65
Εικόνα 11 : <i>Η μορφή του αρχείου εισόδου με τις παρατηρήσεις στο adjh1.bas</i>	78
Εικόνα 12 : <i>Η μορφή του αρχείου εισόδου με τις προσωρινές τιμές στο adjh1.bas</i>	79
Εικόνα 13 : <i>Το παράθυρο εισόδου δεδομένων στο πρόγραμμα Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων ...</i>	80
Εικόνα 14 : <i>Η μορφή του αρχείου εισόδου με τις παρατηρήσεις στο πρόγραμμα Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων</i>	80
Εικόνα 15 : <i>Το Τριγωνομετρικό της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"</i>	82
Εικόνα 16: <i>Η Χωροσταθμική αφετηρία του Γ.Υ.Σ. R130</i>	85
Εικόνα 17 : <i>Οι διαστάσεις του Τριγωνομετρικού της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"</i>	90
Εικόνα 18 : <i>Το Τριγωνομετρικό της Γ.Υ.Σ. "ΜΑΤΙ"</i>	91
Εικόνα 19 : <i>Τα αποτελέσματα του G.P.S.</i>	92

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 : Γεωγραφικά στοιχεία Δήμου Ραφήνας – Πικερμίου	5
Πίνακας 2: Εξέλιξη οικοδομικών αδειών Ανατολικής Αττικής	6
Πίνακας 3: Αποτελέσματα Γεωμετρικής Χωροστάθμισης	61
Πίνακας 4: Αποτελέσματα Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας.....	66
Πίνακας 5: a-priori θεωρητικές ακρίβειες υψομετρικών διαφορών Γ.Χ.....	68
Πίνακας 6: Επίδραση του μήκους S και της ξενίθιας γωνίας z στις μέτρησεις της Ε.Τ.Υ.	71
Πίνακας 7: Μέση απόσταση διαδοχικών σημείων όδευσης κατά την εφαρμογή της Ε.Τ.Υ.	72
Πίνακας 8: a-priori θεωρητικές ακρίβειες υψομετρικών διαφορών Ε.Τ.Υ.....	73
Πίνακας 9: Αποτελέσματα ελέγχου κλεισίματος Χωροσταθμικών Οδεύσεων.	74
Πίνακας 10: Τα βάρη των παρατηρήσεων	77
Πίνακας 11: Οι μετρήσεις του δικτύου των Τ.Ε.Ι. μεταξύ των κορυφών R1-R2-R3	83
Πίνακας 12: Τα σφάλματα των μετρήσεων του δικτύου των Τ.Ε.Ι. μεταξύ των κορυφών R1-R2-R3	83
Πίνακας 13: Οι μετρήσεις του δικτύου των Τ.Ε.Ι.	84
Πίνακας 14: Τα σφάλματα των μετρήσεων του δικτύου των Τ.Ε.Ι.	86
Πίνακας 15: Τα κλεισίματα των βρόχων του δικτύου	89

Ευρετήριο Γραφημάτων

Γράφημα 1: Κατανομή εργασιών	95
Γράφημα 2: Κατανομή εργασιών πεδίου	96
Γράφημα 3: Κατανομή εργασιών γραφείου	97

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1 : Σχετική θέση $M.S.\Theta$, γεωειδούς και ελλειψοειδούς αναφοράς.....	13
Σχήμα 2: Υψόμετρα σημείου P και απόκλιση της κατακορύφου	15
Σχήμα 3: Η αρχή της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης.....	19
Σχήμα 4: Χωροστάθμηση "σε όδευση"	20
Σχήμα 5: Μετρούμενα μεγέθη $T.Y$	27
Σχήμα 6: Επίδραση της καμπυλότητας της Γης στην $T.Y$	28
Σχήμα 7: Επίδραση της ατμοσφαιρικής διάθλασης στην $T.Y$	30
Σχήμα 8: Οι μετρήσεις του δικτύου	45
Σχήμα 9: Ο έλεγχος Check & Adjust.	51
Σχήμα 10: Μετρήσεις Χωροσταθμικής Όδευσης	58
Σχήμα 11: Μετρήσεις $E.T.Y$	62
Σχήμα 12: Μέθοδος τριών τριπόδων.	63
Σχήμα 13: Το δίκτυο της Ραφήνας	88

Ευρετήριο Χαρτών

Χάρτης 1: Οι περιοχές που καλύπτουν τα δίκτυα	3
Χάρτης 2: Οι θέσεις των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου	43
Χάρτης 3: Το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου	44

1

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται το αντικείμενο , ο σκοπός , και η δομή αυτής της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και κάποια στοιχεία που κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν σχετικά με την περιοχή μελέτης , τα οποία οδήγησαν και στην πραγματοποίηση αυτής της Διπλωματικής .

1.1 Αντικείμενο μελέτης

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η ίδρυση ενός αστικού δικτύου κατακορύφου ελέγχου , με την εφαρμογή σύγχρονων επίγειων μεθόδων.

Η ίδρυση ενός δικτύου κατακορύφου ελέγχου σε μια πόλη αποσκοπεί κυρίως στην εξυπηρέτηση των αναγκών της πόλης για έργα υποδομής και κατασκευές όπως π.χ :

- έργα οδοποιίας
- έργα ύδρευσης και αποχέτευσης
- οικοδομικά έργα
- έργα οργανισμών κοινής ωφέλειας
- για γενικές τοπογραφικές εργασίες

Η ακρίβεια που απαιτείται για την χάραξη και την κατασκευή των παραπάνω εργασιών είναι της τάξης του $\pm 1\text{cm}$ σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές και απαιτήσεις . Επομένως οι μετρήσεις μας θα πρέπει να έχουν ακρίβεια καλύτερη από $\pm 1\text{cm}$.

Η επιλογή των θέσεων των υψομετρικών κορυφών πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να καλύπτεται όλη η επιθυμητή έκταση και να λαμβάνεται υπόψη και η προοπτική ανάπτυξης και επέκτασης της περιοχής . Οι κορυφές τοποθετούνται σε κατά το δυνατόν ίσες αποστάσεις μεταξύ τους , ενώ λαμβάνονται υπόψη οι μεταξύ τους υψομετρικές διαφορές έτσι ώστε να αποφεύγονται μεγάλα μήκη χωροσταθμικών οδεύσεων .

Η υλοποίηση των κορυφών του δικτύου στο ύπαιθρο γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μονιμότητα τους , να υπάρχει εύκολη πρόσβαση σ αυτές και το κυριότερο να μην εμποδίζεται από κάποιο εμπόδιο η ορθή τοποθέτηση της σταδίας πάνω σ' αυτές .

Ως θέμα αυτής της εργασίας επιλέχτηκε η ίδρυση ενός αστικού δικτύου κατακορύφου ελέγχου στην πόλη της Ραφίνας . Η επιλογή της περιοχής για την ίδρυση ενός δικτύου κατακορύφου ελέγχου έγινε στα πλαίσια της συνεργασίας του τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με το αντίστοιχο τμήμα του Τ.Ε.Ι . Αθήνας , που πραγματοποιεί πρακτικές ασκήσεις στην περιοχή της Ραφίνας , και μας ενημέρωσε για της περιοχές της Ραφίνας οι οποίες δεν καλύπτονται από το υπάρχον δίκτυο κατακορύφου ελέγχου . Οι περιοχές αυτές είναι η περιοχή του Πρωτέα , του Νηρέα και των Ορειχαλκουργών (Πετρέλαια) . Αυτό σε συνδυασμό με την ανάπτυξη που παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια η περιοχή αλλά και της μικρής απόστασης που απέχει από την Αθήνα , μας οδήγησε στο να ασχοληθούμε στην Διπλωματική εργασία με την ίδρυση ενός δικτύου κατακορύφου ελέγχου στην περιοχή .

Οι μετρήσεις που έγιναν περιελάμβαναν μετρήσεις με τη μέθοδο της Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης με σύγχρονο ψηφιακό χωροβάτη και με τη μέθοδο της Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας (Ε.Τ.Υ) με σύγχρονο γεωδαιτικό σταθμό . Η συνόρθωση του δικτύου έγινε με τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (Μ.Ε.Τ.) και ειδικότερα με την μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων ενώ οι επιλύσεις έγιναν με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις (ένα σημείο με γνωστό υψόμετρο) .

1.2 Περιοχή μελέτης

Θέμα αυτής της εργασίας ήταν η ίδρυση ενός αστικού δικτύου κατακορύφου ελέγχου στην πόλη της Ραφίνας . Επομένως η περιοχή μελέτης είναι η περιοχή της Ραφίνας και ειδικότερα οι περιοχές του Πρωτέα , του Νηρέα και των Ορειχαλκουργών (Πετρέλαια) , που βρίσκονται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Ραφίνας (βλέπε χάρτη 1) .



Χάρτης 1: Οι περιοχές που καλύπτουν τα δίκτυα .

1.2.1 Γενικά

Η Ραφήνα είναι κτισμένη πάνω στα ερείπια του αρχαίου δήμου Αραφών, στις ανατολικές ακτές της Αττικής, σε υψόμετρο 20m και αποτελεί αξιόλογο τουριστικό και παραθεριστικό κέντρο. Ο αρχαίος δήμος της Αττικής Αραφών, ανήκε στην Αιγιίδα φυλή και ο επώνυμος ήρωας θεωρούνταν ο ομώνυμος Αττικός ήρωας. Η θέση του αρχαίου δήμου, ήταν από τον περασμένο αιώνα με βεβαιότητα γνωστή, αφού τότε διακρίνονταν αρχαία οικοδομικά λείψανα σε απόσταση 1.000 - 1.500 μέτρων δυτικά του σημερινού λιμανιού της Ραφήνας. Ο κύριος οικιστικός χώρος του δήμου, θα πρέπει να βρισκόταν στην πλαγιά μικρού λόφου στο εσωτερικό, αλλά ίσως υπήρχε και παραλιακή εγκατάσταση. Αρχαιολογική έρευνα και ανασκαφή στην περιοχή που έκανε ο Δήμ. Θεοχάρης, αποκάλυψε πολλά σημαντικά προϊστορικά λείψανα. Ακριβώς στη θέση της σημερινής Ραφήνας, ανασκάφηκε ένας σημαντικός οικισμός όπου έζησε σε όλες τις περιόδους της εποχής του χαλκού. Μικρός πρωτοελλαδικός οικισμός επισημάνθηκε στο μικρό ύψωμα επάνω από το σημερινό λιμάνι, ενώ στην παραλία, βρέθηκαν εργαστήρια κατεργασίας χαλκού, που η ανασκαφή τους έδωσε σπουδαία συμπεράσματα για την επεξεργασία του μετάλλου στην πρόιμη εκείνη εποχή. Άλλος οχυρωμένος οικισμός ανασκάφηκε από τον ίδιο ερευνητή, στο ακρωτήριο Ασκηταριό, στα νότια του σημερινού οικισμού. Το γραφικό εκκλησάκι του Αγίου Νικολάου (έργο του Ακαδημαϊκού, αρχιτέκτονα Σόλωνα Κυδωνιάτη), πάνω από το λιμάνι, αποτελεί το σύμβολο της σύγχρονης πόλης. Στο υπόγειο του ναού (κατοχικό πολυβολείο) βρίσκεται το εκκλησάκι της Αγίας Μαρίας. Στο περίβολο υπάρχει προτομή του Φίλιππου Καβουνίδη, ως αναγνώριση της προσφοράς του στη σωτηρία των Τριγλιανών κατά τη μικρασιατική

καταστροφή του 1922 , που ήρθαν στη Ραφήνα πολλοί κάτοικοι της Τρίγλιας της Μικράς Ασίας, οι περισσότεροι με πλοία του Τριγλιανού εφοπλιστή Φίλιππου Καβουνίδη. Αυτοί εγκαταστάθηκαν στη Ραφήνα και συγκρότησαν προσφυγικό οικισμό με το όνομα «*Νέα Τρίγλια*», που όμως δεν επικράτησε. Υπάρχει όμως ένα σπίτι-μουσείο το οποίο διατηρείται από τότε που ήρθαν λόγω της καταστροφής της Σμύρνης. Ανήκε σε μια οικογένεια που είχε έρθει και εγκατασταθεί στη Ραφήνα μετά την καταστροφή και είναι το μοναδικό που έχει σωθεί μέχρι σήμερα από εκείνη την εποχή.



Εικόνα 1 :Αεροφωτογραφία της Ραφήνας

Η Ραφήνα απέχει από την Αθήνα 28 χιλιόμετρα, 10 από το αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλος και υπολογίζεται ότι έχει ξεπεράσει τις 16.000 μόνιμους κατοίκους με πολλαπλάσιο αριθμό κατοίκων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η γεωγραφική της θέση την έχει καταστήσει ένα πολυσύχναστο παραθεριστικό θέρετρο. Θεωρείται από τις σημαντικότερες πόλεις της Ανατολικής Αττικής αφού συνεχίζει να αποτελεί μόνιμο πόλο έλξης για τις όμορφες παραλίες της, το άφθονο πράσινο.

Το λιμάνι της έχει εξελιχθεί στο δεύτερο μετά τον Πειραιά επιβατικό λιμάνι προς Κυκλάδες και Εύβοια. Είναι το ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια στην Ελλάδα και ενώνει την Αττική εμπορικά και τουριστικά με πολλά νησιά (Κυκλάδες, Λήμνος, Χίος, Μυτιλήνη κ.α.) ενώ πλησιέστερα βρίσκονται η Εύβοια, η Άνδρος, η Τήνος, η Μύκονος, η Πάρος και η Σκύρος.

Το 1994 η Ραφήνα έγινε Δήμος. Το 2011 ο Δήμος Ραφήνας ενώθηκε με την Κοινότητα Πικερμίου για τη δημιουργία του Δήμου Ραφήνας - Πικερμίου με έδρα τη Ραφήνα. Η έκταση του νέου Δήμου είναι 41.84 τ.χλμ και ο πληθυσμός του σύμφωνα με την απογραφή της ΕΣΥΕ του 2001 είναι 14840 κάτοικοι .

Η σημερινή Ραφήνα είναι μια όμορφη παραθαλάσσια σύγχρονη πόλη, που διατηρεί το στυλ της, σέβεται την ιστορία της, αγαπάει τους κατοίκους της και προσελκύει πλήθος παραθεριστών και επισκεπτών. Αυτό αποδεικνύεται με τα μεγάλα έργα υποδομής που υλοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια, με την κατασκευή οδοποιίας, την αντικατάσταση του

δικτύου ύδρευσης, την ανοικοδόμηση και λειτουργία Δημόσιων κτηρίων, σχολείων, σύγχρονων αθλητικών εγκαταστάσεων, εξασφαλίζοντας υψηλή ποιότητα ζωής και αντιμετωπίζοντας τις καθημερινές ανάγκες του πολίτη, δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στην προστασία του περιβάλλοντος και έχοντας βαθιά συνείδηση της πολιτιστικής κληρονομιάς που φέρει η πόλη.

Η δημοτική ενότητα Ραφήνας διαθέτει τρία δημοτικά σχολεία, τρία νηπιαγωγεία, έναν βρεφονηπιακό σταθμό, ένα δημόσιο παιδικό σταθμό, δυο ιδιωτικούς παιδικούς σταθμούς, ένα γυμνάσιο και ένα λύκειο. Η Ραφήνα διαθέτει επίσης δύο ποδοσφαιρικές ομάδες, μία ομάδα μπάσκετ, μία ομάδα βόλεϊ (ΔΑΣ ΑΡΑΦΗΝ) και μια ομάδα ποδοσφαίρου στην άμμο (beach soccer). Μάλιστα στη Ραφήνα διοργανώθηκε για δεύτερη συνεχή χρονιά μια από τις φάσεις του πανελληνίου πρωταθλήματος. Στην πόλη λειτουργεί πνευματικό κέντρο και δανειστική βιβλιοθήκη.

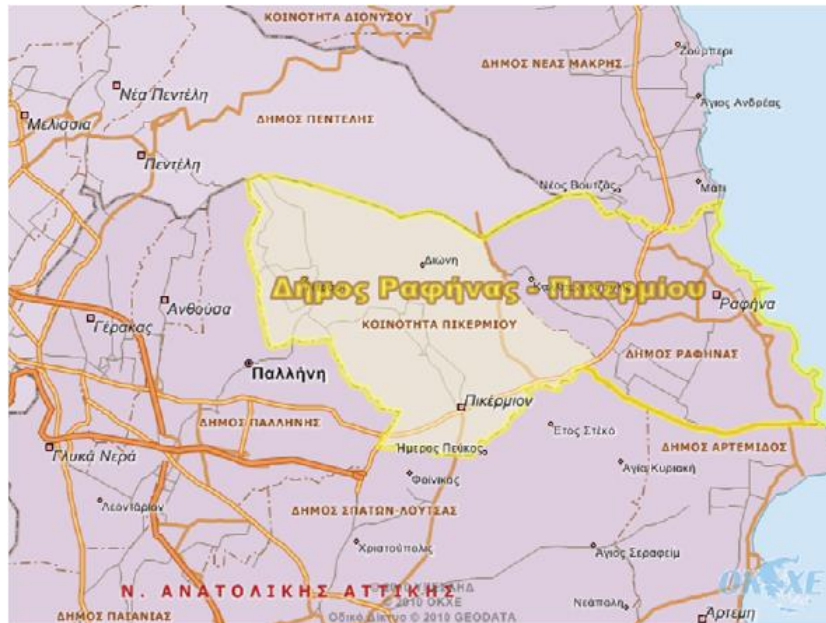
1.2.2 Γεωγραφικά στοιχεία

Ο Δήμος Ραφήνας-Πικερμίου δημιουργήθηκε από τη συνένωση των παρακάτω «Καποδιστριακών» Δήμων και οριοθετείται γεωγραφικά από τα διοικητικά όρια των πρώην «Καποδιστριακών» ΟΤΑ, οι οποίοι και αποτελούν τις δύο νέες Δημοτικές Ενότητες.

Γεωγραφικά Στοιχεία	Δημοτική Ενότητα Ραφήνας	Δημοτική Ενότητα Πικερμίου	Δήμος Ραφήνας - Πικερμίου
Έκταση (τ.χλμ.)	18,00	21,00	39,00
Πληθυσμιακή Πυκνότητα (άτομα/τ.χλμ.)	563,00	135,00	380,51
Μορφολογία	Π(εδινός)	Η(μιορεινός)	N/A

Πίνακας 1: Γεωγραφικά Στοιχεία Δήμου Ραφήνας – Πικερμίου

Η περιοχή του Δήμου, γεωγραφικά εντοπίζεται στο κεντρικό παράλιο τμήμα του ευρύτερου χώρου της Ανατολικής Αττικής και στο βορειοανατολικό άκρο της Μεσογειακής πεδιάδας, ενώ σύμφωνα με τη διοικητική ιεραρχία περιέχεται στην Περιφέρεια Αττικής και στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ανατολικής Αττικής. Στο μεγαλύτερο μέρος της αποτελεί ουσιαστικά την «απόληξη» του ορεινού όγκου της Πεντέλης προς τη θάλασσα (Ν. Ευβοϊκός). Η έκταση του Δήμου Ραφήνας-Πικερμίου χαρακτηρίζεται από μια ποικιλία ανάγλυφου που τη συνθέτουν οι ήπιες και ομαλές πρόβουνες εκτάσεις του Πεντελικού και οι πεδινές εκτάσεις των απολήξεων του Μεσογειακού κάμπου με αρκετούς μικρούς λόφους.



Εικόνα 2: Γεωγραφικά Όρια Δήμου Ραφήνας – Πικερμίου

1.2.3 Οικοδομική δραστηριότητα

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στην συμβολή και τον κρίσιμο ρόλο της οικοδομικής δραστηριότητας στην τοπική οικονομία, που συνδέεται ραγδαία με την οικιστική ανάπτυξη του Δήμου τα τελευταία χρόνια. Στην παράγραφο αυτή εξετάζονται η μεταβολή των συνολικών νέων οικοδομικών αδειών από το 2003, έως το 2008 σε επίπεδο Αν. Αττικής Από τη μελέτη των νέων αδειών προκύπτει ότι οι πιέσεις στην ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Αττικής συνεχίζονται με μεγάλη ένταση.

Έτος	Αριθμός	Όροφοι	Επιφάνεια
2002	2.018	7.207	1.484.147
2003	3.723	7.854	1.585.134
2004	3.170	6.810	1.400.739
2005	4.463	10.630	2.111.272
2006	3.948	8.825	1.627.225
2007	3.403	7.450	1.631.536
2008	2.290	5.049	1.096.824
2009	1.791	3.837	823.642

Πίνακας 2: Εξέλιξη Οικοδομικών Αδειών Αν. Αττικής

Εξετάζοντας διαχρονικά τον ρυθμό αύξηση των οικοδομικών αδειών από το 2002 έως και το 2009, παρατηρούμε μια ραγδαία αύξηση του αριθμού των οικοδομικών αδειών κάθε χρόνο από το 2002 έως και το 2005, χρονιά όπου έφτασε στο υψηλότερο σημείο του καθώς το 2005 εκδόθηκαν 4.463 νέες οικοδομικές άδειες. Η πίεση συνεχίστηκε και τα επόμενα χρόνια έστω και με μειωμένη ένταση. Σε κάθε περίπτωση τα στοιχεία τεκμηριώνουν την τεράστια πίεση στον αστικό ιστό.

Σημαντικός είναι και ο αριθμός των αναθεωρήσεων, οι οποίες καθ όλη την εξεταζόμενη χρονική περίοδο ξεπερνούν το ποσοστό άλλων γεωγραφικών ενοτήτων. Παρατηρείται επίσης μία αλλαγή χρήσης των κατοικιών από δεύτερη σε πρώτη κατοικία.

Ακόμη, εξετάζοντας τον αριθμό των οικοδομικών αδειών σε συγκεκριμένες οικονομικές δραστηριότητες, παρατηρείται πως ο κάθε επιμέρους κλάδος ακολουθεί την γενικότερη τάση που παρουσιάστηκε παραπάνω. Αναλυτικότερα, παρουσιάζεται αύξηση από το 2002 έως το 2005 και μείωση μέχρι το 2009. Χαρακτηριστική εξαίρεση αποτελεί κλάδος του εμπορίου, όπου παρατηρείται διαρκής αύξηση του αριθμού των αδειών νέων καταστημάτων από το 2002 έως το 2009 (με εξαίρεση μόλις δύο έτη. Όπως ήταν αναμενόμενο, δεδομένης της διάρθρωσης της τοπικής οικονομίας, ο υψηλότερος αριθμός νέων αδειών αφορά διαχρονικά άδειες εμπορικών καταστημάτων (χονδρικό και λιανικό εμπόριο), ενώ ακολουθούν άδειες Γραφείων και βιομηχανιών.

1.3 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία, γίνεται κατανοητό ότι η Ραφήνα εκτός από μια άκρως τουριστική περιοχή, συνιστά πλέον μια ταχέως αναπτυσσόμενη πόλη της Ανατολικής Αττικής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στην περιοχή της Ραφήνας να κατασκευάζονται μεγάλα έργα υποδομής όπως αυτά που υλοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια με την κατασκευή οδοποιίας, την αντικατάσταση του δικτύου ύδρευσης, την ανοικοδόμηση και λειτουργία Δημόσιων κτιρίων, σχολείων και σύγχρονων αθλητικών εγκαταστάσεων. Ενώ εδώ και καιρό σχεδιάζεται ένα έργο που η πόλη της Ραφήνας χρειάζεται, και έχει να κάνει με την διευθέτηση του ρέματος της Ραφήνας που κατά τους χειμερινούς μήνες πολλές φορές δημιουργεί προβλήματα στην επικοινωνία μεταξύ των οικισμών της Ραφήνας. Όλα αυτά τα έργα για να κατασκευαστούν και κυρίως για να χαραχτούν σωστά στο χώρο απαιτούν την ύπαρξη ενός δικτύου κατακόρυφου ελέγχου. Συγχρόνως εκτός από αυτά τα δημόσια έργα, στην περιοχή όπως αναφέρθηκε ήδη υπάρχει μεγάλη έξαρση στην έκδοση οικοδομικών αδειών τόσο για κατοικίες όσο και για επαγγελματικούς χώρους. Για τις οικοδομικές άδειες πλέον σύμφωνα με της προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στην νομοθεσία περί έκδοσης οικοδομικών αδειών αλλά και αναθεώρησης αυτών, απαιτείται εξάρτηση από το κρατικό υψομετρικό δίκτυο. Για αυτούς τους λόγους, αποφασίστηκε με την παρούσα διπλωματική εργασία να καλυφθεί το κενό που υπάρχει σε κάποιες περιοχές της Ραφήνας όπως είναι η περιοχή του Πρωτέα, του Νηρέα και των Ορειχαλκουργών (Πετρέλαια) που σήμερα δεν έχουν κάποιο δίκτυο κατακόρυφου έλεγχου, και για ανάλογες εργασίες με αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω οι μηχανικοί να χρειάζεται να μεταφέρουν υψόμετρα από κάποια μακρινή κορυφή. Για το λόγο αυτό με το πέρας της Διπλωματικής θα παραδοθεί στον δήμο Ραφήνας- Πικερμίου ένα αντίγραφο της παρούσας διπλωματικής και ένα έντυπο με τις να

αναλυτικές περιγραφές των κορυφών του δικτύου, όπου θα φαίνονται συνοπτικά οι θέσεις των κορυφών που τοποθετήθηκαν αλλά και τα τελικά τους υψόμετρα στο κρατικό υψομετρικό δίκτυο .

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από εννέα Κεφάλαια, το παραδοτέο στο Δήμο έντυπο (Παράρτημα Ι) και το Παράρτημα ΙΙ (που περιλαμβάνει τις μετρήσεις) , προκειμένου να αναλυθεί διεξοδικά η ίδρυση και η επίλυση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου στην περιοχή της Ραφήνας .

Το **πρώτο κεφάλαιο** περιλαμβάνει την εισαγωγή , στην οποία αναλύεται το αντικείμενο , ο σκοπός , και η δομή της διπλωματικής καθώς και κάποια στοιχεία που κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν σχετικά με την περιοχή μελέτης .

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναφέρονται κάποιοι βασικοί ορισμοί που η γνώση τους είναι απαραίτητη για την κατανόηση των αποτελέσματα την όλης εργασίας . Αφορούν κυρίως στο σχήμα και το μέγεθος της γης , στις επιφάνειες αναφοράς που χρησιμοποιούνται και στο πως προσδιορίζεται η θέση ενός σημείου .

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στην πρώτη μέθοδο που ακολουθείται στις μετρήσεις, που είναι η Γεωμετρική Χωροστάθμιση (Γ.Χ.) . Αναφέρονται γενικά στοιχεία σχετικά με την μέθοδο , πηγές σφαλμάτων, η ακρίβεια της μεθόδου και η διαδικασία των μετρήσεων που απαιτούνται .

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά αντίστοιχα στην δεύτερη μέθοδο που ακολουθείται στις μετρήσεις, που είναι η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (Ε.Τ.Υ) . Αναφέρονται γενικά στοιχεία σχετικά με την μέθοδο , πηγές σφαλμάτων, η ακρίβεια της μεθόδου , η εφαρμογή της μεθόδου σήμερα και η διαδικασία των μετρήσεων που απαιτούνται .

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιγράφεται η ίδρυση του δικτύου στην περιοχή . Το κεφάλαιο περιέχει κάποια γενικά στοιχεία σχετικά με τα δίκτυα, το πώς επιλέχθηκαν οι θέσεις των κορυφών και ποιά είναι τελικά η γεωμετρία του δικτύου .Τέλος αναφέρεται διεξοδικά στα όργανα που επιλέχθηκαν για τις μετρήσεις και στα χαρακτηριστικά τους .

Στο **έκτο κεφάλαιο** αναλύονται οι εργασίες πεδίου .Δηλαδή πως και πότε έγιναν οι μετρήσεις για την κάθε μέθοδο, τα προβλήματα που πρόέκυψαν και πως αυτά αντιμετωπίστηκαν στο πεδίο .

Στο **έβδομο κεφάλαιο** γίνεται η ανάλυση των μετρήσεων και ο υπολογισμός κάποιων απαραίτητων μεγεθών για την επίλυση του δικτύου και έλεγχος των μετρήσεων

Στο **όγδοο κεφάλαιο** αναλύεται η επίλυση του δικτύου σε διάφορες εκδοχές και ο υπολογισμός των τελικών υψόμετρων .

Το **ένατο κεφάλαιο** περιλαμβάνει το χρονοδιάγραμμα των εργασιών για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και περιγράφει αναλυτικά την κατανομή των εργασιών με την χρονολογική σειρά που εκτελέστηκαν .

Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την όλη εργασία και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω συνέχιση της εργασίας.

Στο **Παράρτημα Ι** δίνονται τα έντυπα με τις να αναλυτικές περιγραφές των κορυφών του δικτύου, όπου φαίνονται συνοπτικά οι θέσεις των κορυφών που τοποθετήθηκαν αλλά και τα τελικά τους υψόμετρα στο κρατικό υψομετρικό δίκτυο .

Στο **Παράρτημα ΙΙ** , παρουσιάζονται όλες οι μετρήσεις του δικτύου που έγιναν καθώς και τα αποτελέσματα από την επεξεργασία τους. Επίσης παρουσιάζονται οι πίνακες μεταβλητότητας συμμεταβλητότητας που προέκυψαν από τις διάφορες συνορθώσεις του δικτύου .

2

Βασικοί ορισμοί

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά σε κάποιους βασικούς ορισμούς που η γνώση τους είναι απαραίτητη για την κατανόηση των αποτελεσμάτων της όλης εργασίας. Αφορούν κυρίως στο σχήμα και το μέγεθος της γης, στις επιφάνειες αναφοράς που χρησιμοποιούνται και στο πώς προσδιορίζεται η θέση ενός σημείου.

2.1 Σχήμα, μέγεθος της Γης και επιφάνειες αναφοράς

Το σχήμα και το μέγεθος της Γης στο πλαίσιο της επιστήμης της γεωδαισίας, δεν περιλαμβάνει την περιγραφή της Φ.Γ.Ε όπως βουνά, κοιλάδες, ρήγματα κ.λ.π. Αναφέρεται σε μια φανταστική επιφάνεια που πλησιάζει τη μ.σ.θ. και τη νοητή προέκτασή της κάτω από τη στεριά. Η γη λόγω της βαρύτητας θα μπορούσε να έχει ένα απόλυτα σφαιρικό σχήμα αν θεωρούνταν ακίνητη και ομοιογενής. Ωστόσο λόγω της περιστροφής της γύρω από τη γη αναπτύσσεται φυγόκεντρη δύναμη λόγω αδρανείας, η οποία είναι μεγαλύτερη σε τόπους κοντά στον ισημερινό παρά σε τόπους με μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Η επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης δίνει στη γη ένα σχήμα διογκωμένο στον ισημερινό και πεπλατυσμένο στους πόλους, που μπορεί να προσεγγιστεί από ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής. Οι βασικοί παράμετροι που πρέπει να είναι γνωστοί για να περιγραφεί ένα ελλειψοειδές είναι οι διαστάσεις του που δίνονται συνήθως με το μέγεθος του μεγάλου ημιάξονα a και της επιπλάτυνσης f που ορίζεται από την σχέση:

$$f = \frac{a - b}{a} \quad (2.1)$$

Όπου b ο μικρός ημιάξονας .

Έτσι, λοιπόν οι βασικές επιφάνειες αναφοράς που χρησιμοποιούνται στη γεωδαισία για να περιγραφεί το φυσικό και γεωμετρικό μοντέλο της γης και πάνω στις οποίες προβάλλονται τα σημεία της Φ.Γ.Ε. για να προσδιοριστεί η θέση τους, αλλά και οι μετρήσεις για να γίνουν οι υπολογισμοί, είναι τρεις: το γεωειδές (φυσικό μοντέλο), το ελλειψοειδές εκ περιστροφής (μαθηματικό-γεωμετρικό μοντέλο) ,η σφαίρα (προσεγγιστικό μοντέλο) και το οριζόντιο επίπεδο για πολύ μικρές εκτάσεις.

2.1.1 Γεωειδές

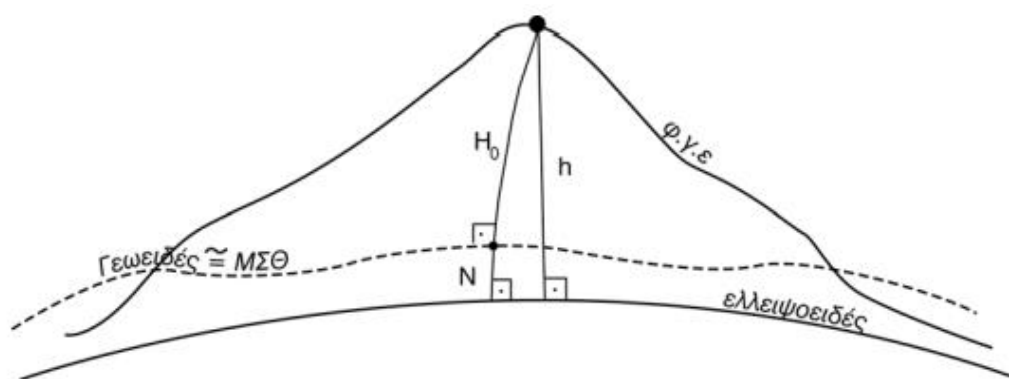
Ορίζεται ως εκείνη η ισοδυναμική επιφάνεια του πραγματικού γήινου πεδίου βαρύτητας, που προσαρμόζεται όσο το δυνατόν καλύτερα στη μέση στάθμη των θαλασσών στο σύνολο της γης. Με προσέγγιση μέτρου, το γεωειδές ταυτίζεται με τη μέση στάθμη της θάλασσας, στους ωκεανούς, η οποία θεωρείται ότι «επεκτείνεται» και κάτω από τις ηπείρους . Η μη σύμπτωση της μέσης στάθμης της θάλασσας με ισοδυναμική επιφάνεια του πεδίου βαρύτητας οφείλεται κυρίως στη διαφορετική θερμοκρασία και αλατότητα καθώς και στα θαλάσσια ρεύματα στους ωκεανούς.

Το γεωειδές είναι μια κλειστή επιφάνεια με τα κοίλα προς το εσωτερικό του και προσομοιάζει με ελλειψοειδές εκ περιστροφής, με μέγιστη αποχή (υψόμετρο του γεωειδούς N) από αυτό περίπου 100 μέτρα, δηλαδή μόλις 15 εκατομμυριοστά της μέσης ακτίνας καμπυλότητας του ενώ ο μέσος όρος αποχής σ' ολόκληρη τη γη είναι $\pm 30m$. Από τον ορισμό του γεωειδούς προκύπτει ότι η διεύθυνση της κατακορύφου (η διεύθυνση του νήματος της στάθμης) είναι κάθετη στην επιφάνειά του σε κάθε σημείο του.

Το γεωειδές είναι η επιφάνεια αναφοράς στο αστρονομικό σύστημα αναφοράς. Επίσης αποτελεί την επιφάνεια αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων (H_o). Τα υψόμετρα αυτά, που συναρτώνται με το πεδίο βαρύτητας της γης είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στα έργα Μηχανικού (« υψόμετρα μετρούνται από την μ.σ.θ. »).

Ο προσδιορισμός του γεωειδούς αποτελεί επίσης κύριο στόχο της γεωδαισίας. Στηρίζεται σε μετρήσεις (γεωδαιτικές, αστρονομικές, ωκεανογραφικές, βαρύτητας κ.λ.π). και βελτιώνεται συνεχώς, όσο βελτιώνονται οι θεωρίες και τα όργανα μετρήσεων. Σε αυτό, μεγάλη είναι και η συμβολή των δορυφορικών μεθόδων.

Εφόσον το γεωειδές προσομοιάζει τόσο καλά σε ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής (σφαιροειδές), είναι λογικό να επιζητηθεί η εύρεση εκείνου του ελλειψοειδούς που προσαρμόζεται σε σχήμα και διαστάσεις όσο το δυνατόν καλύτερα στο γεωειδές, έχει την ίδια μάζα με τη Γη και είναι συγχρόνως ισοδυναμική επιφάνεια του εαυτού του. Το ελλειψοειδές αυτό, επιτρέπει την αντικατάσταση του γεωειδούς (που είναι αρκετά πολύπλοκη επιφάνεια) και μπορεί να χρησιμεύει ως επιφάνεια αναφοράς ως προς την οποία είναι δυνατόν να εκφραστούν τόσο το ίδιο το γεωειδές, όσο και όλες οι άλλες γεωδαιτικές, τοπογραφικές και χαρτογραφικές εργασίες. Για το λόγο αυτό το ελλειψοειδές αυτό ονομάζεται και ελλειψοειδές αναφοράς ή γήινο ελλειψοειδές. Από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς αυτού μετρώνται επίσης και τα γεωμετρικά υψόμετρα (h). Οι σχετικές θέσεις της μέσης στάθμης της θάλασσας του γεωειδούς και του ελλειψοειδούς αναφοράς φαίνονται στο σχήμα 1



Σχήμα 1 : Σχετική θέση Μ.Σ.Θ., γεωειδούς και ελλειψοειδούς αναφοράς.

2.1.2 Ελλειψοειδές εκ περιστροφής

Ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής μπορεί να δημιουργηθεί από την περιστροφή μιας έλλειψης γύρω από τον μικρό άξονά της και ορίζεται από το μεγάλο ημιάξονα, a , και είτε από την επιπλάτυνση f , είτε από τον μικρό του ημιάξονα b , είτε από την εκκεντρότητά του e .

Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται το ελλειψοειδές Bessel στο Παλαιό Ελληνικό Σύστημα Αναφοράς (ΠΕΓΣΑ), καθώς και τα ελλειψοειδή Hayford (Διεθνές Ελλειψοειδές), στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Αναφοράς (ED50) και σήμερα το GRS 80 (Geodetic Reference System 1980) στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ 1987). Το τελευταίο αυτό ελλειψοειδές, που θεωρείται και το ρεαλιστικότερο, έχει προταθεί από τη Διεθνή Ένωση Γεωδαισίας το 1980, για χρήση σε γήινα και σε γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς.

Γήινο ή γεωκεντρικό ελλειψοειδές θεωρείται εκείνο του οποίου το κέντρο ταυτίζεται με το κέντρο μάζας της γης, ο άξονας συμμετρίας του ταυτίζεται με τον μέσο άξονα

περιστροφής της, προσεγγίζει όσο το δυνατόν καλύτερα (σε διαστάσεις) το γεωειδές σε παγκόσμια κλίμακα και μπορεί να προσδιοριστεί από γεωδαιτικές μετρήσεις ή/και από καθαρά δυναμικά στοιχεία που προσδιορίζονται από παρατηρήσεις σε τεχνητούς δορυφόρους. Οι μέγιστες αποχές από το γεωειδές είναι περίπου 100m, με μέσο όρο $\pm 30\text{m}$.

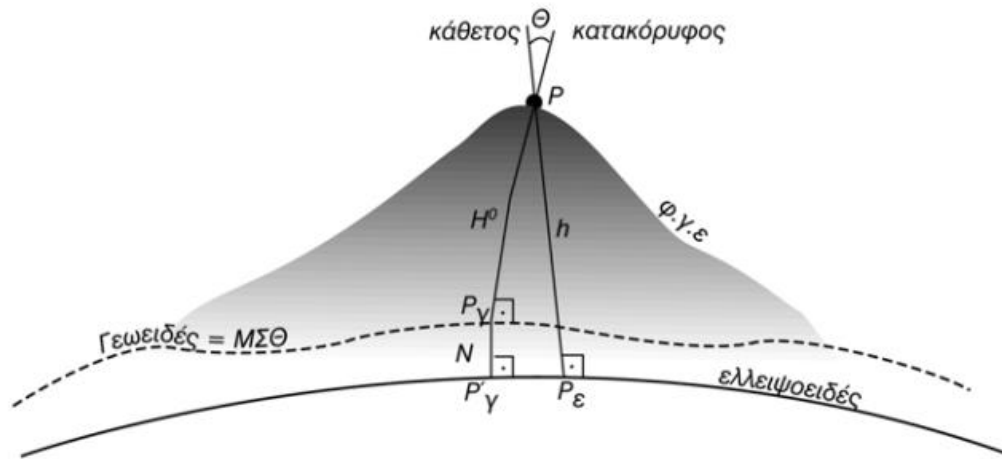
2.1.3 Σφαίρα

Απλούστερη μαθηματική έκφραση μοντέλου που προσεγγίζει με μικρότερη ακρίβεια από όσο ένα Ε.Ε.Π. στο σύνολο του το γεωειδές, είναι η επιφάνεια μιας σφαίρας με κέντρο το κέντρο μάζας της γης και ακτίνα την μέση ακτίνα καμπυλότητας του Ε.Ε.Π. Τοπικά, για σχετικά μικρές εκτάσεις μπορεί η σφαίρα (εγγύτατη στο σημείο) να αντικαταστήσει το ελλειψοειδές με ικανοποιητική ακρίβεια, ενώ για εφαρμογές στη χαρτογραφία και ναυσιπλοΐα συχνά η επιφάνεια της σφαίρας αποτελεί την επιφάνεια αναφοράς της φ.γ.ε. .

2.2 Προσδιορισμός της θέσης σημείου της Φ.Γ.Ε. ως προς τις επιφάνειες αναφοράς

Για να προσδιοριστεί η θέση ενός σημείου της φ.γ.ε., ως προς την επιφάνεια αναφοράς του, που όπως αναφέρθηκε μπορεί να είναι : το γεωειδές, το ελλειψοειδές εκ περιστροφής, η σφαίρα και για πολύ μικρές εκτάσεις το οριζόντιο επίπεδο (κάθετο στην κατακόρυφο του τόπου), θα πρέπει να θεωρηθεί από το σημείο αυτό η προβολή του προς την επιφάνεια αναφοράς. Η διεύθυνση της καθέτου αυτής για την περίπτωση του γεωειδούς και του οριζοντίου επιπέδου είναι η διεύθυνση της κατακορύφου.

Έτσι, αν θεωρηθεί η κατακόρυφη που περνά από το σημείο P μέχρι το γεωειδές και την κάθετη από το σημείο προς το Ε.Ε.Π., τότε η πρώτη τέμνει το γεωειδές στο σημείο P_γ και η δεύτερη το Ε.Ε.Π. στο σημείο P_ϵ .



Σχήμα 2 : Υψόμετρα σημείου P και απόκλιση της κατακορύφου.

Η γωνία (θ) που σχηματίζεται στο P από την κατακόρυφη και την κάθετη στο Ε.Ε.Π. λέγεται απόκλιση της κατακορύφου, και είναι μία γωνία στο χώρο η οποία δίνει και την κλίση μεταξύ των δύο επιφανειών (γεωειδούς και Ε.Ε.Π.). Η τιμή της κατά μέσο όρο σ' ολόκληρη την γη κυμαίνεται από $-10''$ έως $10''$.

Η απόσταση PP_{γ} λέγεται ορθομετρικό υψόμετρο (H^o) του σημείου από το γεωειδές (πρακτικά από την μ.σ.θ). Η απόσταση PP_{ϵ} λέγεται γεωμετρικό υψόμετρο (h) του σημείου, ενώ αν φέρουμε την κάθετη από το σημείο P_{γ} στο ελλειψοειδές η $P_{\gamma}P'_{\gamma}$ λέγεται υψόμετρο ή αποχή του γεωειδούς (N) από το ελλειψοειδές.

Από το σχήμα 2 φαίνεται ότι :

$$h = H^o + N \quad (2.2)$$

αφού η γωνία θ είναι πολύ μικρή.

Η σχέση (2.2) είναι πολύ σημαντική για την υψομετρία στη γεωδαισία.

Τα ορθομετρικά υψόμετρα που είναι τα συνηθισμένα υψόμετρα τα οποία χρησιμοποιούνται σε έργα Μηχανικού και στους χάρτες προσδιορίζονται κυρίως με γεωμετρική χωροστάθμηση, τα γεωμετρικά κυρίως με δορυφορικές μετρήσεις GPS, ενώ τα υψόμετρα του γεωειδούς μπορούν να προκύψουν ως διαφορά των δύο προηγούμενων αλλά και με αστρογεωδαιτική χωροστάθμηση, όπου χρησιμοποιούνται γεωδαιτικές και αστρονομικές (απόκλιση της κατακορύφου) παρατηρήσεις.

Η θέση ενός σημείου στο χώρο μπορεί να περιγραφεί με τρεις παραμέτρους χρησιμοποιώντας ένα σύστημα συντεταγμένων. Όταν χρησιμοποιείται μια επιφάνεια (αναφοράς) τότε η απόσταση του σημείου από την επιφάνεια αυτή (εκτός της σφαίρας) είναι η (τρίτη συνήθως) παράμετρος που στη γεωδαισία λέγεται, υψόμετρο, και είναι αυτή με τη οποία θα ασχοληθεί και αυτή η διπλωματική .

3

Γεωμετρική Χωροστάθμιση

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η πρώτη μέθοδος που ακολουθήθηκε στις μετρήσεις, η Γεωμετρική Χωροστάθμιση (Γ.Χ.) . Αναφέρονται γενικά στοιχεία σχετικά με τη μέθοδο , πηγές σφαλμάτων, η ακρίβεια της μεθόδου και η διαδικασία των μετρήσεων που απαιτούνται .

3.1 Γενικά

Η Γεωμετρική Χωροστάθμιση (Geometric/Spirit Leveling) με χρήση «χωροβάτη» που οριζοντιώνει τον σκοπευτικό του άξονα με τη βοήθεια σωληνωτής αεροστάθμης εμφανίστηκε περίπου το 1850 (Amsler-Laffon,1857) και είχε το πλεονέκτημα να μειώνει στο ελάχιστο την επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών στις μετρήσεις .

Μετά από 100 χρόνια χρήσης οργάνων με σωληνωτή αεροστάθμη, τη δεκαετία του 1950 εμφανίστηκαν οι πρώτοι αυτόματοι χωροβάτες (Zeiss N12-1951) στους οποίους η οριζοντίωση του σκοπευτικού άξονα γινόταν με ένα σύστημα εκκρεμούς («ισοσταθμητής»-compensator) .

Το 1962 για πρώτη φορά παρουσιάστηκε η Αυτοκίνητη Γεωμετρική Χωροστάθμιση ,μια μεθοδολογία που, παρέχοντας ακρίβειες της τάξης του $0,3-0,5\text{mm}/\sqrt{\text{km}}$, ταυτόχρονα αύξανε την παραγωγικότητα και βελτίωνε τις συνθήκες εργασίας στο ύπαιθρο.

Τα επόμενα 40 χρόνια, συνεχείς βελτιώσεις σε όργανα και σταδίες οδήγησαν την κλασσική μεθοδολογία της Γ.Χ. στην επίτευξη των πολύ υψηλών ακριβειών που παρέχει (0,3-μερικά mm/√km) με όλο και ευκολότερη και ταχύτερη διαδικασία, με αποκορύφωμα την εμφάνιση στις αρχές της δεκαετίας του 1990 των ψηφιακών χωροβατών (Wild NA 2000-1990). Η νέα αυτή γενιά χωροβατών έδωσε νέα ώθηση στη Γ.Χ., βελτιώνοντας κατά πολύ τη ταχύτητα εκτέλεσης των μετρήσεων στο ύπαιθρο, μειώνοντας ταυτόχρονα την πιθανότητα χονδροειδών σφαλμάτων στις μετρήσεις όσο και στη καταγραφή και επεξεργασία τους.

3.2 Διαδικασία μετρήσεων

Στη γεωμετρική χωροστάθμιση ο προσδιορισμός των υψομετρικών διαφορών γίνεται με οριζόντιες σκοπεύσεις σε κατακόρυφους πύχεις (σταδίες). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ο χωροβάτης και ζεύγος σταδίων. Οι σταδίες κατασκευάζονται πλέον από αλουμίνιο για να προστατεύονται από την επίδραση των καιρικών συνθηκών. Έχουν διατομή Ορθογωνική, μήκος (ύψος) μέχρι 5 m, πλάτος μέχρι 12 cm και πάχος 2 με 3 cm. Μπορεί να είναι ενιαίες ή πτυσσόμενες και φέρουν διαιρέσεις σε εκατοστά του μέτρου και αρίθμηση ανά 10 cm. Για την εκτέλεση της γεωμετρικής χωροστάθμισης ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

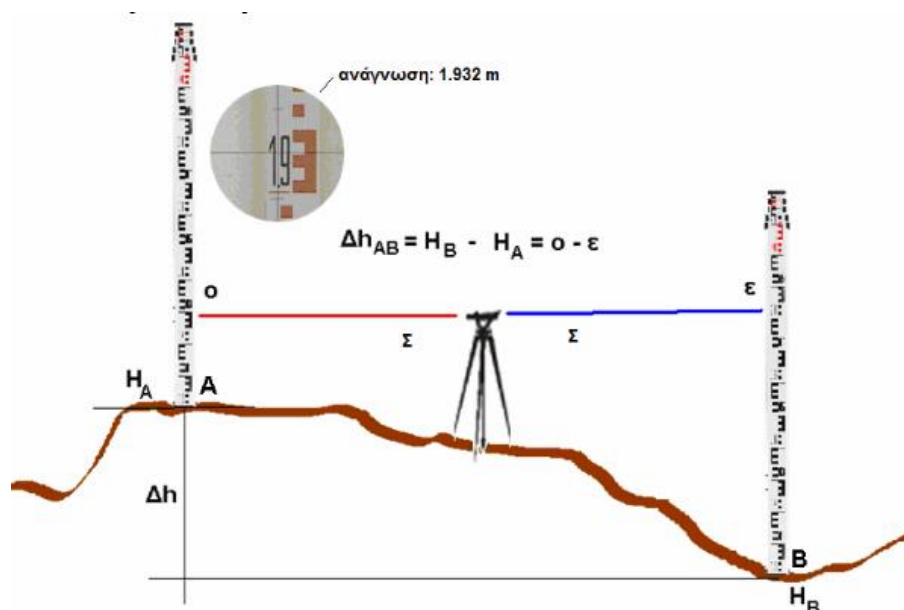
Έστω δύο σημεία Α και Β στα οποία είναι τοποθετημένες κατακόρυφα σταδίες (σχ. 3). Τα σημεία Α και Β δεν πρέπει να απέχουν περισσότερο από 50-60 m. Στη μέση περίπου μεταξύ των σημείων τοποθετείται ένας χωροβάτης. Αφού οριζοντιωθεί ο χωροβάτης, μέσω του τηλεσκοπίου ή αυτόματα πλέον με το πάτημα ενός κουμπιού στους ηλεκτρονικούς χωροβάτες, γίνεται ανάγνωση την οριζόντια σκόπευση. Αν στη σταδία που βρίσκεται στο σημείο Α η ανάγνωση (τομή του οριζόντιου νήματος του σταυρονήματος του τηλεσκοπίου του χωροβάτη με τις ενδείξεις της σταδίας) είναι Ο και στη σταδία που βρίσκεται στο σημείο Β είναι Ε, τότε η υψομετρική διαφορά των δύο αυτών σημείων είναι :

$$\Delta H_{AB} = O - E \quad (3.1)$$

Η υψομετρική αυτή διαφορά είναι ορισμένη ως προς το μέγεθος και το πρόσημο. Η σκόπευση προς το σημείο Α ονομάζεται οπισθοσκόπευση (Ο) και η σκόπευση προς το σημείο Β εμπροσθοσκόπευση (Ε).

Για να υπάρξουν καλύτερα αποτελέσματα, οι σταδίες πρέπει να τοποθετούνται κατά τη χρήση τους πάνω σε κατάλληλες βάσεις (χελώνες) σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Οι

χελώνες είναι κατασκευασμένες από σίδηρο ή αλουμίνιο και πιέζονται με το πόδι πάνω στο έδαφος από το στοχοφόρο προτού τοποθετηθούν πάνω σε αυτές οι σταδίες .



Σχήμα 3: Η αρχή της γεωμετρικής χωροστάθμησης

Στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ των σημείων A και B είναι μεγάλη και η υψομετρική διαφορά μεταξύ τους δεν μπορεί να προσδιοριστεί με μια μόνο στάση του οργάνου , εκτελείται χωροστάθμηση " σε όδευση " . Στην περίπτωση αυτή ακολουθείται η ακόλουθη διαδικασία :

Έστω δυο σημεία A και B πάνω στην επιφάνεια του εδάφους που απέχουν μεταξύ τους μεγάλη απόσταση και ζητείται να προσδιοριστεί , με τη βοήθεια της γεωμετρικής χωροστάθμησης, η υψομετρική διαφορά ΔH_{AB} . Έστω ότι η χωροστάθμηση αρχίζει από το A προς το B . Η διαδρομή αυτή ονομάζεται μετάβαση . Για το σκοπό αυτό τοποθετείται κατακόρυφα η πρώτη σταδία πάνω από το σημείο A και ο χωροβάτης πάνω από το σημείο Σ1 που βρίσκεται ενδιάμεσα των σημείων A και B . Στην συνέχεια οριζοντιώνεται ο χωροβάτης και λαμβάνεται η ένδειξη στη σταδία που βρίσκεται στο σημείο A , που τη συμβολίζουμε με το O1 (οπισθοσκόπευση) . Η απόσταση σταδίας-χωροβάτη εξαρτάται από την κλίση του εδάφους και την ακρίβεια που επιδιώκεται , προσδιορίζεται δε συνήθως με βήματα . Για χωροσταθμίσεις μεγάλης ακρίβειας και σε ομαλό έδαφος δεν υπερβαίνει τα 20 με 30 m . Μετά στρέφεται το τηλεσκόπιο του χωροβάτη προς το σημείο A1 όπου σε απόσταση ίση περίπου με την προηγούμενη τοποθετείται η δεύτερη σταδία κατακόρυφα. Αφού ελεγχθεί και πάλι η οριζοντιότητα του χωροβάτη , που μπορεί να έχει διαταραχθεί λόγω της στροφής του τηλεσκοπίου , λαμβάνεται η ένδειξη E1 (εμπροσθοσκόπευση) πάνω στη

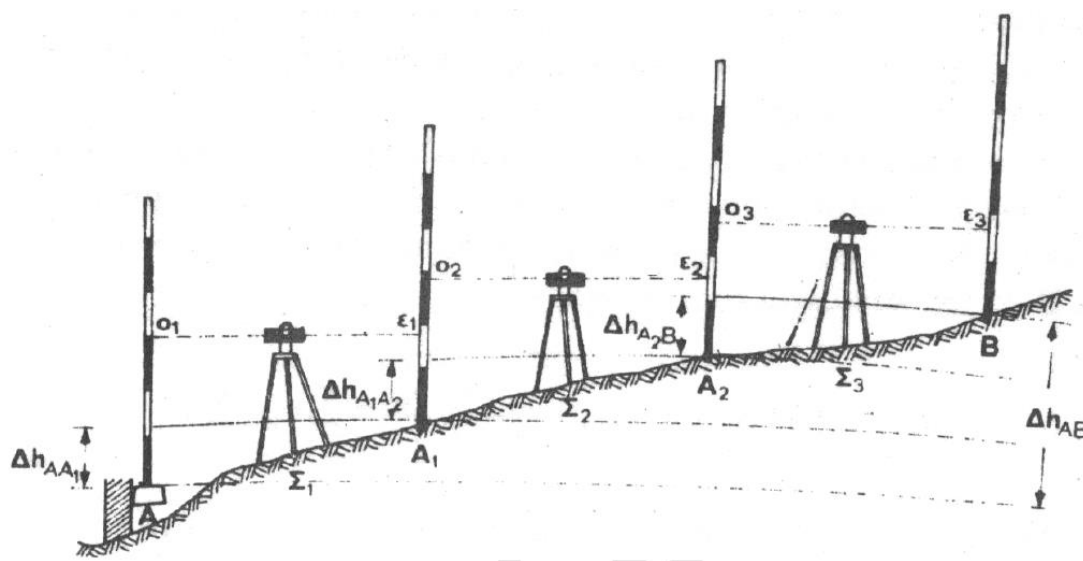
σταδία που αντιστοιχεί στο οριζόντιο νήμα του σταυρονήματος . Η υψομετρική διαφορά των σημείων A και A1 είναι :

$$\Delta H_{AA1} = O1 - E1 \quad (3.2)$$

Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται ακριβώς η ίδια διαδικασία σε όδευση (

4) μέχρι το τελικό σημείο B . Αν O_i και E_i ($i=1,2,3,\dots,n$) είναι οι διαδοχικές τιμές των οπισθοσκοπήσεων και εμπροσθοσκοπήσεων και ΔH_{AiAi+1} είναι οι μερικές υψομετρικές διαφορές , τότε η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων A και B θα υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_{AA1} + \Delta H_{A1A2} + \dots = \sum_{i=1}^n \Delta H_i = \sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n E_i \quad (3.3)$$



Σχήμα 4 : Χωροστάθμηση " σε όδευση "

Αν H_A είναι το απόλυτο υψόμετρο του σημείου A , τότε το απόλυτο υψόμετρο H_B του σημείου B θα υπολογίζεται από τη σχέση :

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \quad (3.4)$$

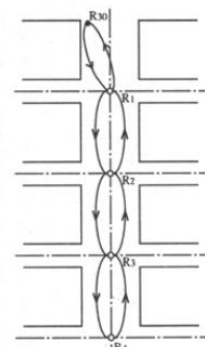
Τα σημεία $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_n$ είναι οι διαδοχικές στάσεις του χωροβάτη κατά τη μετάβαση και ονομάζονται σημεία στάσης . Τα σημεία $A_1, A_2, \dots, A_n$ είναι οι διαδοχικές θέσεις των ενδιάμεσων σταδίων και ονομάζονται σημεία αλλαγής . Κατά την αλλαγή των σημείων στάσης ο χωροβάτης μεταφέρεται πάνω στον τρίποδα του και δεν αποσυνδέεται . Αυτό γίνεται για να αποφεύγεται η απώλεια χρόνου .

Μετά επαναλαμβάνεται η χωροστάθμηση κατά τον ίδιο τρόπο από το B προς το A . Η διαδρομή αυτή , που ονομάζεται επιστροφή , γίνεται από διαφορετικά σημεία στάσης και αλλαγής .

Έτσι λαμβάνεται μια νέα τιμή ΔH_{BA} για την υψομετρική διαφορά των Α και Β . Η τιμή αυτή θα έχει αντίθετο πρόσημο και δεν πρέπει να διαφέρει από την προηγούμενη κατά ποσότητα μεγαλύτερη από εκείνη που δίνει το μέγιστο επιτρεπόμενο κλείσιμο διπλής γεωμετρικής χωροστάθμησης που υπολογίζεται με την ανάλυση σφαλμάτων των μετρήσεων (για την παρούσα εργασία στο κεφάλαιο 7), σε διαφορετική περίπτωση η χωροστάθμηση πρέπει να επαναλαμβάνεται από την αρχή και σε μετάβαση και σε επιστροφή . Όταν το κλείσιμο είναι αποδεκτό , λαμβάνεται ως τελική τιμή της υψομετρικής διαφοράς των σημείων Α και Β ο μέσος όρος των δυο τιμών που αντιστοιχούν στη χωροστάθμηση σε μετάβαση και σε επιστροφή.

Η διαδικασία μιας χωροστάθμησης " σε όδευση " περιγράφεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 2.1													
Γεωμετρική χωροστάθμηση (χωροστάθμηση «καθ' όδευση»)													
Σημεία	Μήκος σκόπευσης σε μέτρα			ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΤΟΧΟΥ			ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ Δh = ο-ε		ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ Δh ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ				ΥΨΟΜΕΤΡΑ Η
				Όπισθεν ο	Έμπροσθεν ε	Μεταξύ μ	+	-	±	ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ	ΔΙΟΡΘΩΣΗ	±	ΟΡΙΣΤΙΚΗ
R30	40			1.699									255.120
R1	38	37		2.305	0.324		1.375		+	1.375		+	1.382
R2	39	40		2.201	0.446		1.859		+	1.859		+	1.865
R3	41	40		2.202	0.519		1.682		+	1.682		+	1.689
R4		38			2.894			0.692	-	0.692		-	0.702
				8.407	4.183		4.916	0.692					
	έλεγχος			ο - ε =	4.224		ο - ε =	4.224					
R4	40			2.992									
R3	39	38		0.691	2.281		0.711		+	0.711			
R2	39	37		0.548	2.386			1.695	-	1.695			
R1	40	39		0.510	2.419			1.871	-	1.871			
R30		41			1.898			1.388	-	1.388			
				4.741	8.984		0.711	4.954					
	έλεγχος			ο - ε =	- 4.243		ο - ε =	- 4.243					



Εικόνα 3: Έντυπο καταγραφής μετρήσεων χωροστάθμησης " σε όδευση "

3.3 Η μέθοδος και οι πηγές σφαλμάτων

Η Γεωμετρική Χωροστάθμιση (Γ.Χ.) είναι μέθοδος άμεσου προσδιορισμού περίπου ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών μεταξύ σημείων της Φ.Γ.Ε. Κατά την εφαρμογή της, προσδιορίζονται οι υψομετρικές διαφορές ΔH μεταξύ σημείων που βρίσκονται «κοντά» το ένα στο άλλο .

Η ακρίβεια μιας γεωμετρικής χωροστάθμησης εξαρτάται από επιδράσεις που αφορούν στα όργανα που χρησιμοποιούνται, στην τοπογραφία του εδάφους και στις συνθήκες του περιβάλλοντος καθώς και σε μη συντονισμένες ενέργειες, απροσεξίες και παραλήψεις του

παρατηρητή ή των σταδιοφόρων. Επειδή η υψομετρική διαφορά ΔΗ μεταξύ δύο σημείων ελέγχου αποτελείται από αρκετές ενδιάμεσες διακριτές παρατηρήσεις ΔΗ_i, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη μετάδοση των σφαλμάτων. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά τα αίτια που μπορεί να προκαλέσουν τέτοιου είδους σφάλματα :

- Σφάλματα που οφείλονται στα όργανα που χρησιμοποιούνται
 - Μη πλήρωση των συνθηκών ορθής λειτουργίας του χωροβάτη .
 - Μη τοποθέτηση της φυσαλίδας της αεροστάθμης του οργάνου στο κανονικό της σημείο.
 - Λάθος σκόπευση στη σταδία.
 - Ανώμαλες διαιρέσεις της σταδίας.
 - Μεταβολή του μήκους της σταδίας.
 - Σφάλμα στην αρχή (διαφορά στη μηδενική υποδιαίρεση μεταξύ των σταδίων στη θέση Ο ΚΑΙ Ε).
 - Μη κατακόρυφη τοποθέτηση της σταδίας.
- Σφάλματα που οφείλονται σε πιθανές καθιζήσεις οργάνου ή και σταδίων κατά την διάρκεια των παρατηρήσεων .Αυτές εξαρτώνται από την σταθερότητα του εδάφους και από τον τρόπο τοποθέτησης (στήριξης) των οργάνων. Είναι πιθανές καθιζήσεις της τάξης του 0,01 έως 0,1mm ανά στάση οργάνου.
- Σφάλματα που οφείλονται στην (κατακόρυφη) διάθλαση και στην καμπυλότητα της γης. Ειδικά για τη διάθλαση , αυτή εξαρτάται κυρίως από την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα .Το ανώμαλο μέρος της επίδρασης λόγω διάθλασης εμφανίζεται σαν τυχαίο σφάλμα, ενώ συστηματική επίδραση (που μπορεί να φτάσει από 0.01 έως 0.1mm ανά 1m υψομετρικής διαφοράς) εμφανίζεται ιδιαίτερα σε μετρήσεις πάνω από εδάφη με απότομες κλίσεις ή όταν η οπτική ακτίνα περνά πολύ κοντά στο έδαφος .
- Σφάλματα που οφείλονται στον παρατηρητή
- Σφάλματα που οφείλονται σε μεταβολές της διεύθυνσης της κατακορύφου λόγω παλιρροιών. Αφορά κυρίως τις Γ.Χ. υψηλής ακρίβειας , όπου οι μεταβολές της διεύθυνσης της κατακορύφου λόγω παλιρροιών προκαλούν αποκλίσεις του σκοπευτικού άξονα .

Η εμφάνιση των αυτόματων ψηφιακών χωροβατών ήρθε να βελτιώσει και να εξαλείψει πολλά από τα συστηματικά σφάλματα στη διαδικασία της Γ.Χ. (αναλυτικά τα πλεονεκτήματά τους αναφέρονται στο Κεφάλαιο 5).

Συνοψίζοντας ,θα μπορούσε να ειπωθεί ότι για να εξαλειφθούν ή να μειωθούν κατά το δυνατόν τα συστηματικά σφάλματα που προέρχονται από διάφορες πηγές , η γεωμετρική χωροστάθμιση ακριβείας πρέπει να εκτελείται δύο φορές σε αντίθετες

διευθύνσεις (μετάβαση και επιστροφή) και κάτω από διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες, με χρήση σχολαστικού ελεγμένου και βαθμονομημένου εξοπλισμού. Τα σχεδόν ίσα μήκη μεταξύ οργάνου και σταδίων («χωροστάθμιση από το μέσον») δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλα και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάβαση της οπτικής ακτίνας μέσα από τα κατώτερα στρώματα του αέρα κοντά στο έδαφος (αποστάσεις από το έδαφος μικρότερες του 0,5m). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω για ένα χιλιόμετρο χωροστάθμιση σε μετάβαση και επιστροφή, μπορεί να επιτευχθεί μια τυπική απόκλιση από ± 0.3 έως $\pm 2-3\text{mm}$ χρησιμοποιώντας κάθε φορά τον κατάλληλο εξοπλισμό και μεθοδολογία.

3.4 Η ακρίβεια της μεθόδου

Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων σε μια Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεγάλου μήκους έχει βρεθεί πειραματικά ότι είναι συνάρτηση της τετραγωνικής ρίζας του μήκους της χωροσταθμικής όδευσης (σε Km), καθώς και της απόλυτης υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του αρχικού και τελικού σημείου της όδευσης.

Μεγάλα σφάλματα κλεισίματος μεταξύ της μετάβασης και μιας επιστροφής σε μια χωροστάθμιση, υπαγορεύουν επανάληψη της εργασίας στη μια ή και στις δυο διευθύνσεις. Για να γίνει αποδεκτό ή όχι ένα σφάλμα κλεισίματος $K \neq 0$, ($K = \Delta H_{\text{aller}} - \Delta H_{\text{retour}}$) προσδιορίζεται το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης $[-Z \cdot \sigma_K, Z \cdot \sigma_K]$. Αν το K βρίσκεται μέσα στο διάστημα αυτό, η χωροστάθμιση γίνεται αποδεκτή. Αν όχι, η χωροστάθμιση απορρίπτεται και επαναλαμβάνονται και η μετάβαση και η επιστροφή. Το σ_K θα είναι:

$$\sigma_K = \sqrt{\sigma_{\Delta H_{\text{aller}}}^2 + \sigma_{\Delta H_{\text{retour}}}^2} \rightarrow \sigma_K = \sqrt{\sigma_\varepsilon^2 2n_1 + \sigma_\varepsilon^2 2n_2} \rightarrow \sigma_K = \sigma_\varepsilon \sqrt{2(n_1 + n_2)} \quad (3.5)$$

Οπού:

n_1, n_2 : αριθμός στάσεων σε μετάβαση και επιστροφή αντίστοιχα.

$\sigma_{\Delta H_{\text{aller}}}^2$: συνολική αβεβαιότητα ανάγνωσης πάνω στη σταδία κατά την μετάβαση.

$\sigma_{\Delta H_{\text{retour}}}^2$: συνολική αβεβαιότητα ανάγνωσης πάνω στη σταδία κατά την επιστροφή.

Και αν $n_1 = n_2 = n$, τότε:

$$\sigma_K = 2\sigma_\varepsilon \sqrt{n} \quad (3.6)$$

Συνήθως επιλέγεται επίπεδο εμπιστοσύνης το 95% για το οποίο $Z=1,96$. Έτσι αν το σφάλμα κλεισίματος K βρίσκεται μέσα στο διάστημα από $-1.96\sigma_K$ έως $+1.96\sigma_K$, η χωροστάθμηση γίνεται αποδεκτή.

Η Γεωμετρική Χωροστάθμηση παραμένει μέχρι και σήμερα η πλέον ακριβής μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, αφού τα περισσότερα σφάλματα εξαλείφονται ή ελαχιστοποιούνται αν ακολουθηθεί μία σχολαστική διαδικασία μετρήσεων. Αξίζει να αναφερθεί ότι η Γεωμετρική Χωροστάθμηση αποτελεί την ακριβέστερη μέθοδο προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών με ακρίβεια που μπορεί να φτάσει με την εφαρμογή ειδικών τεχνικών έως και $\pm 0.2-0.5\text{mm/Km}$.

Τα υψόμετρα και κυρίως οι υψομετρικές διαφορές που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι περίπου ορθομετρικά, που μπορούν να μετατραπούν σε αυστηρά ορθομετρικά αν στα αποτελέσματα της Γ.Χ. προστεθεί η ορθομετρική διόρθωση. Για τη διόρθωση αυτή απαιτείται ο υπολογισμός των τιμών του $\bar{g}$. Στην πράξη, το $\bar{g}$ δεν είναι απαραίτητο να μετριέται σε κάθε στάση χωροβάτη. Είναι αρκετό να μετριέται κάθε μερικά km (ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια) και να γίνεται παρεμβολή στα ενδιάμεσα σημεία. Η εφαρμογή της Γ.Χ. σε περιοχές όπως αυτές που ορίστηκαν στη παρούσα εργασία οδηγεί σε μήκη χωροσταθμικών οδεύσεων της τάξης του 0,5-1,0km, που στην πράξη οδηγεί στη θεώρηση μηδενικής ορθομετρικής διόρθωσης στις μετρημένες υψομετρικές διαφορές.

4

Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η δεύτερη μέθοδος που ακολουθείται στις μετρήσεις, η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (Ε.Τ.Υ) . Αναφέρονται γενικά στοιχεία σχετικά με τη μέθοδο, πηγές σφαλμάτων, η ακρίβεια της μεθόδου, η εφαρμογή της μεθόδου σήμερα και η διαδικασία των μετρήσεων που απαιτούνται .

4.1 Ιστορική ανασκόπηση

Οι πρώτοι υψομετρικοί προσδιορισμοί έγιναν τριγωνομετρικά, υπολογίζοντας τη κλίση μεταξύ σημείων που απείχαν γνωστή απόσταση. Από τα τέλη του 18^{ου} αιώνα, με την κατασκευή στην Αγγλία των πρώτων θεοδολίχων (Sisson / 1730, Adams, Ramsden/1783) η Τριγωνομετρική Υψομετρία αρχίζει να εφαρμόζεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ σημείων με γνωστές συντεταγμένες (σημεία Τριγωνομετρικών Δικτύων), μια και οι αποστάσεις δεν μπορούσαν να προσδιοριστούν διαφορετικά. Η μέθοδος χαρακτηριζόταν από χαμηλή ακρίβεια, λόγω της δυσκολίας προσδιορισμού της πραγματικής απόστασης και της μεγάλης επίδρασης της ατμοσφαιρικής διάθλασης στις μετρήσεις των κατακορύφων γωνιών, γι' αυτό και η εφαρμογή της περιοριζόταν κύρια σε υψομετρικούς προσδιορισμούς σε ορεινές περιοχές.

Με τη σταδιακή εξέλιξη των θεοδολίχων και την ανάπτυξη των μοντέλων προσδιορισμού του συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης (2^ο μισό του 20^{ου} αιώνα) η

ακρίβεια της Τ.Υ. βελτιώθηκε κατά πολύ , παρέμενε όμως το σοβαρό πρόβλημα της απ' ευθείας μέτρησης της απόστασης.

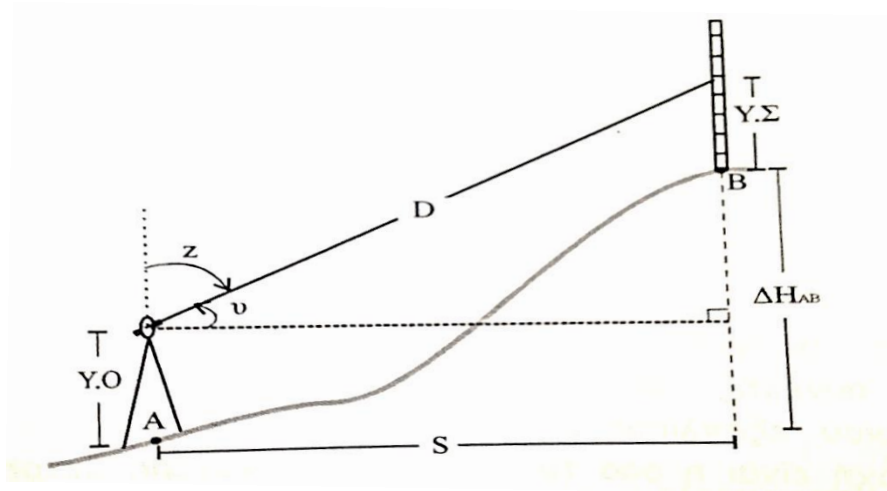
Η επανάσταση στη Τ.Υ. ήρθε με την ανάπτυξη των αυτόματων θεοδολίχων και των επιβατικών σε αυτά οργάνων E.D.M. (δεκαετία 1970) και κυρίως με την εμφάνιση των οργάνων ολοκληρωμένων δυνατοτήτων/total station (δεκαετία 1980) . Η ευκολία που παρείχαν τα όργανα αυτά στη μέτρηση μιας μεγάλης απόστασης με ακρίβεια και η δυνατότητα ομοαξονικής μέτρησης απόστασης και κατακόρυφης γωνίας , οδήγησε στην ανάπτυξη μεθοδολογιών που εξαλείφουν ή μειώνουν την επίδραση της ατμοσφαιρικής διάθλασης (αμοιβαίες- ταυτόχρονες παρατηρήσεις κατακόρυφων γωνιών, Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία), βελτιώνοντας κατά πολύ τις ακρίβειες της τρέχουσας Τ.Υ., σε σημείο που , υπό προϋποθέσεις , να φτάσει να συναγωνίζεται τη Γ.Χ. Με τα σύγχρονα total station ακριβείας και εφαρμογή ειδικών τεχνικών Τ.Υ., μπορούν να επιτευχθούν ακρίβειες της τάξης των μερικών mm/km, δίνοντας αξιόπιστες και ακριβείς λύσεις ειδικά σε περιοχές που η εφαρμογή της Γ.Χ. είναι πολύ δύσκολη ή / και αδύνατη (πεδία με έντονες κλίσεις τόσο στο ύπαιθρο όσο και σε κλειστούς εργοταξιακούς και βιομηχανικούς χώρους). Η εμφάνιση στη δεκαετία του 1990 των οργάνων E.D.M. που μετρούν μήκη χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα (reflectorless total stations) προσέφερε στους υψομετρικούς προσδιορισμούς απρόσιτων σημείων εύκολες λύσεις με σχετικά καλές ακρίβειες για αποστάσεις μέχρι και 200m. Η εξέλιξη των οργάνων αυτών τα τελευταία χρόνια (ομοαξονική μέτρηση γωνίας και απόστασης, αύξηση του βεληνικού και της ακρίβειας της μέτρησης του μήκους) οδηγεί σε νέες λύσεις στους υψομετρικούς ή /και τρισδιάστατους προσδιορισμούς σημείων με ακρίβεια , χωρίς να χρειάζεται πλέον η σήμανσή τους.

4.2 Η αρχή της μεθόδου της Τ.Υ.

Η Τριγωνομετρική Υψομετρία (Τ.Υ.) είναι μέθοδος έμμεσου προσδιορισμού των υψομετρικών διαφορών μεταξύ σημείων της Φ.Γ.Ε. . Γενικά στη μέθοδο χρησιμοποιούνται όργανα που μπορούν να μετρούν κατακόρυφες γωνίες και όργανα που μετρούν μήκη ή συστήματα οργάνων μέτρησης γωνιών και μήκων .Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί (Total Stations) . Για τον υπολογισμό της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ δυο σημείων Α και Β που απέχουν λιγότερο από 100m και θεωρώντας την επιφάνεια της γης επίπεδη, οι στοιχειώδεις μετρήσεις για τον προσδιορισμό της υψομετρικής διαφοράς Δh_{AB} είναι :

- **z** η κατακόρυφη γωνία (ή η γωνία ύψους υ)
- **D** το κεκλιμένο μήκος (ή το οριζόντιο S)
- **ΥΟ** το ύψος οργάνου

- $Y\Sigma$ το ύψος σκόπευσης



Σχήμα 5 :Μετρούμενα μεγέθη $T.Y.$

Η βασική σχέση που δίνει την υψομετρική διαφορά Δh_{AB} είναι:

$$\Delta h_{AB} = D \sin v + (Y.O - Y\Sigma) \quad (4.1)$$

$$= D \cot z + (Y.O - Y\Sigma) \quad (4.2)$$

ή

$$\Delta h_{AB} = S \tan v + (Y.O - Y\Sigma) \quad (4.3)$$

$$= S \cot z + (Y.O - Y\Sigma) \quad (4.4)$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε η μέτρηση της κατακόρυφης γωνίας και του μήκους να αναφέρονται στην ίδια ακριβώς διαδρομή (οι μετρήσεις και των δύο στοιχείων να έχουν γίνει από το ίδιο ακριβώς σημείο προς το ίδιο σημείο σκόπευσης), αλλιώς θα πρέπει να γίνονται οι απαραίτητες γεωμετρικές αναγωγές ώστε να προκύψουν ομόλογα μήκη και γωνίες.

Ωστόσο για μεγαλύτερες αποστάσεις από αυτές των 100m, το μοντέλο της γης δεν μπορεί να θεωρηθεί ως επίπεδο αλλά ως σφαίρα. Στην περίπτωση αυτή αρχίζουν και επιδρούν

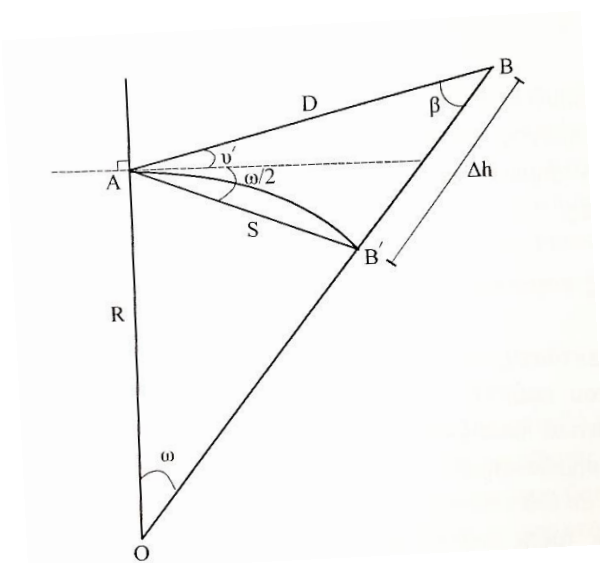
εξωτερικές συνθήκες που έχουν σχέση με το σχήμα της γης (καμπυλότητα , απόκλιση κατακόρυφου) και με την ατμόσφαιρα (διάθλαση) .

Πιο συγκεκριμένα όσο η απόσταση μεγαλώνει ,τόσο μεγαλύτερη γίνεται η απόκλιση της επιφάνειας της σφαιρικής γης από το επίπεδο, γεγονός το οποίο συνεισφέρει σε οριζοντιογραφικό και σε υψομετρικό κυρίως σφάλμα στον προσδιορισμό της θέσης των σημείων της Φ.Γ.Ε. Η καμπυλότητα της γης κάνει ένα μακρινό σημείο που βρίσκεται πάνω στη Φ.Γ.Ε. να φαίνεται χαμηλότερα απ' ότι είναι στην πραγματικότητα . Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται μια τομή της γης κατά το μέγιστο κύκλο που ορίζεται από τα σημεία Α και Β. Στο σημείο Α βρίσκεται ο παρατηρητής ενώ το Β είναι ένα άλλο σημείο της Φ.Γ.Ε. που βρίσκεται σε μια άλλη ισοδυναμική (χωροσταθμική) επιφάνεια απ' ότι το Α. Στην περίπτωση αυτή , η γη θεωρείται σφαίρα ακτίνας R^{16} .

Αποδεικνύεται ότι:

$$\Delta h = Stanu' + \frac{S^2}{2R} \quad (4.5)$$

Επομένως ,για λόγους που οφείλονται στη καμπυλότητα της γης ,θα πρέπει να γίνεται πάντα μια προσθετική διόρθωση στην υψομετρική διαφορά που προσδιορίζεται με Τ.Υ., η οποία είναι συνάρτηση της απόστασης S των δύο σημείων και της ακτίνας καμπυλότητας R της γης.



Σχήμα 6 : Επίδραση της καμπυλότητας της Γης στην Τ.Υ.

u' = η γωνία ύψους μετρημένη στο σημείο Α , χωρίς την επίδραση της διάθλασης

ω = η γεωκεντρική γωνία

$\omega/2$ = η γωνία χορδής και εφαπτόμενης

θεωρείται ότι το τόξο $AB' = S$, γιατί η καμπυλότητα του τόξου είναι αμελητέα ($S \ll R$) .

Ακόμη ,όσο η απόσταση μεγαλώνει , τόσο αυξάνεται και η επίδραση της (γεωδαιτικής) διάθλασης. Για την εξάλειψη του σφάλματος που προέρχεται από την επίδρασή της εφαρμόζεται στις μετρήσεις μια διόρθωση παρόμοια μ' αυτή για την επίδραση της καμπυλότητας της γης .

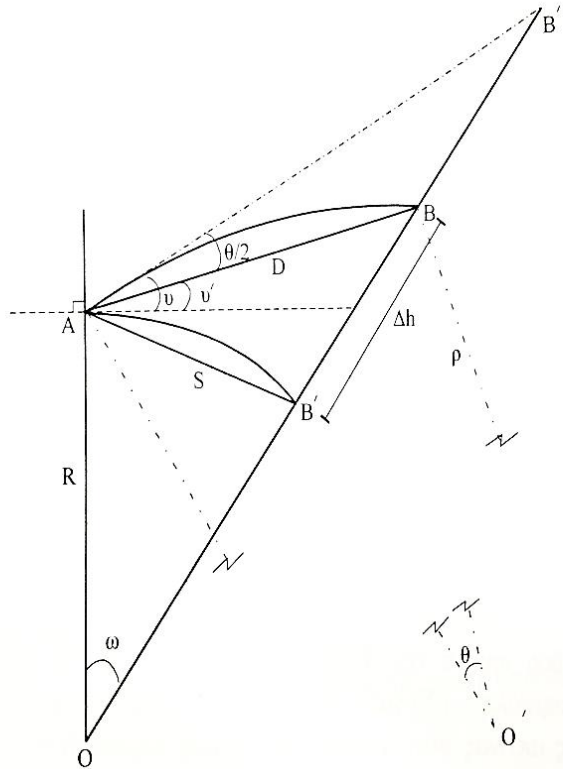
Μια ακτίνα φωτός καμπυλώνεται καθώς περνάει μέσα από τις διάφορες στοιβάδες της ατμόσφαιρας που έχουν διαφορετική πίεση και θερμοκρασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ακτίνα αυτή να διαθλάται κατά μήκος μιας καμπύλης ,της οποίας η καμπυλότητα εξαρτάται από τη μεταβαλλόμενη πυκνότητα της ατμόσφαιρας. Οι μεταβολές της πυκνότητας της ατμόσφαιρας εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και την πίεση κατά μήκος της τροχιάς της καμπυλωμένης οπτικής ακτίνας .

Αν Α και Β είναι δύο σημεία της Φ.Γ.Ε., η οπτική ακτίνα ΑΒ δεν είναι ευθύγραμμη αλλά καμπύλη .Η ακτίνα καμπυλότητας ρ της τροχιάς της οπτικής ακτίνας συνδέεται με την ακτίνα καμπυλότητας R της γης σύμφωνα με τη σχέση:

$$R=k\rho \quad \text{ή} \quad 1/\rho=k1/R \quad (4.6)$$

Ο συντελεστής k ονομάζεται «συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης » χαρακτηρίζει ουσιαστικά την καμπυλότητα της οπτικής ακτίνας και εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες και από το είδος του περιβάλλοντος.

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται μια τομή της γης κατά το μέγιστο κύκλο που ορίζεται από τα σημεία Α και Β . Η γη θεωρείται σφαίρα ακτίνας R. Στο σημείο Α βρίσκεται ο παρατηρητής ενώ το Β είναι ένα άλλο σημείο της Φ.Γ.Ε. που βρίσκεται σε μια άλλη χωροσταθμική επιφάνεια απ' ότι το Α. Η οπτική ακτίνα μεταξύ των Α και Β θεωρείται ένα επίπεδο τόξο κύκλου με κέντρο το Ο' και επίκεντρη γωνία θ. (Σύμφωνα με την αρχή του Fermat,η οπτική ακτίνα θα ακολουθήσει το συντομότερο «οπτικό δρόμο»).



Σχήμα 7: Επίδραση της ατμοσφαιρικής διάθλασης στην T.Y.

$v' =$ η γωνία ύψους μετρημένη στο σημείο A , χωρίς την επίδραση της διάθλασης , που είναι η γωνία της εξωτερικής χορδής και της εσωτερικής εφαπτομένης

$v =$ η γωνία των εφαπτομένων

$\omega =$ η γεωκεντρική γωνία

$\theta/2 =$ η γωνία χορδής του τόξου της οπτικής ακτίνας με την εξωτερική εφαπτόμενη .

θεωρείται ότι το τόξο $AB' = S$, γιατί η καμπυλότητα του τόξου είναι αμελητέα ($S \ll R$) .

Αποδεικνύεται ότι λόγω της διάθλασης ισχύει :

$$\tan v' = \tan v - \frac{1}{2}k \frac{S}{R} \quad (4.7)$$

Η τελική σχέση από την οποία μπορεί να προκύψει μια Δh από T.Y. λαμβάνοντας υπόψη και την καμπυλότητα της γης και τη διάθλαση είναι :

$$\Delta h = S \tan v + (1 - k) \frac{S^2}{2R} + YO - Y\Sigma \quad (4.8)$$

Από τη σχέση 4.8 φαίνεται ότι η επίδραση της διάθλασης στις υψομετρικές διαφορές είναι αρνητική και ίση με $-\frac{S^2 k}{2R}$ εφ' όσον η καμπυλότητα της οπτικής ακτίνας έχει τα

κοίλα προς το κέντρο της γης ($k > 0$), ενώ η επίδραση της καμπυλότητας της γης είναι πάντα θετική και ίση με $\frac{S^2 k}{2R}$.

Στην περίπτωση που μετριέται άμεσα το κεκλιμένο μήκος, τότε η σχέση που δίνει η υψομετρική διαφορά γίνεται :

$$\Delta h = D \sin \nu + (1 - k) \frac{D^2}{2R} \cos^2 \nu + YO - Y\Sigma \quad (4.9)$$

Αν χρησιμοποιείται η ζενίθια απόσταση Z αντί της γωνίας ύψους ν , οι σχέσεις (4.8) και (4.9) γίνονται αντίστοιχα:

$$\Delta h = S \cot z + (1 - k) \frac{S^2}{2R} + YO - Y\Sigma \quad (4.10)$$

$$\Delta h = D \cot z + (1 - k) \frac{D^2}{2R} \sin^2 \nu + YO - Y\Sigma \quad (4.11)$$

Είναι προφανές ότι η επίδραση της διάθλασης στις υψομετρικές διαφορές ελαττώνει την επίδραση της καμπυλότητας της γης.

Η συνδυασμένη επίδραση καμπυλότητας και διάθλασης $c = (1 - k) \frac{S^2}{2R}$ που συναντάται στη βιβλιογραφία και ως «σφάλμα φαινόμενης στάθμης».

Η επίδραση του k μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα στις μετρήσεις κατακόρυφων γωνιών με ταυτόχρονες και αμοιβαίες σκοπεύσεις από τα δύο σημεία που πρόκειται να προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά. Σε αντίθετη περίπτωση, ο συντελεστής k θα πρέπει να είναι προσδιορισμένος με τέτοια ακρίβεια που η αβεβαιότητα προσδιορισμού του να μην επηρεάζει τη τάξη ακρίβειας της υψομετρικής διαφοράς που πρόκειται να μετρηθεί.

Η διάθλαση επιδρά και στις μετρήσεις μηκών με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία («διαθλασιμότητα»).

4.3 Πηγές σφαλμάτων

Η ακρίβεια προσδιορισμού μιας υψομετρικής διαφοράς μεταξύ δύο σημείων Α και Β με τη μέθοδο της Τ.Υ. είναι συνάρτηση της ακρίβειας με την οποία μπορούν να μετρηθούν τα μεγέθη που υπεισέρχονται στη βασική σχέση (κατακόρυφη γωνία, κεκλιμένο μήκος και ύψη οργάνου και στόχου). Ανάλογα με την επιδιωκόμενη ακρίβεια για μεγαλύτερες αποστάσεις, αρχίζουν και επιδρούν εξωτερικές συνθήκες που

έχουν σχέση με το σχήμα της γης (καμπυλότητα , απόκλιση κατακορύφου) και με την ατμόσφαιρα (διάθλαση).

Έτσι , μπορούν να διακριθούν δύο βασικές κατηγορίες συστηματικών σφαλμάτων:

- i. Σφάλματα που οφείλονται στις μετρήσεις (διαδικασία μετρήσεων-όργανα-παρατηρητής)
- ii. Σφάλματα που οφείλονται σ' εξωτερικές συνθήκες

Η σύγχρονη τεχνολογία των ψηφιακών οργάνων (ομοαξονική μέτρηση γωνιών και αποστάσεων ,αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων και εισαγωγή των δεδομένων σε Η/Μ ,μείωση του μεγέθους των καταφώτων ,βελτίωση των σκοπευτικών διατάξεων και της ποιότητας των παρελκόμενων)έχει μειώσει στο ελάχιστο την εμφάνιση των σφαλμάτων της πρώτης περίπτωσης, εφόσον τηρείται μια συνεπής διαδικασία ελέγχου και βαθμονόμησης του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Εκείνο στο οποίο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη μέτρηση των υψών οργάνου και στόχου, γιατί όπως φαίνεται και από την βασική εξίσωση της Τ.Υ., αυτή επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια του προσδιορισμού της υψομετρικής διαφοράς .

Οι εξωτερικές συνθήκες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα μιας Τ.Υ. είναι κυρίως:

- η καμπυλότητα της γης
- η ατμοσφαιρική διάθλαση
- η επίδραση της απόκλισης της κατακορύφου στον προσδιορισμό των κατακορύφων γωνιών.

Η επίδραση των τριών αυτών εξωτερικών συνθηκών ,είναι συνάρτηση κυρίως της απόστασης των δύο σημείων μεταξύ των οποίων γίνεται η μέτρηση της υψομετρικής διαφοράς.

Ο συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης k εξαρτάται από την πυκνότητα της ατμόσφαιρας , η οποία με τη σειρά της είναι συνάρτηση της πίεσης ,της θερμοκρασίας και της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας (κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος). Μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με :

- την ώρα της ημέρας
- το ύψος από την επιφάνεια του εδάφους
- τον τύπο του εδάφους πάνω από τον οποίο διέρχεται η ακτίνα
- το κλίμα του τόπου

Γενικά, μια αντιπροσωπευτική μέση τιμή στον Ελληνικό χώρο είναι η τιμή $k=0.16 \pm 0.016$ για την ημέρα και $k=0.195 \pm 0.016$ για τη νύχτα .

Ο συντελεστής k μπορεί να προσδιοριστεί τόσο από παρατηρήσεις κατακορύφων γωνιών όσο και από μετεωρολογικά δεδομένα με τις μεθόδους:

- της θερμοβαθμίδας
- των απλών σκοπεύσεων
- των αμοιβαίων –ταυτόχρονων σκοπεύσεων

4.4 Η ακρίβεια της μεθόδου

Η ακρίβεια προσδιορισμού των υψομετρικών διαφορών εξαρτάται από την ακρίβεια προσδιορισμού των στοιχείων που μετρώνται (κατακορύφων γωνιών, αποστάσεων, Y_O, Y_S) και υπολογίζονται ή θεωρούνται γνωστά (k, R).

Ανάλογα με το βαθμό της ακρίβειας των παραπάνω στοιχείων, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μια υψομετρική διαφορά (είτε απ' ευθείας είτε με υψομετρική όδευση) με μια ακρίβεια κλάσματος του m (0.1-0.2m) για αποστάσεις μερικών χιλιομέτρων που μπορεί να βελτιωθεί και να γίνει μερικά cm (ακόμα και $\pm 1\text{cm/km}$) αν χρησιμοποιηθούν κατάλληλα όργανα και μεθοδολογίες (total station ακριβείας, κατάλληλοι στόχοι, αμοιβαίες και ταυτόχρονες παρατηρήσεις και απαλλαγή από τον k) και αν ληφθεί υπόψη η οπτική ακτίνα να περνά ψηλά από την επιφάνεια της γης.

4.5 Εφαρμογές της Τριγωνομετρικής υψομετρίας

Η μέθοδος της Τ.Υ. εφαρμόζεται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις υψομετρικών προσδιορισμών, από απλές περιπτώσεις προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών σε ταχυμετρικές αποτυπώσεις και οδεύσεις μέχρι και στον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών μεταξύ κορυφών των τριγωνομετρικών δικτύων. Σήμερα, κυρίως χάρις στην ύπαρξη των Total stations, η Τ.Υ. μπορεί να αντικαταστήσει με αξιώσεις τη Γ.Χ., σε περιπτώσεις που δεν μπορεί αυτή να εφαρμοστεί. Τέτοιες ειδικές περιπτώσεις συναντώνται όταν υπάρχει μεγάλη υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων και απαιτείται ο ακριβής προσδιορισμός της ή οι συνθήκες είναι τέτοιες που θα δυσκόλευαν ή θα απαγόρευαν την εφαρμογή της Γ.Χ. (γεφύρωση φυσικών ανοιγμάτων, δυσκολία προσπέλασης μεταξύ των δύο σημείων Α και Β, μαλακά εδάφη, κεκλιμένες στοές κ.λ.π.).

Ακολουθώντας ουσιαστικά την εξέλιξη των E.D.M., αναπτύχθηκαν κατά καιρούς διάφορες παραλλαγές της Τ.Υ. (Παραλλακτική Υψομετρία. Μέθοδος «leap frog», Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία, Αυτοκίνητη Τριγωνομετρική Υψομετρία κ.λ.π) που κάθε φορά έθεταν διαφορετικά πρωταρχικά κριτήρια (ταχύτητα, οικονομία, ακρίβεια, συνδυασμός των προηγούμενων κ.λ.π.)

4.6 Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (E.T.Y.)

Η Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (E.T.Y.), είναι μία μέθοδος που βασίζεται στο συνδυασμό της τριγωνομετρικής υψομετρίας με τη Γεωμετρική χωροστάθμιση και με το κατάλληλο συνδυασμό οργάνων μπορεί να πετύχει υψηλές ακρίβειες , καλύτερες από $\pm 1\text{cm/km}$.

Η μέθοδος της E.T.Y. επινοήθηκε από τον Δ.Δ.Μπαλοδήμο (1977) και χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στη μέτρηση ενός χωροσταθμικού δικτύου με υψηλές απαιτήσεις ακριβείας , για τον υψομετρικό έλεγχο των σιδηρόδρομων του φράγματος του Μόρνου με εντυπωσιακά αποτελέσματα. Έκτοτε , χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία σε διάφορες περιπτώσεις τρεχόντων και ειδικών δικτύων κατακορύφου ελέγχου.

Η E.T.Y. μπορεί να εφαρμοστεί στον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών με υψηλή ακρίβεια μέσα σε ισχυρά κεκλιμένες σιδηροδρομικές ελάντες τεχνικών έργων ,σε τμήματα κλιμάκων μέσα σε κτήρια και σε κάθε είδους ισχυρά κεκλιμένα τμήματα κτηρίων ή τεχνικών έργων. Είναι επίσης εφαρμόσιμη σε υψομετρικές συνδέσεις μεταξύ σημείων που τα χωρίζει κάποιο φυσικό εμπόδιο (π.χ. ποτάμι, λίμνη ή θάλασσα) καθώς και μεταξύ σημείων ειδικών τριγωνομετρικών δικτύων με μεγάλες υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κορυφών , για τον έλεγχο πιθανών μικρομετακινήσεων ή καθιζήσεων. Είναι μια μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε ανοιχτό όσο και σε κλειστό χώρο, ανεξάρτητα από τη κλίση του εδάφους και για αποστάσεις από μερικές δεκάδες μέτρα έως λίγα χιλιόμετρα (ανάλογα με το βεληνεκές του οργάνου που θα χρησιμοποιηθεί).

Η διαδικασία μέτρησης που ακολουθείται , που ως κύριο χαρακτηριστικό της έχει τη κατάλληλη τοποθέτηση των τριπόδων κοντά στις υψομετρικές αφετηρίες και το συνδυασμό των οριζόντιων και κεκλιμένων σκοπεύσεων αντίστοιχα προς το μετρητικό πήχη και το στόχο, περιγράφονται στην πιο κάτω παράγραφο (§ 4.7) και πιο αναλυτικά στο κεφάλαιο 6.

Στην περίπτωση που η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μόνο με δύο στάσεις κοντά στις υψομετρικές αφετηρίες , τότε εφαρμόζεται η μέθοδος των τριών τριπόδων που περιγράφεται και αυτή στην πιο κάτω παράγραφο (§ 4.7) και πιο αναλυτικά στο κεφάλαιο 6 .

Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι το τελικό αποτέλεσμα είναι ανεξάρτητο των ενδιάμεσων υψών οργάνων και σκοπεύσεων.

Επίσης ,επειδή κάθε επιμέρους υψομετρική διαφορά ΔH_{TITJ} μεταξύ των τριχοχλίων υπολογίζεται ως μέσος όρος μεταξύ μετάβασης και επιστροφής η υψομετρική διαφορά είναι απαλλαγμένη από την επίδραση της καμπυλότητας της γης και εξαρτάται όχι

από την απόλυτη τιμή των συντελεστών διάθλασης αλλά από την διαφορά των τιμών τους $dk=(k_{ij} - k_{ji})$, που για μικρές αποστάσεις ,εφόσον η εναλλαγή του οργάνου και στόχου γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα ,μπορεί να θεωρηθεί μηδενική .

Με βάση την παραπάνω ανάλυση , η ακρίβεια του προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών με τη μέθοδο της E.T.Y .εξαρτάται:

- Από την ακρίβεια μέτρησης των αναγνώσεων A1 και A2 στις οριζοντιες σκοπεύσεις πάνω στις σταδίες που μπορεί να φτάσει και το 0,25mm.
- Από τις ακρίβειες μέτρησης των κατακορύφων γωνιών και των αποστάσεων.
- Από τη μεταβολή του δείκτη διάθλασης κατά τη διάρκεια της μέτρησης της μοναδιαίας Δh σε μετάβαση και επιστροφή . Για αποστάσεις μικρότερες των 300m(συνθήκη που περιλαμβάνει και τις εφαρμογές της μεθόδου σε κλειστούς χώρους), αν η ακτίνα σκόπευσης δεν περνά χαμηλά , η επίδραση της διάθλασης μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.
- Σε μεγάλες αποστάσεις μοναδιαίου προσδιορισμού Δh θα πρέπει να γίνονται αμοιβαίες - ταυτόχρονες παρατηρήσεις για την εξάλειψη της επίδρασης της διάθλασης ,ενώ θα πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά η επίδραση της μεταβολής της απόκλισης της κατακορύφου μεταξύ των άκρων.

Όσον αφορά την ακρίβεια που μπορεί να επιτευχθεί , μπορούν εύκολα να υπολογιστούν οι a priori ακρίβειες που μπορούν να επιτευχθούν με την E.T.Y.. Π.χ. , με τη χρήση ενός τυπικού total station ακρίβειας (με ακρίβειες $\pm 3\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ στα μήκη και $\pm 3\text{cc}$ στις γωνίες), μπορούν να επιτευχθούν ακρίβειες της τάξης των $\pm 5\text{mm/km}$ λαμβάνοντας αποστάσεις της τάξης των 500m, η ακρίβεια αυτή μειώνεται στα $\pm 10\text{mm/km}$. Στην περίπτωση που οι μετρήσεις γίνουν αμοιβαία και ταυτόχρονα , οι παραπάνω ακρίβειες αυξάνονται και για μήκη σκόπευσης της τάξης των 250-500m μπορούν να φτάσουν και τα $\pm 3\text{ mm/km}$.

4.7 Διαδικασία μετρήσεων E.T.Y.

Η E.T.Y. βασίζεται στο συνδυασμό της τριγωνομετρικής υψομετρίας με τη γεωμετρική χωροστάθμηση.

Πιο συγκεκριμένα, για την εφαρμογή της E.T.Y. προσδιορίζονται υψομετρικές διαφορές από άμεσες μετρήσεις μηκών (D) και ζενίθιων γωνιών (z). Στην απλή περίπτωση που τα σημεία μεταξύ των οποίων ζητείται η υψομετρική διαφορά R1,R2 είναι και τα δύο ορατά από κάποια θέση εγκατάστασης του γεωδαιτικού σταθμού και σε σχετικά μικρή απόσταση από αυτόν, εφαρμόζεται η αρχική και μοναδιαία διαδικασία της μεθόδου όπως περιγράφεται στην παράγραφο §6.3 του αντιστοίχου κεφαλαίου . Η υψομετρική διαφορά ΔH_{R1R2} μεταξύ των δύο σημείων προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\Delta H_{R1R2} = (A1 - A2) + \frac{\Delta H_{T1T2} - \Delta H_{T2T1}}{2} \quad (4.12)$$

Όπου :

ΔH_{R1R2} = η υψομετρική διαφορά μεταξύ R1 και R2

A1= η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R1

A2= η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R2

ΔH_{T1T2} = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις T1 και T2

ΔH_{T2T1} = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις T2 και T1

Στην περίπτωση που η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο σημείων δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μόνο με δύο στάσεις , εφαρμόζεται η μέθοδος των τριών τριπόδων που είναι μια διαδοχική εφαρμογή της προηγούμενης μεθόδου . Η διαδικασία περιγράφεται στην παράγραφο §6.3 του αντιστοίχου κεφαλαίου .

Η τελική υψομετρική διαφορά υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\Delta H_{R1R2} = (O - E) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{TiTj} - \Delta H_{TjTi}}{2} \quad (4.13)$$

Όπου :

ΔH_{R1R2} = η υψομετρική διαφορά μεταξύ R1 και R2

O= η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R1

E= η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R2

ΔH_{TiTj} = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις Ti και Tj

ΔH_{TjTi} = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις Tj και Ti

4.8 Τα πλεονεκτήματα της E.T.Y.

- Καθίσταται δυνατή η σύνδεση μεταξύ σημείων σε ιδιαίτερες θέσεις (ανοίγματα, έντονες κλίσεις, κατασκευές) σε περιοχές έντονου ανάγλυφου ή μεγάλης απόστασης.
- Παρουσιάζει ταχύτητα και ευελιξία λόγω της ανεξαρτησίας των ενδιάμεσων θέσεων των τριπόδων και της φυσικής διαδρομής που θα ακολουθηθεί.
- Είναι απαλλαγμένη από τα σφάλματα μέτρησης υψών οργάνου και στόχων, αφού δεν συμμετέχουν στους υπολογισμούς.

- Λόγω αμοιβαίων μετρήσεων μετάβασης και επιστροφής, η προσδιοριζόμενη υψομετρική διαφορά προκύπτει ως μέσος όρος και επομένως είναι ανεξάρτητη της καμπυλότητας της γης.
- Επειδή πρακτικά οι αμοιβαίες αυτές μετρήσεις γίνονται σε μικρό χρονικό διάστημα, μπορεί να θεωρηθεί πως η τιμή του συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης k παραμένει σταθερή και επομένως η προσδιοριζόμενη υψομετρική διαφορά που προκύπτει ως μέσος όρος των δύο τιμών, είναι ανεξάρτητη του k .
- Δεν επηρεάζεται από τυχόν διαφορά μεταξύ κατασκευαστικού ύψους του γεωδαιτικού σταθμού και του γωνιομετρικού στόχου ή ανακλαστήρα.

5

Ίδρυση δικτύου κατακορύφου ελέγχου

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η διαδικασία ίδρυσης του δικτύου στην περιοχή . Το κεφάλαιο περιέχει κάποια γενικά στοιχεία σχετικά με τα δίκτυα, το πώς επιλέχθηκαν οι θέσεις των κορυφών και ποια είναι τελικά η γεωμετρία του δικτύου .Τέλος αναφέρεται διεξοδικά στα όργανα που επιλέχθηκαν για τις μετρήσεις και στα χαρακτηριστικά τους .

5.1 Γενικά

Το γεωδαιτικό δίκτυο είναι ένα σύνολο σημείων της Φυσική Γήινη Επιφάνεια (Φ.Γ.Ε.) που συνδέονται μεταξύ τους με απ' ευθείας παρατηρήσεις ή και με παρατηρήσεις σε σημεία έξω από την Φ.Γ.Ε. , με σκοπό να προσδιοριστούν συντεταγμένες ή άλλου είδους τιμές ώστε να χρησιμεύουν ως σημεία αναφοράς και ελέγχου για μελλοντικές εργασίες.

Τα δίκτυα χωρίζονται σε:

- Δίκτυα οριζοντίου ελέγχου, όπου προσδιορίζονται οι θέσεις των προβολών των κορυφών σε μια επιφάνεια αναφοράς (ελλειψοειδές, σφαίρα, επίπεδο). Στα δίκτυα αυτά οι συντεταγμένες υπολογίζονται σε διδιάστατο χώρο.
- Δίκτυα κατακορύφου ελέγχου ή χωροσταθμικά, όπου προσδιορίζονται οι αποστάσεις των σημείων (υψόμετρα) από μια επιφάνεια αναφοράς. Τα δίκτυα αυτά υπολογίζονται σε μονοδιάστατο χώρο.

- Τριδιάστατα δίκτυα, όπου προσδιορίζονται με ενιαία διαδικασία οι τρεις συντεταγμένες που δίνουν τις θέσεις των κορυφών στο χώρο ως προς κάποιο τρισσορθόγωνιο καρτεσιανό σύστημα αναφοράς (γεωκεντρικό ή τοποκεντρικό).

Το δίκτυο το οποίο μετρήθηκε στην εργασία αυτή είναι ένα δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου σε αστική περιοχή.

Η ίδρυση του αστικού δικτύου κατακόρυφου ελέγχου στην περιοχή της Ραφήνας πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εξυπηρέτηση των αναγκών της περιοχής για έργα υποδομής και κατασκευές, π.χ.:

- έργων οδοποιίας
- έργων ύδρευσης και αποχέτευσης
- έργων οργανισμών κοινής ωφέλειας
- γενικά οικοδομικών έργων
- για γενικές τοπογραφικές εργασίες

Η ακρίβεια που απαιτείται για την εκτέλεση των παραπάνω εργασιών είναι της τάξης του $\pm 1\text{ cm}$, για το λόγο αυτό η ακρίβεια του δικτύου θα πρέπει να είναι καλύτερη από $\pm 1\text{ cm}$.

5.2 Σχεδιασμός του δικτύου

Σύμφωνα με τη Γεωδαιτική Μεθοδολογία, κατά τη φάση σχεδιασμού επιδιώκεται η κατασκευή του βέλτιστου, ποιοτικά, δικτύου, δηλαδή η καλύτερη δυνατή προσαρμογή του σε αρχές όπως η ακρίβεια, η αξιοπιστία και η οικονομία. Ειδικότερα, η διαδικασία της βελτιστοποίησης περιλαμβάνει την εύρεση του κατάλληλου συνδυασμού γεωμετρίας δικτύου – παρατηρήσεων – οργάνων και παρελκόμενων, που θα έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερα προσαρμοζόμενη στις απαιτήσεις ακρίβεια με το μικρότερο οικονομικό κόστος. Η ανίχνευση της προσδοκώμενης ακρίβειας κάθε συνδυασμού γίνεται μέσω του υπολογισμού του a priori πίνακα μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων του δικτύου ($V\hat{x}$) εφόσον έχουν υπολογισθεί οι αντίστοιχες προσωρινές τιμές.

Η προσαρμογή της Γεωδαιτικής Μεθοδολογίας στην εν λόγω μελέτη όμως, κατέδειξε πως η διαδικασία βελτιστοποίησης του δικτύου ελέγχου της Ραφήνας, δεν θα είχε κανένα νόημα. Κι αυτό γιατί οι εξαιρετικές συνθήκες που διαμόρφωναν την πραγματικότητα του συγκεκριμένου προβλήματος δεν άφηναν περιθώρια για ιδιαίτερη πολλαπλότητα στις επιλογές σχεδιασμού του δικτύου.

5.3 Επιλογή της θέσης των σημείων του δικτύου

Το δίκτυο που ιδρύθηκε αποτελείται από 9 υψομετρικές αφετηρίες , με μήκη χωροσταθμικών οδεύσεων από 260m έως 1600 m και είναι εξαρτημένο από τη χωροσταθμική αφετηρία της ΓΥΣ R130 (κοντά στο Τριγωνομετρικό Σημείο της ΓΥΣ: MATI). Πριν την ίδρυση του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου έγινε λεπτομερής αναγνώριση της περιοχής μελέτης. Η αναγνώριση της περιοχής είναι απαραίτητη για τη σωστή επιλογή της θέσης των κορυφών του δικτύου, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος για τον οποίο πρόκειται να ιδρυθεί το δίκτυο με το μικρότερο δυνατό κόστος και τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

Οι θέσεις και ο αριθμός των κορυφών του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου επιλέχθηκαν ώστε να καλύπτεται πλήρως η σημερινή έκταση των περιοχών Πρωτέας , Νηρέας και Ορειχαλκουργών (Πετρέλαια) της Ραφήνας και κάποιες μελλοντικές προεκτάσεις αυτών . Πιο συγκεκριμένα το δίκτυο αποτελείται από 3 προϋπάρχουσες κορυφές για την αναζήτηση των οποίων χρησιμοποιήθηκαν περιγραφές από παλαιότερες πτυχιακές εργασίες συναδέλφων του Τ.Ε.Ι. Αθήνας (κορυφές R1, R2, R3) ,και 6 νέες (που τοποθετήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας). Πιο αναλυτικά, αποτελείται από:

- Την υψομετρική αφετηρία R1 που ήταν τοποθετημένη στην είσοδο του parking του super market Carrefour από το τμήμα τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας , δυτικά της κεντρικής πλατείας της Ραφήνας στη Λεωφόρο Φλέμιγκ Αμαλίας .
- Την υψομετρική αφετηρία R2 που ήταν τοποθετημένη στο πεζοδρόμιο της παραλίας της Ραφήνας κοντά στην εκβολή του ρέματος της Ραφήνας , απέναντι από το πάρκο Καραμανλή , από το τμήμα τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας .
- Την υψομετρική αφετηρία R3 που ήταν τοποθετημένη στο γεφυράκι του ρέματος της Ραφήνας χαμηλά στο προστατευτικό τοίχιο των πεζών στο ρεύμα προς Αρτέμιδα . Το γεφυράκι βρίσκεται νότια της κεντρικής πλατείας .
- Την υψομετρική αφετηρία R4 που τοποθετήθηκε δεξιά της εισόδου , χαμηλά στην περίφραξη του Γυμνασίου – Ενιαίου Λυκείου της Ραφήνας .
- Την υψομετρική αφετηρία R5 που τοποθετήθηκε σε γωνιακή πολυκατοικία στην περιοχή του Πρωτέα . Η πολυκατοικία βρίσκεται απέναντι από το μνημείο της Άγκυρας και η αφετηρία τοποθετήθηκε χαμηλά στην περίφραξη ,αριστερά της εισόδου .
- Την υψομετρική αφετηρία R6 που τοποθετήθηκε σε μονοκατοικία στην περιοχή του Πρωτέα . Η μονοκατοικία βρίσκεται στο τέλος της οδού Θάλειας πριν την διασταύρωση με την οδό Ολυμπιάδος . Η αφετηρία τοποθετήθηκε στην περίφραξη , δεξιά της εισόδου του parking.

- Την υψομετρική αφετηρία R7 που τοποθετήθηκε σε κτήριο τοπικού συλλόγου στην περιοχή του Νηρέα . Το κτήριο βρίσκεται στην βορειοδυτική γωνία της πλατείας του Νηρέα . Η αφετηρία τοποθετήθηκε στην πλευρά του κτηρίου που βλέπει στην οδό Σύρου.
- Την υψομετρική αφετηρία R8 που τοποθετήθηκε στο κέντρο διανομής των ΕΛ.ΤΑ. που βρίσκεται στην οδό Αραφίνας . Η αφετηρία τοποθετήθηκε στην αριστερή πλαϊνή όψη του κτηρίου δίπλα σε υδρορροή.
- Την υψομετρική αφετηρία R9 που τοποθετήθηκε στη βάση του βάθρου του Τριγωνομετρικού της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ" που βρίσκεται στην περιοχή των Ορειχαλκουργών σε ύψωμα ανατολικά της παραλίας Μαρίκες .

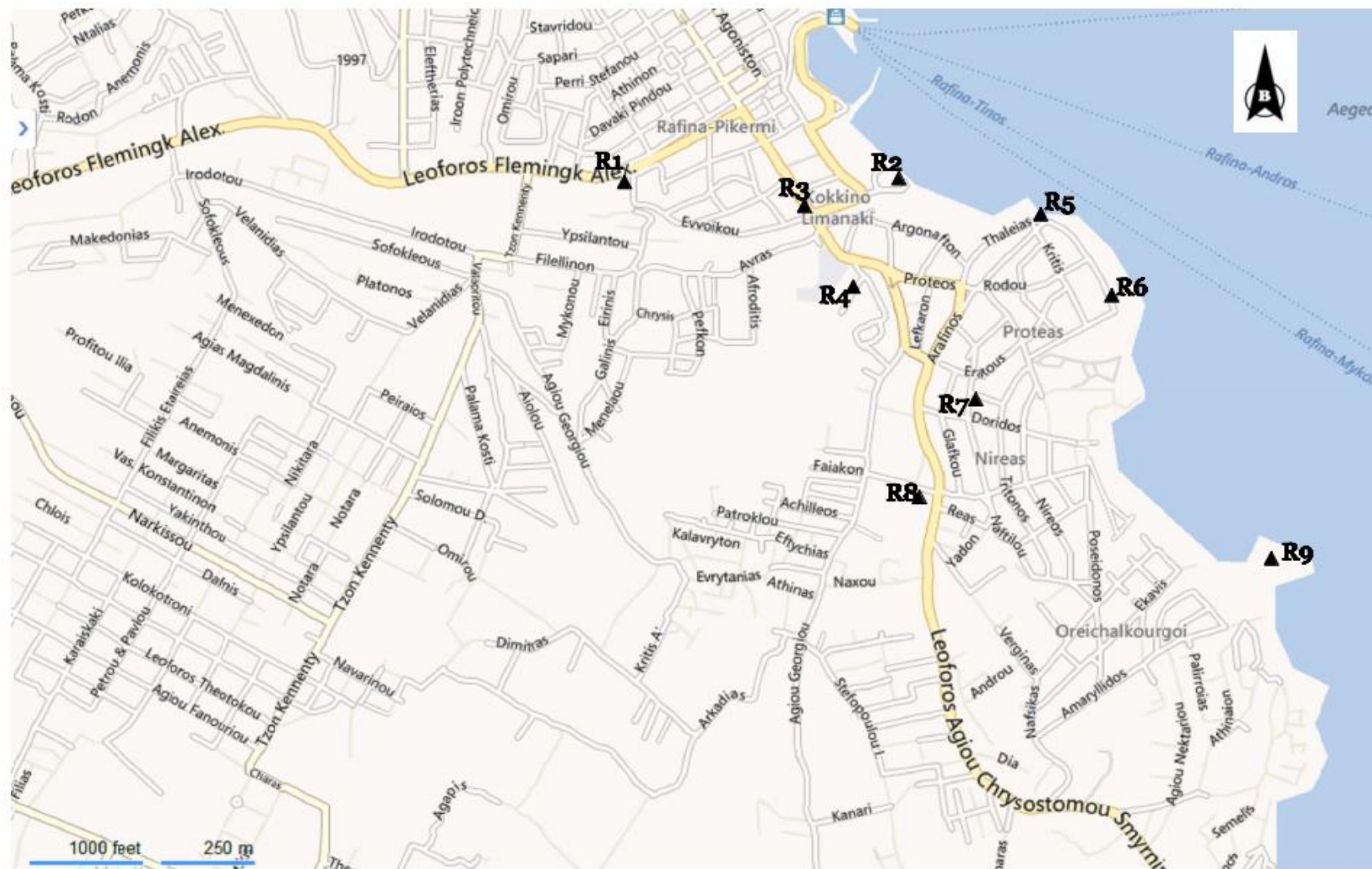
Η υλοποίηση των κορυφών έγινε έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μονιμότητα τους , η εύκολη προσβασιμότητα καθώς και η χωρίς πρόβλημα τοποθέτηση χωροσταθμικού πύχην (σταδίας) πάνω σ' αυτές . Οι νέες κορυφές της περιοχής μελέτης υλοποιήθηκαν με ορειχάλκινα μπουλόνια και πακτώθηκαν με εποξειδική ρητίνη



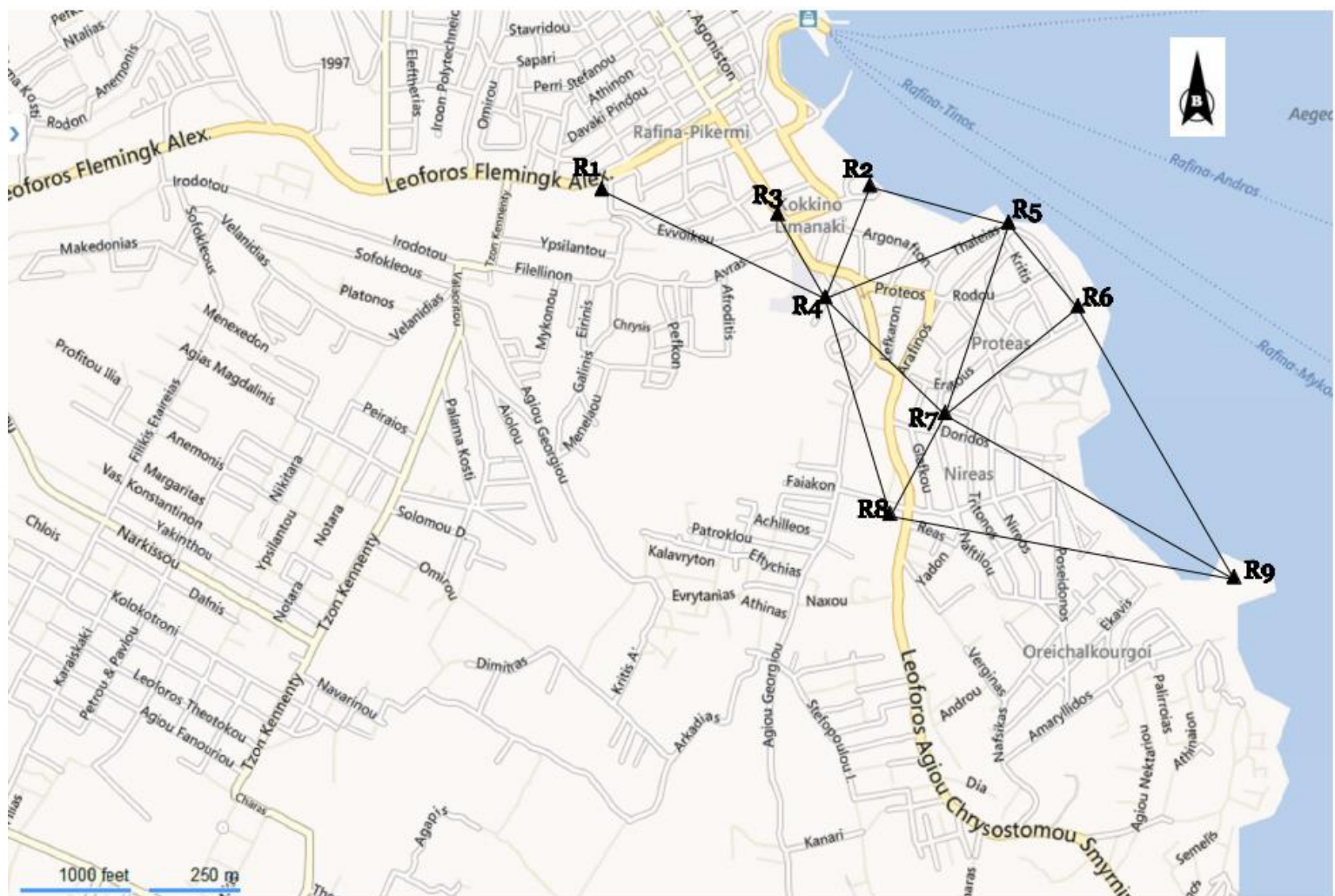
Εικόνα 4 :Ορειχάλκινο μπουλόνι σήμανσης υψομετρικής κορυφής

Η ονομασία κάθε κορυφής του δικτύου κατακορύφου ελέγχου της περιοχής μελέτης , το τελικό υψόμετρο στο κρατικό δίκτυο αναφοράς καθώς και η περιγραφή της θέσης της , συνοδευόμενη από το αντίστοιχο σκαρίφημα και φωτογραφία, δίνονται στο Παράρτημα Ι .

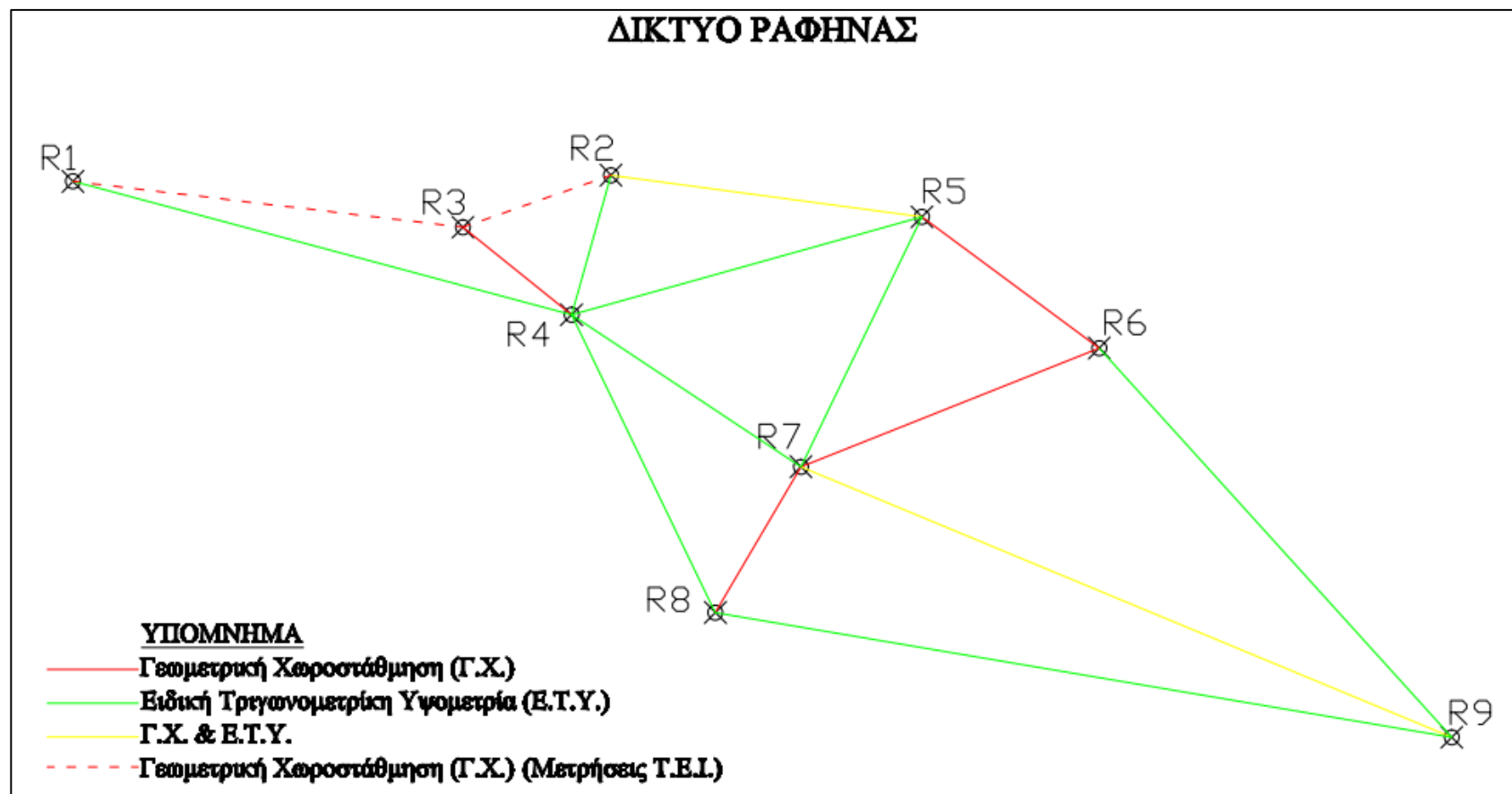
Στο χάρτη 2 παρουσιάζονται όλες οι θέσεις των κορυφών κατακορύφου έλεγχου και στο χάρτη 3 το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου .



Χάρτης 2 : Οι θέσεις των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου



Χάρτης 3 : Το δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου



Σχήμα 8 : Οι μετρήσεις του δικτύου

5.4 Γεωμετρία δικτύου

Το δίκτυο κατακόρυφου έλεγχου που ιδρύθηκε στην παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια δικτύου κατακόρυφου έλεγχου που έχει ιδρύσει στην περιοχή το τμήμα τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας . Το δίκτυο παρέχει επίσης την δυνατότητα περαιτέρω επέκτασης εφόσον υπάρξει ανάγκη .

Το δίκτυο που μετρήθηκε αποτελείται από 9 κορυφές , που συνδέονται μεταξύ τους με 6 οδεύσεις Γεωμετρικής Χωροστάθμησης και 10 χωροσταθμικές οδεύσεις με Ε.Τ.Υ . Ο συνολικός αριθμός ανεξάρτητων βρόχων που σχηματίζονται είναι 8 . Αξίζει να σημειωθεί ότι για το σχεδιασμό του δικτύου λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες , οι όποιοι επηρεάζουν σημαντικά τη γεωμετρία του .

- Οι χωροσταθμικές οδεύσεις σχεδιάστηκαν με γνώμονα τον ελάχιστο αριθμό των στάσεων χωροβάτη .
- Ως βέλτιστη διαδρομή θεωρήθηκε εκείνη στην οποία η κυκλοφορία των πεζών και των οχημάτων ήταν η μικρότερη .
- Τέλος , προσοχή δόθηκε στο σχήμα των βρόχων , το οποίο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν τρίγωνο μεσαίου μεγέθους , για έναν εύκολο αρχικό έλεγχο .

Στο σχήμα 8 που παρουσιάστηκε παραπάνω απεικονίζονται η γεωμετρία του δικτύου κατακορύφου ελέγχου , τα στοιχεία που μετρήθηκαν, και πιο συγκεκριμένα , παρουσιάζονται οι χωροσταθμικές οδεύσεις και οι μετρήσεις με την Ε.Τ.Υ. που συνδέουν τις κορυφές του δικτύου .

5.5 Επιλογή οργάνων

Η επιλογή των γεωδαιτικών οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν, έγινε με βάση τις απαιτήσεις ακριβείας για ένα δίκτυο κατακορύφου ελέγχου για αστική χρήση (προδιαγεγραμμένη ακρίβεια στον προσδιορισμό της καλύτερης τιμής των τελικών υψομέτρων της τάξης του 1cm) . Οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κορυφών του δικτύου αποφασίστηκε να προσδιοριστούν με τη μέθοδο της διπλής γεωμετρικής χωροστάθμησης, αφού η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει πολύ μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις , αλλά και με τη μέθοδο της Ε.Τ.Υ. με χρήση της μεθοδολογίας των τριών τριπόδων .

5.5.1 Μετρήσεις Γ.Χ.

Για τις μετρήσεις Γ.Χ., επιλέχθηκε ο ψηφιακός χωροβάτης Leica Sprinter 150M σε συνδυασμό με τις κωδικοποιημένες σταδίες που τον συνοδεύουν. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα θετικά και τα αρνητικά στοιχεία της χρήσης αυτού του σύγχρονου εξοπλισμού και περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του χωροβάτη που χρησιμοποιήθηκε.

Οι ψηφιακοί χωροβάτες είναι αυτόματοι χωροβάτες με την ίδια σχεδόν μηχανική σχεδίαση με τους οπτικομηχανικούς αντίστοιχης ακρίβειας. Η διαδικασία οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα ΣΣ' και εστίασης του ειδώλου της σταδίας δε διαφέρει σε τίποτα από αυτή που ακολουθείται στα συμβατικής τεχνολογίας όργανα. Οι ουσιαστικές διαφορές εντοπίζονται :

- Στο τρόπο λήψης των αναγνώσεων στις ειδικές πλέον κωδικοποιημένες σταδίες
- Στις δυνατότητες που παρέχει στον παρατηρητή η ψηφιακή τεχνολογία, όπως η αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων και η δυνατότητα αυτοελέγχου και αυτορρυθμίσεων του οργάνου (έλεγχος απόκλισης του σκοπευτικού άξονα από την οριζόντια θέση και αυτόματης διόρθωσης των αποτελεσμάτων).
- Στον ενσωματωμένο υπολογιστή των οργάνων υπάρχει μια ποικιλία προγραμμάτων που ο παρατηρητής μπορεί να χρησιμοποιήσει στο ύπαιθρο ,κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ,όπως προγράμματα που ανταποκρίνονται στο τρόπο διεξαγωγής των μετρήσεων για την ανάλογη καταγραφή ή αυτόματου υπολογισμού και άμεσης εμφάνισης αποτελεσμάτων κλεισίματος χωροσταθμικών οδεύσεων ή βρόγχων ή διεξαγωγής μετρήσεων με ανάποδη σταδία για χωροσταθμίσεις οροφής ή επαναληπτικών μετρήσεων σε μια σταδία και εμφάνισης -καταγραφής της τελικής ανάγνωσης ως μέσου όρου των μετρήσεων κ.λ.π.

Η ανάγνωση γίνεται συγκρίνοντας το υπέρυθρο διαμορφωμένο σήμα που λαμβάνεται και αντιστοιχεί στο κωδικοποιημένο τμήμα της σταδίας που εμφανίζεται το οπτικό πεδίο του χωροβάτη, με ένα σήμα αναφοράς που αντιστοιχεί σε ολόκληρο το κώδικα της σταδίας που βρίσκεται αποθηκευμένος στη μνήμη του οργάνου. Η διαδικασία αυτή γίνεται αυτόματα στον υπολογιστή που υπάρχει ενσωματωμένος στο όργανο. Η ανάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμη και αν ένα μέρος του οπτικού πεδίου του οργάνου (max 30%) είναι καλυμμένο .Ως παράγωγο της διαδικασίας ψηφιακής ανάγνωσης, λαμβάνεται και η απόσταση του χωροβάτη-σταδίας με μια ακρίβεια της τάξης των 3-5cm. Η εμβέλεια ψηφιακής μέτρησης μπορεί να είναι από 1.5-1.8m έως

100m,εφόσον το επιτρέπει η κλίση του εδάφους. Πειραματικές μετρήσεις που έχουν γίνει δείχνουν ότι η βέλτιστη από πλευράς παρεχόμενης ακρίβειας απόσταση οργάνου-σταδίας είναι περίπου 60 m .

Σύμφωνα με όσα δίνουν οι κατασκευαστές , οι ακρίβειες των ψηφιακών χωροβατών φτάνουν τα 1.0-1.5mm/ $\sqrt{\text{km}}$ με χρήση απλών κωδικοποιημένων σταδίων , ενώ αυξάνονται σε 0.3-0.7mm/ $\sqrt{\text{km}}$ με χρήση κωδικοποιημένων σταδίων Invar .

Τα πλεονεκτήματα αυτής της κατηγορίας των χωροβατών είναι προφανή όσον αφορά στην ταχύτητα διεξαγωγής των μετρήσεων, στην απαλλαγή από τον κίνδυνο χονδροειδών σφαλμάτων ανάγνωσης και καταγραφής των μετρήσεων καθώς και στη δυνατότητα γρήγορου ελέγχου των αποτελεσμάτων στο ύπαιθρο:

- Η αυτόματη ανάγνωση πάνω στη κωδικοποιημένη σταδία καθιστά αδύνατα τα λάθη ανάγνωσης και έτσι οι μετρήσεις γίνονται ακριβείς και αξιόπιστες.
- Οι σύγχρονοι ψηφιακοί χωροβάτες έχουν τη δυνατότητα, μέσω ειδικού λογισμικού (Check & Adjust), ελέγχου της πλήρωσης της κύριας συνθήκης του χωροβάτη [$\Sigma \Sigma' / KK'$]. Επίσης, μέσω της αποθήκευσης της τιμής της απόκλισης του σκοπευτικού άξονα από την ορθή θέση, παρέχουν τη δυνατότητα απευθείας διόρθωσης των μετρήσεων, από τη μη πλήρωση της κύριας συνθήκης.
- Άλλα λάθη στις μετρήσεις αποτρέπονται από την ίδια τη διαδικασία λήψης των αναγνώσεων .Θεωρητικά μπορεί να προκύψουν λάθη στις αναγνώσεις από κακή αναγνώριση του σήματος μέτρησης όταν αυτό συγκρίνεται με το σήμα αναφοράς ,που να προέρχονται από κακό φωτισμό ,από λάθος εστίαση , από κάλυψη της σταδίας ή από όχι σωστή κατακόρυφη τοποθέτηση της. Στην πράξη ,κάτω από αυτές τις συνθήκες , η διαδικασία μέτρησης διακόπτεται και εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου ένα μήνυμα λάθους.
- Λόγω του τρόπου μέτρησης , μπορεί να υπάρξει ακριβής ανάγνωση στη σταδία, έστω και αν στη θέση του οριζόντιου νήματος υπάρχει εμπόδιο. Το λογιστικό του οργάνου μπορεί να αναγνωρίσει τυχόν κάλυψη της σταδίας από εμπόδια μέχρι ένα ποσοστό και να την αγνοήσει. Π.χ. Σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες της LEICA για τους ψηφιακούς της χωροβάτες ,η κάλυψη αυτή μπορεί να φτάσει στο 30%για αποστάσεις μεγαλύτερες των 5m.
- Η ηλεκτρονική καταγραφή σε ενσωματωμένη μονάδα ή και σε οποιαδήποτε άλλη μονάδα καταγραφής/αποθήκευσης με έξοδο RS232, παρέχει απαλλαγή από χονδροειδή λάθη καταγραφής και μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα. Με το πλεονέκτημα της αυτόματης ανάγνωσης και καταγραφής της παρατήρησης, ο ίδιος ο παρατηρητής μπορεί να συγκεντρωθεί απερίσπαστος στην διαδικασία της χωροστάθμησης ,γεγονός που δίνει πάντα καλύτερο αποτέλεσμα, ιδιαίτερα

σε δύσκολες συνθήκες ,όπως οι μετρήσεις σε εργοτάξια , σε αυτοκινητοδρόμους , σε εργοστάσια κ.λ.π.

- Όλοι οι υπολογισμοί και οι βασικοί έλεγχοι μπορούν (και επιβάλλεται) να γίνουν στο ύπαιθρο ,από ενσωματωμένα στη μνήμη του οργάνου προγράμματα.
- Η διαδικασία των μετρήσεων είναι ταχύτερη από αυτή που γίνεται με αντίστοιχης ακρίβειας οπτικομηχανικό όργανο, προτέρημα ιδιαίτερα χρήσιμο στις διασταυρώσεις της χωροσταθμικής όδευσης με σιδηροδρομικές γραμμές ,οδικές αρτηρίες κ.λ.π. Πειράματα με τον ψηφιακό χωροβάτη wild NA2000 έδειξαν μια αύξηση της ταχύτητας χωροστάθμισης της τάξης του 1.6 σε σύγκριση με τον αντίστοιχο οπτικομηχανικό wild NA2.
- Η δυνατότητα σύνδεσης τους on-line με H/Y επιτρέπει τη μεταφορά ψηφιακών δεδομένων και την ταυτόχρονη επεξεργασία τους σε πραγματικό χρόνο ,γεγονός που προσφέρεται για τη δημιουργία ενός πλήρως αυτοματοποιημένου συστήματος παρακολούθησης κατακόρυφων μετακινήσεων .

Τα μειονεκτήματα στα όργανα αυτά εντοπίζονται κυρίως στις συνθήκες φωτισμού που επικρατούν την ώρα των μετρήσεων . Το σύστημα μέτρησης λαμβάνει υπόψη του τυχόν ανομοιογενή φωτισμό της σταδίας ,όπως για παράδειγμα την επίδραση σκιών. Από πειράματα, έχει φανεί ότι με το φυσικό φως , μετρήσεις μπορεί να γίνουν και μετά τη δύση του ηλίου σε αποστάσεις χωροβάτη -σταδίας μέχρι και 70m. Όμως ,παρ' όλα αυτά ,σε εσωτερικούς χώρους ,η δυνατότητα αυτή περιορίζεται , ειδικά όταν ο φωτισμός προέρχεται από λυχνίες Neon,διότι δεν παρέχουν υπέρυθρο φως ικανοποιητικής ισχύος.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του χωροβάτη Leica Sprinter 150M σύμφωνα με τον κατασκευαστή, είναι τα ακόλουθα :

- Αποθήκευση μέχρι και 1000 μετρήσεις
- USB interface
- Διπλός ηλεκτρονικός αντισταθμιστής για την εξάλειψη των σφαλμάτων
- Μεγάλη οθόνη LCD
- Αντοχή σε σκόνη και νερό κατά IP55
- Μεγέθυνση φακού 24x
- Ακρίβεια μέτρησης 1mm/1km
- Μέτρηση της οριζόντιας απόστασης
- Χρόνος μέτρησης 3 sec
- Δυνατότητα επιλογή της γλώσσας

Τα προγράμματα που περιλαμβάνει είναι τα εξής:

- **Delta Height** (Υψομετρική διαφορά)
- **Line leveling** (Χωροσταθμική όδευση)
- **Cut & Fill** (Χάραξη).
- **Tracking & Monitoring**

Ο χωροβάτης **SPRINTER 150M** πραγματοποιεί αυτόματη μέτρηση μόνο με το πάτημα ενός κουμπιού . Μετράει σε σταδία Bar Code και τα αποτελέσματα φαίνονται στην οθόνη LCD. Η διαδικασία της μέτρησης και καταγραφής είναι πάρα πολύ απλή, διαρκεί μόλις 3sec, και αποτελείται μόνο από 3 βήματα:

Σκόπευση - Μέτρηση - Αποτέλεσμα & Καταγραφή

Για τη διαδικασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν, ως παρελκόμενα:

- Ένας τρίποδας αλουμινίου με επίπεδη κεφαλή
- Δυο κωδικοποιημένες (Barcode) τηλεπισκοπικές σταδίες από αλουμίνιο μέγιστου ύψους 4m
- Δύο χωροσταθμικές βάσεις (χελώνες)

Οι σταδίες στις χωροσταθμίσεις είναι δυνατό να συνοδεύονται από αντηρίδες, για την καλύτερη στήριξη και διατήρηση της κατακόρυφης θέσης τους κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Ωστόσο, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χωρίς τις αντηρίδες, γιατί διαπιστώθηκε ότι καθυστερούσαν σημαντικά τις μετρήσεις.

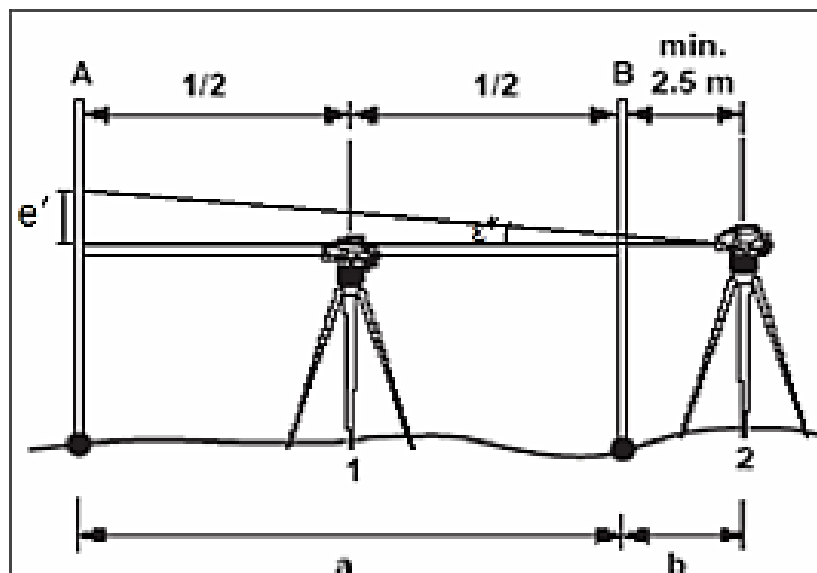
Οι έλεγχοι και οι ρυθμίσεις των τοπογραφικών οργάνων πριν από την έναρξη των εργασιών πεδίου είναι απαραίτητοι, για να πιστοποιηθεί η ορθή λειτουργία τους και να εξασφαλισθεί η ακρίβεια των μετρήσεων σύμφωνα και με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή τους. Η αναλυτική διαδικασία των ελέγχων και ρυθμίσεων των γεωδαιτικών οργάνων αποτελεί αντικείμενο της Μετρολογίας. Υπάρχουν έλεγχοι και ρυθμίσεις που μπορούν να γίνουν μόνο σε ειδικά Εργαστήρια (Μετρολογικά Εργαστήρια), σύμφωνα με διεθνώς καθορισμένα πρότυπα (ISO/DIN) και άλλοι που μπορούν και επιβάλλεται να γίνονται στο υπαίθρο, από τον παρατηρητή, πριν και μετά από κάθε περίοδο εργασιών υπαίθρου. Στην περίπτωση των χωροβατών, ο έλεγχος των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα που γίνεται, είτε με τη σωληνωτή αεροστάθμη που διαθέτουν είτε με τον ισοσταθμητή, επιβάλλεται και

είναι εύκολο να γίνεται στο ύπαιθρο, πριν και μετά τις μετρήσεις («έλεγχος από το μέσο και το άκρο»). Στην περίπτωση δε των ψηφιακών χωροβατών, το αποτέλεσμα του ελέγχου μπορεί να αποθηκεύεται στη μνήμη του οργάνου, ώστε οι μετρήσεις να είναι απαλλαγμένες από την επίδραση του πιθανού σφάλματος (έλεγχος Check & Adjust) .Κάθε μέρα πριν την έναρξη των μετρήσεων γινόταν ο έλεγχος πλήρωσης της κυρίας συνθήκης (ΣΣ' οριζόντιος ή ΣΣ'//ΚΚ') για τον ψηφιακό χωροβάτη , μέσω της υπορουτίνας Check & Adjust που υπάρχει ενσωματωμένη στο λογισμικό του οργάνου. Η διαδικασία ελέγχου μέσω της υπορουτίνας, είναι η ακόλουθη :

Ο χωροβάτης αρχικά τοποθετείται στη μεσοκάθετη της απόστασης μεταξύ των σταδίων (θέση 1), οι οποίες απέχουν μεταξύ τους απόσταση $a \approx 30\text{m}$ με ακρίβεια της τάξης των $\pm 1\text{m}$ και λαμβάνονται οι αναγνώσεις A_1 που σχηματίζει ο ΣΣ' με το οριζόντιο επίπεδο και την $A_1(O)$ και $B_1(E)$ (Σχήμα 9) . Στη συνέχεια, το όργανο μεταφέρεται κοντά στη σταδία Β εσωτερικά ή εξωτερικά (θέση 2) σε απόσταση $b \geq 2.5\text{m}$ και λαμβάνονται οι αναγνώσεις $B_2(O)$ και $A_2(E)$. Το όργανο, μέσω ειδικού προγράμματος υπολογίζει τη γωνία (ε'') που σχηματίζει ο ΣΣ' με το οριζόντιο επίπεδο και τη συγκρίνει με την αποθηκευμένη προηγούμενη τιμή της. Εφόσον αυτή θεωρηθεί αποδεκτή, αποθηκεύεται στο όργανο για τη διόρθωση των αναγνώσεων στις σταδίες. Οι διορθώσεις των αναγνώσεων προσδιορίζονται από τη σχέση:

$$e' = l \cdot \tan \varepsilon''$$

Όπου l η απόσταση χωροβάτη – σταδίας



Σχήμα 9: Ο έλεγχος Check & Adjust



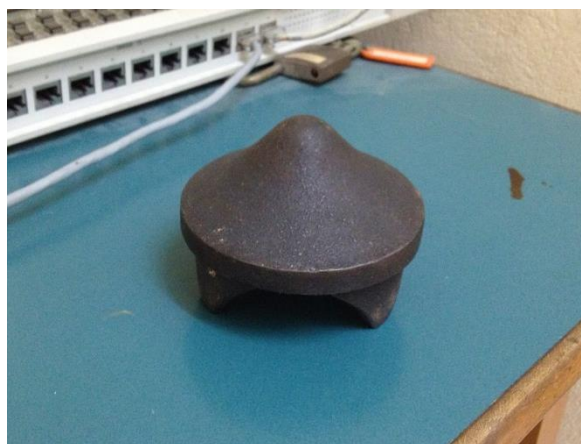
Εικόνα 5 : Ο Χοροβάτης Leica Sprinter 150M



*Τρίποδας αλουμινίου
με επίπεδη κεφαλή*



*Δύο κωδικοποιημένες (Barcode)
τηλεπισκοπικές σταδίες από αλουμίνιο*



Δύο χωροσταθμικές βάσεις (χελώνες)

Εικόνα 6: Τα παρελκόμενα του Χωροβάτη

5.5.2 Μετρήσεις E.T.Y.

Για τη μέτρηση των αποστάσεων και των κατακόρυφων γωνιών μεταξύ των κορυφών του Δ.Κ.Ε. στην μέθοδο της E.T.Y. , επιλέχθηκε ο ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός (Total Station) Leica TCR407 . Ο γεωδαιτικός σταθμός αυτός επιλέχθηκε γιατί ικανοποιεί τις απαιτήσεις στην ακρίβεια της μέτρησης αποστάσεων και κατακόρυφων γωνιών , όπως αυτές τέθηκαν. Στη συνέχεια, περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά αυτού του γεωδαιτικού σταθμού .

Τα **βασικά χαρακτηριστικά του γεωδαιτικού σταθμού Leica TCR407** σύμφωνα με τον κατασκευαστή, είναι τα ακόλουθα :

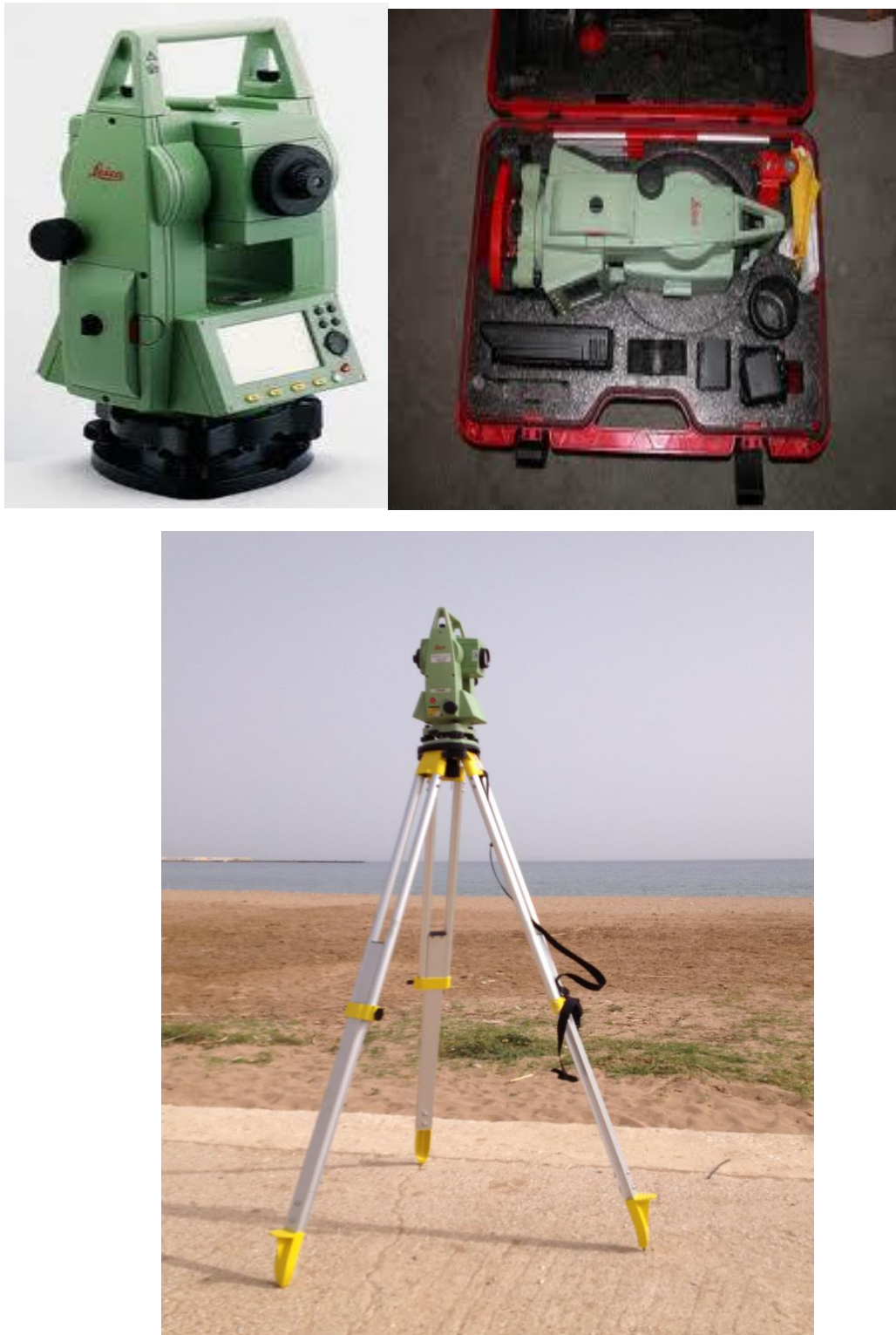
- Δυνατότητα μέτρησης χωρίς πρίσμα έως 200μ..
- Δυνατότητα μέτρησης με πρίσμα έως 3500μ. (στη λειτουργία IR).
- Δυνατότητα μέτρησης με πρίσμα έως 7500μ. (στη λειτουργία RL).
- Ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων 2mm+2ppm.
- Ακρίβεια μέτρησης γωνιών 20cc

Για τη διαδικασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν, ως παρελκόμενα:

- Δύο τρίποδες με αντίστοιχα τρικόχλια.
- Δύο στόχοι σκοπεύσεων γωνιών ακριβείας, με ανακλαστήρα για τη μέτρηση των μηκών .
- Μία μεταλλική σταδία με σφαιρική αεροστάθμη για την κατακορύφωσή της.
- Ένα γεωδαιτικό τρίγωνο για την ακριβή ανάγνωση πάνω στην σταδία , αφού η σταδία είχε υποδιαίρεση εκατοστού.

Πριν από την πραγματοποίηση των μετρήσεων στο πεδίο ήταν απαραίτητος ο έλεγχος του οργάνου προκειμένου να διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία του. Για το λόγο αυτό ακολουθήθηκε η διαδικασία της βαθμονόμησης. Πιο συγκεκριμένα ελέγχθηκαν τα όργανα για την ορθή λειτουργία μέτρησης στις κατακόρυφες γωνίες στο ειδικό πεδίο ελέγχων της αίθουσας Υ23 του κτηρίου Λαμπαδαρίου. Η διαδικασία ήταν η εξής: Τοποθετήθηκε το όργανο με τη βοήθεια μιας βάσης κέντρωσης σε προκαθορισμένο βάθρο και αφού οριζοντιώθηκε μετρήθηκε η απόσταση από μια κατακόρυφη μεταλλική σταδία τοποθετημένη μόνιμα στο τοίχο της αίθουσας. Έγιναν αναγνώσεις πάνω στη σταδία σε οριζόντια θέση σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου (100g και 300g). Στη συνέχεια ελήφθησαν μετρήσεις κατακόρυφων γωνιών με σταθερό βήμα πάνω στη σταδία. Τέλος, οι μετρήσεις που ελήφθησαν επεξεργάστηκαν και ελέγχθηκε η ορθότητα σκόπευσης των οργάνων με στατιστικό έλεγχο. Απ' ότι προέκυψε λοιπόν από την παραπάνω διαδικασία

οι ακρίβειες που υπολογίσθηκαν καλύπτονται από τις ονομαστικές ακρίβειες των οργάνων.



Εικόνα 7 :Ο Γεωδαιτικός Σταθμός (Total Station) Leica TCR407



*Τρίποδας αλουμινίου
με επίπεδη κεφαλή*



Τηλεπισκοπική σταδία από αλουμίνιο



Τρικόχλιο



Βάση στήριξης



Πρίσμα

Εικόνα 8 : Τα παρελκόμενα του Γεωδαιτικού σταθμού

6

Εργασίες πεδίου

Στο κεφάλαιο αναλύονται οι εργασίες πεδίου, δηλαδή πως και πότε έγιναν οι μετρήσεις για την κάθε μέθοδο, τα προβλήματα που πρόέκυψαν και πως αυτά αντιμετωπιστήκαν στο πεδίο .

6.1 Γενικά

Αρχικά θα περιγράψουν αναλυτικά τα στάδια που ακολουθήθηκαν στο ύπαιθρο ,στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας . Αρχικά , έγινε αναγνώριση της περιοχής μελέτης , εντοπίστηκαν όσα σημεία ελέγχου προϋπήρχαν και ιδρύθηκαν οι νέες κορυφές όπως έχει ήδη αναφερθεί . Κατόπιν , επιλέχτηκε ο συνολικός αριθμός των χωροσταθμικών οδεύσεων και των μετρήσεων που επρόκειτο να γίνουν τόσο με τη μέθοδο της Γ.Χ. όσο και με την Ε.Τ.Υ.. Στη συνέχεια , έγινε η μέτρηση των στοιχείων του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου με τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω .Τέλος , δίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και περιγράφονται αναλυτικά τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των μετρήσεων καθώς και οι λύσεις που δόθηκαν , προκειμένου να αποτελέσουν υπόδειγμα για ανάλογες εργασίες στο μέλλον .

Για τον προσδιορισμό των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των κορυφών του Δ.Κ.Ε., εφαρμόστηκε αρχικά η μέθοδος της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης, σε μετάβαση και επιστροφή. Για την εκτέλεση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός χωροβάτης Leica

Sprinter 150M και τα αντίστοιχα παρελκόμενα που τον συνοδεύουν, ενώ το συνεργείο αποτελούνταν από δύο άτομα.

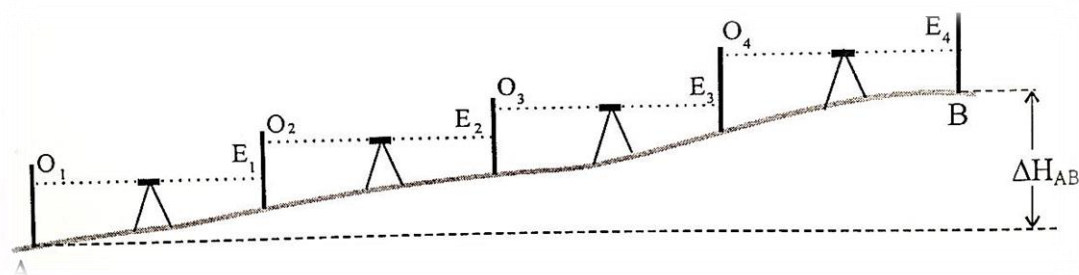
Πριν από την εκτέλεση των μετρήσεων, κάθε μέρα γινόταν ο έλεγχος πλήρωσης της κύριας συνθήκης ($\Sigma\Sigma''/KK'$) του ψηφιακού χωροβάτη (Check & Adjust) έτσι, ώστε να εξασφαλιστεί η ορθότητα των μετρήσεων. Στη συνέχεια, ακολουθούσε η διαδικασία της Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης και τα αποτελέσματα των μετρήσεων των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των κορυφών του δικτύου αποθηκεύονταν αυτόματα στην καταγραφική μονάδα του οργάνου. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων γινόταν επίσης, ο έλεγχος του κλεισίματος κάθε Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης σε σχέση με το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο, που είχε υπολογιστεί (κεφάλαιο 7) .

Στις γεωμετρικές χωροσταθμίσεις απαιτείται πολύ μεγάλη σχολαστικότητα και προσοχή στις διαδοχικές ενέργειες που απαιτούνται για να γίνει μια χωροστάθμηση. Παρακάτω, αναφέρονται ειδικές προφυλάξεις που ακολουθήθηκαν προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν συστηματικά σφάλματα στις μετρήσεις.

Σε δεύτερη φάση για τον προσδιορισμό των υψομετρικών διαφορών μεταξύ κάποιων κορυφών του Δ.Κ.Ε., εφαρμόστηκε η μέθοδος της E.T.Y. . Για τη μέτρηση των αποστάσεων και των κατακόρυφων γωνιών μεταξύ των κορυφών του Δ.Κ.Ε. με την μέθοδο της E.T.Y. , επιλέχθηκε ο ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός (Total Station) Leica TCR407 και τα αντίστοιχα παρελκόμενα που τον συνοδεύουν, ενώ το συνεργείο αποτελούνταν από δύο άτομα.

6.2 Μετρήσεις Γεωμετρικής Χωροστάθμησης

Ο προσδιορισμός των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των κορυφών του δικτύου πραγματοποιήθηκε όπως αναφέρθηκε με τη μέθοδο της Γ.Χ. σε μετάβαση κι επιστροφή (aller-retour) σε Χωροσταθμική όδευση, όπως αυτή αναφέρεται στο κεφάλαιο 3 (σχήμα 10) .



Σχήμα 10 :Μετρήσεις Χωροσταθμικής όδευσης

Στα ενδιάμεσα σημεία αναγκαίο ήταν να χρησιμοποιηθούν χωροσταθμικές βάσεις (χελώνες) για την καλύτερη σταθερότητα τοποθέτησης της σταδίας .

Η τελική υψομετρική διαφορά προκύπτει ως τα αλγεβρικό άθροισμα των επιμέρους υψομετρικών διαφορών :

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = \sum \Delta H_{ij} = \sum (O - E) = \sum O - \sum E \quad (6.1)$$

Οι μετρήσεις στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκαν από τις αρχές του Απριλίου έως τα μέσα του ίδιου μήνα . Κατά την διάρκεια των μετρήσεων αυτών , παρουσιάστηκαν ορισμένες δυσκολίες , οι οποίες επιλύθηκαν στο ύπαιθρο . Κρίθηκε σκόπιμο ωστόσο να αναφερθούν προκειμένου να βοηθήσουν ανάλογες εργασίες στο μέλλον . Πιο αναλυτικά αντιμετωπίστηκαν προβλήματα:

- λόγω των καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν :
 - η έντονη ηλιοφάνεια οδηγούσε σε αδυναμία του οργάνου να μετρήσει , κυρίως όταν σκοπεύονταν η σταδία με κατεύθυνση προς τον ήλιο ή όταν η σταδία ήταν σε σκιερό μέρος .
 - ο ισχυρός άνεμος κάποιες μέρες λόγω του ότι η περιοχή είναι παραλιακή εμπόδιζε την ορθή τοποθέτηση της σταδίας σε κάποια σημεία .
- λόγω μη σταθερότητας του εδάφους σε κάποιες θέσεις όπου ο τρίποδας έπρεπε να στηθεί είτε σε χωμάτινες επιφάνειες . Επομένως έπρεπε να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή να μην υπάρχει περεταίρω βύθιση του τρίποδα μετά την οριζόντιωση . Αλλά και σε περιπτώσεις όπου ο τρίποδας έπρεπε να στηθεί σε πεζοδρόμια , οι ακίδες του τρίποδα έπρεπε να στερεώνονται σε αρμούς μεταξύ των πλακιδίων ώστε να αποφευχθεί ανεπιθύμητη μετακίνησή του.
- Επιπρόσθετα λόγω του αστικού χαρακτήρα αλλά και του λιμανιού της περιοχής μελέτης , πρόβλημα δημιουργούσε η έντονη και συνεχόμενη κυκλοφορία οχημάτων και κυρίως των οχήματα βαρέως τύπου αλλά και πεζών κατά τη διάρκεια των μετρήσεων .Έτσι , πολλές φορές αποφεύγονταν οι χωροσταθμίσεις κατά μήκος κεντρικών οδών και πραγματοποιούνταν σε δρόμους με μικρότερη κυκλοφορία , χωρίς να μεταβάλλεται ουσιαστικά το μήκος της χωροστάθμησης . Ιδιαίτεροι κίνδυνοι δημιουργούνται στα όργανα λόγω της κίνησης των πεζών , ενώ τα σταθμευμένα οχήματα εμπόδιζαν κάποιες φορές την ορατότητα μεταξύ του ψηφιακού χωροβάτη και της σταδίας .Ενώ ένα τελευταίο πρόβλημα που

δημιουργούσε πολλές φορές ο αστικός χαρακτήρας της περιοχής ήταν στην επικοινωνία μεταξύ παρατηρητή και σταδιοφόρου .

Ακόμη κατά την διάρκεια των μετρήσεων προσοχή δόθηκε στα παρακάτω , προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν συστηματικά σφάλματα στις μετρήσεις:

- Μέγιστη απόσταση μεταξύ οργάνου και σταδίας 60 – 70 m, εφ' όσον το επέτρεπε η κλίση του εδάφους.
- Επιδιώχθηκε ολόκληρο το οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου να καλύπτεται από τη σταδία και εκεί όπου δεν ήταν δυνατό αυτό, κάλυψη της σταδίας από εμπόδια στο οπτικό πεδίο του οργάνου 30% για αποστάσεις μεγαλύτερες των 5 m.
- Τοποθέτηση του χωροβάτη κατά το δυνατόν στη μεσοκάθετη της απόστασης μεταξύ των 2 σταδίων.
- Αποφυγή χαμηλών σκοπεύσεων κοντά στο έδαφος (μικρότερες των 0.5 m), καθώς και ψηλών σκοπεύσεων στο επάνω τμήμα της σταδίας.
- Κατά την περιστροφή της σταδίας σε μία στάση αλλαγής του χωροβάτη, η σταδία παρέμενε πάνω στη χωροσταθμική βάση και αποφεύχθηκε η επανατοποθέτησή της σε αυτή.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφηκαν αυτόματα από το όργανο. Για το λόγο αυτό είχε επιλεγεί από τα προγράμματα του ψηφιακού χωροβάτη ακριβείας Leica Sprinter 150M το πρόγραμμα **Line leveling** (Χωροσταθμική όδευση) και από αυτό το πρόγραμμα BF line leveling (όπου B=back και F=front) , το οποίο αποθήκευε σε κάθε στάση την μέτρηση όπισθεν με το συμβολισμό B και την μέτρηση έμπροσθεν με τον συμβολισμό F .Χρησιμοποιώντας μετά το πρόγραμμα Sprinter Data Loader της ίδιας εταιρίας κατέβαιναν τα αρχεία στον υπολογιστή . Για κάθε Χ.Ο., τα αρχεία που αποθήκευε το όργανο είχαν τη μορφή :

Sprinter Data Listing Report												
ArrayNo	PtNo	Height	Distance	StaffType	ReferNo	Meas_Type	IsReferNo	Elevation	D.Elv	Cut	Fill	Delta-Height-dh
[m]		[m]	[m]					[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
ArrayNo	PtNo	Height	Distance	StaffType	ReferNo	Meas_Type	IsReferNo	Elevation	D.Elv	Cut	Fill	Delta-Height-dh
[m]		[m]	[m]					[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	1	0,219	12,21	Upright	ΟΠΙΣΘΕΝ	B	1	0,000				
2	2	2,206	12,58	Upright	ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ	F	1	-1,987				-1,987
3	2	0,413	10,02	Upright		B	1	-1,987				
4	3	2,141	5,02	Upright		F	1	-3,715				-1,728
5	3	0,214	7,14	Upright		B	1	-3,715				
6	4	2,438	6,79	Upright		F	1	-5,938				-2,223
7	4	0,049	9,29	Upright		B	1	-5,938				
8	5	2,178	7,53	Upright		F	1	-8,068				-2,130
9	5	0,437	5,96	Upright		B	1	-8,068				
10	6	2,320	7,42	Upright		F	1	-9,951				-1,883
11	6	0,132	15,12	Upright		B	1	-9,951				
12	7	2,329	21,03	Upright		F	1	-12,148				-2,197
13	7	0,040	21,88	Upright		B	1	-12,148				
14	8	2,384	19,67	Upright		F	1	-14,492				-2,344
15	8	0,337	31,01	Upright		B	1	-14,492				
16	9	2,285	23,34	Upright		F	1	-16,440				-1,948
17	9	1,053	24,23	Upright		B	1	-16,440				
18	10	1,259	18,65	Upright		F	1	-16,646				-0,206

Εικόνα 9 : Μορφή αρχείου που αποθηκεύεται στο χωροβάτη

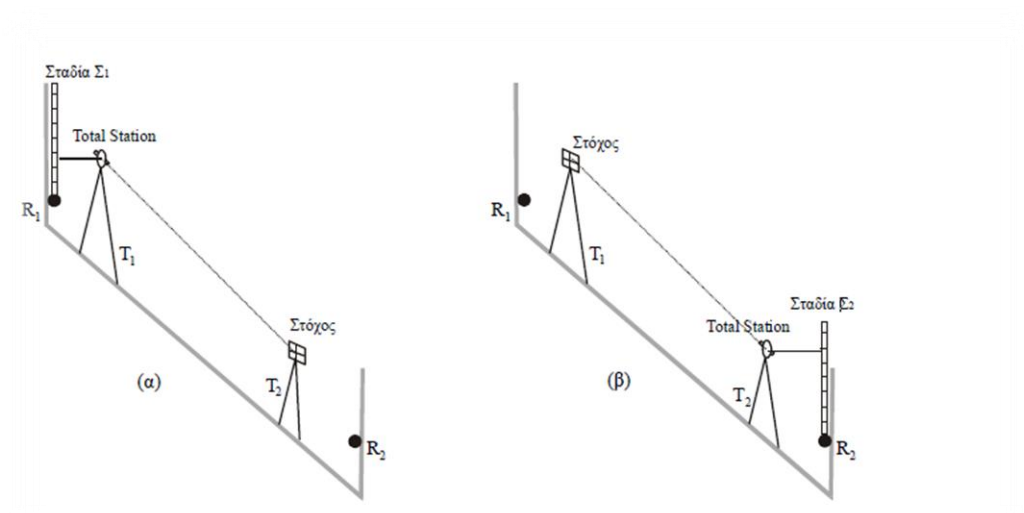
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕ Γ.Χ.						
A/A	ΑΠΟ-ΠΡΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΒΑΣΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ	ΔH _{aller} (m)	ΔH _{retour} (m)	ΤΕΛΙΚΗ ΔΗ (m)
1	R5-R6	5	6	1,301	-1,298	1,299
2	R6-R7	7	7	9,252	-9,248	9,250
3	R7-R9	30	29	3,361	-3,356	3,359
4	R8-R7	7	8	3,090	-3,086	3,088
5	R4-R3	9	10	16,646	16,646	-16,646
6	R4-R5	8	7	12,084	12,082	12,083

Πίνακας 3 : Αποτελέσματα Γεωμετρικής Χωροστάθμησης.

6.3 Μετρήσεις Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας

Δεδομένου ότι οι αποστάσεις μεταξύ μερικών σημείων είναι μεγάλες και λόγω της μορφολογίας της περιοχής εφαρμόστηκε η μέθοδος της E.T.Y. για κάποιες μετρήσεις του δικτύου. Η διαδικασία μετρήσεων που ακολουθείται, έχει ως κύριο χαρακτηριστικό της την κατάλληλη τοποθέτηση των τριπόδων κοντά στις υψομετρικές αφετηρίες και το συνδυασμό των οριζόντιων και κεκλιμένων σκοπεύσεων αντίστοιχα προς το μετρητικό πήχη και το στόχο. Στο σχήμα 11 φαίνεται η αρχική και μοναδιαία διαδικασία της μεθόδου μεταξύ των αφετηριών R1 και R2 με έντονη υψομετρική διαφορά.



Σχήμα 11 : Μετρήσεις E.T.Y

- Κοντά στην R1, όσο το επιτρέπει η μορφολογία του εδάφους και περίπου σε απόσταση min εστίασης του οργάνου, τοποθετείται ο τρίποδας Σ1 με το τρικόχλιο και το όργανο. Στην R1 τοποθετείται κατακόρυφα, με τη βοήθεια σφαιρικής αεροστάθμης, η σταθία R1. Το θεοδόλιχο του οργάνου χρησιμοποιείται σαν χωροβάτης και σκοπεύει οριζόντια (σε 2 θέσεις τηλεσκοπίου) τη σταθία.
- Κοντά στην R2 έχει τοποθετείται ο τρίποδας Σ2 με τρικόχλιο και το σύστημα στόχου – καταφώτου, οπότε γίνονται μετρήσεις της κατακόρυφης γωνίας και του κεκλιμένου μήκους από το Σ1 προς το Σ2.
- Κατόπιν, το total station αλλάζει αμοιβαία θέση με το σύστημα στόχου – καταφώτου (χωρίς να μετακινηθούν τα τρικόχλια από τους τρίποδες), γίνονται μετρήσεις της κατακόρυφης γωνίας και του κεκλιμένου μήκους από το Σ2 προς το Σ1 και οριζόντιες σκοπεύσεις προς τη σταθία που έχει τοποθετηθεί κατακόρυφα στην R2.

Έτσι, έχει ολοκληρωθεί μια πλήρης σειρά μετρήσεων, σε μετάβαση και επιστροφή, και έχει προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά $\Delta H_{R_1 R_2}$ από τη σχέση (6.1) .

$$\Delta H_{R_1 R_2} = (A_1 - A_2) + \frac{\Delta H_{T_1 T_2} - \Delta H_{T_2 T_1}}{2} \quad (6.2)$$

Όπου :

$\Delta H_{R_1 R_2}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ R1 και R2

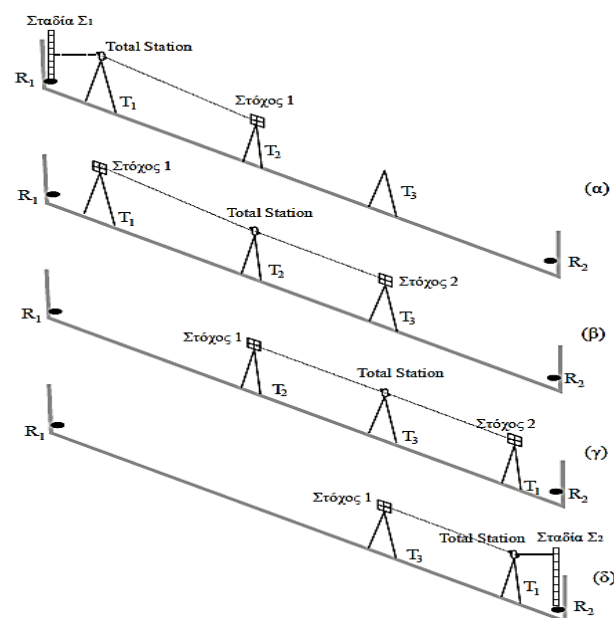
A_1 = η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R1

A_2 = η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R2

$\Delta H_{T_1 T_2}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις T1 και T2

$\Delta H_{T_2 T_1}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις T2 και T1

Επειδή στην περίπτωση μας η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο σημείων δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί μόνο με δύο στάσεις για κάποιες υψομετρικές αφετηρίες, εφαρμόστηκε η μέθοδος των τριών τριπόδων που είναι μια διαδοχική εφαρμογή της προηγούμενης μεθόδου (βλέπε σχήμα 12) .



Σχήμα 12: Μέθοδος τριών τριπόδων

Η τελική υψομετρική διαφορά υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\Delta H_{R_1 R_2} = (A_1 - A_2) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{T_i T_j} - \Delta H_{T_j T_i}}{2} \quad (6.3)$$

Όπου :

$\Delta H_{R_1 R_2}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ R1 και R2

A1= η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R1

A2= η ανάγνωση στον μετρητικό πήχη την υψομετρική αφετηρία R2

$\Delta H_{T_i T_j}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις Ti και Tj

$\Delta H_{T_j T_i}$ = η υψομετρική διαφορά μεταξύ των τριχογλίων στις θέσεις Tj και Ti

Οι μετρήσεις στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκαν από τα μέσα του Απριλίου μέχρι το τέλος του ίδιου μήνα . Κατά τη διάρκεια και αυτών των μετρήσεων , παρουσιάστηκαν ορισμένες δυσκολίες , οι οποίες επιλύθηκαν στο ύπαιθρο . Κρίθηκε σκόπιμο και πάλι να αναφερθούν στην παρούσα διπλωματική προκειμένου να βοηθήσουν ανάλογες εργασίες στο μέλλον . Πιο αναλυτικά αντιμετωπίσαμε προβλήματα:

- λόγω των καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν :
 - η έντονη ηλιοφάνεια οδηγούσε και σε αυτή τη μέθοδο σε αδυναμία του οργάνου να μετρήσει απόσταση , κυρίως όταν σκοπεύονταν ο ανακλαστήρας με κατεύθυνση προς τον ήλιο .
 - ο ισχυρός άνεμος κάποιες μέρες λόγω του ότι η περιοχή είναι παραλιακή επηρέαζε την καλή κέντρωση του οργάνου σε κάποια σημεία .
- λόγω μη σταθερότητας του εδάφους σε κάποιες θέσεις όπου ο τρίποδας έπρεπε να στηθεί σε χωμάτινες επιφάνειες, αλλά και σε περιπτώσεις όπου ο τρίποδας έπρεπε να στηθεί σε πεζοδρόμια.
- Επιπρόσθετα λόγω του αστικού χαρακτήρα αλλά και του λιμανιού της περιοχής μελέτης , πρόβλημα δημιουργούσε η έντονη και συνεχόμενη κυκλοφορία οχημάτων και κυρίως των οχήματα βαρέως τύπου αλλά και πεζών κατά την διάρκεια των μετρήσεων .Έτσι , πολλές φορές αποφεύγονταν η στάση του οργάνου κατά μήκος κεντρικών οδών και πραγματοποιούνταν σε δρόμους με μικρότερη κυκλοφορία οχημάτων και πεζών .

Ακόμη κατά την διάρκεια των μετρήσεων προσοχή δόθηκε στα παρακάτω:

- Όσο το δυνατόν καλύτερη στόχευση του στόχου
- Απόλυτη προσοχή κατά την εναλλαγή θέσης του total station με το σύστημα στόχου – καταφώτου (χωρίς να μετακινηθούν τα τρικόχλια από τους τρίποδες).

Όλες οι μετρήσεις κατακόρυφων γωνιών και κεκλιμένων αποστάσεων έγιναν σε 2 περιόδους και καταγράφηκαν σε πίνακες που είχαν σχεδιαστεί εκ των πρότερων για την ταχύτερη ολοκλήρωση της εργασίας πεδίου. Οι πίνακες είχαν την μορφή :

Μετρήσεις στη σταδία:

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)	Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)
100 ^ε → O ₁ =	100 ^ε → E ₁ =
300 ^ε → O ₂ =	300 ^ε → E ₂ =
O = (O ₁ + O ₂)/2 =	E = (E ₁ + E ₂)/2 =

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I	Θέση II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο.	Κεκλιμένο μήκος S	ΔΗ _{I,j}	ΔΗ _{τελικό}

ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I	Θέση II	Μέση Τιμή	Γενικός Μ.Ο.	Κεκλιμένο μήκος S	ΔΗ _{J,i}	ΔΗ _{τελικό}

Εικόνα 10 : Έντυπο καταγραφής μετρήσεων κατακόρυφων γωνιών .

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 που ακολουθεί.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕ Ε.Τ.Υ.		
A/A	ΑΠΟ- ΠΡΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (m)
1	R5-R7	10,542
2	R6-R9	12,601
3	R9-R7	-3,364
4	R7-R4	-1,499
5	R4-R5	-9,050
6	R4-R2	-21,134
7	R4-R8	-1,593
8	R4-R1	-12,836
9	R2-R5	12,074
10	R8-R9	6,445

Πίνακας 4 : Αποτελέσματα Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας

7

Επεξεργασία μετρήσεων

7.1 Επεξεργασία κατακόρυφων γωνιών E.T.Y.

Αρχικά, υπολογίστηκε η μέση τιμή των δύο θέσεων τηλεσκοπίου ,με αναγωγή στην πρώτη θέση , μέσο του τύπου :

$$\bar{\theta} = \frac{400+\theta_I-\theta_{II}}{2} \text{ (grad)} \quad (7.1)$$

Όπου :

$\bar{\theta}$: Η μέση τιμή της κατακόρυφης γωνίας

θ_I : Η ανάγνωση της κατακόρυφης γωνίας σε πρώτη θέση τηλεσκοπίου

θ_{II} : Η ανάγνωση της κατακόρυφης γωνίας σε δεύτερη θέση τηλεσκοπίου

και στη συνέχεια υπολογίστηκε ο γενικός μέσος όρος των δύο περιόδων. Η συνολική επεξεργασία τόσο των κατακόρυφων γωνιών όσο και της γενικότερης επίλυσης των μετρήσεων της E.T.Y. , έγινε σε περιβάλλον Microsoft Excel, κάτι που διευκόλυνε τη διαδικασία και μείωσε εντυπωσιακά τη διάρκειά της. Εξάλλου, στο συγκεκριμένο περιβάλλον ήταν δυνατός και ένας αρχικός έλεγχος των μετρήσεων για την ύπαρξη χονδροειδών σφαλμάτων.

7.2 Υπολογισμός της a priori θεωρητικής ακρίβειας Γ.Χ.

Μια a priori θεωρητική ακρίβεια μιας γεωμετρικής χωροστάθμησης, σε μετάβαση και επιστροφή μπορεί να προσδιοριστεί με εφαρμογή του νόμου μετάδοσης μεταβλητοτήτων . Αν σε μια Χωροσταθμική όδευση γίνουν n_1 στάσεις χωροβάτη σε μετάβαση και n_2 σε επιστροφή (ανάλογα το μήκος και τη κλίση της διαδρομής) και η αβεβαιότητα ανάγνωσης πάνω στις σταδίες είναι $\sigma_0 = \sigma_E = \sigma_\epsilon$,τότε για μεν τη μετάβαση ισχύει : $\sigma_{aller} = \sigma_\epsilon \sqrt{2n_1}$, ενώ για την επιστροφή ισχύει $\sigma_{retour} = \sigma_\epsilon \sqrt{2n_2}$. Το $\sigma_{\Delta H}$ της τελικής υψομετρικής διαφοράς ,σε μετάβαση και επιστροφή θα είναι:

$$\sigma_{\Delta H} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_{aller}^2 + \sigma_{retour}^2} ==> \sigma_{\Delta H} = \frac{\sigma_\epsilon}{2} \sqrt{2(n_1 + n_2)} \quad (7.2)$$

Ενώ, αν ο αριθμός των στάσεων χωροβάτη στη μετάβαση και στην επιστροφή είναι ίδιος ,δηλαδή αν $n_1 = n_2 = n$, τότε

$$\sigma_{\Delta H} = \sigma_\epsilon \sqrt{n} \quad (7.3)$$

Πιο συγκεκριμένα στις μετρήσεις μας έχουμε από τον κατασκευαστή του ψηφιακού χωροβάτη που χρησιμοποιήσαμε (Leica Sprinter 150M) ότι $\sigma_0 = \sigma_E = \sigma_\epsilon = 0,0005$ m και με βάση τον αριθμό των στάσεων του χωροβάτη σε μετάβαση και επιστροφή , κάθε μέτρησης που κάναμε , προκύπτουν τα αποτελέσματα που φαίνονται στον πίνακα 7 .

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΜΕΤΑΒΑΣΗ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ	σε (m)	σι (m)	σι (cm)
Dh56	Γ.Χ.	5	6	0,0005	0,0012	0,1
Dh67	Γ.Χ.	7	7	0,0005	0,0013	0,1
Dh79	Γ.Χ.	30	29	0,0005	0,0027	0,3
Dh78	Γ.Χ.	7	8	0,0005	0,0014	0,1
Dh43	Γ.Χ.	9	10	0,0005	0,0015	0,2
Dh25	Γ.Χ.	8	7	0,0005	0,0014	0,1

Πίνακας 5 : a priori θεωρητικές ακρίβειες υψομετρικών διαφορών Γ.Χ.

7.3 Υπολογισμός της *a priori* θεωρητικής ακρίβειας E.T.Y.

Μια *a priori* ανάλυση των ακριβειών μπορεί να γίνει αν εφαρμοστεί ο νόμος μετάδοσης των μεταβλητοτήτων στη σχέση :

$$\Delta h = \frac{1}{2} \left[S_{TiTj} (\cos z_{TiTj} - \cos z_{TjTi}) + (k_{Tj-Ti} - k_{Ti-Tj}) \frac{S_{Ti-Tj}^2}{2R} \right] + (O - E) \quad (7.4)$$

θεωρώντας στατιστικώς ανεξάρτητα τα μεγέθη που εμφανίζονται στη σχέση αυτή. Έτσι το $\sigma_{\Delta h}$ αν ληφθούν υπόψη όλες οι ακρίβειες των παραγόντων που το επηρεάζουν, μπορεί να προκύψει από τη σχέση :

$$\sigma_{\Delta h}^2 = \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial S} \right)^2 \sigma_S^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial z} \right)^2 \sigma_z^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial R} \right)^2 \sigma_R^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial k} \right)^2 \sigma_k^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial O} \right)^2 \sigma_O^2 + \left(\frac{\partial \Delta h}{\partial E} \right)^2 \sigma_E^2 \quad (7.5)$$

7.3.1 Επίδραση της ανάγνωσης O (όπισθεν) και E (έμπροσθεν)

Στην αρχή και στο τέλος κάθε υψομετρικής όδευσης για την μέθοδο των τριών τριπόδων έγινε ανάγνωση στην σταδία μέσα από το τηλεσκόπιο του Total station σε γωνιά 100 και 300 grad, για την καλύτερη ακρίβεια χρησιμοποιήθηκε υποδεκάμετρο με υποδιαίρεση χιλιοστού. Επομένως θεωρούμε ότι $\sigma_E = \sigma_O = 0,0005 \text{ m}$. Άρα θα έχουμε ότι :

$$\sigma_{O-E} = \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_O^2} \Rightarrow \sigma_{O-E} = 0,0005\sqrt{2} = 0,0007 \text{ m} = 0,07 \text{ cm}$$

7.3.2 Επίδραση του μήκους S και της ζενίθιας γωνίας z

Το ΔH συνδέεται με το μήκος S και την ζενίθια γωνία z με την σχέση :

$$\Delta H = S \cos z \quad (7.6)$$

Από νόμο μετάδοσης σφάλματος έχουμε ότι :

$$\sigma_{\Delta H}^2 = \cos^2 z \sigma_S^2 + \frac{(S \sin z)^2}{\rho^2 c^2} \sigma_z^2 \quad (7.7)$$

Για τον υπολογισμό του σ_z^2 θα πρέπει εφόσον ξέρουμε την ακρίβεια σκόπευσης γωνίας του οργάνου που είναι 20cc να εφαρμόσουμε Νομό Μετάδοσης Σφαλμάτων, αφού η τελική γωνιά που χρησιμοποιούμε στην επίλυση προκύπτει από το μέσο όρο των γωνιών των δυο

περιόδων οι οποίες έχουν προκύψει από τον τύπο που αναφέραμε και παραπάνω , για να βρούμε την μέση τιμή από τις σκοπεύσεις στις δυο θέσεις τηλεσκοπίου .

Εφαρμόζοντας λοιπόν το Νόμο Μετάδοσης Σφαλμάτων στην σχέση (7.1) :

$$\bar{\theta} = \frac{400 + \theta_I - \theta_{II}}{2} \text{ (grad)}$$

$$\text{Έχουμε ότι : } \sigma_{\bar{\theta}} = \sqrt{\frac{1}{4}\sigma_{\theta_I}^2 + \frac{1}{4}\sigma_{\theta_{II}}^2}$$

Όπως είπαμε $\sigma_{\theta_I}^2 = \sigma_{\theta_{II}}^2 = 20cc = \sigma_{\theta}^2$ άρα προκύπτει :

$$\sigma_{\bar{\theta}} = \frac{1}{\sqrt{2}} 20cc$$

Επειδή όμως κάθε γωνία μετρήθηκε σε δυο περιόδους από Νόμο Μετάδοσης Σφαλμάτων και πάλι θα έχουμε :

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{4}\sigma_{\theta_I}^2 + \frac{1}{4}\sigma_{\theta_{II}}^2$$

Οπού $\sigma_{\bar{\theta I}} = \sigma_{\bar{\theta II}} = \sigma_{\bar{\theta}} = \frac{1}{\sqrt{2}} 20cc$ άρα

$$\sigma_z = \frac{1}{2} 20cc = 10cc$$

Για τον υπολογισμό του σ_s^2 , εφόσον και οι αποστάσεις μετρήθηκαν συνολικά 4 φορές για κάθε υψομετρική διαφορά και χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος στους υπολογισμούς , θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε Νόμο Μετάδοσης Σφαλμάτων με βάση το σφάλμα κάθε μέτρησης που δίνεται από κατασκευαστή του Total Station ίσο με 2mm. Ωστόσο επειδή το σφάλμα μέτρησης είναι πολύ μικρό δεν θα παίρναμε ρεαλιστικά αποτελέσματα από το Νόμο Μετάδοσης Σφαλμάτων και γι' αυτό θεωρούμε $\sigma_s^2 = 0,002m$.

Για κάθε όδευση που μετρήσαμε τα αποτελέσματα φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα και αναλυτικά στο παράρτημα .

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	σΔΗ (m)	σΔΗ (cm)
Dh57	E.T.Y	0,0038	0,3750
Dh69	E.T.Y	0,0095	0,9486
Dh97	E.T.Y	0,0066	0,6605
Dh74	E.T.Y	0,0032	0,3240
Dh45	E.T.Y	0,0056	0,5551
Dh42	E.T.Y	0,0037	0,3682
Dh48	E.T.Y	0,0050	0,4996
Dh41	E.T.Y	0,0049	0,4924
Dh25	E.T.Y	0,0042	0,4195
Dh89	E.T.Y	0,0058	0,5823

Πίνακας 6 : Επίδραση του μήκους S και της ζενίθιας γωνίας z στις μετρήσεις της E.T.Y.

Από τον παραπάνω πίνακα αν συνυπολογιστούν και οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων της όδευσης που φαίνονται στον πίνακα 7 παρατηρείται ότι υπάρχει μεγαλύτερο σφάλμα στις υψομετρικές οδεύσεις όπου οι αποστάσεις των σημείων ήταν μεγάλες , όπως π.χ. στην υψομετρική όδευση R6-R9(Cococamp-ΓΥΣ) όπου υπάρχουν μόνο 2 ενδιάμεσα σημεία όδευσης που απέχουν 850 m .

Όσον αφορά την επίδραση της διάθλασης , της καμπυλότητας της γης και της απόκλισης της κατακόρυφου , που είναι από τους εξωτερικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα μιας T.Y. . πρέπει να αναφερθούν τα εξής :

- Κάθε επιμέρους υψομετρική διαφορά ΔH_{Tij} μεταξύ των τριχογλίων υπολογίζεται ως μέσος όρος μεταξύ μετάβασης και επιστροφής , άρα η υψομετρική διαφορά είναι απαλλαγμένη από την επίδραση της καμπυλότητας της γης και εξαρτάται όχι από την απόλυτη τιμή των συντελεστών διάθλασης αλλά από την διαφορά των τιμών τους $dk=(k_{ij} - k_{ji})$, που για μικρές αποστάσεις ,εφόσον η εναλλαγή του οργάνου και στόχου γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα ,μπορεί να θεωρηθεί μηδενική .

- Η μεταβολή του δείκτη διάθλασης κατά τη διάρκεια της μέτρησης της μοναδιαίας Δh σε μετάβαση και επιστροφή, για αποστάσεις μικρότερες των 200m μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.

Επειδή λοιπόν οι μέσες αποστάσεις των σημείων σε κάθε υψομετρική όδευση δεν είναι μεγάλες όπως φαίνεται και στον πίνακα 7 και λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο που έγιναν οι μετρήσεις (σχεδόν ταυτόχρονες και αμοιβαίες σκοπεύσεις) και τις συνθήκες που επικρατούσαν, δεν θα ληφθούν υπόψη αυτοί οι παράγοντες στην ανάλυση, αφού η επίδραση τους δεν είναι μεγάλη.

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΟΔΕΥΣΗΣ (m)
Dh57	E.T.Y	99,30
Dh69	E.T.Y	854,14
Dh97	E.T.Y	146,82
Dh74	E.T.Y	377,81
Dh45	E.T.Y	165,75
Dh42	E.T.Y	95,05
Dh48	E.T.Y	304,22
Dh41	E.T.Y	332,00
Dh25	E.T.Y	126,62
Dh89	E.T.Y	177,45

Πίνακας 7: Μέση απόσταση διαδοχικών σημείων όδευσης κατά την εφαρμογή της E.T.Y.

Επομένως συνολικά θα έχουμε :

$$\sigma_{\Delta H_{E.T.Y.}} = \sqrt{\sigma_{O-E}^2 + \sigma_{\Delta H1}^2 + \dots + \sigma_{\Delta Hn}^2} \quad (7.8)$$

Από 'που προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα :

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	$\sigma_{\Delta H_{E.T.Y.}}$ (m)	$\sigma_{\Delta H_{E.T.Y.}}$ (cm)
Dh57	E.T.Y	0,0038	0,4
Dh69	E.T.Y	0,0095	1,0
Dh97	E.T.Y	0,0066	0,7
Dh74	E.T.Y	0,0033	0,3
Dh45	E.T.Y	0,0056	0,6
Dh42	E.T.Y	0,0037	0,4
Dh48	E.T.Y	0,0050	0,5
Dh41	E.T.Y	0,0050	0,5
Dh25	E.T.Y	0,0043	0,4
Dh89	E.T.Y	0,0059	0,6

Πίνακας 8 : a priori θεωρητικές ακρίβειες υψομετρικών διαφορών E.T.Y.

7.4 Έλεγχος κλεισίματος διπλών γεωμετρικών

χωροσταθμίσεων

Αν Κ το κλείσιμο μίας χωροστάθμησης, τότε ισχύει $K = |\Delta H_{aller}| - |\Delta H_{retour}|$. Η αβεβαιότητα του κλεισίματος σ_K , εφαρμόζοντας το Νόμο Μετάδοσης Σφαλμάτων στην παραπάνω σχέση και χρησιμοποιώντας τη σχέση (7.2), προκύπτει:

$$\sigma_K = \pm \sqrt{\sigma_{\Delta H_{aller}}^2 + \sigma_{\Delta H_{retour}}^2} \rightarrow \sigma_K = \pm \sqrt{\sigma_{\varepsilon}^2 2n_1 + \sigma_{\varepsilon}^2 2n_2} \rightarrow \sigma_K = \pm \sigma_{\varepsilon} \sqrt{2(n_1 + n_2)}$$

Οπού:

n_1, n_2 : αριθμός στάσεων σε μετάβαση και επιστροφή αντίστοιχα.

$\sigma_{\Delta H_{aller}}^2$: συνολική αβεβαιότητα ανάγνωσης πάνω στη σταδία κατά την μετάβαση .

$\sigma_{\Delta H_{retour}}^2$: συνολική αβεβαιότητα ανάγνωσης πάνω στη σταδία κατά την επιστροφή .

Για να γίνει αποδεκτό το κλείσιμο Κ μιας χωροστάθμησης σε μετάβαση και επιστροφή, θα πρέπει να ισχύει η σχέση:

$$|K| \leq Z_{p\%} |\sigma_K|$$

και για επίπεδο εμπιστοσύνης $p=95\%$, $z= 1,96$, άρα, για να γίνει αποδεκτό το κλείσιμο μιας χωροστάθμησης θα πρέπει να ισχύει:

$$|K| \leq 1,96 |\sigma_K|$$

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται τα μέγιστα επιτρεπόμενα σφάλματα κλεισίματος για τις χωροσταθμίσεις μεταξύ των κορυφών του Δ.Κ.Ε., θεωρώντας $\sigma_\epsilon = \pm 0,0005 \text{ m}$, όπως αυτό δίνεται από τις προδιαγραφές του χωροβάτη Leica Sprinter 150M που χρησιμοποιήσαμε και τα τελικά κλεισίματα που πρόέκυψαν από τις μετρήσεις .

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΜΕΤ/ΣΗ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙ/ΦΗ	σ_ϵ (m)	σ_K (m)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΣΦΑΛΜΑ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ (m)	ΣΦΑΛΜΑ ΚΛΕΙ/ΤΟΣ (m)
Dh56	Γ.Χ.	5	6	0,0005	0,0023	0,0046	0,0020
Dh67	Γ.Χ.	7	7	0,0005	0,0026	0,0052	0,0040
Dh79	Γ.Χ.	30	29	0,0005	0,0054	0,0106	0,0060
Dh78	Γ.Χ.	7	8	0,0005	0,0027	0,0054	0,0040
Dh43	Γ.Χ.	9	10	0,0005	0,0031	0,0060	0,0000
Dh25	Γ.Χ.	8	7	0,0005	0,0027	0,0054	0,0020

Πίνακας 9: Αποτελέσματα ελέγχου κλεισίματος Χωροσταθμικών Οδεύσεων

Όπως παρατηρούμε όλα τα σφάλματα κλεισίματος είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων , επομένως οι μετρήσεις Γ.Χ. που κάναμε είναι αποδεκτές .

8

Επίλυση του δικτύου

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η επίλυση του δικτύου σε διάφορες εκδοχές και ο υπολογισμός των καλύτερων τιμών των τελικών υψόμετρων .

8.1 Γενικά

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή, η συνόρθωση του δικτύου θα γίνει με τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (M.E.T.) και ειδικότερα με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων .

Όταν οι μετρήσεις είναι περισσότερες από τις απαραίτητες για τον προσδιορισμό των αγνώστων ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων του μοντέλου, γίνεται συνόρθωση . Η μέθοδος συνόρθωσης που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτή των εμμέσων παρατηρήσεων . Η μέθοδος αυτή δίνει ως λύση τις καλύτερες τιμές των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων του μοντέλου και εφαρμόζεται συνήθως για τον προσδιορισμό παραμέτρων που δεν μετρώνται άμεσα .

Τα χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι :

- Σχηματίζονται εξισώσεις που συνδέουν το αποτέλεσμα κάθε μέτρησης (παρατήρησης) γραμμικά με τις άγνωστες καθοριστικές παραμέτρους . Οι εξισώσεις αυτές ονομάζονται εξισώσεις παρατήρησης .
- Ο αριθμός c των εξισώσεων παρατήρησης είναι ίσος με τον αριθμό n των μετρήσεων ενώ κάθε εξίσωση περιέχει το αποτέλεσμα μιας μόνο μέτρησης με μοναδιαίο συντελεστή .

- Το σύστημα των κανονικών εξισώσεων έχει m εξισώσεις με m αγνώστους όπου m ο αριθμός των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων .

Τα στοιχεία που μετρώνται στα δίκτυα αυτά είναι υψομετρικές διαφορές , με σκοπό να δοθούν υψόμετρα στις κορυφές τους . Κατά κανόνα μετρώνται περισσότερες από τις απαραίτητες υψομετρικές διαφορές με διάφορες μεθόδους , οπότε απαιτείται συνόρθωση.

Οι άγνωστες καθοριστικές παράμετροι είναι όσες και τα άγνωστα υψόμετρα .

Ορισμένο θεωρείται ένα δίκτυο κατακορύφου ελέγχου εφ' όσον είναι γνωστό τουλάχιστον το υψόμετρο μιας κορυφής του, άρα τα ελεύθερα δίκτυα έχουν $d=1$ ατέλειες . Έτσι , οι άγνωστες ανεξάρτητες παράμετροι εφ' όσον ένα δίκτυο έχει p κορυφές θα είναι το πολύ ίσες με $m=p-1$.

8.2 Συνόρθωση του δικτύου μας

Για τη συνόρθωση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα adjH1.bas ανεπτυγμένο από την ομότιμη καθηγήτρια Ε.Μ.Π. κ. Αμαλία - Μαρία Αγατζά – Μπαλοδήμου, σε γλώσσα προγραμματισμού QuickBasic και ένα πρόγραμμα για την επίλυση γεωδαιτικών προβλημάτων ανεπτυγμένο από τον υποψήφιο διδάκτορα ΕΜΠ κ. Δημήτρη Τσίνη, σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic .

8.2.1 Γενικά

Το δίκτυο μας είναι ένα ελεύθερο δίκτυο με 9 κορυφές , οπότε οι ανεξάρτητες παράμετροι που μπορούν να υπολογιστούν είναι $m=9-1=8$. Για την συνόρθωση με την μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων αφού δοθεί υψόμετρο σε μια κορυφή ,σαν άγνωστοι θεωρούνται οι καλλίτερες τιμές των υψομέτρων των υπολοίπων κορυφών .

Επειδή μετρήθηκαν 6 υψομετρικές διαφορές με την μέθοδο της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης και 10 με την μέθοδο της Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας , οι συνολικές μετρήσεις υψομετρικών διαφορών είναι $n=16$, επομένως σχηματίζονται 16 εξισώσεις παρατήρησης και προκύπτει το σύστημα:

$$A\hat{x} = \delta l + v$$

Τα στοιχεία του πίνακα A θα είναι ± 1 ή 0 , ο πίνακας δl θα περιέχει όλες τις μετρήσεις , ο πίνακας $\hat{x}$ θα είναι ο πίνακας των αγνώστων ενώ ο v των υπολοίπων .

Εφόσον οι μετρήσεις δεν έχουν γίνει με τα ίδια όργανα αλλά και αυτές που έχουν γίνει με τα ίδια όργανα δεν είναι παρόμοιες μεταξύ τους θα πρέπει να υπολογιστεί το βάρος κάθε μέτρησης στην συνόρθωση .

8.2.2 Υπολογισμός βαρών

Για τον υπολογισμό των βαρών θα χρησιμοποιηθεί η σχέση :

$$p_i = \frac{\sigma_o^2}{\sigma_i^2} \quad (8.1)$$

Όπου :

p_i : Το βάρος της κάθε μέτρησης

σ_o : Το apriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους

σ_i : Το apriori τυπικό σφάλμα της κάθε μέτρησης

Ως μονάδα βάρους θεωρήθηκε $\sigma_o = 1\text{cm}$ λαμβάνοντας υπόψη και τα apriori τυπικά σφάλμα (σ_i) των μετρήσεων που υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο 7 . Το βάρος της κάθε μέτρησης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα .

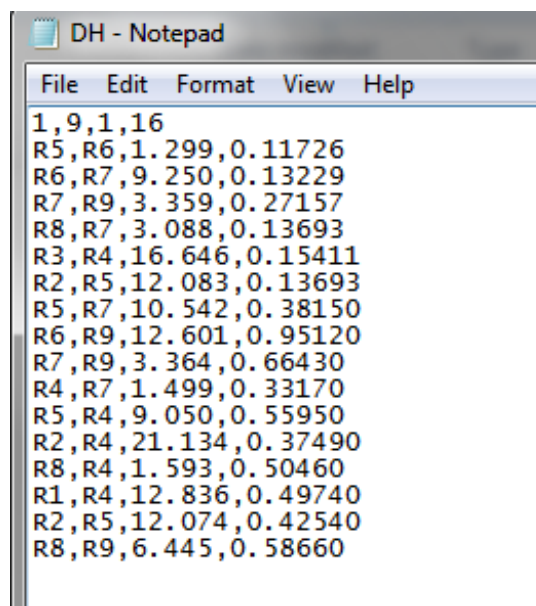
ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	σ_o (cm)	σ_i (cm)	p_i
Dh56	Γ.Χ.	1	0,1173	72,7273
Dh67	Γ.Χ.	1	0,1323	57,1429
Dh79	Γ.Χ.	1	0,2716	13,5593
Dh78	Γ.Χ.	1	0,1369	53,3333
Dh43	Γ.Χ.	1	0,1541	42,1053
Dh25	Γ.Χ.	1	0,1369	53,3333
Dh57	Ε.Τ.Υ	1	0,3815	6,8709
Dh69	Ε.Τ.Υ	1	0,9512	1,1052
Dh97	Ε.Τ.Υ	1	0,6643	2,2661
Dh74	Ε.Τ.Υ	1	0,3317	9,0889
Dh45	Ε.Τ.Υ	1	0,5595	3,1945
Dh42	Ε.Τ.Υ	1	0,3749	7,1149
Dh48	Ε.Τ.Υ	1	0,5046	3,9274
Dh41	Ε.Τ.Υ	1	0,4974	4,0419
Dh25	Ε.Τ.Υ	1	0,4254	5,5264
Dh89	Ε.Τ.Υ	1	0,5866	2,9061

Πίνακας 10 : Τα βάρη των παρατηρήσεων

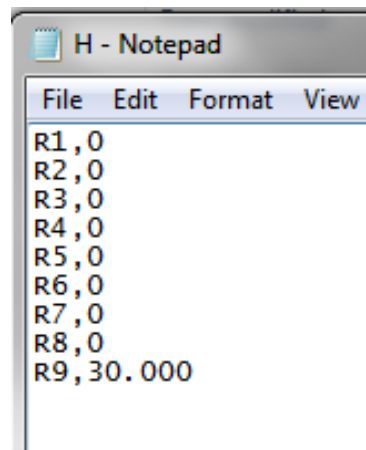
8.2.3 Το πρόγραμμα *adjH1.bas* (Α. - Μ. Αγατζά – Μπαλοδήμου)

Το πρόγραμμα αυτό είναι ένα πρόγραμμα επίλυσης δικτύου κατακορύφου ελέγχου σε γλώσσα Quick Basic σε περιβάλλον DOS . Τα εισαγόμενα στοιχεία είναι αποκλειστικά υψομετρικές διαφορές. Τα εισαγόμενα στοιχεία είναι :

1. Αρχείο txt με προσωρινές συντεταγμένες σε m. Η μορφή του αρχείου φαίνεται στην εικόνα 11. Τελευταίο στο αρχείο τοποθετείται το σημείο (ή τα σημεία) σταθερού υψομέτρου.
2. Αρχείο txt με τις παρατηρήσεις. Η πρώτη σειρά του αρχείου περιλαμβάνει πληροφορίες όπως ο συνολικός αριθμός των κορυφών του δικτύου , ο αριθμός των σημείων σταθερού υψομέτρου και ο αριθμός των συνολικών υψομετρικών διαφορών που θα εισαχθούν .Στις επόμενες σειρές του αρχείου τοποθετείται ανά σειρά κάθε τιμή υπολογισμένης υψομετρικής διαφοράς (σε m), μαζί με τα σημεία από τα οποία ορίζεται και με το αντίστοιχο a priori σφάλμα (σε m). Η μορφή του αρχείου φαίνεται στην εικόνα 12.



Εικόνα 11 : Η μορφή του αρχείου εισόδου με τις παρατηρήσεις στο *adjh1.bas*



Εικόνα 12: Η μορφή του αρχείου εισόδου με τις προσωρινές τιμές στο adjh1.bas

Τα εξαγόμενα στοιχεία είναι ένα αρχείο txt του οποίου το όνομα και την θέση που θα τοποθετηθεί την δίνει ο χρήστης και περιέχει τον πίνακα A , τον τελικό πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας V_x , το σ_δ και τα τελικά υψόμετρα και τα τυπικά τους σφάλματα .

8.2.4 Το πρόγραμμα Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων (Δ. Τσίνης)

Το πρόγραμμα είναι γραμμένο σε γλώσσα Visual Basic σε περιβάλλον Windows. Είναι ένα πρόγραμμα επίλυσης διάφορων γεωδαιτικών προβλημάτων , ένα από τα οποία είναι και η συνόρθωση δικτύου κατακορύφου ελέγχου. Τα εισαγόμενα στοιχεία είναι :

1. Ο αριθμός των κορυφών του δικτύου που συμπληρώνεται στο ανάλογο κελί που φαίνεται και στην εικόνα 13 .
2. Οι προσωρινές τιμές που συμπληρώνονται στον πίνακα που εμφανίζεται μόλις δώσουμε τον αριθμό των κορυφών του δικτύου, με πρώτη την σταθερή κορυφή , όπως φαίνεται και στην εικόνα 13 .
3. Οι μετρημένες υψομετρικές διαφορές οι οποίες είτε μπορούν να περαστούν μια μια στο πρόγραμμα είτε να διαβασθούν από ένα αρχείο txt το οποίο σε κάθε σειρά έχει κάθε τιμή υπολογισμένης υψομετρικής διαφοράς (σε m), μαζί με τα σημεία από τα οποία ορίζεται και με το αντίστοιχο a priori σφάλμα (σε mm). Η μορφή του αρχείου φαίνεται στην εικόνα 14.

Συνόρθωση δικτύου κατακορύφου ελέγχου

Αριθμός Κορυφών του Δικτύου Directory path Αριθμός Υψομετρικών Διαφορών

(Σταθερή κορυφή στην πρώτη σειρά) σο (m)

Κορυφή	Υψόμετρο
R2	1.433
R1	
R3	
R4	
R5	
R6	
R7	
R8	
R9	

Από	Προς	ΔH	Σφάλμα (mm)
R5	R6	1.299	1.1726
R6	R7	9.250	1.3229
R7	R9	3.359	2.7157
R8	R7	3.088	1.3693
R3	R4	16.646	1.5411
R2	R5	12.083	1.3693
R5	R7	10.542	3.8150
R6	R9	12.601	9.5120
R7	R9	3.364	6.6430
R4	R7	1.499	3.3170
R5	R4	9.050	5.5950
R2	R4	21.134	3.7490
R8	R4	1.593	5.0460
R1	R4	12.836	4.9740
R2	R5	12.074	4.2540
R8	R9	6.445	5.8660

Εικόνα 13 : Το παράθυρο εισόδου δεδομένων στο πρόγραμμα Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων

```

File Edit Format View Help
R5,R6,1.299,1.1726
R6,R7,9.250,1.3229
R7,R9,3.359,2.7157
R8,R7,3.088,1.3693
R3,R4,16.646,1.5411
R2,R5,12.083,1.3693
R5,R7,10.542,3.8150
R6,R9,12.601,9.5120
R7,R9,3.364,6.6430
R4,R7,1.499,3.3170
R5,R4,9.050,5.5950
R2,R4,21.134,3.7490
R8,R4,1.593,5.0460
R1,R4,12.836,4.9740
R2,R5,12.074,4.2540
R8,R9,6.445,5.8660

```

Εικόνα 14 : Η μορφή του αρχείου εισόδου με τις παρατηρήσεις στο πρόγραμμα Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων

Τα εξαγόμενα στοιχεία είναι επτά αρχείο txt των οποίων τη θέση που θα τοποθετηθούν την επιλέγει ο χρήστης. Τα αρχεία έχουν τις εξής ονομασίες και περιλαμβάνουν τα εξής στοιχεία :

- Το αρχείο N.txt : Περιλαμβάνει τον πίνακα N ($N=A^T P A$)
- Το αρχείο N-1.txt : Περιλαμβάνει τον πίνακα N^{-1}
- Το αρχείο pinak_a.txt : Περιλαμβάνει τον πίνακα A
- Το αρχείο pinak_L.txt : Περιλαμβάνει τον πίνακα με τις μετρήσεις
- Το αρχείο telikaH.txt : Περιλαμβάνει τα τελικά υψόμετρα των κορυφών
- Το αρχείο Vx.txt : Περιλαμβάνει τον μεταβλητότητας- συμμεταβλητότητας
- Το αρχείο ypoloipa.txt : Περιλαμβάνει τον πίνακα των υπολοίπων

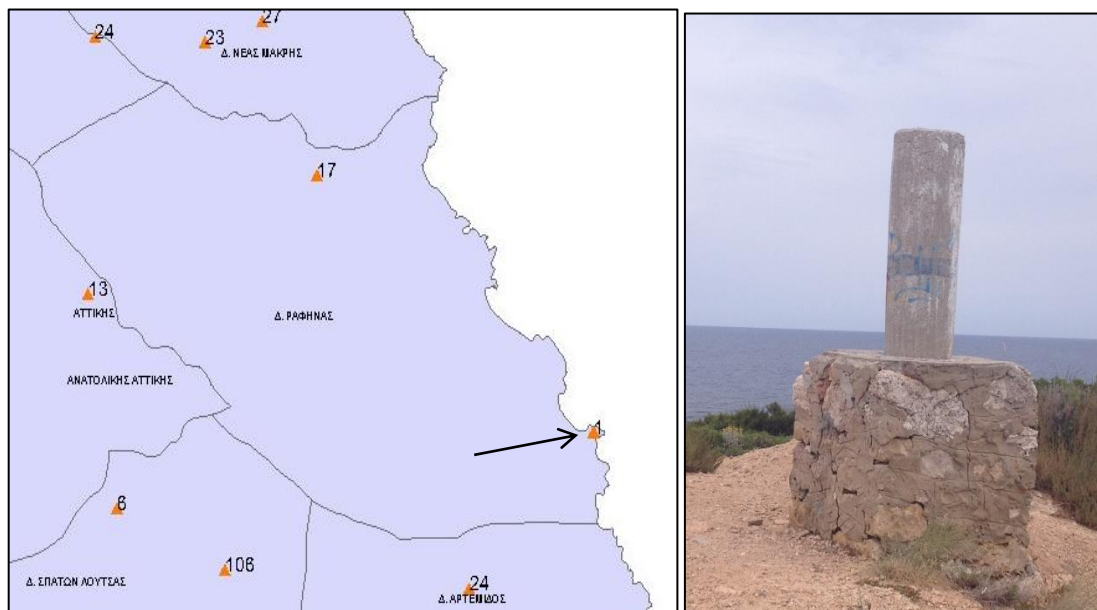
8.2.5 Σύγκριση των δύο προγραμμάτων

Πρόκειται για δυο προγράμματα επίλυσης δικτύων τα οποία είναι εξίσου αξιόπιστα. Έχουν αναπτυχθεί από το επιστημονικό προσωπικό της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΕΜΠ και έχουν δοκιμαστεί αρκετές φορές, κυρίως αυτό της κ. Μπαλοδήμου. Από την ενασχόληση μαζί τους βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα :

- Καταρχήν και τα δυο προγράμματα δίνουν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα.
- Το πρόγραμμα adjH1.bas είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού QuickBasic ενώ το επίλυση γεωδαιτικών προβλημάτων σε Visual Basic.
- Στο πρόγραμμα adjH1.bas θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στα δυο αρχεία εισόδου ώστε να ακολουθούν το συγκεκριμένο πρότυπο που απαιτείται, ενώ στο 2^ο (επίλυση γεωδαιτικών προβλημάτων), επειδή τα δεδομένα που φορτώνονται από το αρχείο εμφανίζονται σε μορφή πίνακα στην οθόνη, είναι πιο εύκολο να εντοπισθούν λάθη στη συγγραφή του αρχείου εισόδου.
- Το πρόγραμμα «επίλυση γεωδαιτικών προβλημάτων» επειδή είναι πιο σύγχρονο διαθέτει ευχαρίστα παράθυρα, κάτι που το κάνει πιο εύκολο στη χρήση και πιο ευχάριστο στο χρηστή.
- Το πρόγραμμα «επίλυση γεωδαιτικών προβλημάτων» δίνει τα αποτελέσματα σε διαφορετικά αρχεία κάτι που δίνει μεγαλύτερη ευχέρεια εποπτείας στο χρηστή σε σχέση με το adjH1.bas όπου όλα τα αποτελέσματα είναι σε ένα αρχείο.

8.2.6 Αποτελέσματα επίλυσεων

Πριν την επίλυση του συνολικού δικτύου Ραφήνας (σύνθεση του δικτύου που μετρήθηκε από το τμήμα τοπογραφίας των Τ.Ε.Ι. Αθήνας και αυτού που μετρήθηκε σε αυτή τη διπλωματική), αποφασίστηκε να επιλυθεί ξεχωριστά το δίκτυο της παρούσας εργασίας, κρατώντας σταθερό ένα αυθαίρετο σημείο προσεγγιστικού υψομέτρου ώστε να διαπιστωθεί η τελικά επιτυγχανόμενη ακρίβεια. Το σημείο που επιλέχθηκε να κρατηθεί σταθερό είναι αυτό που τοποθετήθηκε στο βάθρο του Τριγωνομετρικού σημείου της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ" που φαίνεται και στην εικόνα 15 .



Εικόνα 15 : Το Τριγωνομετρικό σημείο της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"

Το υψόμετρο της στέψης , όπως δίνεται από τη Γ.Υ.Σ. είναι : $H=28,696 \text{ m}$ ($26,926+1,77$ Βάθρο) . Επομένως για αυτή την αρχική λύση το αυθαίρετο υψόμετρο που δώθηκε στην κορυφή R9 είναι $R9=30,000\text{m}$. Επίσης για την επίλυση χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις μεταξύ των κοινών κορυφών του δικτύου μας με αυτό των Τ.Ε.Ι. Αθήνας . Οι μετρήσεις αυτές είναι μετρήσεις γεωμετρικής χωροστάθμησης μεταξύ των κορυφών R1 , R2 και R3 .

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕ Γ.Χ.					
A/A	ΑΠΟ-ΠΡΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (km)	ΔH_{aller} (m)	ΔH_{retour} (m)	ΤΕΛΙΚΗ ΔΗ (m)
1	R1-R3	0.582	3,811	-3,811	3,811
2	R2-R3	0.296	4,493	-4,494	4.494

Πίνακας 11 :Οι μετρήσεις του δικτύου των Τ.Ε.Ι. μεταξύ των κορυφών R1-R2-R3

Ελέγχτηκαν επίσης τα κλεισίματα των βροχών που δημιουργήθηκαν και διαπιστώθηκε ότι είναι ανάλογα των βρόχων του δικτύου μας ($\pm 1 \text{ mm}$ ο ένας και $\pm 6 \text{ mm}$ ο άλλος)

Όσον αφορά στο σφάλμα αυτών των μετρήσεων επειδή δεν υπήρχαν στοιχειά για τον αριθμό των στάσεων χωροβάτη σε μετάβαση και επιστροφή , παρά μόνο η απόσταση της χωροσταθμικής όδευσης και ότι το όργανο μέτρησής τους είχε ανάλογη ακρίβεια με το δικό μας , με βάση αυτά και τις δικές μας μετρήσεις που έγιναν στην ίδια περιοχή (παρόμοιο ανάγλυφο) θεωρήθηκε ότι ένας μέσος αριθμός στάσεων χωροβάτη για μετάβαση ή επιστροφή είναι 22 στάσεις στο 1km (δηλαδή απόσταση χωροβάτη σταδίας σε κάθε μέτρηση της τάξης των 45m) . Επομένως τα σφάλματα που πρόέκυψαν είναι :

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΜΕΤΑΒΑΣΗ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ	σε (m)	σι (m)	σι (cm)
Dh13	Γ.Χ.	13	13	0,0005	0,0036	0,36
Dh23	Γ.Χ.	7	7	0,0005	0,0027	0,27

Πίνακας 12 :Τα σφάλματα των μετρήσεων του δικτύου των Τ.Ε.Ι. μεταξύ των κορυφών R1-R2-R3

Μετά την επίλυση του δικτύου τόσο με το πρόγραμμα `adjH1.bas` όσο και με το πρόγραμμα «Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων», τα αποτελέσματα που πρόέκυψαν ήταν ταυτόσημα και για τα δυο προγράμματα .Τα αποτελέσματα ήταν τα εξής :

$$H_{R1} = 12.310\text{m} \pm 0.004\text{m}$$

$$H_{R2} = 4.010\text{m} \pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R3} = 8.500 \text{ m} \pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R4} = 25.145\text{m} \pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R5} = 16.093\text{m} \pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R6} = 17.392\text{m} \pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R7} = 26.641\text{m} \pm 0.002\text{m}$$

$$H_{R8} = 23.553\text{m} \pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R9} = 30.000\text{m}$$

Το $\sigma_{\hat{\theta}}$ πρόεκυψε $\sigma_{\hat{\theta}} = 10.5980 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1.05980 \text{ cm}$

Άρα $\frac{\sigma_{\hat{\theta}}^2}{\sigma_o} = \frac{1.05980^2}{1^2} = 1,1$ επομένως η υπόθεση που έγινε στον υπολογισμό για $\sigma_o = 1\text{cm}$ επαληθεύτηκε .

Μετά την αρχική επίλυση και την διαπίστωση της ορθότητας των μετρήσεών μας , όσον αφορά την απαιτούμενη ακρίβεια , επιλύθηκαν και το συνολικό δίκτυο της Ραφήνας, ώστε να δοθούν τελικά ορθομετρικά υψόμετρα στις κορυφές του δικτύου , αφού το δίκτυο του Τ.Ε.Ι. αποτελούσε την σύνδεση του δικτύου μας με την Χωροσταθμική αφετηρία R130 της Γ.Υ.Σ . Οι μετρήσεις που μας δόθηκαν από το Τ.Ε.Ι. είναι όλες μετρήσεις Γεωμετρικής Χωροστάθμησης και φαίνονται στον πίνακα 13.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕ Γ.Χ.					
A/A	ΑΠΟ-ΠΡΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (km)	ΔH_{aller} (m)	ΔH_{retour} (m)	ΤΕΛΙΚΗ ΔΗ (m)
1	130-2	0,883	-15,698	15,696	-15,697
2	2-3	0,754	-16,133	16,132	-16,133
3	3-9	0,749	-17,577	17,576	-17,577
4	9-13	0,885	-33,483	33,480	-33,482
5	R2-9	1,163	34,705	-34,708	34,707
6	R3-9	0,999	30,213	-30,213	30,213
7	R1-R3	0,582	-3,811	3,811	-3,811
8	R1-6	0,684	5,727	-5,725	5,726
9	6-7	1,017	9,579	-9,578	9,579
10	7-8	0,661	25,142	-25,144	25,143

11	8-130	1,004	35,430	-35,428	35,429
12	6-3	1,249	38,248	-38,253	38,251
13	6-2	1,550	54,391	-54,393	54,392
14	R1-9	0,981	26,396	-26,404	26,400
15	6-9	1,304	20,679	-20,680	20,6795
16	R3-13	0,847	-3,273	3,270	-3,2715
17	R2-R3	0,296	4,493	-4,494	4,4935
18	R2-13	0,720	1,233	-1,230	1,2315

Πίνακας 13 :Οι μετρήσεις του δικτύου των Τ.Ε.Ι.

Το σημείο που κρατήθηκε σταθερό είναι η Χωροσταθμική αφετηρία του Γ.Υ.Σ. R130 με $H = 85.57097m$ που φαίνεται και στην εικόνα 16



Εικόνα 16: Η Χωροσταθμική αφετηρία του Γ.Υ.Σ. R130

Όσον αφορά το σφάλμα αυτών των μετρήσεων επειδή και πάλι δεν υπήρχαν στοιχεία για τον αριθμό των στάσεων χωροβάτη σε μετάβαση και επιστροφή, παρά μόνο η απόσταση της χωροσταθμικής όδευσης και ότι το όργανο μέτρησής τους είχε ανάλογη ακρίβεια με το δικό μας, με βάση αυτά και τις δικές μας μετρήσεις που έγιναν στην ίδια περιοχή (παρόμοιο ανάγλυφο) θεωρήθηκε ότι ένας μέσος αριθμός στάσεων χωροβάτη για μετάβαση ή επιστροφή είναι 22 στάσεις στο 1km (δηλαδή απόσταση χωροβάτη σταδίας σε κάθε μέτρηση της τάξης των 45m). Επομένως τα σφάλματα που πρόεκυψαν είναι :

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΜΕΤΑΒΑΣΗ	ΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ	σε (m)	σι (m)	σι (cm)
130-2	Γ.Χ.	19	19	0,0005	0,0022	0,22
2-3	Γ.Χ.	17	17	0,0005	0,0020	0,20
3-9	Γ.Χ.	16	16	0,0005	0,0020	0,20
9-13	Γ.Χ.	19	19	0,0005	0,0022	0,22
R2-9	Γ.Χ.	26	26	0,0005	0,0025	0,25
R3-9	Γ.Χ.	22	22	0,0005	0,0023	0,23
R1-R3	Γ.Χ.	13	13	0,0005	0,0018	0,18
R1-6	Γ.Χ.	15	15	0,0005	0,0019	0,19
6-7	Γ.Χ.	22	22	0,0005	0,0024	0,24
7-8	Γ.Χ.	15	15	0,0005	0,0019	0,19
8-130	Γ.Χ.	22	22	0,0005	0,0023	0,23
6-3	Γ.Χ.	27	27	0,0005	0,0026	0,26
6-2	Γ.Χ.	34	34	0,0005	0,0029	0,29
R1-9	Γ.Χ.	22	22	0,0005	0,0023	0,23
6-9	Γ.Χ.	29	29	0,0005	0,0027	0,27
R3-13	Γ.Χ.	19	19	0,0005	0,0022	0,22
R2-R3	Γ.Χ.	7	7	0,0005	0,0013	0,13
R2-13	Γ.Χ.	16	16	0,0005	0,0020	0,20

Πίνακας 14 :Τα σφάλματα των μετρήσεων του δικτύου των Τ.Ε.Ι.

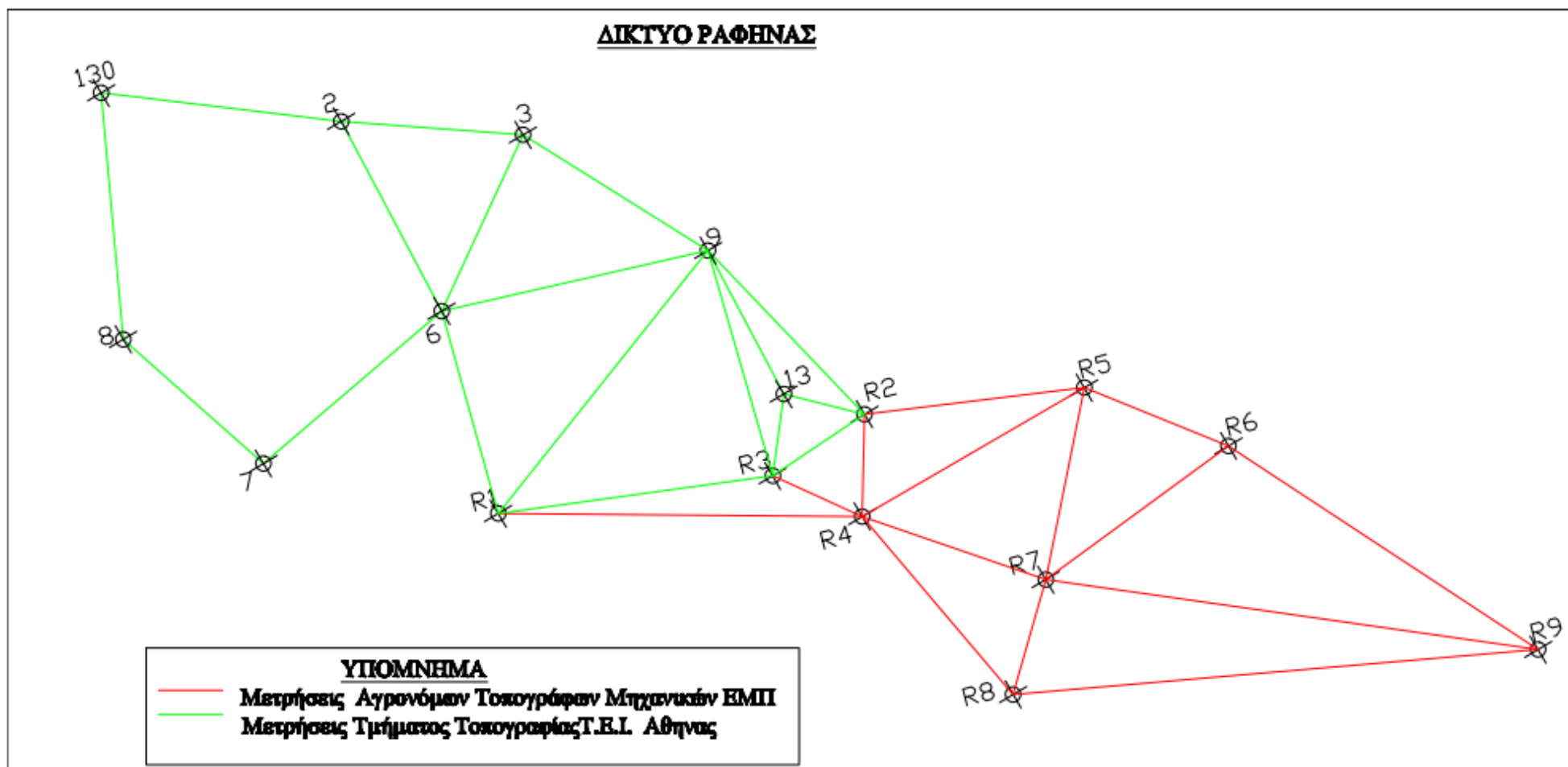
Μετά την επίλυση του δικτύου τόσο με το πρόγραμμα adjH1.bas όσο και με το πρόγραμμα «Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων» τα αποτελέσματα που πρόέκυψαν ήταν ταυτόσημα και για τα δυο προγράμματα , και ήταν τα εξής :

$H_{R1}= 9.737m\pm0.010m$	$H_2= 69.861m\pm0.007m$
$H_{R2}= 1.433m\pm0.010m$	$H_3= 53.720m\pm0.008m$
$H_{R3}= 5.927m\pm 0.010m$	$H_9= 36.141\pm 0.009m$
$H_{R4}= 22.571m\pm 0.011m$	$H_{13}= 2.660\pm 0.011m$
$H_{R5}= 13.516m\pm 0.011m$	$H_6= 15.461m\pm 0.008m$
$H_{R6}= 14.815m\pm 0.012m$	$H_7= 25.024m\pm 0.008m$
$H_{R7}= 24.065m\pm 0.012m$	$H_8= 50.157m\pm 0.007m$
$H_{R8}= 20.977m\pm 0.012m$	$H_{130}= 85.571m\pm 0.000m$
$H_{R9}= 27.424\pm 0.014m$	

Το $\sigma_{\hat{\theta}}$ πρόεκυψε $\sigma_{\hat{\theta}} = 34.4079 \cdot 10^{-3} m = 3.44079 \text{ cm}$

Άρα $\frac{\sigma_{\hat{\theta}}^2}{\sigma_o} = \frac{3.44079^2}{1^2} = 11,8$ επομένως η υπόθεση που κάναμε στον υπολογισμό για $\sigma_o = 1 \text{ cm}$ δεν επαληθεύεται .

Παρατηρήθηκε λοιπόν ότι με την επίλυση του συνολικού δικτύου, τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων μας τριπλασιάζονται σχεδόν . Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στις μετρήσεις που δόθηκαν υπάρχει κάποιο χονδροειδές σφάλμα ή ότι οι μετρήσεις αν και μετρήσεις Γεωμετρικής Χωροστάθμησης δεν έχουν την αναμενόμενη ακρίβεια . Το πρώτο πράγμα που ελέγχθηκε ήταν τα κλεισίματα των βρόχων που σχηματίζονται , ώστε αν υπήρχε χονδροειδές σφάλμα σε κάποιο ενδιάμεσο βρόχο να απαλειφόταν και να λυνόταν το τελικό δίκτυο χωρίς αυτό αν ήταν δυνατόν . Για να γίνει αυτό σχεδιάστηκε ένας χάρτης με τις σχετικές θέσεις των βρόχων ώστε να ελεγχθούν τα κλεισίματα τους. Ο χάρτης φαίνεται παρακάτω :



Σχήμα 13 : Το δίκτυο της Ραφήνας

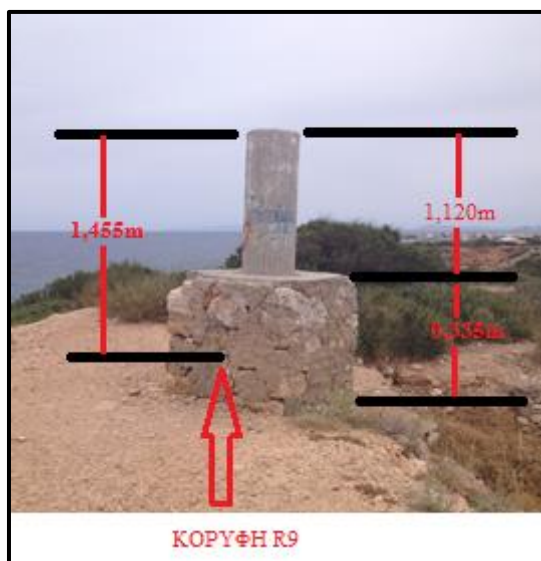
Τα αποτελέσματα που πήραμε από τα κλεισίματα των βρόχων είναι τα εξής :

ΒΡΟΧΟΣ	ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΣΦΑΛΜΑ ΚΛΕΙ/ΤΟΣ (mm)
130-2-6-7-8-130	Γ.Χ.	62
2-3-6-2	Γ.Χ.	9
3-9-6-3	Γ.Χ.	7
6-9-R1-6	Γ.Χ.	6
R1-9-R3-R1	Γ.Χ.	2
R3-9-13-R3	Γ.Χ.	3
R3-13-R2-R3	Γ.Χ.	10
13-9-R2-13	Γ.Χ.	7
R1-R3-R4-R1	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	1
R2-R3-R4-R2	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	6
R2-R4-R5-R2	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	1
R4-R5-R7-R4	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	7
R5-R6-R7-R5	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	7
R4-R7-R8-R4	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	4
R8-R7-R9-R8	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	4
R6-R7-R9-R6	Γ.Χ. & Ε.Τ.Υ.	10

Πίνακας 15 : Τα κλεισίματα των βρόχων του δικτύου

Φαίνεται λοιπόν ότι όλο το πρόβλημά οφείλεται στον αρχικό βρόχο ο οποίος είναι ένα πεντάπλευρο , η μια κορυφή του οποίου είναι η σταθερή κορυφή R130 (Χωροσταθμική Αφετηρία της Γ.Υ.Σ.) η οποία εκτός από δυο σημεία του βρόχου δεν συνδέεται με κάποιο άλλο ώστε να μπορούν να απαλειφθούν κάποιες μετρήσεις με πιθανά χονδροειδή σφάλματα ή και να εντοπιστεί σε ποια ή ποιες μετρήσεις υπάρχει λάθος Άρα το να δοθούν Ορθομετρικά Υψόμετρα στις κορυφές του δικτύου , με βάση αυτή την επίλυση δεν αποτελεί αποδέκτη λύση .

Επόμενη σκέψη ήταν να δοθούν Ορθομετρικά υψόμετρα στις κορυφές του δικτύου που μετρήθηκε σε αυτή την εργασία με εξάρτηση από το Τριγωνομετρικό σημείο που υπάρχει στην περιοχή μας και το οποίο χρησιμοποιήθηκε με αυθαίρετο υψόμετρο στην πρώτη επίλυση που έγινε . Αυτό είναι το Τριγωνομετρικό σημείο της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ". Το υψόμετρο της στέψης , όπως δίνεται από την Γ.Υ.Σ. είναι : $H=28,696\text{ m}$ ($26,926+1,77$ Βάθρο) . Οι διαστάσεις όμως της κατασκευής του βάθρου του τριγωνομετρικού είναι οι εξής :



Εικόνα 17 : Οι διαστάσεις του Τριγωνομετρικού της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ".

Παρατηρείται λοιπόν ότι το ύψος βάθρου δεν είναι 1,77 m που δίνει η Γ.Υ.Σ. , επομένως κρίθηκε σκόπιμο να επισκεφτούμε την υποδιεύθυνση Χορήγησης στοιχείων της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού που παρέχει τα στοιχεία αυτά και να ελέγξουμε αν όντως αυτό ισχύει . Με την επίσκεψη μας ενημερωθήκαμε ότι πολλά από τα Τριγωνομετρικά της Γ.Υ.Σ. έχουν εσφαλμένο υψόμετρο και ότι αξιοπιστία για Χωροσταθμικά δίκτυα έχουν σίγουρα μόνο οι Χωροσταθμικές Αφετηρίες της Γ.Υ.Σ. όπως είναι το σημείο R130 , από όπου έχει εξαρτηθεί το δίκτυο του Τ.Ε.Ι. .Επομένως ούτε αυτή η λύση θα μας παρείχε σιγουριά ως προς τα Ορθομετρικά Υψόμετρα .

Η επόμενη λύση που υπήρχε ήταν να αξιοποιηθούν μεμονωμένες μετρήσεις από το δίκτυο του Τ.Ε.Ι. τοπογραφίας, να επιλεγεί δηλαδή μια Χωροσταθμική όδευση από τη Χωροσταθμική Αφετηρία R130 μέχρι το σημείο R9 του δικτύου μας (στη βάση του Τριγωνομετρικού Σημείου της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"). Η Χωροσταθμική όδευση που επιλέχτηκε αποτελείται από τις κορυφές (130-2-3-9-R2-R5-R6-R9) με τις αντίστοιχες μετρημένες υψομετρικές διαφορές . Η συνολική υψομετρική διαφορά μέσω της διαδρομής αυτής υπολογίστηκε τελικά ίση με $\Delta H_{130-R9} = -58,131\text{m}$, επομένως το υψόμετρο του σημείου

R9 που προκύπτει βάση της υψομετρικής αυτής διαφοράς και του υψόμετρου της Χωροσταθμικής Αφετηρίας της Γ.Υ.Σ. R130 που είναι $H_{130} = 85.57097\text{m}$ είναι $H_{R9} = 27,440\text{m}$. Το Ορθομετρικό αυτό υψόμετρο θα χρησιμοποιηθεί ως σταθερό υψόμετρο για την επίλυση του δικού μας δικτύου, ώστε να δοθούν υψόμετρα και στις υπόλοιπες κορυφές . Ωστόσο αυτό το υψόμετρο δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί χωρίς κανένα έλεγχο αφού όπως φάνηκε και παραπάνω υπάρχει στην αρχή του δικτύου , εκεί που γίνεται η εξάρτηση ένας βρόχος του οποίου το κλείσιμο είναι αποτρεπτικό για τέτοιες διαδικασίες και περιέχει την υψομετρική διαφορά R130-R2 η οποία χρησιμοποιείται και ως πρώτη ΔΗ στην χωροσταθμική όδευση R130 – R9.

Παράλληλα με την παρούσα διπλωματική , στην οποία το δίκτυο που ιδρύθηκε μετρήθηκε με επίγειες μεθόδους , υλοποιούνταν και η διπλωματική της συναδέλφου Μαρίας Τσέρμου στην οποία το ίδιο δίκτυο μετρήθηκε με δορυφορικές μεθόδους (G.P.S) . Ωστόσο εκτός από μετρήσεις μεταξύ των κορυφών του δικτύου μας (R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9) έγιναν μετρήσεις και από ένα άλλο Τριγωνομετρικό Σημείο που βρίσκεται στην περιοχή της Ραφήνας , το Τριγωνομετρικό "MATI" που φαίνεται και στην εικόνα 18. Το υψόμετρο της στέγης , όπως δίνεται από την Γ.Υ.Σ. είναι : $H = 88,340\text{ m}$ ($88,200 + 1,14$ Βάθρο) . Το συγκεκριμένο Τριγωνομετρικό μετά από μετρήσεις φαίνεται να ανταποκρίνεται στις περιγραφές που δίνει η Γ.Υ.Σ.



Εικόνα 18: Το Τριγωνομετρικό σημείο της Γ.Υ.Σ. "MATI"

Για τον έλεγχο λοιπόν του υψόμετρου του σημείου R9 που υπολογίστηκε παραπάνω ίσο με $H_{R9}=27,440\text{m}$, και για να διαπιστωθεί εν τέλει αν μια διαδρομή που επιλέχθηκε για να δοθεί σταθερό υψόμετρο στο R9 είχε ή όχι χονδροειδή σφάλματα, επιλέχθηκε να λυθεί το δίκτυο των δορυφορικών μετρήσεων με σταθερή κορυφή (Fixed) την κορυφή που βρίσκεται στη στέψη του Τριγωνομετρικού Σημείου "ΜΑΤΙ" και να υπολογιστεί το υψόμετρο στη στέψη του Τριγωνομετρικού Σημείου "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ" από όπου ξέροντας την υψομετρική διαφορά με το μπουλόνι της κορυφής R9 που είναι $\Delta H_{\text{ΣΤΕΨΗΣ Τ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"}-\text{ΜΠΟΥΛΟΝΙ R9}}=1,455\text{m}$ να βρεθεί το υψόμετρο στην κορυφή R9 και να συγκριθεί με το ήδη υπολογισμένο .

Από την επίλυση των μετρήσεων του G.P.S. πάρθηκαν τα εξής αποτελέσματα :

Results based on a-posteriori variance factor			
Adjustment Results			
Coordinates			
Station	Coordinate		
S1	Easting	501892.2654 m	
	Northing	4206495.9619 m	
	Height	28.8959 m	
S10	Easting	498579.2420 m	fixed
	Northing	4209168.3490 m	fixed
	Height	89.3400 m	fixed
S11	Easting	498481.4265 m	
	Northing	4209045.1803 m	
	Height	85.6154 m	
S2	Easting	500000.4100 m	

Εικόνα 19 : Τα αποτελέσματα του G.P.S.

Όπου : S₁= Τριγωνομετρικό Σημείο "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"

S₁₀= Τριγωνομετρικό Σημείο "ΜΑΤΙ"

Επομένως το υψόμετρο στη στέψη του Τριγωνομετρικού Σημείου "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ" είναι $H_{\text{ΣΤΕΨΗΣ Τ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"}}=28,8959\text{m}$ και αφού $\Delta H_{\text{ΣΤΕΨΗΣ Τ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ"}-\text{ΜΠΟΥΛΟΝΙ R9}}=1,455\text{m}$ το υψόμετρο της κορυφής R9 θα είναι $H_{R9}=28,8959-1,455=27,441\text{m}$.

Παρατηρείται ότι το υψόμετρο που υπολογίστηκε από την Χωροσταθμική όδευση και αυτό που υπολογίστηκε από την επίλυση του δικτύου με τις δορυφορικές μετρήσεις είναι μόλις 1mm επομένως η διαδρομή που επιλέχθηκε για την Χωροσταθμική όδευση δεν είχε χονδροειδή σφάλματα .

Τελικά δόθηκε υψόμετρο στις κορυφές του δικτύου μας , κρατώντας σταθερή την κορυφή R9 με υψόμετρο $H_{R9}=27,440\text{m}$ όπως υπολογίστηκε από την Χωροσταθμική όδευση (R130-2-3-9-R2-R5-R6-R9) . Επίσης για την επίλυση χρησιμοποιήθηκαν και οι μετρήσεις μεταξύ των κοινών κορυφών του δικτύου μας με αυτό των Τ.Ε.Ι. Αθήνας όπως και στην αρχική επίλυση. Οι μετρήσεις αυτές είναι μετρήσεις γεωμετρικής χωροστάθμησης μεταξύ των κορυφών R1, R2 και R3 με τα σφάλματα τους όπως υπολογίστηκαν στην αρχική επίλυση (Πίνακας 11 και 12) .

Μετά την επίλυση του δικτύου τόσο με το πρόγραμμα adjH1.bas όσο και με το πρόγραμμα «Επίλυση Γεωδαιτικών Προβλημάτων» τα αποτελέσματα που πρόεκυψαν ήταν ταυτόσημα και για τα δυο προγράμματα και ήταν τα εξής :

$$H_{R1}= 9.750\text{m}\pm 0.004\text{m}$$

$$H_{R2}= 1.450\text{m}\pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R3}= 5.940\text{m}\pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R4}= 22.585\text{m}\pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R5}= 13.533\text{m}\pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R6}= 14.832\text{m}\pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R7}= 24.081\text{m}\pm 0.002\text{m}$$

$$H_{R8}= 20.993\text{m}\pm 0.003\text{m}$$

$$H_{R9}= 27.440\text{m}$$

Το $\sigma_{\hat{0}}$ πρόεκυψε $\sigma_{\hat{0}} = 10.5980 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1.05980 \text{ cm}$

Άρα $\frac{\sigma_{\hat{0}}^2}{\sigma_o} = \frac{1.05980^2}{1^2} = 1,1$ επομένως η υπόθεση που έγινε στον υπολογισμό για $\sigma_o = 1\text{cm}$ επαληθεύτηκε .

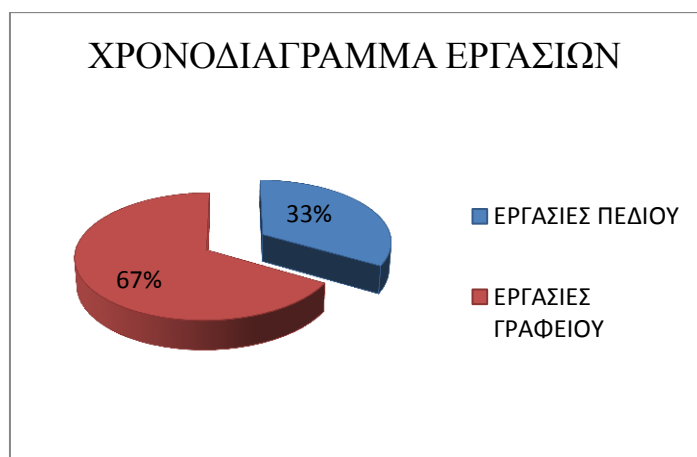
9

Χρονοδιάγραμμα εργασιών

Το κεφάλαιο περιλαμβάνει το χρονοδιάγραμμα των εργασιών για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και περιγράφει αναλυτικά την κατανομή των εργασιών με τη χρονολογική σειρά που εκτελέστηκαν .

9.1 Χρονοδιάγραμμα εργασιών

Αναλυτικά οι εργασίες που εκτελέστηκαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σε πρώτη ανάλυση διακρίνονται σε εργασίες πεδίου και εργασίες γραφείου. Οι εργασίες πεδίου ολοκληρώθηκαν σε 20 ημέρες ενώ οι εργασίες γραφείου σε 40 ημέρες με μέσο όρο εργασίας 7 ώρες ανά ημέρα.

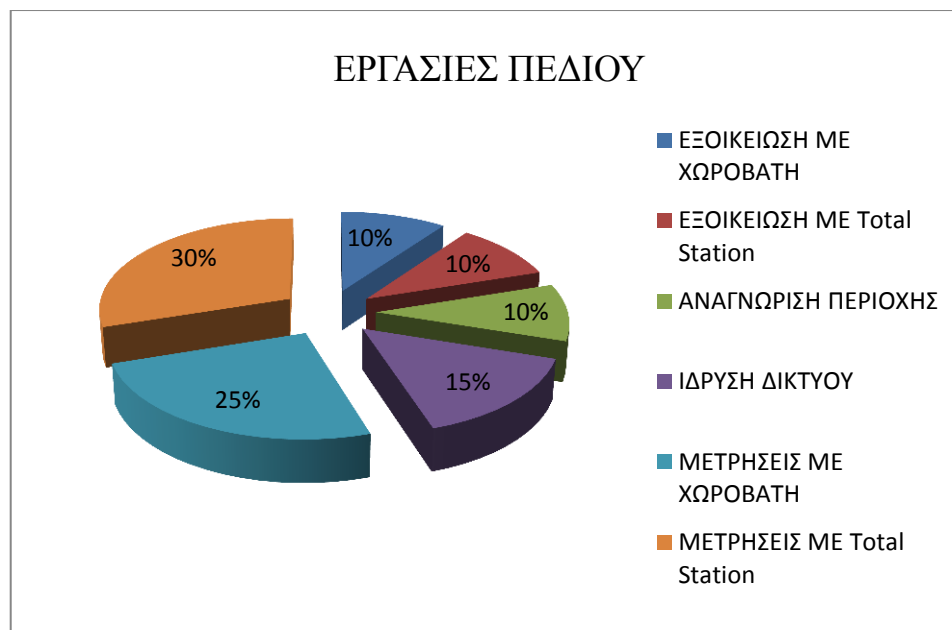


Γράφημα 1: Κατανομή Εργασιών

9.2 Εργασίες πεδίου

Αναλυτικά οι εργασίες πεδίου περιλαμβάνουν :

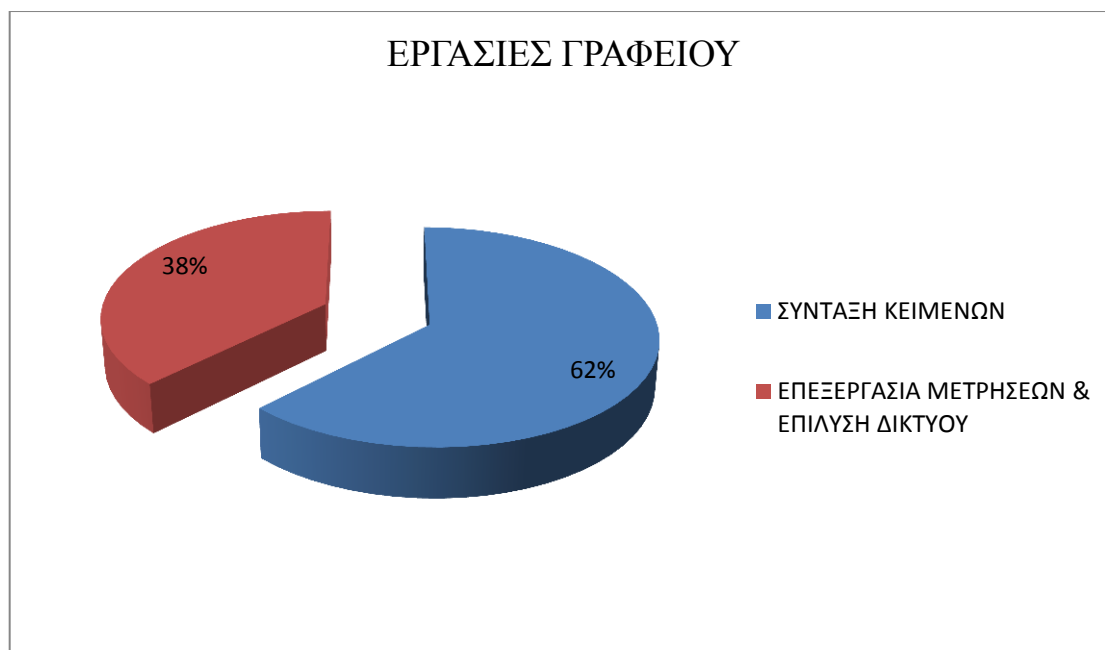
- ✓ την εξοικείωση με τον ψηφιακό χωροβάτη ακριβείας Leica Sprinter 150M για την οποία χρειάστηκαν 2 ημέρες.
- ✓ την εξοικείωση με τον Γεωδαιτικό Σταθμό (Total Station) Leica TCR407 για την οποία χρειάστηκαν 2 ημέρες.
- ✓ την αναγνώριση της περιοχής μελέτης που διήρκησε 2 ημέρες,
- ✓ την ίδρυση του δικτύου που έγινε σε 3 ημέρες
- ✓ και τέλος τις μετρήσεις που ολοκληρώθηκαν συνολικά σε 11 ημέρες από τις οποίες στις 5 γίνονταν μετρήσεις με χωροβάτη και στις υπόλοιπες έξι μετρήσεις με Total Station, με μέσο όρο εργασίας 7 ώρες ανά ημέρα.



Γράφημα 2: Κατανομή Εργασιών Πεδίου

9.3 Εργασίες γραφείου

Και τέλος, οι εργασίες γραφείου περιλαμβάνουν, την επεξεργασία των μετρήσεων και την επίλυση του δικτύου που ολοκληρώθηκαν σε 15 ημέρες, και τη σύνταξη των κειμένων που ολοκληρώθηκε σε 25 ημέρες, με μέσο όρο εργασίας 7 ώρες ανά ημέρα.



Γράφημα 3: Κατανομή Εργασιών Γραφείου

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα έργα και τις μελέτες αρμοδιότητας Μηχανικού ο προσδιορισμός της τρίτης διάστασης (κατακόρυφης) , αφορά στον προσδιορισμό της θέσης του σημείου πάνω από μια «φυσική» επιφάνεια – αφετηρία μέτρησης υψόμετρων , η οποία να συνδέεται με το πεδίο βαρύτητας της γης . Ως τέτοια επιφάνεια συνηθίζεται να λαμβάνεται η επιφάνεια του γεωειδούς , η ισοδυναμική επιφάνεια του πεδίου έλξης και περιστροφής της γης που πλησιάζει περισσότερο τη μ.σ.θ. και την νοητή προέκταση της κάτω από την ξηρά . Στην Ελλάδα , το Εθνικό Σύστημα Υψομέτρων αφορά σε «ορθομετρικά υψόμετρα Helmet» , υψόμετρα δηλαδή που αναφέρονται στο γεωειδές και χρησιμοποιούν την μέση βαρύτητα κατά μήκος της κατακορύφου .

Το μέγεθος ωστόσο που εμπλέκεται στις μελέτες τεχνικών έργων δεν είναι η απολυτή τιμή του ορθομετρικού υψομέτρου ενός σημείου , αλλά οι υψομετρικές διαφορές κατά την κατακόρυφο μεταξύ σημείων και η διαχρονική μεταβολή τους (σχετικά υψόμετρα)

Για τον προσδιορισμό υψομέτρων και , κυρίως , υψομετρικών διαφορών, οι σύγχρονες μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι τόσο επίγειες (Γεωμετρική Χωροστάθμιση – Τριγωνομετρική Υψομετρία) , όσο και δορυφορικές (GPS) . Οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα αλλά και σε συνδυασμό παρέχοντας τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα με κριτήρια τεχνικοοικονομικά (ακρίβεια , κόστος , ταχύτητα)

Στην παρούσα εργασία για τον υπολογισμό των υψομετρικών διαφορών και κατ' επέκταση των ορθομετρικών υψομέτρων χρησιμοποιήθηκαν οι επίγειες μέθοδοι (Γεωμετρική Χωροστάθμιση – Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία) .

Όσον αφορά την Γεωμετρική Χωροστάθμιση , τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε είναι ότι αποτελεί μέχρι και σήμερα την πλέον ακριβή μέθοδο προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών , ενώ η ανάπτυξη των ψηφιακών χωροβατών τα τελευταία 15 χρόνια , έχει οδηγήσει σε πιο γρήγορα και ακριβή αποτελέσματα . Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα υψόμετρα και οι υψομετρικές διαφορές που προκύπτουν για περιοχές όπως η εξεταζόμενη σ' αυτή την εργασία είναι ορθομετρικά, ενώ η δυσκολία εφαρμογής της σε πεδία με έντονες κλίσεις αποτελεί το σημαντικότερο μειονέκτημά της .

Από την άλλη, με την εφαρμογή της μεθόδου της Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας είδαμε πως εξαλείφονται τα σφάλματα λόγω της καμπυλότητας της γης και της γεωδαιτικής διάθλασης μέσα από τις σχεδόν ταυτόχρονες και αμοιβαίες παρατηρήσεις και πως, κυρίως, παρακάμπτεται η αναγκαιότητα μέτρησης υψών οργάνων και στόχων .Μπορούμε λοιπόν μετά από την εφαρμογή της στο πεδίο να συμπεράνουμε ότι είναι μια σχετικά εύκολη στην εφαρμογή της μέθοδος , σταθερή από πλευράς ακρίβειας παρεχόμενων αποτελεσμάτων και ακόμη εξελίξιμη με τη συνεχή βελτίωση της τεχνολογίας των total stations .

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι με την αρμονική συνεργασία των δυο επίγειων μεθόδων προσδιορισμού υψομέτρων (Γεωμετρική Χωροστάθμηση – Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία) , μπορούμε να σχεδιάσουμε και να υλοποιήσουμε εύκολα και σε σύντομο χρονικό διάστημα ένα δίκτυο κατακόρυφου έλεγχου αστικής χρήσης με την απαιτούμενη ακρίβεια .

Τέλος πρέπει να αναφερθούμε στο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε κατά την προσπάθειά μας να δοθούν Υψόμετρα του κρατικού δικτύου στις κορυφές μας , και να τονίσουμε ότι για να γίνει αυτό θα πρέπει εφόσον χρησιμοποιείται ένα ήδη μετρημένο δίκτυο να ελέγχονται σχολαστικά οι μετρήσεις αυτού του δικτύου ώστε να είναι αποδεκτές για την εργασία που θέλουμε να κάνουμε . Ενώ η ύπαρξη εναλλακτικών δυνατοτήτων επίλυσης , που θα πρέπει να προβλέπονται κατά τον σχεδιασμό του δικτύου , μπορεί να μας γλιτώσει από περεταίρω μετρήσεις. Είναι ακόμη φανερό ότι τα δεδομένα που λαμβάνονται από βάσεις δεδομένων άλλων υπηρεσιών (ακόμη και της ΓΥΣ) χρειάζονται προσεκτικό έλεγχο και επιβεβαιώσεις, όπως φάνηκε στην περίπτωση του τριγωνομετρικού της ΓΥΣ «ΛΑΚΚΑ – ΜΑΡΙΚΕΣ»

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

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

Οι προτάσεις που έχουμε να κάνουμε είναι :

- ✓ Θα πρέπει να επαναμετρηθεί ο βρόχος (R130-2-6-7-8-R130) του δικτύου του τμήματος τοπογραφίας των Τ.Ε.Ι. Αθήνας ώστε να βρεθεί το λάθος που υπάρχει στο κλείσιμο του .
- ✓ Θα πρέπει τα σημεία του βρόχου αυτού (R130-2-6-7-8-R130) και κυρίως η Χωροσταθμική αφετηρία της Γ.Υ.Σ. R130 να συνδεθεί και με άλλα σημεία του δικτύου ώστε να μειωθούν τα πιθανά σφάλματα που μεταφέρονται από την ελλιπή σύνδεση τους , στις κορυφές που βρίσκονται μακριά από αυτό . Οι μετρήσεις δεν είναι αναγκαίο να γίνουν με Γεωμετρική Χωροστάθμιση γιατί λόγω των μεγάλων αποστάσεων θα ήταν ιδιαίτερα επίπονο και χρονοβόρο αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της Ειδικής Τριγωνομετρικής Υψομετρίας που παρέχει πάρα πολύ καλά αποτελέσματα για την ακρίβεια εκατοστού που απαιτείται .
- ✓ Ακόμη θα μπορούσαμε να προτείνουμε να συνδεθούν υψομετρικά τα δυο Τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής με την Χωροσταθμική αφετηρία για δυο λόγους . Πρώτον γιατί τα τριγωνομετρικά σημεία είναι τοποθετημένα πιο καλά και η περίπτωση μετακίνησης τους είναι μικρότερη σε σχέση με την Χωροσταθμική αφετηρία που είναι τοποθετημένη σε ένα ιδιωτικό κτίσμα ήπιας βιομηχανικής χρήσης . Δεύτερον διότι λόγω της χρήσης του κτίσματος που είναι τοποθετημένη η Χωροσταθμική αφετηρία δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθούν μετρήσεις όλες τις ώρες .
- ✓ Επίσης θα μπορούσε να επεκταθεί το υπάρχον δίκτυο προς τις περιοχές Περιβολάκια , Πανοράματος , Δροσιάς ,και Αύρας ώστε να καλυφτεί όλη η περιοχή της Ραφήνας.
- ✓ Τέλος στην περίπτωση που επαναμετρηθεί το δίκτυο μας θα θέλαμε να προτείνουμε η Υψομετρική διαφορά R6-R9 να μην μετρηθεί απευθείας όπως έγινε από εμάς διότι η

απόσταση είναι μεγάλη και παρεμβάλλεται θάλασσα ανάμεσα , κάτι που έκανε τον βρόχο που περιέχει την μέτρηση να κλείνει με 1 cm .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

1. Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ.: «**Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις Ι**», Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2009
2. Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ., Μπαλοδήμος Δ.-Δ.: «**Εισαγωγή στη γεωδαισία**», Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 1988
3. Αγατζά-Μπαλοδήμου Α.-Μ.: «**ADJH1: Πρόγραμμα Συνόρθωσης Δικτύου κατακορύφου ελέγχου με Μ.Ε.Τ. (περίπτωση έμμεσων παρατηρήσεων) για PC, σε γλώσσα QBasic**», Τελευταία αναθεώρηση: Ιούλιος 2001
4. Αραμπατζή Ο.-Α.: «**Διερεύνηση των Μεθοδολογιών Προσδιορισμού Κατακόρυφης Θέσης Σημείου σε Έργα Μηχανικού – Εφαρμογές στον Ελλαδικό Χώρο**», διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2007
5. Μπαλοδήμος Δ.-Δ.: «**Ανάπτυξη μεθόδου τριγωνομετρικής υψομετρίας για εργασίες υψηλής ακριβείας**», Τεχνικά Χρονικά, Ιουλ.-Αυγ.-Σεπτ. 1979
6. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αραμπατζή Ο.: «**Υψομετρία**», Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 2004
7. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αραμπατζή Ο.: «**Η χρήση σύγχρονων γεωδαιτικών οργάνων στις παραδοσιακές μεθόδους προσδιορισμού Υψομετρικών Διαφορών**», Πρακτικά συνεδρίου : «Η εξέλιξη των οργάνων, των μεθόδων και των συστημάτων μετρήσεων των επισημών της αποτύπωσης στην Ελλάδα», Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2005
8. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Σταθάς Δ.: «**Γεωδαιτικά Όργανα και Μέθοδοι Μέτρησης Γωνιών και Μηκών**», Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Αθήνα 1993
9. Ε. Λάμπρου, Γ. Πανταζής : «**Εφαρμοσμένη Γεωδαισία**» 2010, Εκδόσεις Ζήτη
10. Ε. Λάμπρου : «**Ακριβής προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών με χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών**», Τεχνικά Χρονικά, Τόμος Ι, Τεύχος 1-2, 2007.
11. Σαββαΐδης Π., Υφαντής Ι., Λακάκης Κ. : «**Τοπογραφία και θεματική χαρτογραφία** », ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2007
12. Σιγανάκης Α., Ξοκώνης Κ., Ψαρογιάννης Ε.: «**Ίδρυση αστικού δικτύου κατακορύφου ελέγχου στο Δήμο Μετσόβου**», Ε.Μ.Π., Τ.Α.Τ.Μ., Ε.Γ.Γ., Αθήνα, Μάρτιος 1999
13. Παγούνης Β.: Δεδομένα μετρήσεων από Τ.Ε.Ι. τοπογραφίας Αθήνας, Αθήνα Απρίλιος 2013
14. Επιχειρησιακό πρόγραμμα δήμου Ραφήνας – Πικερμίου 2012-2014
15. <http://www.metrice.gr/>
16. <http://www.leica-geosystems.com/>
17. <http://www.rafina.gr/>
18. <http://el.wikipedia.org>
17. <http://www.bing.com/maps/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΕΝΤΥΠΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΩΝ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ

ΔΙΚΤΥΟΥ

Εδώ δίνονται τα έντυπα (ένα για κάθε κορυφή) , με τις αναλυτικές περιγραφές των κορυφών του δικτύου, όπου φαίνονται συνοπτικά οι θέσεις των κορυφών που τοποθετήθηκαν αλλά και τα τελικά τους υψόμετρα στο κρατικό υψομετρικό δίκτυο .

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

*(ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΟΥ
ΤΟΠΟΘΕΤΗΘΗΚΕ Η ΚΟΡΥΦΗ)*

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :

.....

ΥΨΟΜΕΤΡΟ :

.....

*(ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ ΣΕ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟ
ΥΠΟΒΑΘΡΟ GOOGLE)*

*(ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΗΣ
ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ
ΚΟΡΥΦΗΣ)*

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

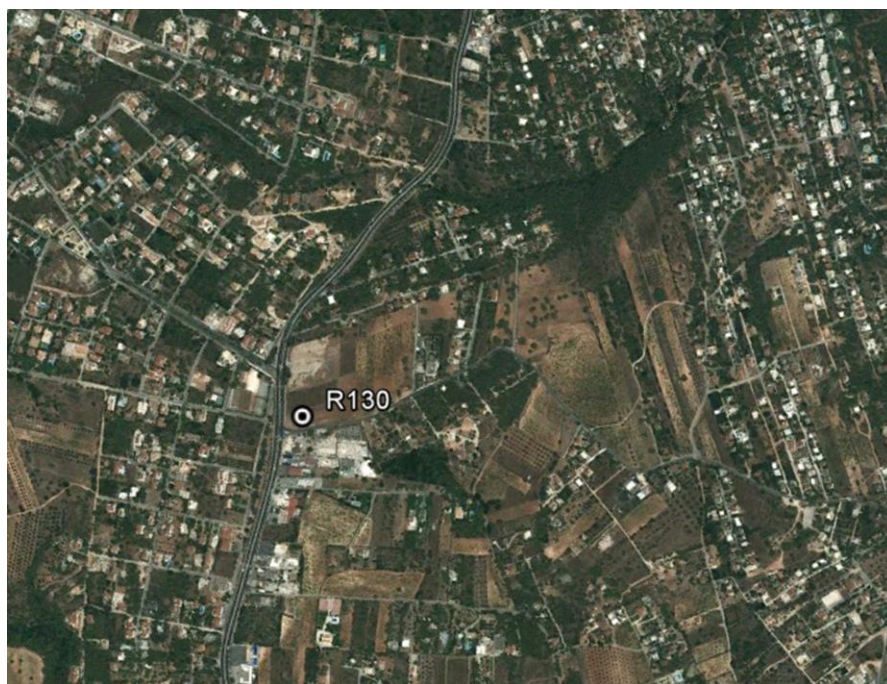


ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :

R130

ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΕΨΗΣ :

89,340m



Η υψομετρική αφετηρία R130 ,είναι η στέψη του βάθρου του Τριγωνομετρικού σημείου "ΜΑΤΙ" της Γ.Υ.Σ. , που βρίσκεται στην περιοχή της Ραφήνας. Το βάθρο είναι τοποθετημένο σε λόφο , στη διασταύρωση της Λεωφ. Μαραθώνος με την οδό Μεγ. Αλέξανδρου .

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

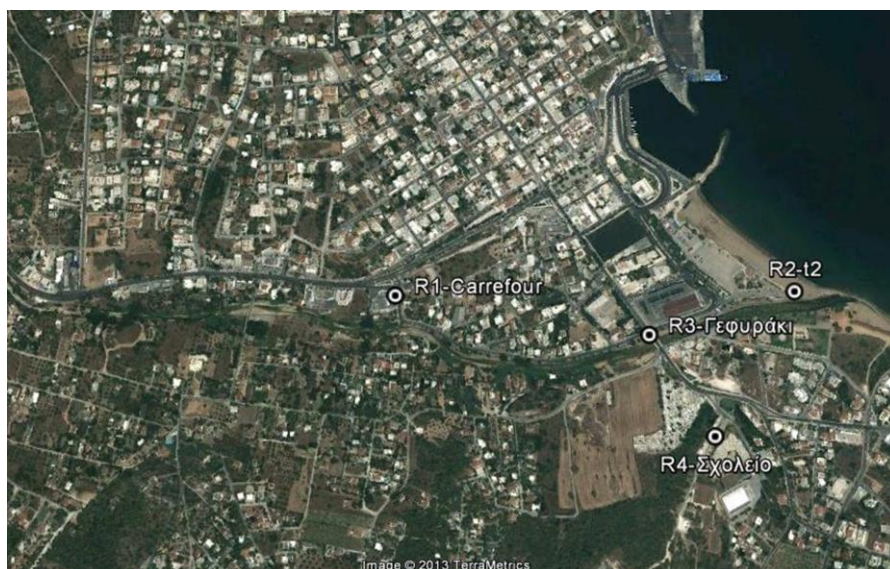
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ



ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :

R1

ΥΨΟΜΕΤΡΟ :
9,750m



Η υψομετρική αφετηρία R1 ήταν τοποθετημένη στην είσοδο του parking του super market Carrefour από το τμήμα τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας . Το super market βρίσκεται δυτικά της κεντρικής πλατείας της Ραφήνας στη Λεωφόρος Φλέμιγκ Αμαλίας .

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ



ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :
R2
ΥΨΟΜΕΤΡΟ :
1,450m



Η υψομετρική αφετηρία R2 ήταν τοποθετημένη στο πεζοδρόμιο της παραλίας της Ραφήνας κοντά στην εκβολή του ρέματος της Ραφήνας, απέναντι από το πάρκο Καραμανλή, από το τμήμα τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ



ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ

ΑΦΕΤΗΡΙΑ :

R3

ΥΨΟΜΕΤΡΟ :

5,940m



Η υψομετρική αφετηρία R3 ήταν τοποθετημένη στο γεφυράκι του ρέματος της Ραφήνας χαμηλά στο προστατευτικό τοίχιο των πεζών στο ρεύμα προς Αρτέμιδα . Το γεφυράκι βρίσκεται νότια της κεντρικής πλατείας .

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ



ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :

R4

ΥΨΟΜΕΤΡΟ :

22,585m



Η υψομετρική αφετηρία R4 τοποθετήθηκε δεξιά της εισόδου , χαμηλά στην περίφραξη του Γυμνασίου – Ενιαίου Λυκείου της Ραφήνας .

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

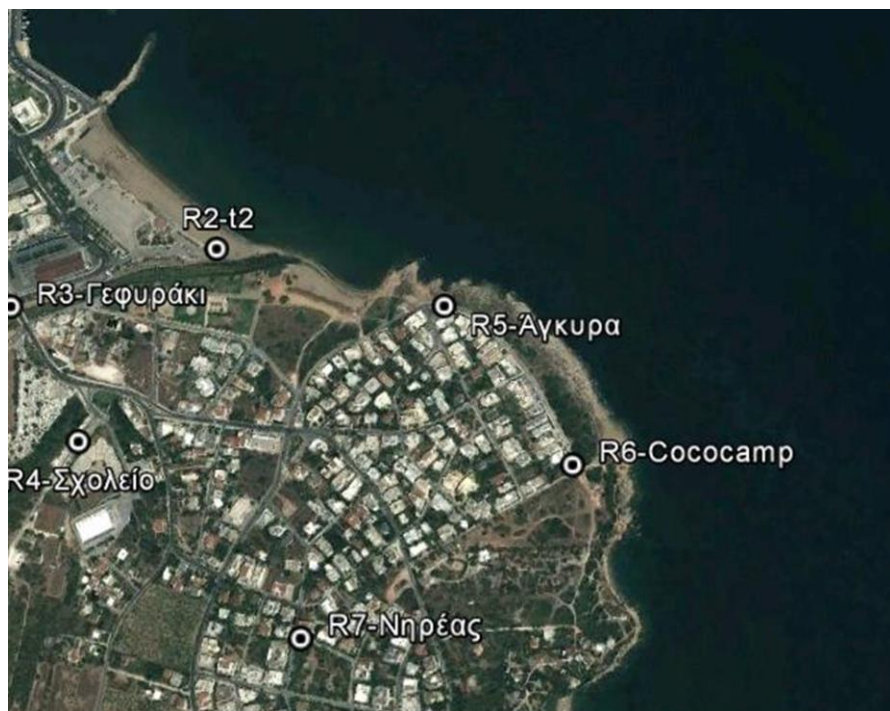


ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :

R5

ΥΨΟΜΕΤΡΟ :

13,533m



Η υψομετρική αφετηρία R5 τοποθετήθηκε σε γωνιακή πολυκατοικία στην περιοχή του Πρωτέα . Η πολυκατοικία βρίσκεται απέναντι από το μνημείο της Άγκυρας και η αφετηρία τοποθετήθηκε χαμηλά στην περιφράξη ,αριστερά της εισόδου .

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

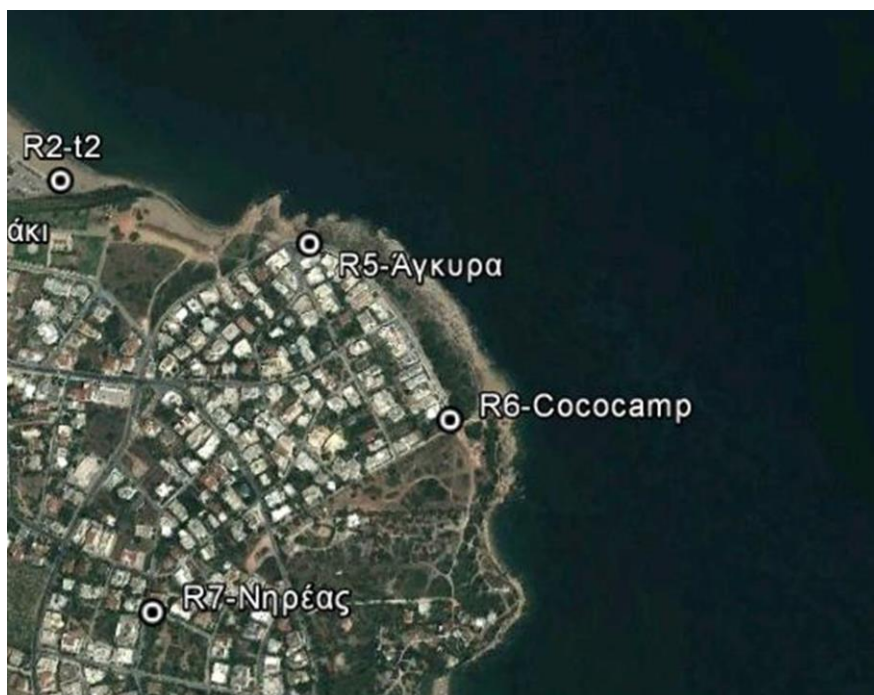
ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ



ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :
R6
ΥΨΟΜΕΤΡΟ :
14,832m



Η υψομετρική αφετηρία R6 τοποθετήθηκε σε μονοκατοικία στην περιοχή του Πρωτέα . Η μονοκατοικία βρίσκεται στο τέλος της οδού Θάλειας πριν την διασταύρωση με την οδό Ολυμπιάδος . Η αφετηρία τοποθετήθηκε στην περίφραξη , δεξιά της εισόδου του parking.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

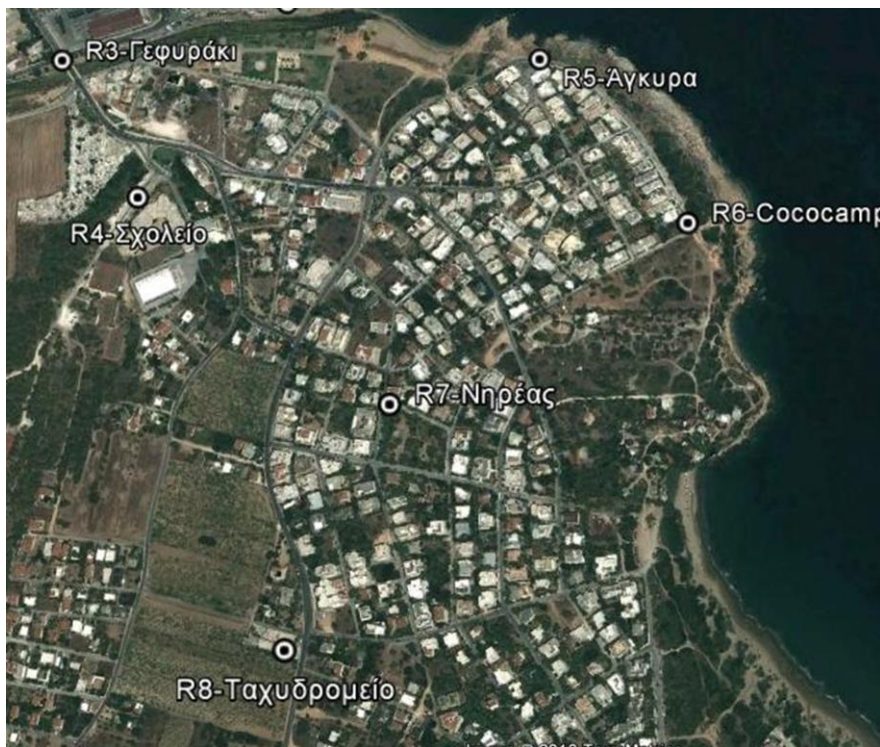


ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :

R7

ΥΨΟΜΕΤΡΟ :

24,081m



Η υψομετρική αφετηρία R7 τοποθετήθηκε σε κτήριο τοπικού συλλόγου στην περιοχή του Νηρέα . Το κτήριο βρίσκεται στην βορειοδυτική γωνία της πλατειάς του Νηρέα . Η αφετηρία τοποθετήθηκε στην πλευρά του κτηρίου που βλέπει στην οδό Σύρου.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

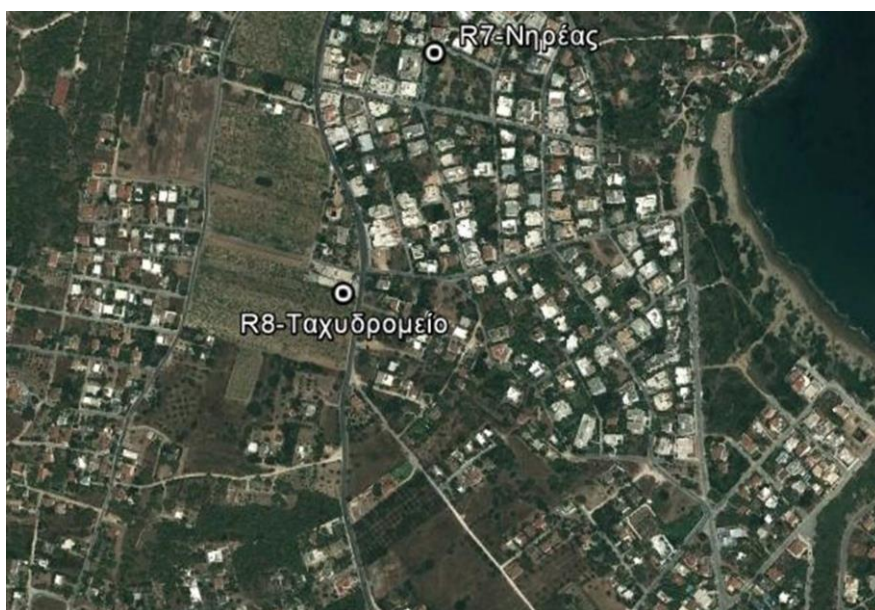
ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ



ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :
R8
ΥΨΟΜΕΤΡΟ :
20,993m



Η υψομετρική αφετηρία R8 τοποθετήθηκε στο κέντρο διανομής των ΕΛ.ΤΑ. που βρίσκεται στην οδό Αραφίνας . Η αφετηρία τοποθετήθηκε στην αριστερή πλαϊνή όψη του κτηρίου δίπλα σε υδρορροή.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

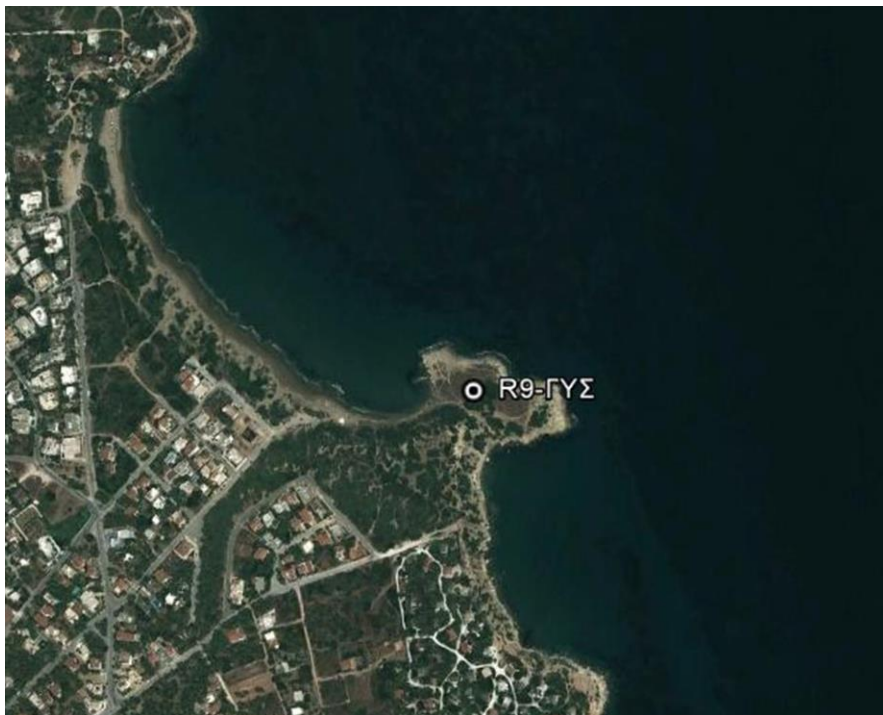
ΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΡΑΦΗΝΑ-ΠΙΚΕΡΜΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΖΟΥΡΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ



ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΦΕΤΗΡΙΑ :
R9
ΥΨΟΜΕΤΡΟ :
27,440m



Η υψομετρική αφετηρία R9 τοποθετήθηκε στη βάση του βάθρου του Τριγωνομετρικού της Γ.Υ.Σ. "ΛΑΚΚΑ ΜΑΡΙΚΕΣ" που βρίσκεται στην περιοχή των Ορειχαλκουργών σε ύψωμα ανατολικά της παραλίας Μαρίκες .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΙΠΛΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗΣ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗΣ

Α/Α	ΜΕΤΑΒΑΣΗ				ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				
	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	
1	R5	2,3929		2,3010	R6	1,0246		0,2157	ΔΗ= 1,299 m Κ= 0,002 m
	1	2,4576	0,0919	1,1851	1	2,0075	0,8089	1,4622	
	2	1,2375	1,2726	-0,0705	2	1,7004	0,5452	0,4289	
	3	1,2909	1,3079	-0,1332	3	1,3000	1,2715	0,0774	
	4	0,4752	1,4242	-1,9818	4	0,7186	1,2226	-2,4127	
	R6		2,4570	1,301	5	0,3964	3,1313	-1,0700	
					R5		1,4664	-1,298	
2	R6	0,4946		-1,2309	R7	0,2501		-2,5244	ΔΗ= 9,250 m Κ= 0,004 m
	1	2,3119	1,7255	1,9041	1	0,7395	2,7744	-0,7870	
	2	2,4905	0,4078	2,3599	2	0,6228	1,5266	-1,1470	
	3	2,6118	0,1306	1,8558	3	1,0250	1,7698	-1,3695	
	4	1,6510	0,7560	0,6391	4	0,1104	2,3945	-2,1551	
	5	1,9464	1,0119	1,8883	5	0,1347	2,2655	-2,5624	
	6	2,3292	0,0581	1,8356	6	2,0215	2,6971	1,2974	
	R7		0,4936	9,252	R6		0,7241	-9,248	

Α/Α	ΜΕΤΑΒΑΣΗ				ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ			
	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)
3	R7				R9			
	7	0,6004		-2,0940	7	0,4183		-1,6726
	8	0,4284	2,6944	-1,0185	8	0,6945	2,0910	0,3017
	9	1,2623	1,4469	-2,6726	9	0,4759	0,3928	-2,4439
	10	0,0466	3,9350	-0,9948	10	1,4378	2,9198	0,5326
	11	1,7884	1,0414	0,1452	11	0,2372	0,9052	-1,6369
	12	1,2081	1,6432	-0,5353	12	0,0257	1,8741	-3,5937
	13	1,2214	1,7434	-1,2580	13	0,3712	3,6194	-1,9855
	14	0,3153	2,4794	-2,6834	14	0,2842	2,3568	-2,0845
	15	0,1467	2,9987	-2,4591	15	1,3342	2,3687	-0,1621
	16	0,2926	2,6058	-1,9153	16	0,0528	1,4963	-2,8519
	17	0,4955	2,2079	-2,1051	17	0,2818	2,9046	-2,6463
	18	0,1982	2,6006	-2,4039	18	0,2731	2,9281	-2,3388
	19	0,4555	2,6020	-1,5022	19	0,2157	2,6119	-2,4180
	20	1,5457	1,9577	0,8706	20	0,4081	2,6337	-1,9548
	21	2,1403	0,6752	1,5953	21	1,8011	2,3628	0,7879
	22	2,4921	0,5450	2,2756	22	2,3035	1,0131	1,9992
	23	2,7424	0,2165	2,5505	23	2,4518	0,3043	1,6107
	24	2,9290	0,1918	2,8256	24	2,1314	0,8411	1,2803
	25	2,7259	0,1034	2,1237	25	2,1099	0,8512	1,2893
ΔΗ= 3,359 m Κ= 0,006 m								

Α/Α	ΜΕΤΑΒΑΣΗ				ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				
	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	
3	26	1,2625	0,6022	-0,0505	26	2,5165	0,8206	2,1568	
	27	2,0587	1,3130	1,4972	27	3,1613	0,3597	2,9508	
	28	2,2882	0,5615	1,9634	28	2,5474	0,2105	2,0390	
	29	2,2023	0,3249	1,6438	29	1,8819	0,5084	0,5920	
	30	3,0592	0,5585	2,8029	30	1,8965	1,2899	-0,3547	
	31	1,6325	0,2563	0,6780	31	1,8549	2,2512	1,1630	
	32	2,0441	0,9545	0,2073	32	2,5429	0,6920	2,4664	
	33	1,0848	1,8368	0,3993	33	2,0241	0,0765	0,4659	
	34	2,3626	0,6856	2,1034	34	1,5120	1,5582	1,1179	
	35	0,3327	0,2593	-0,3493	35	2,7101	0,3941	2,0345	
	36	2,0023	0,6819	1,7215	R7		0,6756	14,632	
	R9		0,2808	12,617					

Α/Α	ΜΕΤΑΒΑΣΗ				ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				
	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	
4	R8	0,3785		-0,5024	R7	0,2139		-3,1240	ΔΗ= 3,088 m Κ= 0,004 m
	1	1,7544	0,8809	1,3710		1,1400	3,3379	0,0342	
	2	2,5801	0,3834	0,9539		1,6258	1,1058	-0,3110	
	3	0,3478	1,6262	-2,1601		2,4236	1,9368	2,1349	
	4	1,9943	2,5078	0,3592		1,9413	0,2888	-0,5959	
	5	1,0291	1,6351	-0,0458		0,0581	2,5372	-2,0620	
	6	3,4078	1,0749	3,1142		1,5950	2,1201	0,8380	
	R7		0,2937	3,090	R8		0,7570	-3,086	
5	R4	0,2192		-1,9871	R3	1,2377		0,1687	ΔΗ= 16,646 m Κ= 0,000 m
	1	0,4133	2,2063	-1,7280	1	2,1290	1,0690	1,6904	
	2	0,2143	2,1413	-2,2234	2	2,2432	0,4386	1,9848	
	3	0,0487	2,4376	-2,1296	3	2,1632	0,2584	1,7776	
	4	0,4367	2,1784	-1,8829	4	2,3708	0,3856	2,1755	
	5	0,1315	2,3196	-2,1974	5	2,2928	0,1954	1,8144	
	6	0,0400	2,3289	-2,3439	6	2,1997	0,4784	1,6886	
	7	0,3369	2,3840	-1,9479	7	2,5222	0,5111	2,3196	
	8	1,0532	2,2848	-0,2056	8	2,6065	0,2026	1,8525	
	R3		1,2588	-16,646	9	1,6154	0,7541	1,1743	
					R4		0,4412	16,646	

Α/Α	ΜΕΤΑΒΑΣΗ				ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				
	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ (m)	ΜΕΡΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ (m)	
6	R3	1,2250		1,0543	R5	0,8890		-1,2346	ΔΗ= 12,083 m Κ= 0,002 m
	1	1,7473	0,1707	0,0656	1	0,6247	2,1235	-2,0539	
	2	1,6287	1,6817	1,1434	2	0,2509	2,6787	-2,8494	
	3	2,9024	0,4852	1,3553	3	0,0882	3,1003	-2,1027	
	4	2,3350	1,5470	1,9339	4	0,2679	2,1909	-2,2612	
	5	2,8529	0,4010	2,7398	5	0,9792	2,5291	-0,5261	
	6	3,2302	0,1131	2,8153	6	0,1919	1,5053	-1,0543	
	7	1,8652	0,4149	0,9765	R2		1,2462	-12,082	
	R5		0,8887	12,084					

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΙΔΙΚΗΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΑΣ

Ε.Τ.Υ. R5(ΑΓΚΥΡΑ)-R7(ΝΗΡΕΑΣ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->O1	0,9605m	100g->E1	1,2630m
300g->O2	0,9610m	300g->E2	1,2640m
$O=(O1+O2)/2=$	0,961m	$E=(E1+E2)/2=$	1,264m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)
1η περίοδος	R5	1	104,6483	295,3415	104,6534	104,6538	39,062	39,0615	-2,8529	10,542
2η >>							39,062			
	R5	1	104,649	295,3405	104,65425		39,061			
							39,061			
1η περίοδος	1	R5	95,3637	304,631	95,36635	95,3659	39,061	39,0610	2,8408	
2η >>							39,061			
	1	R5	95,3632	304,6322	95,3655		39,061			
							39,061			
1η περίοδος	1	2	101,2878	298,7118	101,288	101,2891	180,538	180,5373	-3,6554	
2η >>							180,537			
	1	2	101,2921	298,7118	101,29015		180,537			
							180,537			
1η περίοδος	2	1	98,7259	301,2688	98,72855	98,7295	180,537	180,5370	3,6028	
2η >>							180,537			
	2	1	98,7278	301,267	98,7304		180,537			

							180,537		
1η περίοδος	2	3	101,376	298,6229	101,37655	101,3763	89,147	89,1470	-1,9271
2η >>	2	3	101,3745	298,6225	101,376		89,147		
							89,147		
							89,147		
1η περίοδος	3	2	98,6428	301,3576	98,6426	98,6437	89,147	89,1470	1,8991
2η >>	3	2	98,6451	301,3555	98,6448		89,147		
							89,147		
							89,147		
1η περίοδος	3	4	98,2082	301,7891	98,20955	98,2097	86,25	86,2500	2,4253
2η >>	3	4	98,2091	301,7896	98,20975		86,25		
							86,25		
							86,25		
1η περίοδος	4	3	101,8085	298,1893	101,8096	101,8098	86,25	86,2500	-2,4515
2η >>	4	3	101,8079	298,1881	101,8099		86,25		
							86,25		
							86,25		
1η περίοδος	4	5	98,4151	301,5791	98,418	98,4183	175,433	175,4323	4,3581
2η >>	4	5	98,4176	301,5803	98,41865		175,432		
							175,432		
							175,432		
1η περίοδος	5	4	101,6012	298,3966	101,6023	101,6023	175,432	175,4320	-4,4150
2η >>	5	4	101,6012	298,3966	101,6023		175,432		
							175,432		
							175,432		
1η περίοδος	5	6	98,2455	301,7526	98,24645	98,2463	109,873	109,8730	3,0263

							109,873		
2η >>	5	6	98,2454	301,7531	98,24615		109,873		
							109,873		
							109,873		
1η περίοδος	6	5	101,7739	298,2262	101,77385	101,7714	109,873	109,8730	-3,0567
							109,873		
2η >>	6	5	101,7737	298,236	101,76885		109,873		
							109,873		
1η περίοδος	6	7	94,3954	305,6051	94,39515	94,3950	126,639	126,6390	11,1353
							126,639		
2η >>	6	7	94,3942	305,6045	94,39485		126,639		
							126,639		
1η περίοδος	7	6	105,6271	294,3676	105,62975	105,6296	126,641	126,6410	11,1842
							126,641		
2η >>	7	6	105,6273	294,3684	105,62945		126,641		
							126,641		
1η περίοδος	7	8	99,9222	300,0698	99,9262	99,9257	13,673	13,6730	0,0160
							13,673		
2η >>	7	8	99,9225	300,072	99,92525		13,673		
							13,673		
1η περίοδος	8	7	100,0921	299,9099	100,0911	100,0910	13,672	13,6728	-0,0195
							13,673		
2η >>	8	7	100,0911	299,9094	100,09085		13,672		
							13,674		
1η περίοδος	8	R7	101,5848	298,4116	101,5866	101,5866	73,059	73,0595	-1,8206
							73,06		
2η >>	8	R7	101,585	298,412	101,5865		73,059		

							73,06			
1η περίοδος	R7	8	98,43	301,5654	98,4323	98,4323	73,059	73,0595	1,7989	
							73,06			
2η >>			98,4303	301,5657	98,4323		73,06			
	R7	8					73,059			

E.T.Y.R6 (Cococamp)-R9(ΓΥΣ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->Ο1	1,1235 m	100g->Ε1	0,8105 m
300g->Ο2	1,1235 m	300g->Ε2	0,8105 m
Ο=(Ο1+Ο2)/2=	1,124 m	Ε=(Ε1+Ε2)/2=	0,811 m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)
1η περίοδος	R6	R9	99,095	300,9034	99,0958	99,0964	854,137	854,1375	12,1236	12,601
							854,137			
2η >>	R6	R9	99,0975	300,9037	99,0969		854,138			
							854,138			
1η περίοδος	R9	R6	100,9255	299,0695	100,928	100,9282	854,138	854,1385	-12,4523	
							854,138			
2η >>	R9	R6	100,9273	299,0707	100,9283		854,139			
							854,139			

Ε.Τ.Υ.Ρ9(ΓΥΣ) - Ρ7(ΝΗΡΕΑΣ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έπροςθεν (Ε)	
100g->Ο1	0,9018m	100g->Ε1	0,8825m
300g->Ο2	0,9020m	300g->Ε2	0,8823m
Ο=(Ο1+Ο2)/2=		Ε=(Ε1+Ε2)/2=	0,882m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δh _{i,j} (m)	ΔΗτελικό (m)		
1η περίοδος	R9	1	102,3570	297,6426	102,3572	102,3571	520,444	520,444	-19,2654	-3,364		
2η >>							R9				1	102,3553
1η περίοδος	1	R9	97,6620	302,3357	97,6632		520,443				520,44375	19,0942
2η >>	1	R9	97,6633	302,3343	97,6645		520,444					
1η περίοδος	1	2	95,4873	304,5154	95,4860	95,4862	111,719	111,71925	7,9145			

							111,72		
2η >>	1	2	95,4882	304,5152	95,4865		111,719		
							111,719		
1η περίοδος	2	1	104,5337	295,4671	104,5333	104,5335	111,719	111,71925	-7,9489
							111,72		
2η >>	2	1	104,5344	295,4672	104,5336		111,719		
							111,719		
1η περίοδος	2	3	99,3696	300,6304	99,3696	99,3694	141,363	141,363	1,4002
							141,363		
2η >>	2	3	99,3710	300,6325	99,3693		141,363		
							141,363		
1η περίοδος	3	2	100,6529	299,3457	100,6536	100,654	141,364	141,36325	-1,4522
							141,363		
2η >>	3	2	100,6549	299,3461	100,6544		141,363		
							141,363		
1η περίοδος	3	4	100,2060	299,7898	100,2081	100,2077	137,101	137,101	-0,4472
							137,101		
2η >>	3	4	100,2052	299,7908	100,2072		137,101		
							137,101		
1η περίοδος	4	3	99,8127	300,1869	99,8129	99,8142	137,101	137,1005	0,4002
							137,101		
2η >>	4	3	99,8148	300,1840	99,8154		137,1		

							137,1		
1η περίοδος	4	5	96,5584	303,4413	96,5586	96,5590	161,605	161,605	8,7307
							161,605		
2η >>	4	5	96,5600	303,4411	96,5595		161,605		
							161,605		
1η περίοδος	5	4	103,4626	296,5354	103,4636	103,4637	161,606	161,6055	-8,7881
							161,606		
2η >>	5	4	103,4635	296,5361	103,4637		161,605		
							161,605		
1η περίοδος	5	6	101,5915	298,4065	101,5925	101,5924	74,548	74,548	-1,8645
							74,548		
2η >>	5	6	101,5921	298,4074	101,5924		74,548		
							74,548		
1η περίοδος	6	5	98,4271	301,5702	98,4285	98,4285	74,548	74,548	1,8400
							74,548		
2η >>	6	5	98,4270	301,5698	98,4286		74,548		
							74,548		
1η περίοδος	6	R7	100,2200	299,7800	100,2200	100,2204	13,457	13,45725	0,0466
							13,457		
2η >>	6	R7	100,2209	299,7792	100,2209		13,457		
							13,458		
1η	R7	6	99,7951	300,2063	99,7944	99,7950	13,458	13,4575	0,04334

περίοδος										
							13,457			
2η >>	R7	6	99,7978	300,2067	99,7956		13,457			
							13,458			

Ε.Τ.Υ R7(ΝΗΡΕΑΣ) -R4(ΣΧΟΛΕΙΟ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->Ο1	1,1558m	100g->Ε1	0,5955m
300g->Ο2	1,1558m	300g->Ε2	0,5955m
Ο=(Ο1+Ο2)/2=	1,156m	Ε=(Ε1+Ε2)/2=	0,596m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)
1η περίοδος	R7	1	100,6697	299,3309	100,6694	100,6687	14,464	14,464	0,1519	-1,499
							14,464			
2η >>	R7	1	100,6700	299,3339	100,6681		14,464			
							14,464			
1η περίοδος	1	R7	99,3483	300,6474	99,3505	99,3507	14,464	14,464	0,1475	
							14,464			
2η >>	1	R7	99,3478	300,6460	99,3509		14,464			
							14,464			
1η περίοδος	1	2	102,2228	297,7697	102,2266	102,2253	127,468	127,468	-4,4548	

							127,468		
2η >>	1	2	102,2253	297,7770	102,2242		127,468		
							127,468		
1η περίοδος	2	1	97,7958	302,2000	97,7979		127,467		
							127,468		
2η >>	2	1	97,7983	302,1996	97,7994	97,7986	127,467	127,468	4,4068
1η περίοδος	2	3	104,6729	295,3259	104,6735		24,103		
							24,103		
2η >>	2	3	104,6714	295,3259	104,6728	104,6731	24,102		
							24,103	24,103	-1,7677
1η περίοδος	3	2	95,3445	304,6550	95,3448		24,102		
							24,103		
2η >>	3	2	95,3435	304,6440	95,3498	95,3472	24,103	24,103	1,7600
1η περίοδος	3	4	104,9807	295,0152	104,9828		156,741		
							156,741		
2η >>	3	4	104,9827	295,0143	104,9842	104,9835	156,741	156,741	12,2572
							156,74		
1η περίοδος	4	3	95,0380	304,9595	95,0393		156,740		
							156,740		
2η >>	4	3	95,0374	304,9606	95,0384	95,0388	156,740	156,740	12,2024

							156,74		
1η περίοδος	4	5	97,4945	302,5034	97,4956		165,6890		
							165,690		
2η >>	4	5	97,4959	302,5036	97,4962	97,4959	165,690	165,690	6,5157
							165,691		
1η περίοδος	5	4	102,5330	297,4728	102,5301		165,690		
							165,690		
2η >>	5	4	102,5319	297,4730	102,5295	102,5298	165,690	165,690	-6,5823
							165,690		
1η περίοδος	5	6	98,8692	301,1293	98,8700		75,551		
							75,551		
2η >>	5	6	98,8731	301,1333	98,8699	98,8699	75,551	75,551	1,3410
							75,551		
1η περίοδος	6	5	101,1514	298,8485	101,1515		75,551		
							75,551		
2η >>	6	5	101,1500	298,8470	101,1515	101,1515	75,551	75,551	-1,3664
							75,551		
1η περίοδος	6	R9	94,5967	305,4030	94,5969		101,360		
							101,360		
2η >>	6	R9	94,5937	305,4036	94,5951	94,5960	101,360	101,360	8,5938
							101,360		
1η	R9	6	105,4229	294,5691	105,4269	105,4275	101,360	101,360	8,6310

περίοδος										
							101,360			
2η >>	R9	6	105,4249	294,5686	105,4282		101,360			
							101,360			

E.T.Y. R4(ΣΧΟΛΕΙΟ) - R5(ΑΓΚΥΡΑ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->Ο1	1,0140m	100g->Ε1	0,9070m
300g->Ο2	1,0140m	300g->Ε2	0,9070m
Ο=(Ο1+Ο2)/2=	1,014m	Ε=(Ε1+Ε2)/2=	0,907m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)				
1η περίοδος	R4	1	104,8351	295,1598	104,8377	104,8379	124,492	124,492	-9,4514	-9,0502				
							124,492							
2η >>							124,492							
							124,492							
1η περίοδος	1	R4	95,1838	304,8159	95,1840	95,1837	124,493	124,493	9,4093					
							124,493							
2η >>							1				95,1835	304,8165	95,1835	124,493
1η περίοδος	1	R5	99,9775	300,0245	99,9765	99,9760	483,961	483,961	0,1826					
							483,961							
2η >>							1				99,9760	300,0251	99,9755	483,962
1η περίοδος	R5	1	100,0464	299,9509	100,0478	100,0479	483,963	483,964	-0,3637					
							483,964							
2η >>							1				100,0467	299,9508	100,0480	483,964

E.T.Y. R4(ΣΧΟΛΕΙΟ)-R2(T2)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έπροσθεν (Ε)	
100g->Ο1	0,8845m	100g->Ε1	1,5365m
300g->Ο2	0,8845m	300g->Ε2	1,536m
Ο=(Ο1+Ο2)/2=	0,885m	Ε=(Ε1+Ε2)/2=	1,536m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)
1η περίοδος	R4	R2	103,9417	296,0564	103,9427	103,9422	332,006	332,006	20,5457	-21,134
							332,006			
2η >>	R4	R2	103,9402	296,0569	103,9417		332,006			
							332,006			
1η περίοδος	R2	R4	96,0811	303,9175	96,0818	96,0821	332,006	332,006	20,4196	
							332,006			
2η >>	R2	R4	96,0823	303,9176	96,0824		332,006			
							332,006			

Ε.Τ.Υ. R4(ΣΧΟΛΕΙΟ) - R8(ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΟ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->O1	1,1160	100g->E1	0,9343
300g->O2	1,1160	300g->E2	0,9343
O=(O1+O2)/2=	1,116	E=(E1+E2)/2=	0,934

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I	Θέση II	Μέση Τιμή	Γενικός Μέσος Όρος	Κεκλιμένο Μήκος S	ΜΟ Κεκλ. Μήκος	Δhi,j	ΔΗτελικό
1η περίοδος	R4	1	104,7143	295,2784	104,7180	104,7167	53,245	53,245	-3,9413	-1,593
							53,245			
2η >>	R4	1	104,7124	295,2816	104,7154		53,245			
							53,245			
1η περίοδος	1	R4	95,3038	304,6970	95,3034	53,245	53,245	3,9240		
						53,245				
2η >>	1	R4	95,3050	304,6958	95,3046	53,245				
						53,245				
1η περίοδος	1	2	97,5186	302,4789	97,5199	97,5202	120,420	120,421	4,6896	
							120,421			
2η >>	1	2	97,5199	302,4789	97,5205		120,421			
							120,421			
1η περίοδος	2	1	102,5296	297,4746	102,5275	102,5290	120,421	120,421	-4,7825	
							120,421			

2η >>							120,421		
	2	1	102,5340	297,4730	102,5305		120,421		
1η περίοδος							71,135		
	2	3	98,4939	301,5084	98,4928		71,135		
2η >>							71,135		
	2	3	98,4930	301,5096	98,4917	98,4922	71,135	71,135	1,6846
1η περίοδος							71,136		
	3	2	101,5304	298,4703	101,5301		71,135		
2η >>							71,136		
	3	2	101,5338	298,4730	101,5304	101,5302	71,135	71,1355	-1,7097
1η περίοδος							415,467		
	3	4	100,4797	299,5232	100,4783		415,467		
2η >>							415,467		
	3	4	100,4797	299,5218	100,4790	100,4786	415,467	415,467	-3,1234
1η περίοδος							415,466		
	4	3	99,5436	300,4501	99,5468		415,466		
2η >>							415,467		
	4	3	99,5484	300,4527	99,5479	99,5473	415,467	415,467	2,9544
1η περίοδος							83,550		
	4	5	101,1523	298,8445	101,1539		83,550		
2η >>							83,550		
	4	5	101,1537	298,8467	101,1535	101,1537	83,550	83,550	-1,5140

1η περίοδος	5	4	98,8704	301,1300	98,8702		83,551			
							83,550			
2η >>	5	4	98,8712	301,1323	98,8695	98,8698	83,551			
							83,550	83,551	1,4832	
1η περίοδος	5	R8	98,9627	301,0359	98,9634		15,891			
							15,890			
2η >>	5	R8	98,9616	301,0397	98,9610	98,9622	15,890			
							15,890	15,890	0,2590	
1η περίοδος	R8	5	101,0585	298,9379	101,0603		15,890			
							15,891			
2η >>	R8	5	101,0605	298,9411	101,0597	101,0600	15,890			
							15,890	15,890	-0,2646	

E.T.Y. R4(ΣΧΟΛΕΙΟ)- R1(Carefour)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->O1	0,8750m	100g->E1	0,8415m
300g->O2	0,8750m	300g->E2	0,8420m
O=(O1+O2)/2=	0,875m	E=(E1+E2)/2=	0,842m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)
1η περίοδος	R4	1	102,5519	297,4430	102,5545	102,5539	399,829	399,829	-16,0355	-12,836
							399,829			
2η >>	R4	1	102,5510	297,4443	102,5534		399,83			
							399,829			
1η περίοδος	1	R4	97,4714	302,5283	97,4716	97,4719	399,829	399,829	15,8734	
							399,830			
2η >>	1	R4	97,4720	302,5274	97,4723		399,829			
							399,829			
1η περίοδος	1	2	99,9993	300,0052	99,9971	99,9969	152,964	152,964	0,0075	
							152,964			
2η >>							152,964			
	1	2	99,9985	300,0051	99,9967	99,9969	152,964	152,964	0,0075	
1η περίοδος	2	1	100,0270	299,9750	100,0260	100,0251	152,964	152,964	-0,0604	
							152,964			

2η >>							152,964		
	2	1	100,0241	299,9756	100,0243		152,964		
1η περίοδος							102,527		
	2	3	99,2450	300,7539	99,2456		102,527		
2η >>							102,527		
	2	3	99,2443	300,7535	99,2454	99,2455	102,527	102,527	1,2151
1η περίοδος							102,527		
	3	2	100,7767	299,2204	100,7782		102,527		
2η >>							102,526		
	3	2	100,7752	299,2208	100,7772	100,7777	102,527	102,527	-1,2524
1η περίοδος							54,472		
	3	R1	97,8865	302,1147	97,8859		54,472		
2η >>							54,472		
	3	R1	97,8842	302,1135	97,8854	97,8856	54,472	54,472	1,8088
1η περίοδος							54,472		
	R1	3	102,1332	297,8638	102,1347		54,472		
2η >>							54,472		
	R1	3	102,1347	297,8632	102,1358	102,1352	54,472	54,472	-1,8267

Ε.Τ.Υ.Ρ2(Τ2)-Ρ5(ΑΓΚΥΡΑ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->Ο1	1,5880m	100g->Ε1	1,1445m
300g->Ο2	1,5880m	300g->Ε2	1,1445m
Ο=(Ο1+Ο2)/2=		Ε=(Ε1+Ε2)/2=	1,145m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)
1η περίοδος	R2	R5	98,0520	301,9480	98,0520	98,0520	377,807	377,807	11,5588	12,074
							377,807			
2η >>							377,807			
	R2	R5	98,0518	301,9478	98,0520		377,807			
1η περίοδος	R5	R2	101,9717	298,0274	101,9722	101,9722	377,807	377,807	-11,7022	
2η >>							377,808			
	R5	R2	101,9721	298,0277	101,9722		377,807			

E.T.Y. R8(TAXYΔΡΟΜΙΟ)-R9(ΓΥΣ)

Μέτρηση Όπισθεν (Ο)		Μέτρηση Έμπροσθεν (Ε)	
100g->O1	0,9975m	100g->E1	0,9435m
300g->O2	0,9975m	300g->E2	0,9430m
$O=(O1+O2)/2=$	0,998m	$E=(E1+E2)/2=$	0,943m

	ΑΠΟ	ΠΡΟΣ	Θέση I (grad)	Θέση II (grad)	Μέση Τιμή (grad)	Γενικός Μέσος Όρος (grad)	Κεκλιμένο Μήκος S (m)	ΜΟ Κεκλ. Μήκος (m)	Δhi,j (m)	ΔΗτελικό (m)
1η περίοδος	R8	1	101,0857	298,9110	101,0874	101,0880	98,975	98,975		6,445
							98,975			
2η >>	R8	1	101,0867	298,9096	101,0886		98,975			
							98,975			
1η περίοδος	1	R8	98,9284	301,0673	98,9306	98,975	98,975			
						98,975				
2η >>	1	R8	98,9298	301,0678	98,9310	98,975				
						98,975				
1η περίοδος	1	2	100,2324	299,7664	100,2330	100,2335	174,143	174,144		
							174,144			
2η >>	1	2	100,2331	299,7653	100,2339		174,144			
							174,143			
1η περίοδος	2	1	99,7866	300,2092	99,7887	99,7885	174,143	174,143	0,5785	
							174,143			

2η >>							174,143		
	2	1	99,7874	300,2107	99,7884		174,143		
1η περίοδος							114,928		
	2	3	99,9470	300,0521	99,9475		114,928		
2η >>							114,928		
	2	3	99,9446	300,0476	99,9485	99,9480	114,928	114,928	0,0939
1η περίοδος							114,928		
	3	2	100,0736	299,9204	100,0766		114,928		
2η >>							114,928		
	3	2	100,0750	299,9233	100,0759	100,0762	114,928	114,928	-0,1376
1η περίοδος							131,925		
	3	4	99,2774	300,7175	99,2800		131,926		
2η >>							131,925		
	3	4	99,2783	300,7180	99,2802	99,2801	131,926	131,926	1,4919
1η περίοδος							131,925		
	4	3	100,7395	299,2572	100,7412		131,925		
2η >>							131,925		
	4	3	100,7415	299,2571	100,7422	100,7417	131,926	131,925	-1,5369
1η περίοδος							278,303		
	4	5	102,0059	297,9921	102,0069		278,302		
2η >>							278,303		
	4	5	102,0063	297,9902	102,0081	102,0075	278,303	278,303	-8,7744
1η περίοδος							278,302		
	5	4	98,0172	301,9880	98,0146		278,303		
2η >>							278,303		
	5	4	98,0164	301,9885	98,0140	98,0143	278,302	278,303	8,6793

1η περίοδος	5	6	97,7993	302,2044	97,7975		170,387		
							170,386		
2η >>	5	6	97,7988	302,2051	97,7969	97,7972	170,386	170,386	5,8946
							170,386		
1η περίοδος	6	5	102,2222	297,7787	102,2218		170,386		
							170,386		
2η >>	6	5	102,2217	297,7776	102,2221	102,2219	170,387	170,386	-5,9455
							170,386		
1η περίοδος	6	7	100,1518	299,8477	100,1521		181,18		
							181,18		
2η >>	6	7	100,1508	299,8467	100,1521	100,1521	181,18	181,180	-0,4327
							181,18		
1η περίοδος	7	6	99,8683	300,1288	99,8698		181,18		
							181,18		
2η >>	7	6	99,8670	300,1296	99,8687	99,8692	181,181	181,180	0,3722
							181,18		
1η περίοδος	7	8	94,5378	305,4569	94,5405		72,569		
							72,569		
2η >>	7	8	94,5413	305,4557	94,5428	94,5416	72,569	72,569	6,2144
							72,569		
1η περίοδος	8	7	105,4783	294,5210	105,4787		72,568		
							72,568		
2η >>	8	7	105,4780	294,5201	105,4790	105,4788	72,568	72,568	-6,2376
							72,568		
1η περίοδος	8	9	99,5774	300,4262	99,5756	99,5755	67,014		
							67,013	67,014	0,4469

2η >>							67,014		
	8	9	99,5764	300,4257	99,5754		67,014		
1η περίοδος							67,014		
	9	8	100,4421	299,5570	100,4426		67,014		
2η >>							67,014		
	9	8	100,4414	299,5544	100,4435	100,4430	67,014	67,014	-0,4663
1η περίοδος							194,736		
	9	10	99,1422	300,8553	99,1435		194,737		
2η >>							194,736		
	9	10	99,1405	300,8536	99,1435	99,1435	194,736	194,736	2,6200
1η περίοδος							194,737		
	10	9	100,8808	299,1190	100,8809		194,736		
2η >>							194,736		
	10	9	100,8798	299,1208	100,8795	100,8802	194,736	194,736	-2,6924
1η περίοδος							130,828		
	10	R9	99,5648	300,4333	99,5658		130,828		
2η >>							130,827		
	10	R9	99,5658	300,4349	99,5655	99,5656	130,827	130,828	0,8927
1η περίοδος							130,827		
	R9	10	100,4539	299,5386	100,4577		130,828		
2η >>							130,828		
	R9	10	100,4548	299,5411	100,4569	100,4573	130,828	130,828	-0,9397

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ a priori ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΑΚΡΙΒΕΙΩΝ Ε.Τ.Υ.

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R5-R7

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$ (m)
aller	104,6538	39,0615	10	0,002	1,6439	-0,073037	0,99733	3,958E-07	0,000629
	101,2891	180,5373	10	0,002	1,59105	-0,020247	0,9998	8,041E-06	0,002836
	101,3763	89,147	10	0,002	1,59241	-0,021617	0,99977	1,962E-06	0,001401
	98,20965	86,25	10	0,002	1,54267	0,028119	0,9996	1,837E-06	0,001355
	98,41833	175,4323	10	0,002	1,54595	0,0248423	0,99969	7,592E-06	0,002755
	98,2463	109,873	10	0,002	1,54325	0,0275436	0,99962	2,979E-06	0,001726
	94,395	126,639	10	0,002	1,48275	0,0879294	0,99613	3,957E-06	0,001989
	99,92573	13,673	10	0,002	1,56963	0,0011667	1	4,613E-08	0,000215
	101,5866	73,0595	10	0,002	1,59572	-0,024919	0,99969	1,319E-06	0,001148
retour	95,36593	39,061	10	0,002	1,498	0,0727276	0,99735	3,956E-07	0,000629
	98,72948	180,537	10	0,002	1,55084	0,019956	0,9998	8,041E-06	0,002836
	98,6437	89,147	10	0,002	1,54949	0,0213031	0,99977	1,962E-06	0,001401
	101,8098	86,25	10	0,002	1,59922	-0,028424	0,9996	1,837E-06	0,001355
	101,6023	175,432	10	0,002	1,59597	-0,025166	0,99968	7,591E-06	0,002755
	101,7714	109,873	10	0,002	1,59862	-0,027821	0,99961	2,979E-06	0,001726
	105,6296	126,641	10	0,002	1,65923	-0,088314	0,99609	3,958E-06	0,001989
	100,091	13,67275	10	0,002	1,57223	-0,001429	1	4,613E-08	0,000215
	98,4323	73,0595	10	0,002	1,54617	0,0246229	0,9997	1,319E-06	0,001148

$\sigma\Delta H_{ij}$	$\sigma^2\Delta H_{ij}$
0,000445	1,98E-07
0,002005	4,02E-06
0,00099	9,81E-07
0,000958	9,19E-07
0,001948	3,8E-06
0,001221	1,49E-06
0,001407	1,98E-06
0,000152	2,31E-08
0,000812	6,59E-07

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0038 m
	0,3815 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R6-R9

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$
aller	99,09635	854,138	10	0,002	1,556602	0,014194	0,9999	0,00018	0,013415
retour	100,9282	854,139	10	0,002	1,585376	-0,01458	0,99989	0,00018	0,013415

$\sigma\Delta H$	$\sigma^2\Delta H$
0,009486	9E-05

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0095 m
	0,9512 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R9-R7

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$
aller	102,3571	520,444	10	0,002	1,607822	-0,037017	0,99931	6,675E-05	0,00817
	95,48623	111,719	10	0,002	1,499894	0,0708428	0,99749	3,084E-06	0,001756
	99,36943	141,363	10	0,002	1,560891	0,0099049	0,99995	4,931E-06	0,002221
	100,2077	137,101	10	0,002	1,574058	-0,003262	0,99999	4,638E-06	0,002154
	96,559	161,605	10	0,002	1,516745	0,0540248	0,99854	6,437E-06	0,002537
	101,5924	74,548	10	0,002	1,59581	-0,025011	0,99969	1,373E-06	0,001172
	100,2204	13,457	10	0,002	1,574259	-0,003462	0,99999	4,473E-08	0,000211
retour	97,66383	520,444	10	0,002	1,5341	0,0366883	0,99933	6,675E-05	0,00817
	104,5335	111,719	10	0,002	1,642008	-0,071151	0,99747	3,084E-06	0,001756
	100,654	141,363	10	0,002	1,581069	-0,010273	0,99995	4,931E-06	0,002221
	99,81415	137,101	10	0,002	1,567877	0,0029193	1	4,638E-06	0,002154
	103,4637	161,606	10	0,002	1,625203	-0,05438	0,99852	6,437E-06	0,002537
	98,42853	74,548	10	0,002	1,546112	0,0246822	0,9997	1,373E-06	0,001172
	99,79498	13,458	10	0,002	1,567576	0,0032205	0,99999	4,473E-08	0,000211

$\sigma\Delta H_{ij}$	$\sigma^2\Delta H_{ij}$
0,005777	3,34E-05
0,001242	1,54E-06
0,00157	2,47E-06
0,001523	2,32E-06
0,001794	3,22E-06
0,000829	6,86E-07
0,00015	2,24E-08

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0066 m
	0,6643 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R7-R4

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$
aller	100,6687	14,464	10	0,002	1,581301	-	0,99994	5,206E-08	0,000228
	102,2254	127,468	10	0,002	1,605752	-	0,99939	4,009E-06	0,002002
	104,6731	24,10275	10	0,002	1,644202	-	0,99731	1,641E-07	0,000405
	104,9835	156,7408	10	0,002	1,649077	-	0,99694	6,049E-06	0,00246
	97,49585	165,69	10	0,002	1,531461	-	0,99923	6,77E-06	0,002602
	98,86993	75,551	10	0,002	1,553045	-	0,99984	1,409E-06	0,001187
	94,59595	101,36	10	0,002	1,48591	-	0,9964	2,546E-06	0,001595
retour	99,35068	14,464	10	0,002	1,560597	-	0,99995	5,203E-08	0,000228
	97,79863	127,4675	10	0,002	1,536217	-	0,9994	4,009E-06	0,002002
	95,34725	24,10275	10	0,002	1,497711	-	0,99733	1,639E-07	0,000405
	95,03883	156,74	10	0,002	1,492866	-	0,99696	6,049E-06	0,00246
	102,5298	165,69	10	0,002	1,610534	-	0,99921	6,769E-06	0,002602
	101,1515	75,551	10	0,002	1,588884	-	0,99984	1,409E-06	0,001187
	105,4275	101,36	10	0,002	1,656052	-	0,99637	2,546E-06	0,001595

$\sigma\Delta H_{ij}$	$\sigma^2\Delta H_{ij}$
0,000161	2,6E-08
0,001416	2E-06
0,000286	8,2E-08
0,001739	3,02E-06
0,00184	3,38E-06
0,000839	7,05E-07
0,001128	1,27E-06

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0033 m
	0,3317 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R4-R5

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$
aller	104,8379	124,492	10	0,002	1,646789	- 0,07592	0,997114	3,825E-06	0,001956
	99,97598	483,961	10	0,002	1,570419	0,00038	1	5,779E-05	0,007602
retour	95,18373	124,493	10	0,002	1,495142	0,07558	0,99714	3,825E-06	0,001956
	100,0479	483,9635	10	0,002	1,571548	- 0,00075	1	5,779E-05	0,007602

$\sigma\Delta H_{ij}$	$\sigma^2\Delta H_{ij}$
0,001383	1,91E-06
0,005375	2,89E-05

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0056 m
	0,5595 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R4-R2

σ_O (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$
aller	103,9422	332,006	10	0,002	1,63272	-0,06188	0,9981	2,71E-05	0,005207
retour	96,08208	332,006	10	0,002	1,50925	0,0615	0,9981	2,71E-05	0,005207

$\sigma\Delta H$	$\sigma^2\Delta H$
0,003682	1,36E-05

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0037 m
	0,3749 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R4-R8

σ_O (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$
aller	104,7167	53,245	10	0,002	1,644886	-0,07402	0,99726	7,18E-07	0,00085
	97,52018	120,421	10	0,002	1,531843	0,03894	0,99924	3,58E-06	0,00189
	98,49223	71,135	10	0,002	1,547112	0,02368	0,99972	1,25E-06	0,00112
	100,4786	415,467	10	0,002	1,578314	-0,00752	0,99997	4,26E-05	0,00653
	101,1537	83,55	10	0,002	1,588919	-0,01812	0,99984	1,72E-06	0,00131
	98,96218	15,8903	10	0,002	1,554494	0,0163	0,99987	6,33E-08	0,00025
retour	95,304	53,245	10	0,002	1,497032	0,0737	0,99728	7,17E-07	0,00085
	102,529	120,421	10	0,002	1,610522	-0,03971	0,99921	3,58E-06	0,00189
	101,5302	71,1355	10	0,002	1,594833	-0,02403	0,99971	1,25E-06	0,00112
	99,5473	415,467	10	0,002	1,563685	0,00711	0,99997	4,26E-05	0,00653
	98,86983	83,5505	10	0,002	1,553044	0,01775	0,99984	1,72E-06	0,00131
	101,06	15,8903	10	0,002	1,587447	-0,01665	0,99986	6,34E-08	0,00025

$\sigma\Delta H_{ij}$	$\sigma^2\Delta H_{ij}$
0,000599	3,6E-07
0,001338	1,8E-06
0,000791	6,3E-07
0,004615	2,1E-05
0,000928	8,6E-07
0,000178	3,2E-08

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0050 m
	0,5046 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R4-R1

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos z$	$\sin z$	$\sigma^2 \Delta H_i$	$\sigma \Delta H_i$
aller	102,5539	399,8293	10	0,002	1,6109129	-0,0401	0,9992	3,9E-05	0,00628
	99,99688	152,964	10	0,002	1,5707472	4,9E-05	1	5,8E-06	0,0024
	99,24548	102,527	10	0,002	1,5589443	0,01185	0,99993	2,6E-06	0,00161
	97,88563	54,472	10	0,002	1,5375838	0,03321	0,99945	7,4E-07	0,00086
retour	97,47193	399,8293	10	0,002	1,5310854	0,0397	0,99921	3,9E-05	0,00628
	100,0251	152,964	10	0,002	1,571191	-0,0004	1	5,8E-06	0,0024
	100,7777	102,5268	10	0,002	1,583012	-0,0122	0,99993	2,6E-06	0,00161
	102,1352	54,472	10	0,002	1,6043364	-0,0335	0,99944	7,4E-07	0,00086

$\sigma \Delta H_{ij}$	$\sigma^2 \Delta H_{ij}$
0,004438	1,97E-05
0,001699	2,89E-06
0,001139	1,3E-06
0,000607	3,68E-07

$\sigma \Delta H = \pm$	0,0050 m
	0,4974 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R2-R5

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos z$	$\sin z$	$\sigma^2 \Delta H_i$	$\sigma \Delta H$
aller	98,052	377,807	10	0,002	1,540197	0,030594	0,99953	3,52E-05	0,005932
retour	101,9722	377,807	10	0,002	1,601775	-0,03097	0,99952	3,52E-05	0,005932

$\sigma \Delta H$	$\sigma^2 \Delta H_i$
0,004195	1,8E-05

$\sigma \Delta H = \pm$	0,0043 m
	0,4254 cm

apriori θεωρητική ακρίβεια E.T.Y. R8-R9

σ_o (m)	σ_E (m)	$\sigma_{(O-E)}$ (m)
0,0005	0,0005	0,0007

	Z (grad)	S (m)	σ_z (cc)	σ_s (m)	Z (rad)	$\cos_z$	$\sin_z$	$\sigma^2\Delta H_i$	$\sigma\Delta H_i$
aller	101,088	98,975	10	0,002	1,587886	-0,01709	0,9999	2,42E-06	0,00155
	100,2335	174,1435	10	0,002	1,574463	-0,00367	1	7,48E-06	0,00274
	99,94798	114,928	10	0,002	1,569979	0,000817	1	3,26E-06	0,00181
	99,28005	131,9255	10	0,002	1,559487	0,011309	0,9999	4,29E-06	0,00207
	102,0075	278,3028	10	0,002	1,60233	-0,03153	0,9995	1,91E-05	0,00437
	97,79715	170,3863	10	0,002	1,536194	0,034595	0,9994	7,16E-06	0,00268
	100,1521	181,18	10	0,002	1,573185	-0,00239	1	8,1E-06	0,00285
	94,54163	72,569	10	0,002	1,485056	0,085635	0,9963	1,32E-06	0,00115
	99,57548	67,01375	10	0,002	1,564128	0,006668	1	1,11E-06	0,00105
	99,14345	194,7363	10	0,002	1,557342	0,013454	0,9999	9,36E-06	0,00306
	99,5656	130,8275	10	0,002	1,563973	0,006823	1	4,22E-06	0,00206
retour	98,93078	98,975	10	0,002	1,554001	0,016795	0,9999	2,42E-06	0,00155
	99,78853	174,143	10	0,002	1,567474	0,003322	1	7,48E-06	0,00274
	100,0762	114,928	10	0,002	1,571994	-0,0012	1	3,26E-06	0,00181
	100,7417	131,9253	10	0,002	1,582447	-0,01165	0,9999	4,29E-06	0,00207
	98,01428	278,3025	10	0,002	1,539605	0,031187	0,9995	1,91E-05	0,00437
	102,2219	170,3863	10	0,002	1,605698	-0,03489	0,9994	7,16E-06	0,00268
	99,86923	181,1803	10	0,002	1,568742	0,002054	1	8,1E-06	0,00285
	105,4788	72,56825	10	0,002	1,656857	-0,08595	0,9963	1,32E-06	0,00115
	100,443	67,014	10	0,002	1,577755	-0,00696	1	1,11E-06	0,00105
	100,8802	194,7363	10	0,002	1,584622	-0,01383	0,9999	9,36E-06	0,00306
	100,4573	130,8278	10	0,002	1,577979	-0,00718	1	4,22E-06	0,00206

$\sigma\Delta H_{ij}$	$\sigma^2\Delta H_{ij}$
0,001099	1,21E-06
0,001934	3,74E-06
0,001277	1,63E-06
0,001465	2,15E-06
0,00309	9,55E-06
0,001892	3,58E-06
0,002012	4,05E-06
0,000812	6,6E-07
0,000744	5,54E-07
0,002163	4,68E-06
0,001453	2,11E-06

$\sigma\Delta H=\pm$	0,0059 m
	0,5866 cm

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ-ΣΥΜΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

Επίλυση του δικτύου μας με σταθερή κορυφή την R_9 και αυθαίρετο Υψόμετρο $H_{R9}=30,000m$

Πίνακας Μεταβλητότητας- Συμμεταβλητότητας							
1,719523E-05	7,694392E-06	1,135608E-05	1,004397E-05	6,931849E-06	6,301785E-06	5,621742E-06	5,638866E-06
	9,257832E-06	7,750880E-06	7,494746E-06	7,759653E-06	6,760887E-06	5,620447E-06	5,471318E-06
		1,175340E-05	9,951860E-06	6,961758E-06	6,318373E-06	5,621695E-06	5,632813E-06
			1,036949E-05	6,826141E-06	6,243159E-06	5,621908E-06	5,660262E-06
				7,976768E-06	6,881299E-06	5,620107E-06	5,427374E-06
					7,126755E-06	5,611374E-06	5,381579E-06
						5,708796E-06	5,427385E-06
							7,047202E-06

Επίλυση του δικτύου Ραφήνας με σταθερή κορυφή την R_{130} με Υψόμετρο $H_{R130}=85.571m$

Πίνακας Μεταβλητότητας- Συμμεταβλητότητας															
9,0417E-05	7,1423E-05	7,1568E-05	7,2722E-05	7,1655E-05	7,1772E-05	7,1917E-05	7,1970E-05	7,1917E-05	3,6821E-05	5,5627E-05	7,0011E-05	7,1038E-05	6,2797E-05	3,8984E-05	2,3507E-05
	1,0789E-04	1,0116E-04	1,0114E-04	1,0668E-04	1,0607E-04	1,0532E-04	1,0505E-04	1,0532E-04	3,7967E-05	6,0004E-05	8,2309E-05	9,7927E-05	5,9314E-05	3,6822E-05	2,2204E-05
		1,0702E-04	1,0315E-04	1,0151E-04	1,0169E-04	1,0192E-04	1,0200E-04	1,0192E-04	3,7958E-05	5,9970E-05	8,2216E-05	9,7242E-05	5,9341E-05	3,6839E-05	2,2214E-05
			1,1922E-04	1,0437E-04	1,0599E-04	1,0802E-04	1,0875E-04	1,0801E-04	3,7888E-05	5,9704E-05	8,1468E-05	9,5771E-05	5,9553E-05	3,6970E-05	2,2293E-05
				1,2278E-04	1,2077E-04	1,1826E-04	1,1736E-04	1,1827E-04	3,7953E-05	5,9950E-05	8,2159E-05	9,7541E-05	5,9357E-05	3,6849E-05	2,2220E-05
					1,3270E-04	1,2727E-04	1,2589E-04	1,2737E-04	3,7946E-05	5,9923E-05	8,2083E-05	9,7348E-05	5,9378E-05	3,6862E-05	2,2228E-05
						1,3854E-04	1,3650E-04	1,3761E-04	3,7937E-05	5,9890E-05	8,1989E-05	9,7107E-05	5,9405E-05	3,6879E-05	2,2238E-05
							1,5447E-04	1,3854E-04	3,7934E-05	5,9878E-05	8,1955E-05	9,7020E-05	5,9415E-05	3,6885E-05	2,2242E-05
								1,9686E-04	3,7937E-05	5,9890E-05	8,1989E-05	9,7107E-05	5,9405E-05	3,6879E-05	2,2238E-05
									4,5708E-05	4,0464E-05	3,8052E-05	3,7990E-05	3,5799E-05	2,2224E-05	1,3401E-05
										6,9539E-05	6,0329E-05	6,0093E-05	5,1729E-05	3,2113E-05	1,9364E-05
											8,3224E-05	8,2559E-05	5,9056E-05	3,6662E-05	2,2107E-05
												1,1062E-04	5,9244E-05	3,6778E-05	2,2178E-05
													6,5898E-05	4,0910E-05	2,4669E-05
														6,6508E-05	4,0105E-05
															5,0137E-05

Επίλυση του δικτύου μας με σταθερή κορυφή την R_9 με Υψόμετρο $H_{R_9}=27,440m$

Πίνακας Μεταβλητότητας- Συμμεταβλητότητας							
1,719523E-05	7,694392E-06	1,135608E-05	1,004397E-05	6,931849E-06	6,301785E-06	5,621742E-06	5,638866E-06
	9,257832E-06	7,750880E-06	7,494746E-06	7,759653E-06	6,760887E-06	5,620447E-06	5,471318E-06
		1,175340E-05	9,951860E-06	6,961758E-06	6,318373E-06	5,621695E-06	5,632813E-06
			1,036949E-05	6,826141E-06	6,243159E-06	5,621908E-06	5,660262E-06
				7,976768E-06	6,881299E-06	5,620107E-06	5,427374E-06
					7,126755E-06	5,611374E-06	5,381579E-06
						5,708796E-06	5,427385E-06
							7,047202E-06