



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Προσδιορισμός απόλυτου υψομέτρου στάθμης υπόγειων
υδάτων σε γεωτρήσεις του νομού Χανίων

Διπλωματική Εργασία

Αλέξανδρος Σ. Μαυρακάκης

Εξεταστική επιτροπή :

Στυλιανός Μερτίκας Καθηγητής (επιβλέπων)

Εμμανουήλ Βαρουχάκης (ΕΔΙΠ, ΜΗΠΕΡ)

Παναγιώτης Παρτσινέβελος (Επίκουρος Καθηγητής, ΜΗΧΟΠ)

Χανιά
Ιούλιος, 2019

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί εφαρμογή της μεθόδου του απόλυτου γεωδαιτικού εντοπισμού με δορυφορικά συστήματα για τον προσδιορισμό του γεωμετρικού και μετέπειτα του ορθομετρικού υψομέτρου της στάθμης των υδάτων σε γεωτρήσεις του νομού Χανίων. Με μοντέλα από παγκόσμια πεδία βαρύτητας προσδιορίστηκε η ισοδυναμική επιφάνεια του πεδίου βαρύτητας την οποία ακολουθούν τα υπόγεια ύδατα στην περιοχή.

Η στάθμη του υδροφορέα μετρήθηκε σε 30 θέσεις υδρογεωτρήσεων και σε μία θέση υφιστάμενου φρεατίου. Προσδιορίστηκε το απόλυτο υψόμετρο της κεφαλής των γεωτρήσεων με ακρίβεια εκατοστών και στη συνέχεια το υψόμετρο της στάθμης του ύδατος.

Δημιουργήθηκαν μοντέλα διακύμανσης στη στάθμη του υδροφορέα στη Δυτική Κρήτη και αξιολογήθηκε η υψομετρική μεταβολή της στάθμης τους σε σχέση με τον χρόνο. Συμπεράσματα επίσης εξήχθησαν για τον ενδεχόμενο υφαλμύρισης παράκτιων περιοχών που απειλούνται είτε έχουν ήδη πληγεί από το φαινόμενο.

Abstract

The purpose of this diploma thesis has been the precise geodetic determination of the absolute (geometric and then orthometric) height of groundwater level for aquifers at the region of Chania, Crete. Height determination has been carried out with the US satellite navigation system Global Positioning Systems (GPS) and Earth Gravity Models.

Thirty water pumping wells have been investigated across the west Crete at different aquifers. The absolute height of the water level at each well has been determined. Absolute horizontal and height coordinates have been computed relative to the fundamental global reference points of TUC2 (Technical University of Crete) and CRS1 (Chrisoskalitissa). Three-dimensional coordinates have been transformed into the Greek Geodetic Reference System (EGSA-87) and the World Geodetic System 1984 (WGS-84). The depth of ground water level has been measured for every well and final absolute heights of ground water level have been determined.

Finally, diagrams have been created for the fluctuations of ground water levels with respect to absolute reference surfaces. Conclusions have been attempted for the evolution of salinization that could take place at several aquifers at Crete region.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία διεκπεραιώθηκε στα πλαίσια του προγράμματος προπτυχιακών σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η εργασία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την πολύτιμη αρωγή των παρακάτω ατόμων.

Ευχαριστώ θερμότατα τον καθηγητή μου κ. Στυλιανό Π.Μερτίκα, Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων για την ανάθεση του θέματος, την επίβλεψη και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ τον επιστημονικό συνεργάτη του εργαστηρίου Γεωδαισίας και Πληροφορικής των Γεωεπιστημών κ. Ξενοφώντα Φραντζή για τη πολύτιμη αρωγή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας με την παροχή των απαιτούμενων επιστημονικών εργαλείων καθώς και για την συνεχή υποστήριξη και συνεργασία.

Ευχαριστώ επίσης τον Δρ. Εμμανουήλ Βαρουχάκη, Ε.ΔΙ.Π. του Πολυτεχνείου Κρήτης του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, για τις συμβουλές του σε θέματα υδρογεωλογίας και μοντελοποίησης.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους υπεύθυνους του τμήματος Περιβάλλοντος της Περιφερειακής ενότητας Χανίων και ιδιαιτέρως τον κ. Κωνσταντίνο Γεωργιτζίκη για την παροχή χρήσιμων εργαλείων και πληροφοριών.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου Σταύρο και Χαρίκλεια όπως και τα αδέρφια μου Κωνσταντίνο και Μαρίνα για την αδιάκοπη παροχή της βοήθειας τους σε όλους τους τομείς των δραστηριοτήτων μου όπως επίσης και τους φίλους και συναδέλφους Διονύσιο Χαρδαλούπα, Λύτρα Σοφία, Μπάιερ Ναταλία, Δημήτριο Παναγόπουλο, Σερεμετάκη Θεόδωρο, Σωτηροπούλου Ευαγγελία και Χατζηβασιλείου Ευγενία για την υποστήριξη καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	9
1.1 Στόχοι της εργασίας	9
1.2 Δομή της εργασίας	10
Κεφάλαιο 2 Υδρογεωτρήσεις & Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά.....	11
2.1 Δομή-λειτουργία υδρογεωτρήσεων	11
2.1.1 Υδρογεωτρήσεις.....	11
2.1.2 Στάδια κατασκευής υδρογεώτρησης	12
2.1.3 Λειτουργία γεώτρησης υδάτων	12
2.2 Υδρολογικές λεκάνες νομού Χανίων	14
2.2.1 Υδρολιθολογική περιγραφή νομού Χανίων	15
2.2.2 Επιφανειακά υδατικά συστήματα νομού Χανίων	18
2.3 Υδρογεωλογική παρουσίαση του νομού Χανίων.....	19
2.4 Το φαινόμενο της υφαλμύρισης	21
Κεφάλαιο 3 Συστήματα και επιφάνειες αναφοράς	23
3.1 Το Ελλειψοειδές εκ περιστροφής	23
3.1.1 Παγκόσμιο Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS 84.....	24
3.2 Χαρτογραφικές απεικονίσεις και προβολές	25
3.2.1 Γεωδαιτικό Datum Διεθνές και Ελληνικό ΕΓΣΑ'87	27
3.3 Το πραγματικό σχήμα της Γης.....	27
3.3.1 Μέση στάθμη της θάλασσας	27
3.3.2 Υψόμετρο του Γεωειδούς	28
Κεφάλαιο 4 Συστήματα δορυφορικού εντοπισμού GNSS	32
4.1 Ιστορική εξέλιξη	32
4.2 Το δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού GPS	32
4.2.1 Δομή εκπεμπόμενου σήματος.....	35
4.2.2 Θεμελιώδεις μετρήσεις στο GPS	36
4.2.3 Ατμοσφαιρικές επιδράσεις και σφάλματα	37
4.2.4 Γραμμικοί συνδυασμοί και διαφορές φάσης	38
4.2.5 Μέθοδοι προσδιορισμού θέσης.....	40
4.3 Το δορυφορικό Σύστημα GLONASS	41

4.4 Το δορυφορικό Σύστημα GALILEO	43
4.5 Το δορυφορικό Σύστημα COMPASS/BEIDOU	44
Κεφάλαιο 5 Τοπικό γεωδαιτικό δίκτυο δυτικής Κρήτης και σημεία αναφοράς	46
5.1 Τοπικό Γεωδαιτικό δίκτυο.....	46
5.1.1 Τριγωνομετρικά σημεία.....	47
5.2 Μόνιμοι σταθμοί GPS του Πολυτεχνείου Κρήτης.....	49
5.2.1 Μόνιμος σταθμός GPS TUC2	50
5.2.2 Μόνιμος σταθμός GPS CRS1	51
Κεφάλαιο 6 Γεωμετρική χωροστάθμηση.....	53
6.1 Όργανα μέτρησης και θεωρητικό μέρος.....	53
6.2 Σφάλματα μετρήσεων και διαδικασία μέτρησης	60
Κεφάλαιο 7 Μετρήσεις πεδίου και επεξεργασία	64
7.1 Προετοιμασία μετρήσεων.....	64
7.1.1 Επιλογή γεωτρήσεων.....	64
7.1.2 Προετοιμασία εξοπλισμού	65
7.2 Διαδικασία μετρήσεων	67
7.3 Επεξεργασία μετρήσεων.....	69
7.3.1 Επιλογή σημείων αναφοράς.....	69
7.3.1 Επίλυση στα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς WGS-84 και ΕΓΣΑ-87	71
7.3.2 Στάδια υπολογισμού απόλυτου υψομέτρου στάθμης υδάτων	71
7.4 Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης υδάτων	87
Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα-Προτάσεις	93
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	95
Παράρτημα	96

Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 2.1: Ο υδρολογικός κύκλος (US Geological Survey, 2001)
- Σχήμα 2.2: Βασικά τμήματα υδρογεώτρησης (προσαρμογή από Life Water Canada).
- Σχήμα 2.3: Κώνος πτώσης στάθμης (<https://gradeup.co/well-hydraulics-and-aquifers>)
- Σχήμα 2.4: Υδρολιθικός χάρτης Κρήτης (Σχέδιο διαχείρισης Υδατικών πόρων Κρήτης, 2010)
- Σχήμα 2.5: Λεκάνες απορροής Κρήτης (Σχέδιο διαχείρισης Υδατικών πόρων Κρήτης, 2010).
- Σχήμα 2.6: Υπόγεια υδατικά συστήματα νομού Χανίων (Σχέδιο διαχείρισης Υδατικών πόρων Κρήτης, 2010).
- Σχήμα 2.7: Παράκτιες ζώνες υπάλυμρου νερού (www.fukuleaks.org)
- Σχήμα 3.1 : Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής (<https://static1.squarespace.com>).
- Σχήμα 3.2 : Το σύστημα αναφοράς συντεταγμένων WGS-84.
- Σχήμα 3.3 : Τα τρία είδη των προβολών απεικόνισης σε σφαίρα
- Σχήμα 3.4 : Τα είδη των μερκατορικών προβολών με βάση τον προσανατολισμό
- Σχήμα 3.5: Απόδοση του σχήματος του Γεωειδούς βάση της κατά τόπους βαρυτικής ανωμαλίας του πεδίου βαρύτητας της Γης. (<https://earthobservatory.nasa.gov>)
- Σχήμα 3.6: Τομή γεωειδούς, ελλειψοειδούς και γήινης σφαίρας όπως αυτά διέρχονται σε τμήμα της υδρογείου. (<https://el.wikipedia.org>)
- Σχήμα 3.7: Απόκλιση της κατακορύφου θ , ορθομετρικό υψόμετρο H , γεωμετρικό υψόμετρο h και το υψόμετρο του γεωειδούς N (προσαρμογή από Μερτίκας, 2016).
- Σχήμα 3.8: Η διαμόρφωση του ύψους του Γεωειδούς στον Ελλαδικό χώρο με βάση το μοντέλο EGM08 (http://www.dimitriospiretzidis.com/maplab_examples.html)
- Σχήμα 4.1 : Οι τροχιές των δορυφόρων του GPS
- Σχήμα 4.2: Τα τρία βασικά λειτουργικά τμήματα του GPS
- Σχήμα 4.3: Ο δορυφορικός τριγωνισμός προσδιορισμού θέσης στο GPS (nationalgeographic.org)
- Σχήμα 4.4: Απλές διαφορές
- Σχήμα 4.5: Διπλές διαφορές
- Σχήμα 4.6: Τριπλές διαφορές
- Σχήμα 4.7: Αποτύπωση σχετικού στατικού προσδιορισμού θέσης
- Σχήμα 4.8: Τροχιές του συστήματος GLONASS σε σχέση με τις αντίστοιχες του GPS
- Σχήμα 4.9: Τροχιές δορυφόρων του GALILEO (<http://www.russianspaceweb.com>)
- Σχήμα 4.10: Τροχιές των δορυφόρων του συστήματος COMPASS/BEIDOU (<http://www.spaceflight101.com>)
- Σχήμα 5.1: Το δίκτυο των σταθμών GNSS στη δυτική Κρήτη.
- Σχήμα 5.2: Εγκατεστημένο τριγωνομετρικό θάβρο (<http://survemmanouil.blogspot.com>)
- Σχήμα 5.3: Μεταλλική πλακέτα με τις πληροφορίες του θάβρου (www.tamos.gr)
- Σχήμα 5.4: Η θέση του σταθμού παρακολούθησης TUC2 στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
- Σχήμα 5.5: Η θέση του θάβρου παρακολούθησης του σταθμού TUC2.
- Σχήμα 5.6: Θέση θάβρου του σταθμού GNSS CRS1 και θέση παλιρροιογράφου.
- Σχήμα 6.1: Χωροβάτης.

Σχήμα 6.2: Σταυρόνημα σκόπευσης χωροβάτη.

Σχήμα 6.3: Τρίποδο.

Σχήμα 6.4: Οριζοντιομένος χωροβάτης.

Σχήμα 6.5: Βαθμολογημένος κανόνας (σταδία)

Σχήμα 6.6: Αεροστάθμη οριζοντίωσης σταδίας

Σχήμα 6.7: Η βάση στήριξης της σταδίας (χελώνα)

Σχήμα 6.8: Προσδιορισμός υψομετρικής διαφοράς με γεωμετρική χωροστάθμηση

Σχήμα 6.9: Η χωροστάθμική όδευση.

Σχήμα 6.10: Η διαδικασία της μετάβασης και της επιστροφής.

Σχήμα 6.11: Το σφάλμα οριζοντίωσης.

Σχήμα 6.12: Το σφάλμα λόγω καμπυλότητας της Γης.

Σχήμα 6.13: Το σφάλμα λόγω διάθλασης στην ατμόσφαιρα.

Σχήμα 6.14: Ανάγνωση στην σταδία.

Σχήμα 6.15: Τα διάφορα πεδία του εντύπου χωροστάθμησης.

Σχήμα 7.1: Ονόματα και θέσεις γεωτρήσεων που μελετήθηκαν. (www.googleearth.com)

Σχήμα 7.2 : Σταθμήμετρο

Σχήμα 7.3: Φύλλο μετρήσεων πεδίου

Σχήμα 7.4 : Παρατήρηση σφάλματος επίλυσης τρισδιάστατων συντεταγμένων σε σχέση με την απόσταση από το σημείο αναφοράς.
(https://www.novatel.com/assets/Documents/Waypoint/Reports/Static_Accuracies.pdf)

Σχήμα 7.5 : Μέγιστη απόσταση σημείου αναφοράς – γεωτρήσης ορισμένη σε κύκλους ακτίνας 30χλμ. με κέντρο τα σημεία αναφοράς.

Σχήμα 7.6 : Διάγραμμα διασποράς σφάλματος επίλυσης υψομέτρου των 30 γεωτρήσεων σε σχέση με την απόσταση από το σταθμό αναφοράς.

Σχήμα 7.7: Επίλυση γεώτρησης Γ188 με σημείο αναφοράς το TUC2.

Σχήμα 7.8: Επιφάνεια εργασίας GNSS Solutions

Σχήμα 7.9 : Τιμμεντένια εξέδρα γεώτρησης.

Σχήμα 7.10 : Εγκατάσταση κεραίας GPS στη κεφαλή της γεώτρησης.

Σχήμα 7.11 : Υψομετρική διόρθωση μεταξύ θέσης GPS και εξέδρας γεώτρησης.

Σχήμα 7.12: Οι γεωτρήσεις που επιλύθηκαν με σταθμό αναφοράς το TUC2.

Σχήμα 7.13: Οι γεωτρήσεις που επιλύθηκαν με σταθμό αναφοράς το CRS1.

Σχήμα 7.14 : Θέση γεώτρησης Γ122 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Σχήμα 7.15 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ122

Σχήμα 7.16 : Θέση γεώτρησης Γ188 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Σχήμα 7.17: Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ188

Σχήμα 7.18 : Θέση γεώτρησης Γ154 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Σχήμα 7.19 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ154

Σχήμα 7.20 : Θέση γεώτρησης Γ83 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Σχήμα 7.21 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ83

Σχήμα 7.22 : Θέση γεώτρησης Γ3 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Σχήμα 7.23 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ3

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 5.1: Συντεταγμένες και αβεβαιότητες (σταθμισμένη μέση τετραγωνική ρίζα σφάλματος) για τους 11 σταθμούς GNSS στη δυτική Κρήτη.

Πίνακας 5.2 : Ταχύτητες και αβεβαιότητες (σταθμισμένη μέση τετραγωνική ρίζα σφάλματος) για τους 11 σταθμούς GNSS στη δυτική Κρήτη.

Πίνακας 5.3: Καταγραφή μικρομετακίνησης του βάθρου του σταθμού TUC2 από το έτος 2010 έως και τα μέσα του έτους 2018.

Πίνακας 5.4: Καταγραφή μικρομετακίνησης του βάθρου του σταθμού CRS1 από το έτος 2010 έως και τα μέσα του έτους 2018.

Πίνακας 7.1: Προσδιορισμός των καρτεσιανών συντεταγμένων του TUC2 και του CRS1 στο ITRF-2008 για την περίοδο μετρήσεων.

Πίνακας 7.2: Μετατροπή των καρτεσιανών συντεταγμένων σε γεωδαιτικές.

Πίνακας 7.3: Επίλυση-υπολογισμός της γεώτρησης Γ188 στο WGS-84.

Πίνακας 7.4: Επίλυση-υπολογισμός της γεώτρησης Γ188 στο ΕΓΣΑ-87.

Πίνακας 7.5. : Ενδείξεις εμπροσθοσκοπέυσης και υπολογισμός μέσου όρου ακραίων παρατηρήσεων

Πίνακας 7.6 : Υπολογισμός υψομετρικής διαφοράς ΔΗ μεταξύ γεώτρησης και θέσης εγκατάστασης κεραίας GPS.

Πίνακας 7.8 :Προσδιορισμός απόλυτων συντεταγμένων στο WGS-84 με βάση το TUC2

Πίνακας 7.10 : Προσδιορισμός Ορθομετρικού υψομέτρου γεώτρησης με βάση το TUC2

Πίνακας 7.11 :Προσδιορισμός απόλυτου υψομέτρου στάθμης με βάση το TUC2

Πίνακας 7.12 :Προσδιορισμός απόλυτων συντεταγμένων στο WGS-84 με βάση το CRS1

Πίνακας 7.13 :Προσδιορισμός απόλυτων συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ-87 με βάση το CRS1

Πίνακας 7.14 :Προσδιορισμός Ορθομετρικού υψομέτρου γεώτρησης με βάση το CRS1

Πίνακας 7.15 :Προσδιορισμός απόλυτου υψομέτρου στάθμης με βάση το CRS1

Πίνακας Π1 : Αναλυτικός πίνακας δεδομένων και αποτελεσμάτων μετρήσεων.

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Στόχοι της εργασίας

Η παρούσα εργασία εξετάζει την υφαλμύριση, ένα μείζον πρόβλημα που συναντάται σε παράκτιες κυρίως περιοχές. Στη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας οδήγησε η ανάγκη προσαρμογής και εξέλιξης των τεχνολογικών εφαρμογών σε ήδη υπάρχουσες δραστηριότητες όπως ο καθορισμός του απόλυτου υψομέτρου σε υδρολογικές εφαρμογές και μελέτες. Συμπληρωματικά με τις μετρήσεις του ύψους στάθμης και τη γνώση της επιφάνειας κάποιων υπόγειων υδροφορέων στο νομό Χανίων, υπολογίστηκε η διαχρονική μεταβολή του όγκου των υδάτων του.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ο απόλυτος προσδιορισμός του γεωμετρικού και ορθομετρικού υψομέτρου της πιεζομετρικής στάθμης γεωτρήσεων άρδευσης και ύδρευσης με την χρήση των Παγκόσμιων Δορυφορικών Συστημάτων Εντοπισμού (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) σε όλη την έκταση του νομού Χανίων. Έτσι καθορίστηκε ένα ενιαίο Datum προσδιορίζοντας το υψόμετρο της επιφάνειας των υπόγειων υδάτων του νομού, ως προς καθορισμένες επιφάνειες αναφοράς, όπως η μέση στάθμη της θάλασσας (ορθομετρικό υψόμετρο) και το ελλειψοειδές εκ περιστροφής (γεωμετρικό υψόμετρο).

Σε τεχνικά κατασκευαστικά έργα κάθε κλίμακας ο σαφής ορισμός των μονάδων μέτρησης των εμπλεκόμενων μετρήσιμων μεγεθών που θα χρησιμοποιηθούν σε όλα τα υπολογιστικά μέρη του έργου, καθώς και των σημείων αναφοράς που θα ορίζουν τη θέση και τις διαστάσεις του έργου παίζουν πρωτεύοντα ρόλο. Ο ασαφής ορισμός των σημείων αναφοράς δύναται να προκαλέσει μεγάλες κατασκευαστικές αστοχίες που με τη σειρά τους προκαλούν μεγάλης έκτασης οικονομικές αποκλίσεις στον προϋπολογισμό ενός τεχνικού έργου ή ακόμη και τη καταστροφή του. Σε λιγότερο επιζήμιες περιπτώσεις, η ασάφεια αυτή είναι πιθανό να προκαλέσει προβλήματα σε τεχνικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την συνεννόηση και τη σύγκριση αποτελεσμάτων των μετρήσεων μεταξύ μελετητών.

Από την επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων προέκυψαν τα απόλυτα υψόμετρα των γεωτρήσεων και δημιουργήθηκε μοντέλο για την επιφάνεια των υδάτων στο νομό Χανίων, η οποία αναγόμενη στην μέση στάθμη της θάλασσας, οδήγησε στην εξαγωγή συμπερασμάτων για υφαλμυρισμένες παράκτιες περιοχές. Επίσης από την επεξεργασία προέκυψαν μοντέλα που προβάλλουν τις χρονικές μεταβολές υψομέτρων της επιφάνειας του νερού στους υπόγειους υδροφορείς. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο καθορισμός του απόλυτου υψομέτρου των γεωτρήσεων (ανά υδροφορέα) που επιλέχθηκαν εντός του νομού Χανίων για τον ακριβή καθορισμό της στάθμης των υπόγειων υδάτων καθώς το υπάρχον ενδεικτικό ύψος της στάθμης τους που έχει καθοριστεί από τις αρμόδιες τοπικές, περιβαλλοντικές αρχές πραγματοποιήθηκε με μεθόδους μειωμένης ακρίβειας χωρίς σύνδεση στο ίδιο υψομετρικό Datum.

Ο απόλυτος προσδιορισμός των υψομέτρων θα δώσει τη δυνατότητα στις αρμόδιες αρχές να εκτιμήσουν με ακρίβεια το ύψος των υδροφορέων, καθώς και των αντίστοιχων μεταβολών για τον υπολογισμό των υδατικών αποθεμάτων. Επιπλέον η ακριβής γνώση του απόλυτου υψομέτρου θα

μπορέσει να δώσει πληροφορίες για παράκτιες περιοχές οι οποίες πιθανώς να κινδυνεύουν από την εισροή του θαλασσινού νερού σε παραγωγικούς υδροφορείς. Επίσης μία επιπρόσθετη εφαρμογή της συγκεκριμένης εργασίας είναι η εξοικονόμηση πόρων με σκοπό τη δυνατότητα σύνταξης ακριβέστερου προϋπολογισμού για την κατασκευή νέων γεωτρήσεων στους υδροφορείς που θα μελετηθούν.

Η εργασία αυτή, στο πλαίσιο της οποίας διενεργήθηκαν μετρήσεις στάθμης γεωτρήσεων σε αρκετές γεωτρήσεις ανά το νομό, δίνει τελικά και την δυνατότητα ενημέρωσης των αρμόδιων αρχών για τη στάθμη και την κατάσταση γεωτρήσεων πολλές από τις οποίες στερούνταν επίσκεψης και καταγραφής εδώ και αρκετά χρόνια από την επιβλέπουσα αρχή. Μάλιστα, σε αρκετές περιπτώσεις έγινε καταγραφή της στάθμης γεωτρήσεων στις οποίες η προηγούμενη καταγραφή αφορούσε την αρχική περίοδο κατασκευής τους.

1.2 Δομή της εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας αρχικά παρατίθενται κάποια βασικά εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με την κατασκευή, τη δομή και την λειτουργία των υδρογεωτρήσεων. Ακολουθούν βασικές υδρολογικές αρχές και ο διαχωρισμός των λεκανών στο νομό Χανίων σε υδρολογικές και υδρογεωλογικές. Αναφέρονται κάποια βασικά στοιχεία για το φαινόμενο της υφαλμύρισης και το πώς αυτό επηρεάζει τις συνθήκες ζωής στις παράκτιες περιοχές.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο αντικείμενο της Γεωδαισίας, καθώς παρουσιάζονται εισαγωγικές έννοιες όπως οι επιφάνειες αναφοράς και η σημασία τους σε τοπικές ή εκτεταμένες εφαρμογές. Αναλύεται η χρήση των γεωδαιτικών Datums και πώς αυτά χρησιμοποιούνται για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης στον τρισδιάστατο χώρο. Αναφέρεται το πώς η επιστήμη της Γεωδαισίας συμβάλλει και σχετίζεται με τον καθορισμό του μεγέθους και του σχήματος της Γης. Τονίζεται και αναδεικνύεται η σημασία του ακριβή προσδιορισμού αυτού για τον καθορισμό της μέσης στάθμης της θάλασσας, όπως και το πώς το γήινο βαρυτικό πεδίο επιδρά στη διαμόρφωση της επιφάνειας του γεωειδούς και αντίστοιχα επηρεάζει και διαμορφώνει το επίπεδο της στάθμης και των υπόγειων υδάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι βασικές αρχές λειτουργίας των Παγκόσμιων Δορυφορικών Συστημάτων Εντοπισμού, επικεντρώνοντας στις μεθόδους απόλυτου εντοπισμού με GNSS ενώ περιγράφονται παράλληλα και οι πηγές σφαλμάτων που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια του εντοπισμού (ατμοσφαιρικές καθυστερήσεις, σφάλματα χρονομέτρων, κλπ.).

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα σημεία αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν ως σημεία ελέγχου για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων και των απόλυτων υψομέτρων κάθε γεώτρησης.

Στο έκτο κεφάλαιο, προσδιορίζονται τα στάδια διεξαγωγής του πειραματικού μέρους της εργασίας. Περιγράφεται η διαδικασία επιλογής των γεωτρήσεων, η διαδικασία συλλογής των πειραματικών δεδομένων και οι δυσκολίες που συναντήθηκαν. Στη συνέχεια περιγράφονται τα στάδια επεξεργασίας των μετρήσεων, και τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων GNSS καθώς και για τη δημιουργία των μοντέλων. Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των μετρήσεων καθώς και προτάσεις για μελλοντικές μελέτες βασισμένες στην συγκεκριμένη εργασία.

Κεφάλαιο 2 Υδρογεωτρήσεις & Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

Στη συγκεκριμένη ενότητα περιγράφονται βασικές έννοιες του κλάδου της Υδρογεωλογίας, που σχετίζονται με τις υδρογεωτρήσεις, τις υδρολογικές και υδρογεωλογικές λεκάνες και τον τρόπο με τον οποίο διαχωρίζονται στα όρια του νομού Χανίων. Αναφέρεται επίσης το φαινόμενο της υφαλμύρισης, το οποίο επηρεάζει τις παράκτιες περιοχές.

2.1 Δομή-λειτουργία υδρογεωτρήσεων

2.1.1 Υδρογεωτρήσεις

Εκτός από τις φυσικά αναβλύζουσες πηγές, τα ποτάμια, τα φράγματα και τους συλλέκτες κατακρημνισμάτων η συλλογή υδάτινων πόρων για την κάλυψη των βιολογικών αναγκών του ανθρώπινου πληθυσμού γίνεται μέσω άντλησης από τους υπεδάφιους ταμειευτήρες ανά περιοχή, τους υδροφορείς και τα υπόγεια νερά.

Ο υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού (Σχήμα 2.1) μέσω των κατακρημνισμάτων αλλά και μέσω των επιφανειακών υδάτινων πόρων, συμβάλλει στην ανακύκλωση των υδάτινων αποθεμάτων, κυρίως συγκεντρώνοντας στα ανώτερα πορώδη ιζήματα ποσότητες νερού που είναι επαρκείς και ανανεώσιμες έτσι ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες του ανθρώπου σε νερό.

Επειδή η μετακίνηση και διακίνηση του νερού απαιτεί τόσο μεγάλα ποσά ενέργειας όσο και υποδομές, η επιτόπου παροχή σε σημεία ζήτησης χωρίς μεγάλο δίκτυο σωλήνωσης βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην διάνοιξη και κατασκευή γεωτρήσεων για την παροχή νερού. Το νερό που αντλείται, ανάλογα με τη χημική του σύσταση και την ποσότητα του, μπορεί να διατίθεται για αρδευτικούς είτε υδρευτικούς σκοπούς.



Σχήμα 2.1: Ο υδρολογικός κύκλος (US Geological Survey, 2001).

2.1.2 Στάδια κατασκευής υδρογεώτρησης

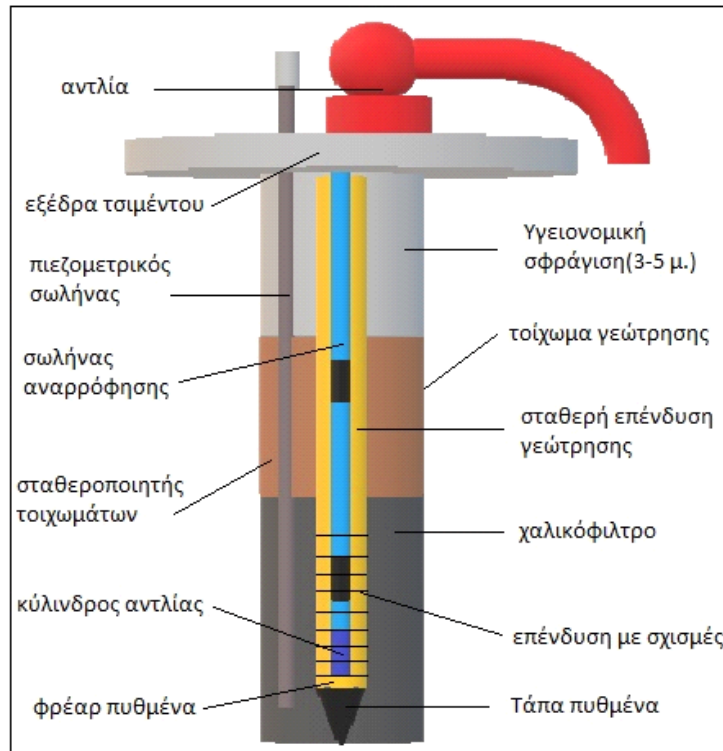
Οι υδρογεωτρήσεις ως κατασκευές αποτελούν αντικείμενο που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την κατασκευή αλλά και κατά τη χρήση τους. Το προσδόκιμο ζωής τους ανέρχεται σε αρκετές δεκαετίες, με αποτέλεσμα τυχόν κατασκευαστικά λάθη και παρατυπίες να προκαλούν ανεπανόρθωτη ζημιά στο φρέαρ λόγω του βάθους του και της δυσκολίας στην προσπέλαση του. Όσο αφορά στη χρήση τους, επειδή όπως προαναφέρθηκε αποτελούν μόνιμες κατασκευές, οποιαδήποτε φθορά προκληθεί σε τμήμα τους, καθιστά ακατόρθωτη την επισκευή τους λόγω του αυξημένου κόστους εργασίας σε υπόγειες κατασκευές. Έτσι έχουν οριστεί με λεπτομερείς προδιαγραφές από το ελληνικό κράτος (Υπουργική απόφαση οικ. 146896/ΦΕΚ Β 2878/27.10.2014) για την διαδικασία κατασκευής υδρογεωτρήσεων και παντός είδους γεώτρησης. Παρακάτω ακολουθούν τα στάδια κατασκευής μίας υδρογεώτρησης :

- Προσδιορισμός της θέσης της γεώτρησης
- Επιλογή και διάτρηση με κατάλληλο κοπτικό άκρο προσαρμοσμένο στις ανάγκες του εδάφους και του βάθους του φρέατος.
- Τοποθέτηση διάτρητης χαλύβδινης επένδυσης που επιτρέπει την εισροή νερού.
- Έκχυση χονδρόκοκκης άμμου ή λεπτού χαλικιού (τεχνητό φίλτρο) μεταξύ φρέατος και επένδυσης για την αποφυγή εισροής στερεών εντός του φρέατος.
- Έκχυση και τοποθέτηση τσιμέντου στον δακτύλιο για τον διαχωρισμό του μολυσμένου νερού έξω από τη γεώτρηση με το καθαρό εντός της.
- Ανάπτυξη της γεώτρησης για την αφαίρεση του υμενίου και της θολερότητας του νερού.
- Δημιουργία τσιμεντένιου βάθρου πέριξ της γεώτρησης για την διατήρηση της καθαριότητας .
- Τοποθέτηση αντλίας ,υποβρύχιας ή μη.
- Απολύμανση της γεώτρησης με αντιβακτηριδιακά προϊόντα.

Τα παραπάνω στάδια είναι ενδεικτικά και αποτελούν τα βασικά βήματα για την κατασκευή μίας γεώτρησης άντλησης υδάτων. Φυσικά υπάρχουν ιδιάζουσες περιπτώσεις γεωτρήσεων όπου ο χειριστής απαιτείται να ακολουθεί επιπλέον διαδικασίες με σκοπό να κατασκευαστεί γεώτρηση που να πληροί τις προδιαγραφές της προαναφερόμενης εγκυκλίου. Μετά τα στάδια κατασκευής ακολουθεί η ολοκλήρωση της γεώτρησης μέχρις ότου καταστεί λειτουργική (Βασίλειος Χ.Κελεσίδης, 2012).

2.1.3 Λειτουργία γεώτρησης υδάτων

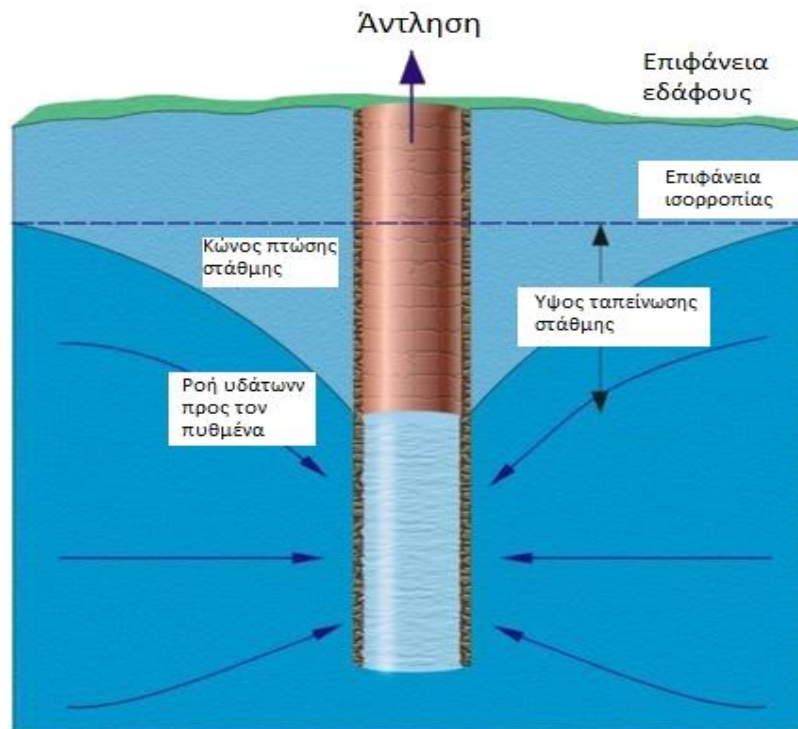
Οι υδρογεωτρήσεις κατά την πλήρη ολοκλήρωσή τους περιλαμβάνουν τα παρακάτω μέρη όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2. Αυτά θα πρέπει να είναι αρχικά μία λεκάνη αποστράγγισης (χώρος στον οποίο συγκεντρώνεται το νερό που αντλείται), φιλτροσωλήνες με κατάλληλα ανοίγματα ή πόρους (ενίοτε τοποθετείται κατάλληλο ανοξείδωτο πλέγμα). Στη συνέχεια ακολουθεί η χαλίκωση, δηλαδή η πλήρωση του διάκενου μεταξύ του φρέατος της γεώτρησης και του σωλήνα άντλησης από κατάλληλης διαμέτρου κόκκους χαλίκι, που διατηρεί την περατότητα και ταυτόχρονα προστατεύει τα τοιχώματα της γεώτρησης από κατάρρευση.



Σχήμα 2.2: Βασικά τμήματα υδρογεώτρησης (προσαρμογή από Life Water Canada).

Σε κάθε γεώτρηση όταν δεν βρίσκεται σε λειτουργία άντλησης, η επιφάνεια του νερού που ισορροπεί ονομάζεται στατική επιφάνεια νερού. Κατά την έναρξη της άντλησης η παραπάνω επιφάνεια μεταβάλλει τη θέση της λόγω της αφαίρεσης υδάτων από το υδροφόρο σύστημα, χαμηλότερα από την αρχική και ονομάζεται στάθμη άντλησης. Η στάθμη άντλησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ποσότητα νερού που αντλείται.

Στη συγκεκριμένη εργασία παίζει σημαντικό ρόλο η γνώση της κατάστασης της εκάστοτε γεώτρησης καθώς αυτή καθιστά αξιόπιστη ή μη τη μέτρηση στάθμης του ύδατος. Έτσι κατά την άντληση δημιουργείται ένας κώνος πτώσης στάθμης (Σχήμα 2.3), ο οποίος ουσιαστικά εκφράζει την πορεία που ακολουθεί το νερό σε κατάσταση μη ισορροπίας του υδροφόρου συστήματος ακολουθώντας τις δυνάμεις έλξης του βαρυτικού πεδίου κατά την ροή του στο πορώδες μέσο.



Σχήμα 2.3: Κώνος πτώσης στάθμης (<https://gradeup.co/well-hydraulics-and-aquifers.>)

Η διαφορά ύψους μεταξύ της στατικής στάθμης και της στάθμης άντλησης αναφέρεται ως ταπείνωση (drawdown). Ο λόγος της παροχής ως προς το ύψος ταπείνωσης δίνει μία τιμή που ονομάζεται ειδική δυναμικότητα με μονάδες λίτρα ανά λεπτό προς μέτρα (lpm/m SI). Η τιμή αυτή παρέχει μία χονδρική εκτίμηση της δυναμικότητας της γεώτρησης να παρέχει νερό. Η ταπείνωση είναι εκδήλωση του “κώνου ύφεσης (cone of depression)” που δημιουργείται γύρω από τον υδροφόρο λόγω της άντλησης. Το κατώτερο τμήμα της γεώτρησης στη ζώνη παραγωγής μπορεί να διαμορφωθεί είτε μόνο με τη γεώτρηση σε πετρώματα, είτε με πλέγμα (screen) ή με πλέγμα και τεχνητό φίλτρο, ανάλογα με την φύση του υδροφόρου. Η επένδυση τοποθετείται για να υποστηρίξει τα τοιχώματα και να αποτρέψει την κατάρπτωσή τους και να παράσχει τη δυνατότητα εγκατάστασης της αντλίας ή των συστημάτων στεγανοποίησης.

Η διάμετρος της εσωτερικής επένδυσης που χαρακτηρίζεται ως επένδυση τοποθέτησης της αντλίας είναι κυρίως συνάρτηση της δυναμικότητας της αντλίας που θα τοποθετηθεί. Πολλές φορές μπορεί να απαιτηθεί επένδυση στο άνω μέρος της γεώτρησης για την εγκατάσταση επιφανειακής μόνωσης, συνήθως τσιμέντο (grout), που αποτρέπει επιφανειακά νερά να κατέλθουν στον πυθμένα της γεώτρησης (Βασίλειος Χ.Κελεσίδης, 2012).

2.2 Υδρολογικές λεκάνες νομού Χανίων

Ο νομός Χανίων όπως και όλα τα σύνθετα υδρογεωλογικά συστήματα αποτελείται από επιμέρους συστήματα, τις υδρολογικές λεκάνες οι οποίες στο σύνολο τους απαρτίζουν το συνολικό μοντέλο του νομού (Σχήμα 2.4). Ακολουθεί παρουσίαση του νομού ως προς τη γεωλογία, τα υδατικά συστήματα και τις λεκάνες.

2.2.1 Υδρολιθολογική περιγραφή νομού Χανίων

Το υδατικό σύστημα του νομού σε όλη του την έκταση απαρτίζεται από γεωλογικούς σχηματισμούς που το συγκροτούν και ευνοούν την ύπαρξη του ως υδροφόρο υδατικό σύστημα πολλών διαφορετικών ζωνών. Οι σχηματισμοί αυτοί χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες και αναφέρονται ενδεικτικά παρακάτω.

Καρστικοί σχηματισμοί

Σε αυτό τους σχηματισμούς η κυκλοφορία του νερού γίνεται μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ρωγμές, καρστικά κενά). Παρακάτω ακολουθεί η διάκριση των καρστικών σχηματισμών που απαρτίζουν το νομό Χανίων, με βάση το μέγεθος της εκάστοτε υδροπερατότητας.

- Υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας.

Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, μάρμαρα υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας. Κατατάσσονται εδώ οι έντονα καρστικοποιημένοι ανθρακικοί σχηματισμοί της ζώνης της Τρίπολης, τα ανθρακικά Τριπαλίου και οι Τριαδικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Ιονίου ζώνης. Αναπτύσσονται εδώ υψηλού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες που εκφορτίζονται μέσω μεγάλων καρστικών πηγών (*Σχέδιο διαχείρισης Υδατικών πόρων Κρήτης, 2010*).

- Μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας.

Ασβεστόλιθοι μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας. Κατατάσσονται εδώ οι ασβεστόλιθοι της ζώνης της Πίνδου, οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι Ιουραϊκής - Ηωκαινικής ηλικίας της Ιονίου ζώνης και οι μικρότερες ανθρακικές εμφανίσεις των εσωτερικών καλυμμάτων. Η κυκλοφορία του νερού στους σχηματισμούς αυτούς εξαρτάται από τις παρεμβολές ύπαρξης πυριτολίθων, κερατολίθων και αργιλικών σχιστολίθων. Αναπτύσσονται εδώ μέσου έως μικρού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες. Εξαιτίας του έντονου τεκτονισμού τους στις περιπτώσεις εκείνες που παρουσιάζουν και σημαντική επιφανειακή ανάπτυξη συμμετέχουν στην τροφοδοσία σημαντικών καρστικών πηγών. Κατά τόπους, οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν το υδρογεωλογικό υπόβαθρο των υψηλής υδροπερατότητας ανθρακικών σχηματισμών, όταν έχουν μικρή υδροπερατότητα και η τεκτονική θέση τους το επιτρέπει.

- Μειοκαινικά ασβεστολιθικά λατυποκροκαλοπαγήβιοτολίτων, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας.

Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν τόσο πρωτογενές όσο και δευτερογενές πορώδες. Στα Μειοκαινικά ασβεστολιθικά συστήματα αναπτύσσονται σημαντικές ποσότητες ρεόντων υδάτων που εκβάλλουν σε ευμεγέθεις και αξιόλογες πηγές.

Πορώδεις σχηματισμοί

Στους πορώδεις σχηματισμούς η κυκλοφορία του νερού γίνεται μέσω του πρωτογενούς πορώδους (πορώδες κόκκων).

- Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας.

Κατατάσσονται εδώ οι αλλουβιακές αποθέσεις, οι ποτάμιες και θαλάσσιες αναβαθμίδες, τα κροκαλοπαγή ποτάμιας προέλευσης, τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων. Στις περιπτώσεις που οι σχηματισμοί των πλευρικών κορημάτων, των κώνων κορημάτων και των αναβαθμίδων καλύπτουν μικρή έκταση και έχουν μικρό πάχος δεν έχουν υδρογεωλογική σημασία. Αναπτύσσονται ιδιαίτερα στις σύγχρονες αποθέσεις των ποταμών και χειμάρρων, αξιόλογες

φρεάτιες υδροφορίες. Κοντά στη θάλασσα οι υδροφορίες αυτές έχουν υποστεί κατά θέσεις, υποβάθμιση εξαιτίας της υφαλμύρινσης.

- Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας.

Κατατάσσονται εδώ οι πλειοκαινικές και μειοκαινικές μάργες, καθώς και ο αδιαίρετος σχηματισμός του νεογενούς. Τοπικά στον αδιαίρετο σχηματισμό των νεογενών αναμένεται η ανάπτυξη υδροφοριών μέσα σε παρεμβολές κροκαλοπαγών ή μαργαϊκών ασβεστολίθων. Κατά θέσεις στις νεογενείς αποθέσεις αναπτύσσονται στρώματα γύψου που παρουσιάζουν αξιόλογη υδροφορία έντονα υποβαθμισμένη εξαιτίας των θειικών ιόντων.

Ρωγμώδεις σχηματισμοί

- Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας.

Περιλαμβάνονται εδώ οι σχηματισμοί του φλύσχη και τα ελαφρώς μεταμορφωμένα αργιλικά ιζήματα των διαφόρων ζωνών. Κατά θέσεις εντός των στρωμάτων του φλύσχη αναπτύσσονται τοπικού χαρακτήρα υδροφορίες μικρού έως μέσου δυναμικού.

- Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας.

Κατατάσσονται εδώ τα μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα των διαφόρων ζωνών και καλυμμάτων. Κατά θέσεις στους σχηματισμούς αυτούς, τόσο εξαιτίας του έντονου κερματισμού τους, όσο και εξαιτίας της πετρολογικής σύνθεσης τους (π.χ. εναλλαγές χαλαζιτών, μαρμάρων) αναπτύσσονται επιμέρους, τοπικού χαρακτήρα, υδροφορίες.

Γύψοι

Στο σχηματισμό των γύψων αναπτύσσεται υψηλού δυναμικού υπόγεια υδροφορία εξαιτίας της διάλυσης τους (‘ψευδοκαρστ’) με υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα.



17

2.2.2 Επιφανειακά υδατικά συστήματα νομού Χανίων

Ο διαχωρισμός των υδατικών συστημάτων του νομού ο οποίος εντάσσεται στο Υδατικό διαμέρισμα της νήσου Κρήτης ενός εκ των δεκατεσσάρων υδατικών διαμερισμάτων της Ελλάδας, βασίζεται αρχικά στον διαχωρισμό και την διάκριση των επιφανειακών υδατικών συστημάτων, τα οποία είναι τα εξής:

- **Ποτάμια Υδατικά Συστήματα**

Ως ποτάμια υδατικά συστήματα θεωρήθηκαν οι ποταμοί με καθεστώς μόνιμης ροής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και κατά περίπτωση οι χειμάρροι με καθεστώς περιοδικής ροής.

- **Λιμναία Υδατικά Συστήματα**

Θεωρούνται όλες οι φυσικές και τεχνητές λίμνες του νομού με έκταση πάνω από 0,5 Km². Οι τεχνητές λίμνες (φράγματα και ταμειυτήρες) θεωρούνται εξ ορισμού, ανάλογα με την περίπτωση, είτε τεχνητά, είτε ιδιαίτεως τροποποιημένα υδατικά συστήματα και εξετάζονται αναλόγως. (Άρθρο 2, σημείο (5) της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ).

- **Παράκτια Υδατικά Συστήματα**

Τα παράκτια υδατικά συστήματα αφορούν μια ζώνη ενός μιλίου από την ακτογραμμή, σε αντίθεση με τα μεταβατικά που αφορούν τα υφάλμυρα ύδατα πλησίον των στομιών εκβολών και της ακτογραμμής.

- **Μεταβατικά Υδατικά Συστήματα**

Ως μεταβατικά νερά ορίζονται εκείνα που βρίσκονται σε εκβολές ποταμών και βρίσκονται εσωτερικά της γραμμής αναφοράς που είναι η ακτογραμμή. Υφίστανται έντονη επίδραση από τα παράκτια συστήματα λόγω εισβολής θαλάσσιου νερού με αποτέλεσμα να είναι υφάλμυρα.

Τα ποτάμια υδατικά συστήματα διαμορφώνουν τις λεκάνες απορροής του νομού ή διαφορετικά τις υδρολογικές λεκάνες. Ως «Λεκάνη απορροής ποταμού» ορίζεται η εδαφική έκταση από την οποία αποστραγγίζεται το σύνολο της απορροής (βροχόπτωση ή/ και χιονόπτωση) μιας περιοχής, μέσω του υδρογραφικού δικτύου της (διαδοχικών ρευμάτων, χειμάρρων, ποταμών, και πιθανώς λιμνών) και παροχετεύεται στη θάλασσα μέσω της εκβολής (ή δέλτα) ποταμού.

Στο Σχήμα 2.5 όπου προβάλλεται ο διαχωρισμός των κύριων υδρολογικών λεκανών του νησιού και κατ' επέκταση του νομού Χανίων.



Σχήμα 2.5: Λεκάνες απορροής Κρήτης (Σχέδιο διαχείρισης Υδατικών πόρων Κρήτης, 2010).

Ο νομός Χανίων απαρτίζεται από τις κύριες υδρολογικές λεκάνες GR39 και GR40 (Σχήμα 2.5). Οι δύο λεκάνες αυτές δεν αφορούν αποκλειστικά το νομό αλλά εκτείνονται μέχρι τα όρια των νομών Ηρακλείου και Λασιθίου.

Στη συνέχεια περιγράφεται ο διαχωρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων του νομού, οι οποίοι καθορίζουν τις υδρογεωλογικές λεκάνες της ενότητας Χανίων για τις οποίες εξήχθησαν αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων της παρούσας εργασίας.

2.3 Υδρογεωλογική παρουσίαση του νομού Χανίων

Η υδρολιθολογική παρουσίαση των γεωλογικών χαρακτηριστικών του νομού Χανίων που αναπτύχθηκε παραπάνω αφορά και τα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν τις υδρογεωλογικές λεκάνες του νομού. Στο σχέδιο διαχείρισης υδάτων Κρήτης τα υπόγεια υδατικά συστήματα έχουν διαφοροποιηθεί και έχουν αριθμηθεί καταλλήλως με βάση τη διαφοροποίηση του γεωλογικού τους υποβάθρου. Έχουν καταγραφεί 38 υδροφόρα συστήματα για τον νομό τα οποία φαίνονται στο (Σχήμα 2.6) και αναλύονται παρακάτω :



Σχήμα 2.6: Υπόγεια υδατικά συστήματα νομού Χανίων (Σχέδιο διαχείρισης Υδατικών πόρων Κρήτης, 2010).

GR1300001 -Καρστικό υδροφόρο σύστημα Τοπολίων- Σφηναρίου

Το Καρστικό υδροφόρο σύστημα Τοπολίων διακρίνεται στα παρακάτω επί μέρους συστήματα:

GR1300011 -περιλαμβάνει τα υδροφόρα των λατυποκρακαλοπαγών Τοπολίων με κύρια εκφόρτιση τις πηγές Κολένι (Νωπήγεια).

GR1300012 -περιλαμβάνει τα υδροφόρα με κύρια εκφόρτιση την πηγή Σφηναρίου.

GR1300190- Ρωγμώδες υδροφόρο σύστημα Χανίων

Το ρωγμώδες υδροφόρο Χανίων σύστημα περιλαμβάνει τους σχιστολίθους και φυλλίτες της περιοχής που εμφανίζουν ασθενή υδροφορία αλλά προμηθεύουν με νερό ύδρευσης οικισμούς.

GR130017- Καρστικό υδροφόρο σύστημα Παλαιόχωρας

Το Καρστικό υδροφόρο σύστημα Παλαιόχωρας διακρίνεται στα παρακάτω επί μέρους συστήματα:

GR1300171 -περιλαμβάνει τα ανθρακικά της Παλαιόχωρας.

GR1300172 -περιλαμβάνει ανθρακικά της περιοχής Χρυσοσκαλίτισσας.

GR1300173 -περιλαμβάνει τα ανθρακικά της περιοχής Καντάνου.

GR1300020- Πορώδες Υδροφόρο σύστημα βόρειων Χανίων

Το Πορώδες Υδροφόρο σύστημα Χανίων διακρίνεται στα παρακάτω επί μέρους συστήματα:

GR1300021 -περιλαμβάνει τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στον προσχωματικό και νεογενή υδροφορέα της περιοχής του Κισάμου.

GR1300022 -περιλαμβάνει τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στον προσχωματικό και νεογενή υδροφορέα του κάμπου Χανίων και Σούδας (κύρια υδρορέματα Κερίτη - Ταυρωνίτη).

GR1300023 -περιλαμβάνει τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στον προσχωματικό και νεογενή υδροφορέα Αποκορώνου (κύρια υδρορέματα Κουιλάρη και Βρυσών).

GR130003 -Καρστικό υδροφόρο σύστημα Λευκών Ορέων

Το Καρστικό υδροφόρο σύστημα Λευκών Ορέων διακρίνεται στα παρακάτω επί μέρους συστήματα:

GR1300031-περιλαμβάνει τα ανθρακικά των ΒΔ Λευκών ορέων με κύριες εκφορτίσεις τις πηγές Αγιάς, Καλαμιώνα, Μεσκλών και Θερίσου.

GR1300032-περιλαμβάνει τα ανθρακικά των Βορείων Λευκών ορέων με κύριες εκφορτίσεις τις πηγές Στύλου – Αρμένων.

GR1300033-περιλαμβάνει τα ανθρακικά των ΒΑ Λευκών ορέων με κύριες εκφορτίσεις τις πηγές Γεωργιούπολης και Κουρνά.

GR1300034 -περιλαμβάνει τα ανθρακικά του νοτίου τμήματος των Λευκών ορέων με κύριες εκφορτίσεις υποθαλάσσιες πηγές και τις πηγές της περιοχής Φραγκοκάστελου.

GR1300035-περιλαμβάνει τις υδροφορίες που αναπτύσσονται καρστικό υδροφορέα της Γεωργιούπολης και υφαλμυρίζεται φυσικά.

GR1300270 Πορώδες Υδροφόρο σύστημα Γαύδου

Το Πορώδες Υδροφόρο σύστημα της λεκάνης Γαύδου περιλαμβάνει τις νεογενείς και τεταρτογενείς υδροφορίες της νήσου.

GR1300280 -Καρστικό Υδροφόρο σύστημα Γαύδου

Το Καρστικό Υδροφόρο σύστημα της λεκάνης Γαύδου περιλαμβάνει τα ανθρακικά της νήσου.

GR1300180 -Πορώδες Υδροφόρο Φραγκοκάστελου

Το Πορώδες Υδροφόρο σύστημα του Φραγκοκάστελου περιλαμβάνει τις τεταρτογενείς υδροφορίες της περιοχής.

GR130032 -Καρστικό παράκτιο υδροφόρο Βορείων Χανίων

Το Καρστικό υδροφόρο σύστημα βορείων Χανίων διακρίνεται στα επί μέρους συστήματα:

GR1300321-περιλαμβάνει τα υδροφόρα των ανθρακικών της χερσονήσου Γραμβούσας

GR1300322-περιλαμβάνει τα ανθρακικά του Ακρωτηρίου Σπάθας Χανίων (Χερσονήσου Ροδοπού)

GR1300323-περιλαμβάνει τα ανθρακικά του ακρωτηρίου Σούδας

GR1300324-περιλαμβάνει τα ανθρακικά της περιοχής Αποκόρωνα

GR1300200-Πορώδες Υδροφόρο Χρυσοσκαλίτισσας

Το Πορώδες Υδροφόρο σύστημα Χανίων περιλαμβάνει τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στον προσχωματικό και νεογενή υδροφορέα της περιοχής.

Η διάκριση των υπόγειων υδατικών συστημάτων του νομού Χανίων προσδιορίζει τις υδρογεωλογικές λεκάνες που βρίσκονται οι γεωτρήσεις που μελετήθηκαν, για τις οποίες εξήχθησαν αποτελέσματα σχετικά με την κατάσταση και το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης των υδάτων τους στην παρούσα εργασία. (βλ. 7^ο Κεφάλαιο)

2.4 Το φαινόμενο της υφαλμύρινσης

Στην Ελλάδα, η κύρια πηγή κάλυψης των αναγκών σε γλυκό νερό είναι τα υπόγεια νερά. Η χρήση του νερού γίνεται κυρίως για πόση και άρδευση καθώς επίσης και για κάλυψη των τουριστικών και βιομηχανικών αναγκών. Επειδή στις παράκτιες περιοχές της Ελλάδας και ιδιαιτέρως στις παράκτιες περιοχές της Κρήτης έχει αναπτυχθεί και βασιστεί η οικονομία στον τουρισμό και τη γεωργία, τους καλοκαιρινούς μήνες οι απαιτήσεις σε νερό είναι ιδιαίτερα υψηλές με αποτέλεσμα την υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων. Η υπεράντληση αυτή υποχρεώνει τα υδροφόρα αυτά συστήματα σε μεταβολή της ισορροπίας τους με αποτέλεσμα την υφαλμύριση των υδροφόρων στρωμάτων και την υποβάθμιση της ποιότητας του γλυκού νερού, χρήζοντας το ακατάλληλο για κάθε χρήση. Έχει πλέον καταστεί σαφές, ότι η μελέτη και η παρακολούθηση του φαινομένου της υφαλμύρινσης των παράκτιων υδροφορέων είναι πολύ σημαντική για την Ελλάδα λόγω της μεγάλης ακτογραμμής και των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων στις παράκτιες περιοχές, καθώς όπως προαναφέρθηκε ένα μεγάλο μέρος της οικονομίας της Ελλάδας βασίζεται στον τουρισμό και τη γεωργία των παράκτιων περιοχών.

Η υφαλμύριση όμως δεν μπορεί να προκληθεί μόνον από ανθρώπινη δραστηριότητα, αλλά μπορούν να την προκαλέσουν και άλλοι παράγοντες όπως γεωλογικοί (π.χ. ζώνες ρηγμάτων, καρστικά συστήματα ανοιχτά στη θάλασσα κ.ά.). Στα καρστικά συστήματα το επίπεδο καρστικοποίησης βρίσκεται σε αρκετές δεκάδες μέτρα κάτω από τη σημερινή επιφάνεια της θάλασσας εξαιτίας γεωλογικών/τεκτονικών δραστηριοτήτων. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρείται στα παράκτια συστήματα που είναι ανοιχτά στη θάλασσα αυξημένη συγκέντρωση χαρακτηριστικών ιόντων του θαλασσινού νερού (Cl, Na, K).

Η διείσδυση του αλμυρού νερού στους παράκτιους υδροφορείς, αποτελεί την κύρια αιτία εμφάνισης του φαινομένου της υφαλμύρινσης. Στους παράκτιους υδροφορείς η υδραυλική κλίση του υπόγειου νερού έχει συνήθως κατεύθυνση προς τη θάλασσα. Λόγω της παρουσίας του αλμυρού νερού, σχηματίζεται στο τμήμα του υδροφορέα που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας μια ζώνη επαφής μεταξύ του ελαφρύτερου γλυκού νερού του υδροφορέα και του υποκείμενου βαρύτερου αλμυρού νερού (Σχήμα 2.7). Ο όγκος του αλμυρού νερού κάτω από το γλυκό λόγω της χαρακτηριστικής του μορφής ονομάζεται σφήνα. Το αλμυρό και το γλυκό νερό είναι αναμίξιμα με αποτέλεσμα η μεταξύ τους ζώνη επαφής να παίρνει τη μορφή μιας μεταβατικής ζώνης λόγω του φαινομένου της διάχυσης (Σχέδιο διαχείρισης Υδατικών πόρων Κρήτης, 2010).



Σχήμα 2.7: Παράκτιες ζώνες υφάλμυρου νερού (www.fukuleaks.org)

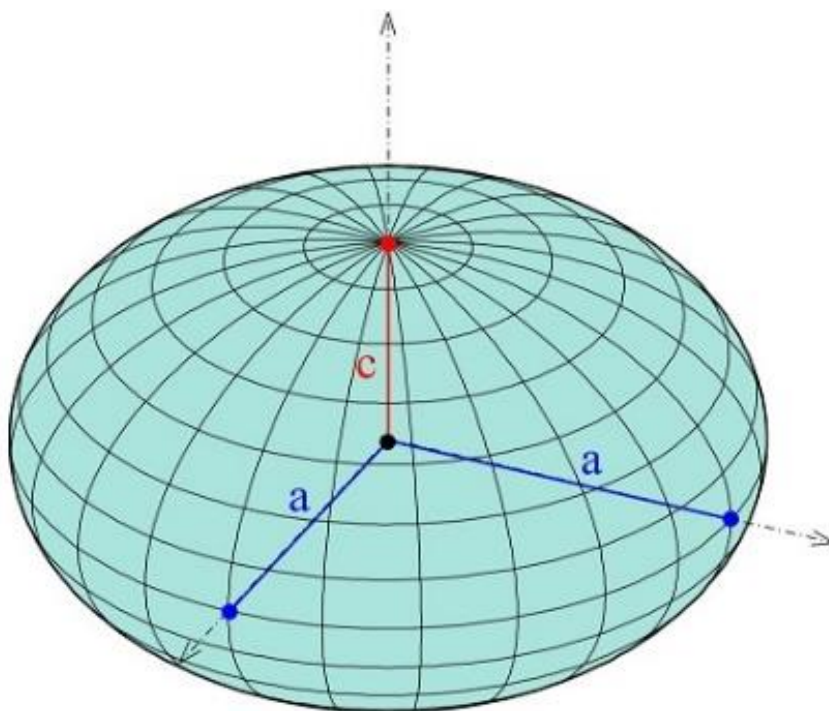
Το φαινόμενο της υφαλμύρισης εμφανίζεται όταν η υδραυλική κλίση του παράκτιου υδροφορέα προς τη θάλασσα είναι μικρή και ακόμα περισσότερο όταν αλλάζει διεύθυνση εξαιτίας των έντονων αντλήσεων. Στην περίπτωση αυτή δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για τη μετακίνηση της αλμυρής σφήνας προς το εσωτερικό του υδροφορέα με αποτέλεσμα την υφαλμύριση του, την αύξηση δηλαδή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου, μαγνησίου και ασβεστίου στα υπόγεια νερά. Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς, καθώς και οι επιφάνειες αναφοράς (ελλειψοειδές, γεωειδές) που χρησιμοποιούνται στην συγκεκριμένη μελέτη. Περιγράφονται επίσης οι χαρτογραφικές προβολές καθώς και τα τοπικά Datums που χρησιμοποιούνται.

Κεφάλαιο 3 Συστήματα και επιφάνειες αναφοράς

Το σχήμα, το μέγεθος, οι διαστάσεις καθώς και η μορφολογία της Γης ως υλικό σώμα απασχόλησαν την επιστημονική κοινότητα από την αρχαιότητα. Είχαν γίνει πολλές προσπάθειες περιγραφής του σχήματος της, αποδίδοντας το αρχικά ως πεπλατυσμένο δίσκο, έπειτα ως σφαίρα κ.α. Σήμερα έχει καθοριστεί και περιγραφεί το σχήμα της Γης ως μια σφαίρα πεπλατυσμένη στους πόλους. Αυτό βέβαια δεν αναπαριστά το λεπτομερές σχήμα της, αλλά αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση που διαχωρίζει την γη από το σφαιρικό σχήμα.

3.1 Το Ελλειψοειδές εκ περιστροφής

Η ανάγκη για την ακριβή γνώση, της θέσης και του υψομέτρου αντικειμένων κινητών ή μη αλλά και χερσαίων είτε θαλάσσιων πάνω στη γήινη επιφάνεια οδήγησε στην αναζήτηση μαθηματικά ορισμένου γεωμετρικού μοντέλου στο οποίο κάθε σημείο της υδρογείου θα έχει συγκεκριμένες παραμέτρους θέσης, δηλαδή συντεταγμένες. Για να καταστούν όμως οι τιμές των συντεταγμένων αξιόπιστες πληροφορίες με φυσική σημασία θα έπρεπε να οριστούν ως προς ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς. Για την δημιουργία ενός συστήματος αναφοράς τέτοιου ώστε η αρχή και οι άξονες του να είναι συνδεδεμένοι όσο το δυνατό καλύτερα με το στερεό φλοιό της Γης, επιλέχθηκε το γεωμετρικό εκείνο σχήμα το οποίο προσεγγίζει κατά το μέγιστο τη σχήμα της Γης σε σχέση με τα υπόλοιπα. Το γεωμετρικό αυτό σχήμα ονομάζεται ελλειψοειδές εκ περιστροφής (Σχήμα 3.1) και αποτελεί το σύστημα αναφοράς πάνω στο οποίο ανάγονται οι μετρήσεις θέσης και ύψους για να αποδοθούν όσο το δυνατό με μεγαλύτερη ακρίβεια στο πραγματικό σχήμα της Γης, το οποίο λόγω της πολυπλοκότητας του είναι αρκετά δύσκολο να αποδοθεί με κάποιο μαθηματικό μοντέλο.



Σχήμα 3.1 : Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής (<https://static1.squarespace.com>).

Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής διατηρεί τις ιδιότητες της δισδιάστατης έλλειψης, ενώ σε αυτό έχει προστεθεί και η τρίτη διάσταση (το ύψος). Για την θέση του κέντρου έχει επιλεγεί το κέντρο μάζας της Γης και ο κύριος κάθετος άξονας του σχήματος ταυτίζεται με τον άξονα περιστροφής της.

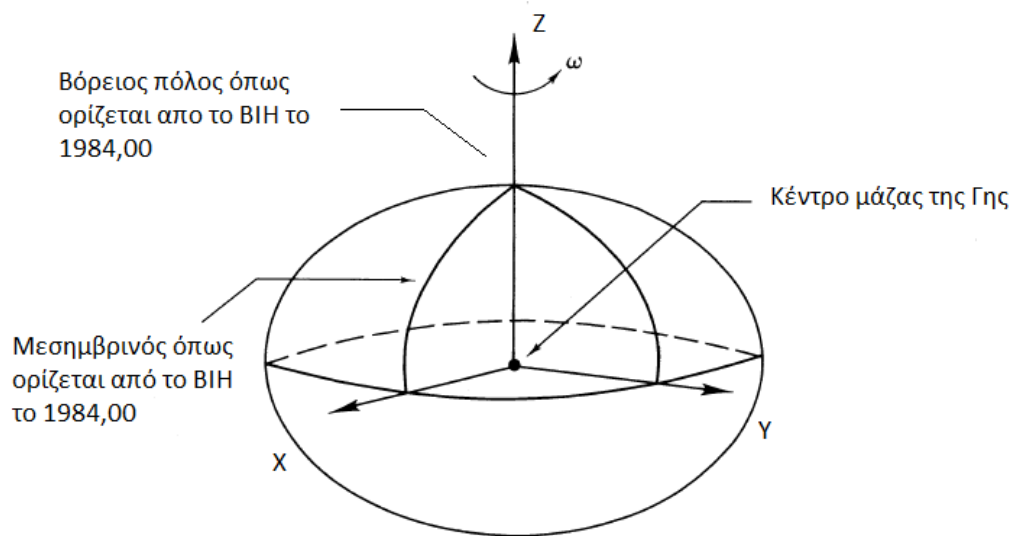
Κάθε σημείο λοιπόν, στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς έχει συγκεκριμένες συντεταγμένες (X,Y,Z) , η χρήση των οποίων όμως δεν έβρισκε ευρεία χρησιμότητα σε εφαρμογές και έτσι η θέση σημείου πάνω στο ελλειψοειδές μπορεί να οριστεί από τις λεγόμενες Γεωδαιτικές συντεταγμένες ϕ και λ , των οποίων το μετρούμενο μέγεθος είναι γωνίες και όχι η απόσταση από το κέντρο της Γης, όπως στις καρτεσιανές. Το πλάτος ϕ ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της καθέτου από το σημείο εφαρμογής και τον ισημερινό ενώ το γεωδαιτικό μήκος λ τώρα ορίζεται ως η διέδρη γωνία μεταξύ του μεσημβρινού αναφοράς και του μεσημβρινού που διέρχεται από το σημείο εφαρμογής.

Απαραίτητο σε αυτό το σημείο είναι να οριστεί και η τρίτη συντεταγμένη, το υψόμετρο. Συμβολίζεται με h , ονομάζεται γεωμετρικό υψόμετρο και η τιμή του παριστάνει την κάθετη απόσταση ενός σημείου εφαρμογής στην επιφάνεια της Γής μέχρι την επιφάνεια του ελλειψοειδούς (Μερτίκας, 2016).

3.1.1 Παγκόσμιο Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS 84

Παρά την ύπαρξη και άλλων μοντέλων του ελλειψοειδούς όπως πχ. το GRS-80, το 1984 κατασκευάστηκε το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (WGS-84), το οποίο χρησιμοποιείται από το ευρύτερα διαδεδομένο σύστημα εντοπισμού θέσης GPS από την 1 Ιανουαρίου του 1988 (<https://www.oc.nps.edu>). Το WGS-84 ως γήινο σύστημα αναφοράς, έχει ορισθεί με βάση τις μηχανικές ιδιότητες της Γης. Συγκεκριμένα, το WGS-84 ορίζεται ως εξής (Σχήμα 3.2).

Η αρχή του συστήματος των καρτεσιανών συντεταγμένων είναι το κέντρο μάζας της Γης. Ο άξονας Z είναι παράλληλος προς την διεύθυνση του μέσου Πόλου (όπως ορίζεται από το Bureau International de l' Heure, BIH, βάση δορυφορικών μετρήσεων από συγκεκριμένους σταθμούς για το 1984.0). Ο άξονας X ορίζεται ως η τομή του μεσημβρινού Greenwich και του ισημερινού που αντιστοιχεί στο μέσο γήινο πόλο. Ο άξονας Y ορίζεται ώστε να συμπληρώνεται ένα δεξιόστροφο ορθογώνιο σύστημα.



Σήμα 3.2 : Το σύστημα αναφοράς συντεταγμένων WGS-84.

Το ελλειψοειδές αναφοράς WGS-84 ορίζεται με τις εξής βασικές παραμέτρους:

- **Μεγάλος ημιάξονας:** $a = 6378137 \text{ [m]}$
- **Παγκόσμια βαρυτομετρική σταθερά:** $GM = 3986004418 \times 10^{14} \text{ [m}^3/\text{s}^2\text{]}$
- **Γωνιακή ταχύτητα:** $\omega = 298,2572235637292115 \times 10^{-11} \text{ [rad/s]}$
- **Κανονικοποιημένος συντελεστής του δυναμικού έλξης της Γης:**
 $C_{2,0} \text{ dyn[2008]} = -4,84165143790815 \times 10^{-4}.$
- **Επιπλάτυνση:** $1/f = 298,257223563$

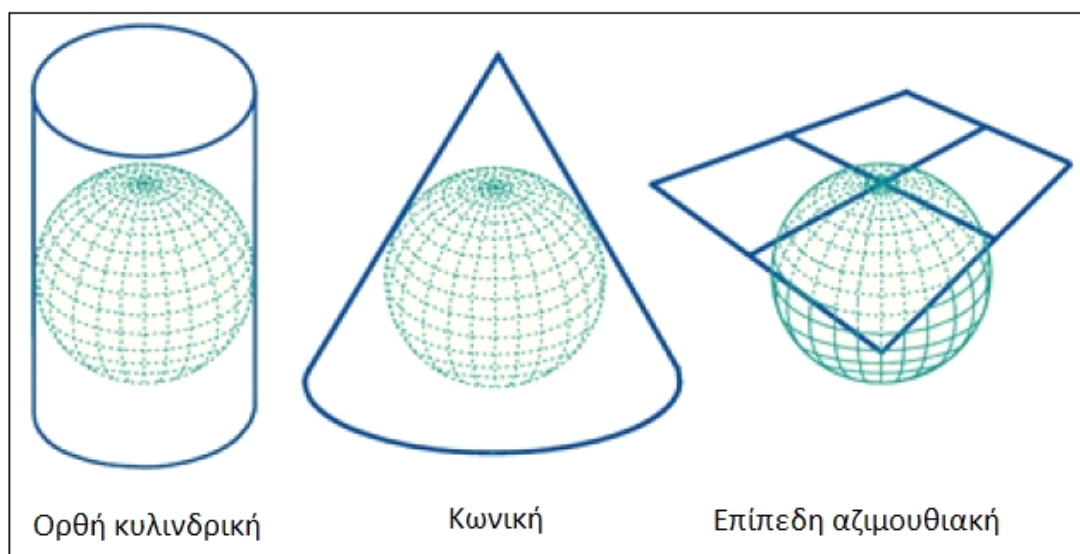
Το WGS '84 είναι ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής και αποτελεί το πιο διαδεδομένο σύστημα αναφοράς για την πλειονότητα των γεωδαιτικών εφαρμογών. Λόγο όμως της αποκλίνουσας εφαρμογής του στην επιφάνεια του γεωειδούς (βλέπε υποκεφάλαιο 3.2) όπως αυτό διαμορφώνεται στον ελλαδικό χώρο και όπως υλοποιείται ο προσδιορισμός θέσης με το GPS, έχει σχετικά μικρή απόλυτη ακρίβεια. Ως εκ τούτου, για τις γεωδαιτικές εργασίες, χρησιμοποιείται με τεχνικές σχετικού προσδιορισμού, ενώ συνδέεται άμεσα και εύκολα με το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87).

3.2 Χαρτογραφικές απεικονίσεις και προβολές

Η αποτύπωση των γήινων τμημάτων όπως και των μαθηματικών μοντέλων που τα περιγράφουν σε μικρά δισδιάστατα τμήματα όπως οι χάρτες, είναι μία απαραίτητη διεργασία για την καλύτερη κατανόηση της μορφολογίας της Γης με μεγάλη λεπτομέρεια κατά τόπους.

Κατά την συστηματική γραφική αποτύπωση τμήματος του γεωγραφικού χώρου της Γης υπό συγκεκριμένη κλίμακα και με μία μέθοδο χαρτογραφικής απεικόνισης, είναι αναπόφευκτη η παραμόρφωση γωνιών, αποστάσεων εμβαδών και μορφών των σχημάτων. Έτσι ανάλογα με την εφαρμογή, δημιουργείται και αντίστοιχος χάρτης με μειωμένη παραμόρφωση σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες.

Στις χαρτογραφικές απεικονίσεις χρησιμοποιούνται κυρίως τρία είδη προβολών, κατά τις οποίες χρησιμοποιούνται δύο επιφάνειες αναφοράς: το ελλειψοειδές και η σφαίρα και τρεις επιφάνειες (αναπτυκτές) που μπορούν να μετατραπούν σε επίπεδες χωρίς γεωμετρικές παραμορφώσεις: το επίπεδο, ο κώνος και ο κύλινδρος (Σχήμα 3.3). Ανάλογα την αναπτυκτική επιφάνεια προβολής οι χαρτογραφικές απεικονίσεις χωρίζονται σε επίπεδες, κωνικές ή κυλινδρικές (μερκατορικές). Ανάλογα τώρα το είδος της επαφής της προβολής με τη γήινη επιφάνεια (επαφή ή τομή) χωρίζονται σε εφαπτόμενες και τέμνουσες απεικονίσεις. Η τελευταία διάκριση βασίζεται στον προσανατολισμό της αναπτυκτικής επιφάνειας σε σχέση με την γήινη επιφάνεια αναφοράς και οι απεικονίσεις χωρίζονται σε ορθές και σε εγκάρσιες ή πλάγιες.



Σχήμα 3.3 : Τα τρία είδη των προβολών απεικόνισης σε σφαίρα

Η κυλινδρική ή αλλιώς μερκατορική προβολή απεικονίζει την σφαιρική ή ελλειψοειδή επιφάνεια της Γης σε μία αναπτυκτική επιφάνεια, όπου στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ένας κύλινδρος που εφάπτεται στην επιφάνεια της Γης.

Η επόμενη διάκριση που αφορά τον προσανατολισμό, έχει να κάνει με τη θέση της προβολής ως προς τον κύριο άξονα περιστροφής της σφαίρας ή της έλλειψης. Έτσι χαρακτηρίζονται ως : Ορθή μερκατορική προβολή, εγκάρσια μερκατορική προβολή και πλάγια μερκατορική προβολή όπως φαίνεται στο (Σχήμα 3.4) που ακολουθεί.



Σχήμα 3.4 : Τα είδη των μερκατορικών προβολών με βάση τον προσανατολισμό

3.2.1 Γεωδαιτικό Datum Διεθνές και Ελληνικό ΕΓΣΑ'87

Όπως προαναφέρθηκε και θα αναλυθεί παρακάτω το πραγματικό σχήμα της Γης δεν μπορεί να αποδοθεί (με αποδεκτό σφάλμα) από ένα γεωμετρικό σχήμα. Με τη δημιουργία των παραπάνω μαθηματικών μοντέλων επιτυγχάνεται ο υπολογισμός των οριζόντιων συντεταγμένων στην επιφάνεια τους.

Η εφαρμογή και προσαρμογή τώρα ενιαίου γήινου μοντέλου σε περιοχές μικρής σχετικά έκτασης όπως ο ελλαδικός χώρος πολλές φορές παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις και μη αποδεκτά σφάλματα στον υπολογισμό των οριζόντιων. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε με την δημιουργία ενός άλλου ελλειψοειδούς που προσαρμόζεται καλύτερα στην τοπική γήινη επιφάνεια. Έτσι δημιουργήθηκε η έννοια του γεωδαιτικού Datum το οποίο ορίζεται ως το σύνολο των παραμέτρων που καθορίζει τη σχέση ενός τοπικού ελλειψοειδούς με ένα παγκόσμιο ελλειψοειδές αναφοράς. (Μερτίκας, 2016). Το Datum διακρίνεται σε δύο κατηγορίες ανάλογα την περιοχή εφαρμογής του. Το τοπικό γεωδαιτικό Datum το οποίο προσαρμόζεται καλύτερα σε μία περιοχή με την οποία σχετίζεται άμεσα μέσω ενός κεντρικού σημείου της περιοχής αυτής, και το παγκόσμιο γεωκεντρικό γεωδαιτικό Datum που προσεγγίζει όσο το δυνατό καλύτερα την επιφάνεια ολόκληρης της υδρογείου και το οποίο σχετίζεται με τη Γή έχοντας ως κέντρο το κέντρο μάζας της.

Το Ελληνικό τοπικό γεωδαιτικό Datum γνωστό και ως Ελληνικό Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ'87) ως ελλειψοειδές αναφοράς του έχει οριστεί το GRS-80 (όμοιο με το WGS-84) που έχει μήκος μεγάλου ημιάξονα $a=6378137$ m και επιπλάτυνση $f=1/298,2572236$. Η μετατόπιση του σε σχέση με το WGS84 (δηλαδή η διαφορά ΕΓΣΑ-WGS84) είναι: $\Delta x = +199,723$ m, $\Delta y = -74,030$ m, $\Delta z = -246,018$ m.. Η προσέγγιση αυτή του τοπικού γεωδαιτικού Datum με την αλλαγή θέσης του για καλύτερη προσαρμογή στην επιφάνεια ενδιαφέροντος πολλές φορές μετατοπίζει την αρχή του ελλειψοειδούς από το κέντρο μάζας της γης σε άλλο σημείο. Το Datum του ΕΓΣΑ'87 ανήκει σε μία από αυτές τις περιπτώσεις και η αφετηρία του έχει οριστεί ως το βασικό βάθρο στον δορυφορικό σταθμό του Διονύσου με συντεταγμένες : $\varphi = 38^{\circ} 04' 33,8107''$, $\lambda = 23^{\circ} 55' 51,0095''$ και $N=7$ m ορθομετρικό υψόμετρο (υψόμετρο Γεωειδούς) κατά *BTS-87¹⁶* (*BIH Terrestrial System 1987*).

Το προβολικό σύστημα του ΕΓΣΑ'87 χρησιμοποιεί την εγκάρσια μερκατορική προβολή με $m_0=0,9996$ (όπου m_0 ο συντελεστής παραμόρφωσης ή συντελεστής κλίμακας στον κεντρικό μεσημβρινό) η οποία καλύπτει έξι μοίρες γεωγραφικού μήκους εκατέρωθεν του $24^{\text{ου}}$ μεσημβρινού (18° Α έως 30° Α). Κατ' αυτόν τον τρόπο η ελληνική επικράτεια προβάλλεται σε μία ζώνη εκτεινόμενη κατά περίπου 9° γεωγραφικού μήκους. Ως αρχή των τεταγμένων, στην κατεύθυνση Y (B-N) το 0 (μηδέν) του συστήματος αντιστοιχεί στον ισημερινό ενώ ως αρχή των τετμημένων, στην κατεύθυνση X το 0 (μηδέν) φέρει την τιμή 500.000 m η οποία αποδίδεται στον κεντρικό μεσημβρινό $\lambda=24^{\circ}$ για την αποφυγή ύπαρξης αρνητικών τιμών σε όλη την έκταση της προβολής (Βέης Γ., (1987), *Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς*. Αθήνα: *Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας*.)

3.3 Το πραγματικό σχήμα της Γης

3.3.1 Μέση στάθμη της θάλασσας

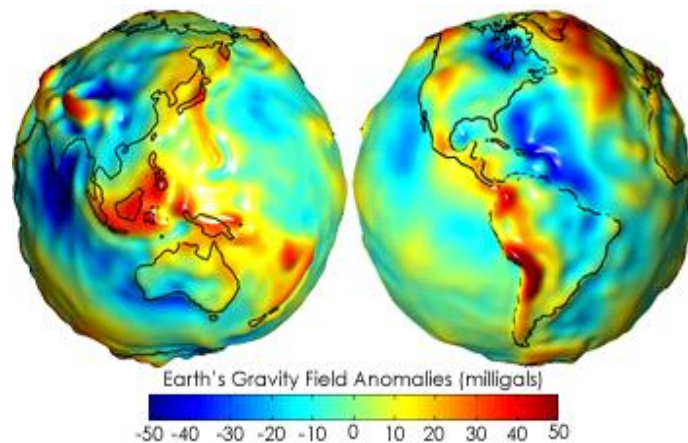
Όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα ο ακριβής προσδιορισμός (τάξης χιλιοστών) των οριζόντιων συντεταγμένων οποιουδήποτε σημείου στην υδρόγειο με βάση τα μαθηματικά μοντέλα και τα σημεία αναφοράς έχει γίνει εφικτός για τη πλειοψηφία των εφαρμογών του δορυφορικού

εντοπισμού. Το ύψος όμως, η τρίτη δηλαδή συντεταγμένη που προσδιορίζει τρισδιάστατα και ολοκληρωτικά την θέση σημείου πάνω στην Γη, με την χρήση των μαθηματικών μοντέλων παρουσιάζει αποκλίσεις τάξης αρκετών μέτρων. Για τη διαφορά αυτή ευθύνεται η απόκλιση που έχουν τα μαθηματικά μοντέλα περιγραφής του σχήματος της Γης (Η: Γεωμετρικό υψόμετρο) σε σχέση με το Γεωειδές (h: ορθομετρικό υψόμετρο) (Σχήμα 3.7). Η απόκλιση αυτή γίνεται αποδεκτή από εφαρμογές χρηστών που δεν επιζητούν την ακρίβεια όπως ο προσδιορισμός της θέσης σε συστήματα πλοήγησης οχημάτων. Οι τεχνικές εφαρμογές όμως, τα υδραυλικά και υδρολογικά έργα απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια του απόλυτου υψομέτρου. Η χρήση μίας επιφάνειας αναφοράς για τα υψόμετρα ήταν επιβεβλημένη, και έτσι ορίστηκε ως το “μηδέν” για τα υψόμετρα η επιφάνεια της μέσης στάθμης της θάλασσας. Για τον λόγο ότι το σχήμα της Γης παρουσιάζει ομαλότητα αλλά πολλές διακυμάνσεις στη χερσαία έκταση της η γνώση του υψομέτρου για παράδειγμα ενός σημείου σε ορεινή περιοχή θα ήταν άγνωστη εάν δεν υπάρχει η πληροφορία του υψομέτρου της ΜΣΘ. Δημιουργήθηκε λοιπόν μια επιφάνεια βασισμένη στη ΜΣΘ η οποία στα χερσαία τμήμα της υψομέτρου λαμβάνει το υψόμετρο που θα είχε η επιφάνεια της θάλασσας εάν έλλειπαν τα εξογκώματα του γήινου φλοιού που την υπερβαίνουν. Αν και η στάθμη της θάλασσας φαίνεται ως ένα ασταθές σημείο αναφοράς που μεταβάλλει το ύψος του συνεχώς, η μέση στάθμη της θάλασσας, οι ετήσιοι μέσοι όροι μέσα σε κάποιες δεκαετίες δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις μεγαλύτερες των 10 εκατοστών. Έτσι με την εγκατάσταση συσκευών συνεχούς μέτρησης της στάθμης στις ακτές (παλιρροιογράφοι) ως προς ένα σταθερό σημείο αναφοράς στη ξηρά, συλλέγονται τα δεδομένα που αποδίδουν το υψόμετρο της ΜΣΘ. Έτσι συμβατικά ορίζουμε ως σημείο αναφοράς (το “μηδέν” των υψομέτρων) τον αριθμητικό μέσο όρο των παλιρροιακών καταγραφών που συνήθως αναφέρονται σε μία μεγάλη χρονική περίοδο, όπως τα 19 έτη του Σεληνιακού έτους. (Μερτίκας, 2016)

Το πραγματικό σχήμα της Γης συνίσταται ως το αποτέλεσμα των συνισταμένων δυνάμεων που επιδρούν στη μάζα της. Τα ύδατα καλύπτουν την επιφάνεια της σε ποσοστό της τάξης του 72%, εάν σε ετούτη την πληροφορία προστεθεί το γεγονός ότι το νερό ως ρευστό υποκύπτει και ακολουθεί τις δυνάμεις έλξης του ομογενούς βαρυτικού πεδίου της Γης, τότε η ΜΣΘ μπορεί να αποδώσει σε μεγάλο βαθμό το πραγματικό σχήμα της Γης. Το αποτέλεσμα της επίδρασης λοιπόν που δέχονται τα ύδατα από το βαρυτικό πεδίο της Γης εάν βρισκόταν σε ισορροπία (χωρίς της επίδραση των παραγόντων που προκαλούν διακυμάνσεις στη θάλασσα) δημιουργούν μία ισοδυναμική ή χωροσταθμική επιφάνεια που προσεγγίζει το πραγματικό σχήμα της Γης.

3.3.2 Υψόμετρο του Γεωειδούς

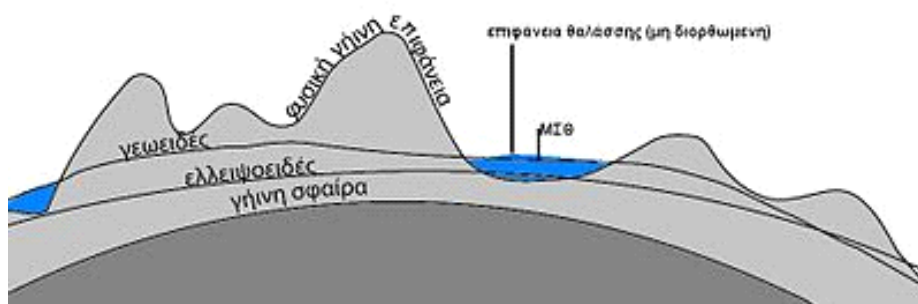
Η προαναφερθείσα χωροσταθμική επιφάνεια της ΜΣΘ όπως ορίστηκε αποτελεί την καλύτερη προσέγγιση του πραγματικού σχήματος της Γης και ονομάζεται Γεωειδές (Σχήμα 3.5). Το Γεωειδές ορίζεται ως η επιφάνεια που λαμβάνει η μέση στάθμη της θάλασσας εάν υποθετικά θα μπορούσε να επεκταθεί στα χερσαία τμήματα της υδρογείου, τέμνοντάς τα, επικοινωνώντας σε όλη την έκταση της Γης το υδάτινο στοιχείο ως συνέχεια της ΜΣΘ.



Σχήμα 3.5: Απόδοση του σχήματος του Γεωειδούς βάση της κατά τόπους βαρυτικής ανωμαλίας του πεδίου βαρύτητας της Γης. (<https://earthobservatory.nasa.gov>)

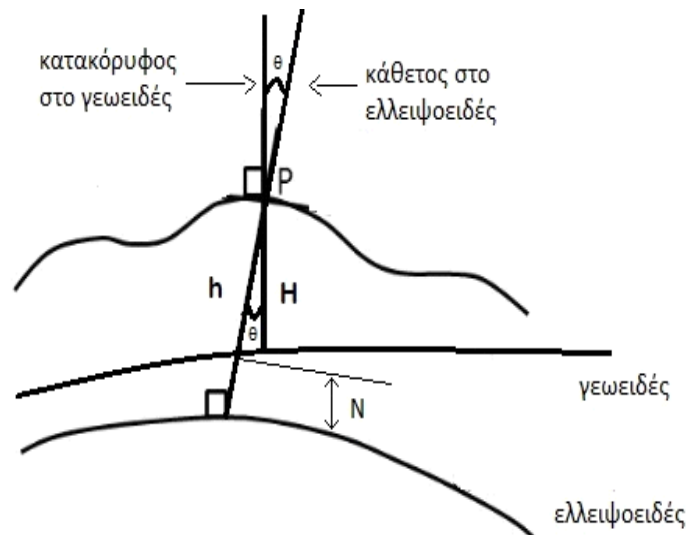
Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής αποτελεί την μαθηματική προσέγγιση του σχήματος της Γης ενώ το γεωειδές περιγράφει καλύτερα την απόδοση του σχήματος της Γής. Όπως είναι προφανές και τα δύο αποτελούν προσεγγίσεις του πραγματικού σχήματος της, μεταξύ των οποίων υπάρχει μία σχέση που περιγράφει την απόκλιση τους και το πώς αυτή διαφοροποιείται σε διάφορα σημεία του γήινου φλοιού (Σχήμα 3.6).

Αν τώρα από ένα σημείο της υδρογείου φέρουμε μία νοητή ευθεία, κάθετη στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς και μία ευθεία κατακόρυφη προς την επιφάνεια του γεωειδούς (όπως αυτό διέρχεται από την περιοχή αυτή) θα διαπιστώσουμε ότι κατά το πλείστο των περιπτώσεων οι δύο αυτές ευθείες δεν είναι παράλληλες, τα διανύσματα δηλαδή των δύο αυτών ευθειών δεν είναι παράλληλα αλλά τέμνονται (Σχήμα 3.7). Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ αυτών των δύο ευθειών ορίζεται ως η απόκλιση της κατακορύφου, συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα θ και ως διανυσματικό μέγεθος μπορεί να αναλυθεί σε μία συνιστώσα κατά τη διεύθυνση του μεσημβρινού και σε μία συνιστώσα στην κάθετη προς την αντίθετη διεύθυνση του μεσημβρινού.



Σχήμα 3.6: Τομή γεωειδούς, ελλειψοειδούς και γήινης σφαίρας όπως αυτά διέρχονται σε τμήμα της υδρογείου. (<https://el.wikipedia.org>)

Η γνώση της απόκλισης της κατακορύφου χρησιμοποιείται σε όλες τις γεωδαιτικές εφαρμογές που σχετίζονται με το πεδίο βαρύτητας της Γης. Σε μετρήσεις με γεωδαιτικά όργανα ή και σε τεχνικά έργα όπως μικρομετακινήσεις πρανών, κατασκευή σιράγγων κ.α. η ακριβής γνώση της μπορεί να προβλέψει, να αποτρέψει η και να διορθώσει τεχνικά προβλήματα.



Σχήμα 3.7: Απόκλιση της κατακόρυφου θ , ορθομετρικό υψόμετρο H , γεωμετρικό υψόμετρο h και το υψόμετρο του γεωειδούς N (προσαρμογή από Μερτίκας, 2016).

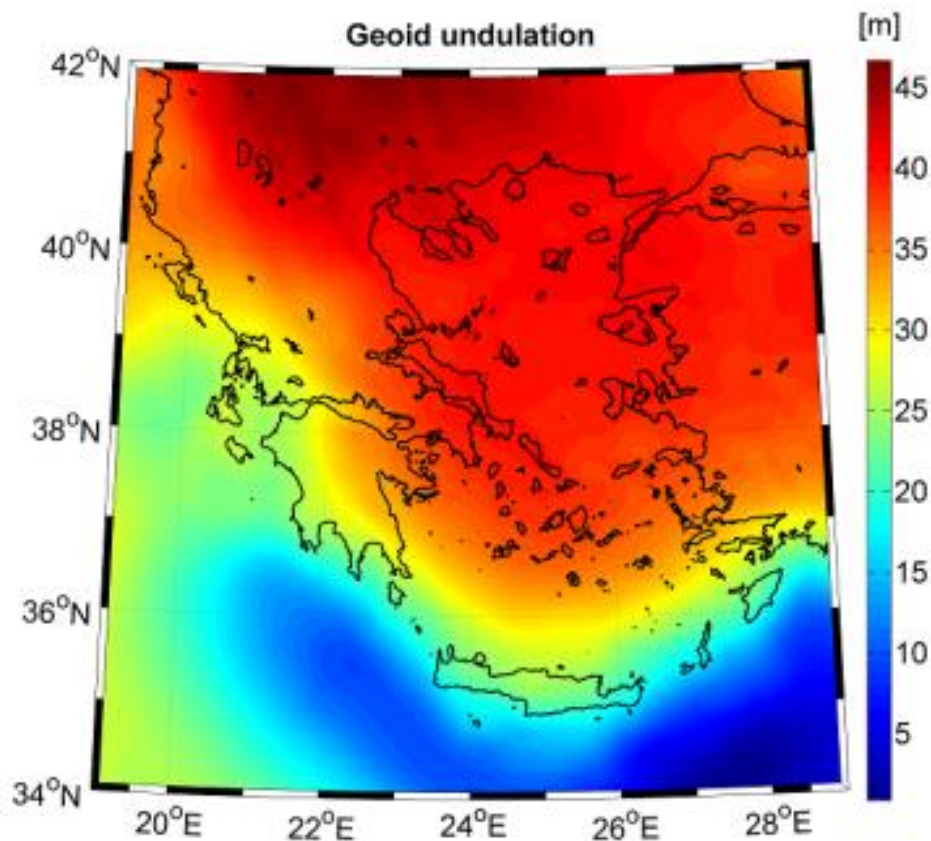
Στο Σχήμα 3.7 παρατηρούμε την γωνία μεταξύ της κατακόρυφου και της καθέτου στο γεωειδές και στο ελλειψοειδές αντίστοιχα από ένα τυχαίο σημείο της Γης. Το μήκος της κατακόρυφου ευθείας ονομάζεται ορθομετρικό υψόμετρο και συμβολίζεται με το γράμμα H το οποίο αντιστοιχεί στην απόσταση του σημείου από το γεωειδές. Το μήκος της καθέτου στο ελλειψοειδές ονομάζεται γεωμετρικό υψόμετρο και αντιστοιχεί στην απόσταση του σημείου μελέτης από την επιφάνεια του μαθηματικά ορισμένου ελλειψοειδούς και συμβολίζεται με το γράμμα h . Η μεταξύ τους διαφορά ονομάζεται υψόμετρο του γεωειδούς και συμβολίζεται με το γράμμα N . Η σχέση που συνδέει τα τρία αυτά μεγέθη μεταξύ τους είναι η εξής:

$$h = H + N \quad (3.1)$$

Λόγω της διακύμανσης της επιφάνειας του γεωειδούς και της κακής προσαρμογής του ελλειψοειδούς, σε αυτό πολλές φορές η απόσταση N μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές, όταν κατά τόπους η επιφάνεια του γεωειδούς βρίσκεται κάτω από την αντίστοιχη του ελλειψοειδούς.

Τα πιο διαδεδομένα βαρυτικά μοντέλα για τη Γη μέχρι σήμερα είναι το: *EGM96 (Earth Gravitational Model 1996)* και ως εξέλιξη του προηγούμενου το : *EGM2008 (Earth Gravitational Model 2008)*. Το EGM96 είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας NASA Goddard Space Flight Center (GSFC), του National Imagery and Mapping Agency (NIMA), και του Ohio State University (OSU). Πρόκειται για ένα γεωδυναμικό μοντέλο της Γης που αποτελείται από σφαιρικούς αρμονικούς τελεστές περιγράφοντας πλήρως τη Γη κατά 360° (<https://cddis.nasa.gov/926/eqm96/nasatm.html>).

Για την κατασκευή του EGM2008 χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο βαρύτητας ITG-GRACE03S για το οποίο χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που συλλέγονταν για τέσσερα χρόνια από τον δορυφόρο GRACE. Η λύση περιλαμβάνει τρία μέρη : πρώτον, ένα στατικό μοντέλο υψηλής ανάλυσης μέχρι μία σφαιρική αρμονία των 180°, δεύτερον χρονικές μεταβολές μέχρι 40° και τρίτον, ένα πλήρες πλέγμα μεταβλητότητας-διακύμανσης για τη στατική επίλυση. Οι χρονικές μεταβολές του βαρυτικού πεδίου παραμετροποιούνται από λειτουργίες σε συνεχή βάση στο πεδίο του χρόνου (Mayer-Gürr T., Eicker A., Kurtenbach E., Ilk KH. (2010) *ITG-GRACE: Global Static and Temporal Gravity Field Models from GRACE Data*. In: Flechtner F. et al. (eds) *System Earth via Geodetic-Geophysical Space Techniques. Advanced Technologies in Earth Sciences (2190-1643)*. Springer, Berlin, Heidelberg).



Σχήμα 3.8: Η διαμόρφωση του ύψους του Γεωειδούς στον Ελλαδικό χώρο με βάση το μοντέλο EGM08 (http://www.dimitriospiretzidis.commaplab_examples.html)

Το EGM2008 είναι ένα σφαιρικό αρμονικό μοντέλο του βαρυτικού δυναμικού της Γης, που αναπτύχθηκε από τον συνδυασμό των ελαχίστων τετραγώνων του βαρυτικού μοντέλου ITG-GRACE03S και του συναφούς πλέγματος του σχετικού σφάλματος. Οι βαρυτικές πληροφορίες αποκτήθηκαν από ένα παγκόσμιο σύνολο βαρυτικών ανωμαλιών ελευθέρου αέρα που ορίζεται σε ισογώνιο πλέγμα των 5". Αυτό το πλέγμα δημιουργήθηκε από τη συγχώνευση επίγειων δεδομένων αλτιμετρίας και βαρυτικών δεδομένων από αέρος. Σε περιοχές όπου υπήρχαν μόνο βαρυτικά δεδομένα χαμηλής ανάλυσης, το φασματικό τους περιεχόμενο συμπληρώθηκε με βαρυτικές πληροφορίες που σχετίζονται με την τοπογραφία (Nikolaos K. Pavlis, Simon A. Holmes, Steve C. Kenyon, John K. Factor (2010), The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008), *Geodesy and Gravity/Tectonophysics, JGR Solid Earth*, Online ISSN: 2169-9356).

Ο ορισμός των συστημάτων αναφοράς, των προσεγγιστικών μοντέλων, του γεωειδούς και του ελλειψοειδούς λήφθηκαν υπόψη κατά την επεξεργασία των μετρήσεων στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, στην οποία όμως δεν θα αναλυθεί το πεδίο βαρύτητας της Γης. Γίνεται απλώς αναφορά της επίδρασης του και του πως η γνώση της λειτουργίας του χρησιμεύει για την κατασκευή του γεωειδούς, όπως επίσης για την περιγραφή των θέσεων των υπόγειων υδάτων του νομού Χανίων.

Το πεδίο βαρύτητας της Γης είναι ενιαίο και εκτείνεται και έξω από την υδρόγειο. Το αποτέλεσμα της έλξης του αναγκάζει και τα υπόγεια ύδατα να υπακούσουν τις δυναμικές του γραμμές δημιουργώντας χωροσταθμικές επιφάνειες στο υπέδαφος αντικείμενο που πραγματεύεται η παρούσα εργασία.

Κεφάλαιο 4 Συστήματα δορυφορικού εντοπισμού GNSS

4.1 Ιστορική εξέλιξη

Από τη φύση του το ανθρώπινο είδος, από τα αρχικά στάδια της εξέλιξης του ακόμη αναζητούσε τρόπους για να μπορεί να γνωρίζει τη θέση του στο περιβάλλον που ζούσε και δραστηριοποιούνταν. Χρησιμοποιώντας σημεία αναφοράς του περιβάλλοντος του (δέντρα, βουνά κ.α.) για τις κινήσεις του κατόρθωνε να φτάνει στους προορισμούς που έθετε. Εφευρίσκοντας και εξελίσσοντας τη ναυσιπλοΐα οι πρώτοι θαλασσοπόροι χρησιμοποιούσαν ως σημεία αναφοράς τα άστρα τον ήλιο και το φεγγάρι για να προσδιορίζουν τη θέση τους στις ανοιχτές θάλασσες. Αξιοσημείωτη όμως εξέλιξη στον προσδιορισμό της θέσης σημειώθηκε όταν ο άνθρωπος έκανε τα πρώτα βήματα για την εξερεύνηση του διαστήματος, όπου για να γνωρίζει τη θέση των δορυφόρων σε σχέση με τη γήινη επιφάνεια χρησιμοποίησε συστήματα αναφοράς που παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις παρατηρήσεις (όπως το κέντρο μάζας της Γής). Η φαινομενικά απλή ιδέα της προσθήκης πομπών ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στους δορυφόρους για τον προσδιορισμό της θέσης τους, χρησιμοποιήθηκε έπειτα για τον δορυφορικό εντοπισμό της θέσης τρίτων αντικειμένων στην επιφάνεια της γης. Ως συνέχεια αυτού οι ΗΠΑ έθεσαν σε λειτουργία το σύστημα LORAN (Long Range Navigation) κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου, το οποίο χρησιμοποιούσε επίγειους πομπούς ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που επέτρεπαν προσδιορισμό θέσης μικρής ακρίβειας. Για να έρθει στη μεταγενέστερα η κατασκευή του NAVSTAR/G.P.S. (NAVigation Satellite Timing And Ranging – Global Positioning System, GPS) από το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ το οποίο ήταν το πρώτο και τελικά επικρατέστερο δορυφορικό σύστημα εντοπισμού παγκοσμίως. Ακολουθεί το Σοβιετικού σύστημα GLONASS και από τότε μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί ή βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης και άλλα συστήματα εντοπισμού όπως το ευρωπαϊκό σύστημα GALILEO και το Κινέζικο COMPASS/BEIDOU.

4.2 Το δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού GPS

Όταν το 1957, πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου της Σοβιετικής ένωσης Σπούτνικ, είχε αρχίσει να γίνεται αντιληπτό ότι ένα τεχνητό ουράνιο σώμα κοντά στη Γη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστεί η θέση ενός σημείου πάνω στον πλανήτη. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του, ερευνητές του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) παρατήρησαν ότι το σήμα που λαμβανόταν από το δορυφόρο αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Η παρατήρηση αυτή είναι βασισμένη στο φαινόμενο Doppler όπως και η τεχνολογία εντοπισμού που αναπτύχθηκε και αναπτύσσεται μέχρι και σήμερα. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίθετο. Ο δορυφόρος δηλαδή μπορούσε να εντοπίσει την θέση ενός

σημείου με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις, όπως θα δούμε στη συνέχεια. Το πλέον λειτουργικό παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού που έχει αναπτυχθεί μέχρι σήμερα καλείται GPS (Global Positioning System) ή NAVSTAR (NAVigation Satellite and Ranging). Αναπτύχθηκε και υποστηρίζεται από το υπουργείο Εθνικής Άμυνας των ΗΠΑ όπου τέθηκε σε πλήρη λειτουργία και για πολιτική χρήση το 1994.

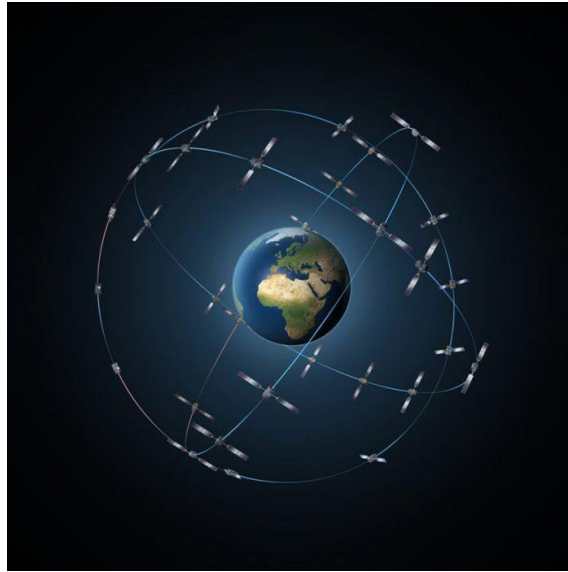
Η αρχική σχεδίαση για τη κάλυψη αναγκών της ναυσιπλοΐας και στρατιωτικών εφαρμογών αποσκοπούσε στη δυνατότητα του προσδιορισμού θέσης ενός αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια $\pm 10 - 15$ m. Η δυνατότητα χρήσης του συστήματος και για την κάλυψη πολιτικών αναγκών πλοήγησης βρήκε σύντομα εφαρμογή καθώς υπήρχε η δυνατότητα παροχής υπηρεσιών ευρείας κλίμακας χωρίς ιδιαίτερες τροποποιήσεις. Έτσι το 1983 ύστερα από απόφαση του υπουργείου αμύνης και του κογκρέσου των ΗΠΑ δόθηκε για ευρεία πολιτική και επιστημονική χρήση το GPS.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του GPS έναντι άλλων παλαιότερων συστημάτων εντοπισμού είναι:

- Προσδιορίζει άμεσα κάθε χρονική στιγμή τη θέση οποιουδήποτε σημείου στη Γη σε καρτεσιανές συντεταγμένες X,Y,Z.
- Είναι ένα σύστημα που η λειτουργία δεν διακόπτεται κάτω από οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες.
- Για τον προσδιορισμό θέσης δεν απαιτεί αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των σημείων της παρατήρησης. Απαιτείται μόνο ορατότητα προς ικανοποιητικό αριθμό δορυφόρων (ανοιχτός ορίζοντας στα σημεία στάσης).
- Μπορεί να συνεργαστεί με άλλα συστήματα προσδιορισμού θέσης (LORAN-C, Αδρανειακά συστήματα, κ.α.).
- Οι μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν όλο το 24ωρο με μικρό αριθμό προσωπικού (ένα άτομο ανά σημείο παρατήρησης ή και ένα άτομο σε πολλά σημεία παρατήρησης)
- Ο μικρός χρόνος διεξαγωγής μέτρησης και η μεγάλη ακρίβεια που δίνει το καθιστά περισσότερο χρηστικό από άλλα συστήματα .

Το GPS τώρα μειονεκτεί έναντι άλλων μεθόδων εντοπισμού στα κάτωθι :

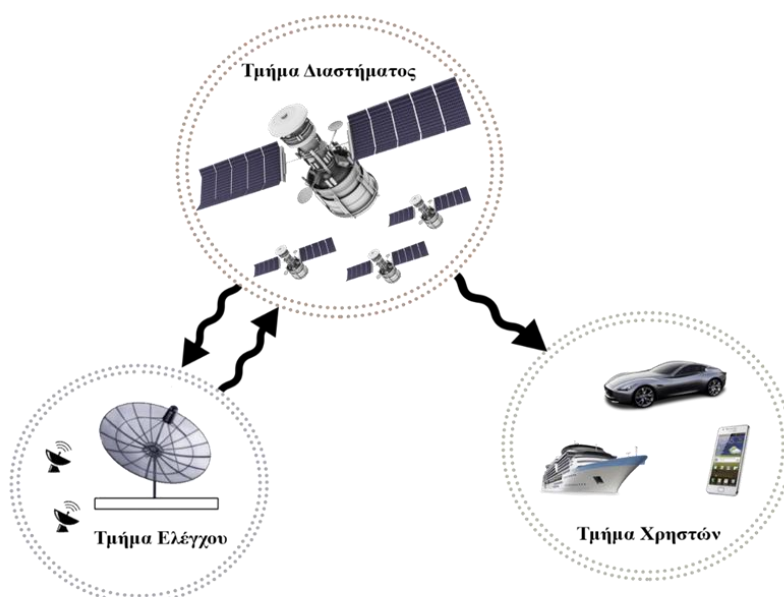
- Απαιτείται οπτική επαφή του πομπού με τους δορυφόρους, γεγονός που καθιστά δυσμενή τη χρήση του μέσα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.



Σχήμα 4.1 : Οι τροχιές των δορυφόρων του GPS

Ο σχηματισμός των δορυφόρων GPS αποτελείται από είκοσι τέσσερις (24) δορυφόρους (με επιπλέον ενεργούς εφεδρικούς) σε έξι (6) τροχιακά επίπεδα σε ύψος 20.200 Km και έχει τη δυνατότητα να ελέγχει μέχρι και τριάντα (30) δορυφόρους στο διάστημα. Οι δορυφόροι είναι κατανεμημένοι σε έξι (6) τροχιακά επίπεδα.

Κάθε τροχιακό επίπεδο περιέχει 4 δορυφόρους και η κλίση της κάθε τροχιάς είναι 55° ως προς το επίπεδο του Ισημερινού. Η περίοδος περιστροφής των δορυφόρων είναι 12h περίπου (11h 58m σε ατομικό χρόνο) και εμφανίζονται πάνω στο ορίζοντα ενός τόπου περίπου 4 min νωρίτερα κάθε ημέρα. Κάθε μήνα λοιπόν η κάλυψη κάθε δορυφόρου μετατοπίζεται κατά δύο ώρες ($2h = 4min \times 30$ ημέρες) περίπου σε σχέση με τον ηλιακό χρόνο κάθε τόπου. Οι τροχιές του δορυφόρων είναι σχεδόν κυκλικές με μέγιστη εκκεντρότητα $e=0,015$ και κάθε δορυφόρος έχει διάρκεια ζωής 7,5 έτη. Ο παραπάνω τροχιακός σχηματισμός παρέχει πλήρη κάλυψη (6 τουλάχιστον δορυφόρους) 24 ώρες την ημέρα σε όλο τον κόσμο (Μερτίκας, 2016).



Σχήμα 4.2: Τα τρία βασικά λειτουργικά τμήματα του GPS

Το σύστημα δορυφορικού σχηματισμού GPS αποτελείται από 3 μεγάλα τμήματα (Σχήμα 4.2). Το δορυφορικό, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης. Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται από τους δορυφόρους και τις τροχιές τους. Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από ένα δίκτυο σταθμών παρακολούθησης, που είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο, την παρακολούθηση και τη συντήρηση των δορυφόρων. Ο κεντρικός σταθμός ελέγχου (master control segment), ο οποίος βρίσκεται στην πολιτεία του Κολοράντο, συλλέγει τα δεδομένα από κάθε έναν από τους σταθμούς παρακολούθησης που είναι καταναμεμημένοι σε όλο τον κόσμο και προσδιορίζει τόσο τα δεδομένα που πρόκειται να μεταφορτωθούν όσο και 70 τους σταθμούς εδάφους που θα διαβιβάσουν αυτά τα δεδομένα ελέγχου στους δορυφόρους. Το τμήμα χρηστών αποτελείται από συσκευές ραδιοδεκτών που λαμβάνουν σήματα από τους διαθέσιμους δορυφόρους GPS. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν εκατομμύρια δέκτες που χρησιμοποιούνται σήμερα, συμπεριλαμβανομένων των εκατοντάδων εκατομμυρίων δεκτών σε συσκευές κινητής τηλεφωνίας.

4.2.1 Δομή εκπεμπόμενου σήματος

Οι δορυφόροι GPS εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε δύο συχνότητες, η μία συχνότητα ονομάζεται κύρια L1 στα 1575,42 MHz και η άλλη ονομάζεται δευτερεύουσα L2 στα 1227,60 MHz. Τα παραπάνω σήματα καθορίζονται με τρεις κώδικες:

- Ο **πρώτος κώδικας** καλείται «κώδικας P» (Precision code) δίνοντας ακριβή μέτρηση του χρόνου μετάδοσης του σήματος από τον δορυφόρο μέχρι τον δέκτη. Ο κώδικας P είναι αδύνατον να μετρηθεί αυτόματα χωρίς να ληφθούν πληροφορίες από τον κώδικα C/A ο οποίος αναφέρεται στη συνέχεια.
- Ο **δεύτερος κώδικας**, ο οποίος καλείται «κώδικας C/A» (Coarse / Acquisition code), μας δίνει μία πρώτη μέτρηση της απόστασης από τον δορυφόρο μέχρι τον δέκτη καθώς και πληροφορίες για την λήψη και την μέτρηση του κώδικα ακριβείας P από τον δέκτη.
- Ο **τρίτος κώδικας** καλείται «κώδικας δεδομένων» (κώδικας D ή Data code ή μήνυμα ναυσιπλοΐας) και μας δίνει πληροφορίες σχετικά με τη θέση των δορυφόρων που είναι σε τροχιά κάθε χρονική στιγμή, τον χρόνο εκπομπής του σήματος από τον δορυφόρο αλλά και άλλες παραμέτρους που μας ενημερώνουν για τη γενική κατάσταση του GPS.

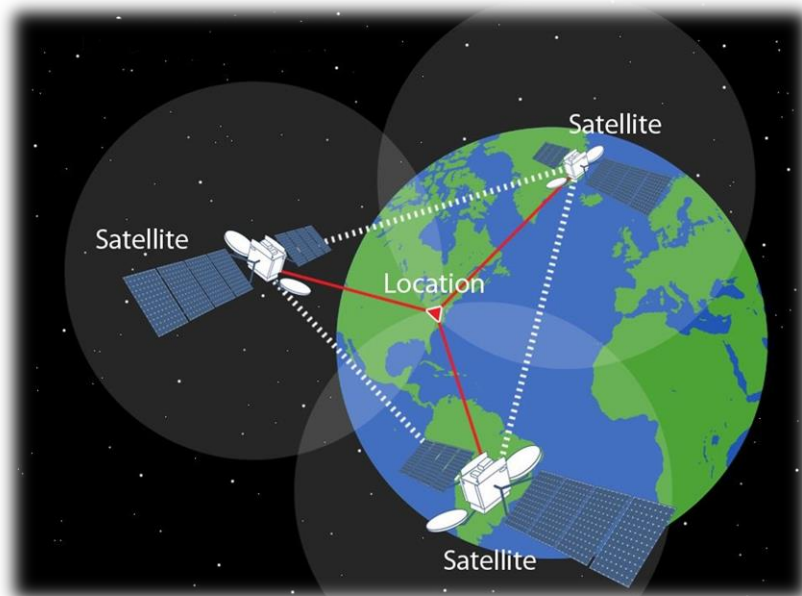
Εκσυγχρονίζεται συνέχεια με νέες συχνότητες, η νέα συχνότητα L2C (1227,60 MHz) για πολιτικές εφαρμογές, επιτρέπει διορθώσεις σε δέκτες μη στρατιωτικούς για τις καθυστερήσεις του σήματος λόγω ιονόσφαιρας.

Επίσης η συχνότητα L5 (=1176.45 MHz) συμπληρώνει την L1, εφαρμόζεται για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και αποσκοπεί στην εξασφάλιση συνεχούς και αδιάλειπτου εντοπισμού για πολιτικές χρήσεις. Οι νέες συχνότητες L2C και L5 συνεργάζονται με 24 δορυφόρους.

Ο χρήστης με έναν δέκτη λαμβάνει δορυφορικά σήματα. Μετά την αποκωδικοποίηση των δορυφορικών σημάτων καθορίζεται η απόσταση δορυφόρου - δέκτη και η ταχύτητα μεταβολής της (μέτρηση με μεγάλη ακρίβεια του χρόνου μετάδοσης σήματος από δορυφόρο σε δέκτη). Πολλαπλασιάζοντας το χρόνο με την ταχύτητα διάδοσης του σήματος (ταχύτητα φωτός) καθορίζεται η απόσταση δορυφόρου - δέκτη. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει ή με τον κώδικα P ή με τον κώδικα C/A ή με την μέτρηση φάσης του φέροντος σήματος.

Γνωρίζοντας τις θέσεις των δορυφόρων τη στιγμή της παρατήρησης (κώδικας D) και μετρώντας την απόσταση δορυφόρου - δέκτη, συμπεραίνουμε ότι η θέση του δέκτη θα βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια σφαίρας με κέντρο τον δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση δορυφόρου - δέκτη.

Μετρώντας τρεις (3) αποστάσεις από τρεις (3) δορυφόρους (Σχήμα 4.3) προσδιορίζεται η θέση από την τομή των τριών (3) σφαιρών με κέντρο τις γνωστές θέσεις των δορυφόρων στο διάστημα.



Σχήμα 4.3: Ο δορυφορικός τριγωνισμός προσδιορισμού θέσης στο GPS (www.nationalgeographic.org)

Στην πράξη απαιτούνται τουλάχιστον τέσσερις (4) ταυτόχρονες παρατηρήσεις για τον υπολογισμό μαζί με τις συντεταγμένες του δέκτη και η απόκλιση του χρονομέτρου του δέκτη από την κλίμακα συγχρονισμού των χρονομέτρων των δορυφόρων.

Ανάλογη διαδικασία ακολουθείται όταν ο προσδιορισμός θέσης γίνεται χρησιμοποιώντας την ταχύτητα μεταβολής της απόστασης δορυφόρου - δέκτη ως βασική μέτρηση. Η θέση εδώ όμως προκύπτει από την τομή τριών (3) υπερβολοειδών εκ περιστροφής και όχι σφαιρών.

Οι απαιτήσεις για καλή χρονομέτρηση καλύπτονται με πολύ καλά χρονόμετρα σε δορυφόρους και δέκτες καθώς και στον σωστό συγχρονισμό τους σε σχέση με το χρόνο αναφοράς του συστήματος GPS.

Οι δέκτες δεν έχουν συνήθως ατομικά χρονόμετρα αλλά χρησιμοποιούνται φθηνοί κρύσταλλοι χαλαζία, έτσι εκτός από τις συντεταγμένες (X, Y, Z) του δέκτη έχουμε και την χρονική καθυστέρηση dT του χρονομέτρου του δέκτη σε σχέση με το χρόνο αναφοράς. Η απόλυτη προσδιοριζόμενη θέση του δέκτη μπορεί να αναφερθεί σε οποιοδήποτε κατάλληλο σύστημα αναφοράς. Η βασική μέτρηση του GPS δεν είναι η γεωμετρική απόσταση δορυφόρου - δέκτη αλλά μία διάσταση που προσδιορίζεται από R ηλεκτρονικά κυκλώματα του δέκτη και περιλαμβάνει καθυστερήσεις λόγω ατμόσφαιρας (ιονόσφαιρα, τροπόσφαιρα), πολυκλαδικές παρεμβολές και χρονικές καθυστερήσεις γι' αυτό και ονομάζεται ψευδο-απόσταση.

4.2.2 Θεμελιώδεις μετρήσεις στο GPS

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα μοναδικό σήμα, στο οποίο περιέχονται οι κώδικες P και C/A. Κάθε δέκτης GPS έχει τη δυνατότητα να φτιάχνει ακριβή αντίτυπα αυτών των

κωδικών. Λαμβάνοντας λοιπόν το δορυφορικό σήμα, ο δέκτης συγκρίνει το κώδικα που παράχθηκε στον δορυφόρο με αυτό που παράγει ο ίδιος και υπολογίζει τη χρονική απόκλιση μεταξύ συγκεκριμένων κομματιών του. Η απόκλιση αυτή είναι ο χρόνος που χρειάστηκε το σήμα για να φτάσει από τον δορυφόρο στον δέκτη. Η συγκεκριμένη μέτρηση πολλαπλασιαζόμενη με την ταχύτητα μετάδοσης του σήματος (δηλαδή την ταχύτητα του φωτός) ονομάζεται ψευδο-απόσταση.

Η ψευδο-απόσταση μπορεί να διαφέρει αρκετά από την πραγματική απόσταση δορυφόρου-δέκτη, καθώς επηρεάζεται σημαντικά από τον μη συγχρονισμό των χρονομέτρων τους (κάθε σφάλμα ή απόκλιση μεταξύ των χρονομέτρων του δέκτη και του δορυφόρου πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα του φωτός, συνεπώς ακόμη και πολύ μικρές αποκλίσεις στη χρονομέτρηση επιφέρουν πολύ μεγάλα σφάλματα στην απόσταση). Η βασική εξίσωση που συνδέει την ψευδο-απόσταση με τις παρατηρήσεις και τα σφάλματα που επηρεάζουν τη μέτρηση είναι:

$$p = \rho + c(dt - dT) + d_{orb} + d_{ion} + d_{trop} + \epsilon \quad (4.1)$$

Όπου το ρ είναι η ψευδο-απόσταση, ρ είναι η γεωμετρική απόσταση δορυφόρου – δέκτη, c η ταχύτητα διάδοσης του φωτός, dt η απόκλιση του χρονομέτρου του δορυφόρου από τον χρόνο GPS, dT η απόκλιση του χρονομέτρου του δέκτη από τον χρόνο GPS, d_{orb} τα σφάλματα των τροχιών, d_{ion} η καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην ιονόσφαιρα, d_{trop} η καθυστέρηση (του σήματος) κατά την διαδρομή του στην τροπόσφαιρα και ϵ τα τυχαία σφάλματα μέτρησης.

Ακόμα έχουμε μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος, οι οποίες στηρίζονται στη δυνατότητα μέτρησης της απόστασης μεταξύ δορυφόρου - δέκτη, σαν συνάρτηση των μετρούμενων κύκλων φάσης μήκους κύματος λ του χρησιμοποιούμενου δορυφορικού σήματος, όπου $\lambda = \lambda_1 = 19,04$ cm για τη συχνότητα L1 και $\lambda = \lambda_2 = 24,44$ cm για τη συχνότητα L2. Η τεχνική αυτή είναι παρόμοια με εκείνη που χρησιμοποιείται από τα ηλεκτρονικά αποστασιόμετρα (EDM) που βρίσκονται προσαρμοσμένα στους ολικούς γεωδαιτικούς σταθμούς, με σκοπό τη μέτρηση της απόστασης. Η μέτρηση της φάσης του φέροντος κύματος γίνεται συνήθως με μια ακρίβεια της τάξης του 1% του αντιστοίχου μήκους κύματος λ του φέροντος σήματος, προσεγγιστικά η απόκλιση είναι της τάξης των 0,19 cm για τη συχνότητα L1 και 0,25 cm για τη συχνότητα L2. Οι μετρήσεις φάσης φέροντος κύματος είναι ακριβέστερες από τις μετρήσεις ψευδο-απόστασης κατά δύο τάξεις μεγέθους. (μετάφραση από Hofmann, 2008).

4.2.3 Ατμοσφαιρικές επιδράσεις και σφάλματα

Τα ραδιοσήματα (μικροκύματα) του GPS διαθλώνονται από την τροπόσφαιρα και την ιονόσφαιρα. Αυτό σημαίνει ότι το δορυφορικό σήμα που λαμβάνεται από κάποιο δέκτη φθάνει λίγο αργότερα σε σχέση με εκείνο το σήμα που θα ταξίδευε σε κενό χώρο. Άρα τα σήματα του GPS καθυστερούν να φθάσουν στους δέκτες από τους δορυφόρους. Η καθυστέρηση οφείλεται στην τροπόσφαιρα και την ιονόσφαιρα.

Οι ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις των ραδιοσημάτων εξαρτώνται από δύο βασικούς παράγοντες. Ο πρώτος είναι ο χαρακτήρας της δομής της ιονόσφαιρας κατά μήκος της κατακόρυφου στο τόπο παρατήρησης, και ο δεύτερος, η γωνία ύψους του δορυφόρου πάνω από τον ορίζοντα.

Η διάδοση των σημάτων του GPS μέσω της ιονόσφαιρας επηρεάζεται με τους ακόλουθους τρόπους:

- Πρώτον, η φάση του φέροντος σήματος και ο κώδικας διαδίδονται με διαφορετικές ταχύτητες, με αποτέλεσμα ο κώδικας να αργοπορεί ενώ η φάση του φέροντος σήματος να προπορεύεται με το ίδιο ακριβώς μέγεθος.

- Δεύτερον, η προπόρευση της φάσης και η καθυστέρηση κώδικα, εξαρτώνται άμεσα από την πυκνότητα του αριθμού των ηλεκτρονίων, κατά την κατεύθυνση διάδοσης του σήματος και
- Τρίτον, το μήκος της διαδρομής του σήματος διαμέσου της ιονόσφαιρας εξαρτάται από τη γωνία ύψους του δορυφόρου.

Η τροπόσφαιρα είναι το χαμηλότερο τμήμα της ατμόσφαιρας και εκτείνεται από τη γήινη επιφάνεια μέχρι το υψόμετρο των 20 km. Η μετάδοση του σήματος εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία, την πίεση και την περιεκτικότητα σε υδρατμούς των ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Η τροπόσφαιρα έχει μικρότερη επίδραση στα σήματα μικρού μήκους κύματος ενώ έχει μεγαλύτερη επίδραση στα οπτικά μήκη κύματος.

Η τροποσφαιρική διάθλαση είναι η καθυστέρηση στη διαδρομή του σήματος που προκαλείται από το ουδέτερο, μη-ιονισμένο τμήμα της ατμόσφαιρας της γης, της τροπόσφαιρας. Σύμφωνα με το μοντέλο Hopfield η τροποσφαιρική διάθλαση είναι δυνατόν να χωριστεί σε δύο συνιστώσες, την ξηρή (dry) και την υγρή (wet), όπου το ξηρό μέρος οφείλεται στο υδροστατικό μέρος ενώ η υγρή συνιστώσα οφείλεται στο μη υδροστατικό μέρος της ατμόσφαιρας (H.S. Hopfield, 1972). Περίπου το 90% της τροποσφαιρικής καθυστέρησης οφείλεται στη ξηρή συνιστώσα. Από την άλλη πλευρά το μέρος της καθυστέρησης που οφείλεται στην υγρή συνιστώσα παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Για την εκτίμηση της τροποσφαιρικής διάθλασης έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές και μοντέλα. Σήμερα, στην ανάλυση δεδομένων GPS συνήθως χρησιμοποιείται η διαδικασία χαρτογράφησης της τροποσφαιρικής καθυστέρησης όπως αναπτύχθηκε από τον (Niell, 1996).

Οι παράμετροι εκτίμησης της καθυστέρησης δίνονται ξεχωριστά για την ξηρή και την υγρή συνιστώσα. Οι συντελεστές της υδροστατικής χαρτογράφησης εξαρτώνται από το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο του τόπου παρατήρησης και την ημέρα του έτους. Η υγρή συνιστώσα εξαρτάται μόνο από το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας.

4.2.4 Γραμμικοί συνδυασμοί και διαφορές φάσης

Κατά την επεξεργασία του σήματος του GPS, πολύ συχνά χρησιμοποιούνται γραμμικοί συνδυασμοί των παρατηρούμενων ψευδοαποστάσεων και παρατηρήσεων φάσης στις δυο συχνότητες. Ένας γραμμικός συνδυασμός έχει την γενική μορφή π (π.χ. για την ψευδο-απόσταση):

$$RLC = a * RL1 + \beta * RL2 \quad (4.2)$$

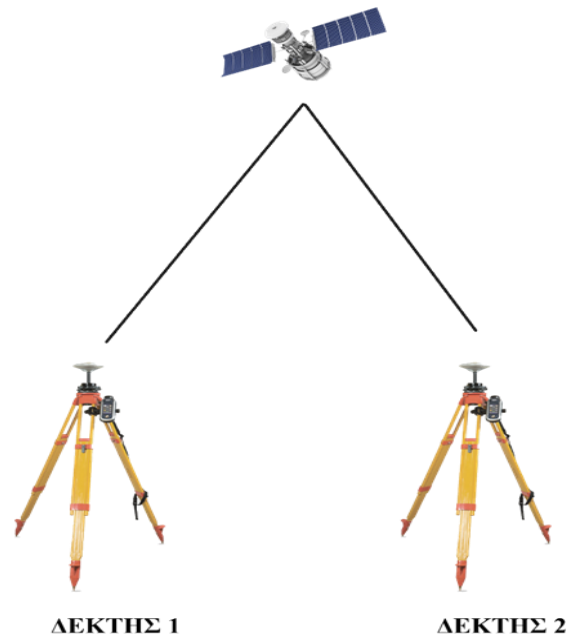
όπου RL1 και RL2 οι παρατηρούμενες ψευδοαποστάσεις στην L1 και L2 συχνότητα αντίστοιχα, και τα α και β είναι κατάλληλα επιλεγμένοι συντελεστές.

Επιλέγοντας τους κατάλληλους κάθε φορά όρους, μπορούμε να απαλλαγούμε από διάφορα σφάλματα (π.χ. την επίδραση της ιονόσφαιρας που εξαρτάται από το μήκος κύματος) ή να μεγεθύνουμε ή αντίθετα να σμικρύνουμε το τελικό μήκος κύματος της παραγόμενης παρατήρησης.

Μια ακόμη ευρέως χρησιμοποιημένη τεχνική, είναι ο συνδυασμός παρατηρήσεων μεταξύ δεκτών η/και δορυφόρων. Με τον τρόπο αυτό παράγονται διαφορές των παρατηρούμενων μεγεθών, με βασικό πλεονέκτημα την εξάλειψη κοινών σφαλμάτων. Ειδικά για ένα ζεύγος δεκτών με μικρή μεταξύ τους απόσταση (βάση), η τεχνική αυτή μπορεί να μας απαλλάξει σε πολύ μεγάλο βαθμό από διάφορες πηγές σφαλμάτων.

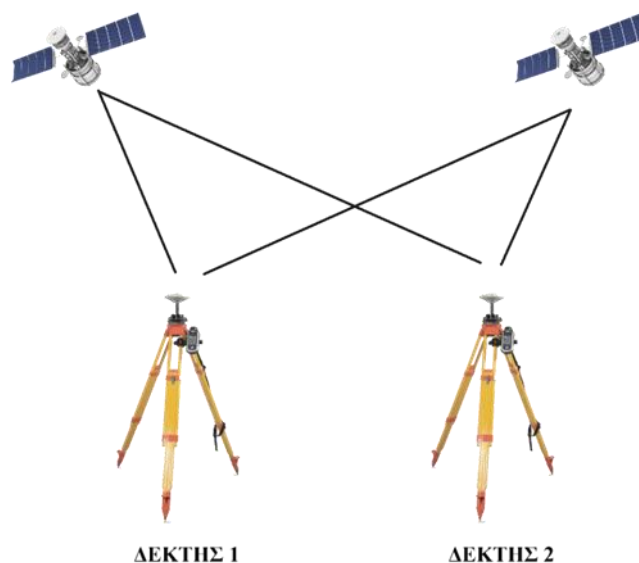
Απλές διαφορές (μεταξύ δεκτών): είναι η στιγμιαία διαφορά στις μετρήσεις που γίνονται από δύο δέκτες που παρακολουθούν ταυτόχρονα το ίδιο σήμα (ίδιο δορυφόρο, ίδια συχνότητα). Η παραγόμενη παρατήρηση είναι απαλλαγμένη (τόσο περισσότερο όσο μικρότερη η βάση) από το

σφάλμα του χρονομέτρου του δορυφόρου, της τροχιάς και της ατμόσφαιρας. Το μειονέκτημα είναι ότι η μέθοδος περιορίζει τις μετρήσεις στο 1/2 των πρωτογενών και ταυτόχρονα αυξάνει το επίπεδο του θορύβου. Αντίστοιχα μπορούμε να σχηματίσουμε την ίδια διαφορά ως προς δορυφόρους, η οποία είναι η διαφορά στις μετρήσεις που γίνονται από τον ίδιο δέκτη, που παρακολουθεί δύο σήματα δορυφόρων ταυτόχρονα (στην ίδια συχνότητα). Αυτή η μέτρηση είναι απαλλαγμένη από το σφάλμα του χρονομέτρου του δέκτη, ενώ μειώνονται σημαντικά και οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις.



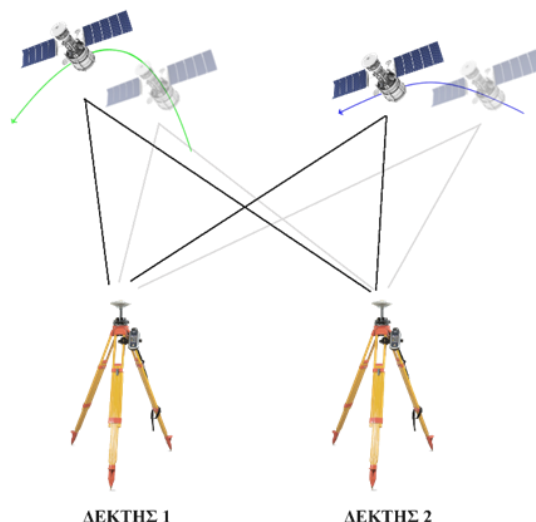
Σχήμα 4.4: Απλές διαφορές

Διπλές Διαφορές: είναι η διαφορά μεταξύ μιας απλής διαφοράς ως προς δέκτης και μιας απλής διαφοράς ως προς δορυφόρους. Όπως και στις απλές διαφορές, αυτή η διαφορά εξαλείφει ή μειώνει τα σφάλματα που σχετίζονται με τους δορυφόρους (χρονόμετρα, τροχιά, επίδραση ατμόσφαιρας) και εξαλείφει τα σφάλματα λόγω των χρονομέτρων των δεκτών. Παραμένει βέβαια προς επεξεργασία μόνο το 1/4 των αρχικών μετρήσεων, ενώ αυξάνει και ο θόρυβος.



Σχήμα 4.5: Διπλές διαφορές

Τριπλές Διαφορές: είναι η διαφορά δύο διπλών διαφορών ως προς δύο διαδοχικές χρονικές στιγμές. Εκτός από τα σφάλματα που μειώνονται ή εξαλείφονται που είναι τα ίδια με αυτά των διπλών διαφορών), η παραγόμενη μέτρηση δεν περιέχει ως επιπλέον αγνώστους τον αρχικό αριθμό άγνωστων κύκλων. Δυστυχώς όμως, παραμένει προς επεξεργασία μόνο το 1/8 των αρχικά διαθέσιμων μετρήσεων ενώ και το επίπεδο θορύβου αυξάνει σημαντικά.



Σχήμα 4.6: Τριπλές διαφορές

4.2.5 Μέθοδοι προσδιορισμού θέσης

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό θέσης με το GPS είναι η ακρίβεια και ο συνολικός χρόνος παρατήρησης. Στόχος είναι η επίτευξη της μέγιστης ακρίβειας στο μικρότερο χρόνο παρατήρησης.

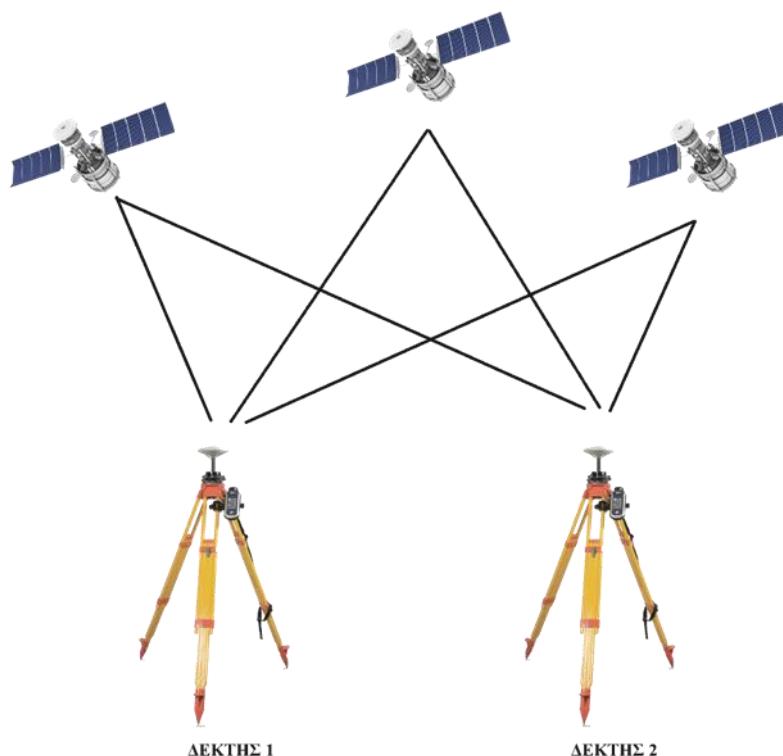
Οι κύριοι τρόποι προσδιορισμού θέσης είναι στατικός και κινηματικός εντοπισμός. Στον στατικό προσδιορισμό θέσης ο δέκτης είναι στάσιμος. Στον κινηματικό ο δέκτης βρίσκεται σε κίνηση π.χ. πλοίο.

Εκτός από τους παραπάνω τύπους προσδιορισμού θέσης υπάρχουν και ο απόλυτος, ο σχετικός και ο διαφορικός εντοπισμός. Στον απόλυτο, έχουμε εντοπισμό σε ένα γεωκεντρικό σύστημα αναφοράς συντεταγμένων όπως το WGS84.

Στο σχετικό, η θέση του δέκτη προσδιορίζεται ως προς κάποιον άλλο δέκτη που είναι στάσιμος σε γνωστή θέση και παρέχεται τη δυνατότητα προκειμένου να εξαλειφθούν κοινά σφάλματα π.χ. δεκτών, δορυφόρων, ατμόσφαιρας και να βελτιώσουμε την ακρίβεια του δορυφορικού συστήματος να χρησιμοποιήσουμε διαφορές παρατηρήσεων, που μπορεί να είναι απλές, διπλές ή και τριπλές.

Πιο συγκεκριμένα ο σχετικός στατικός προσδιορισμός θέσης στηρίζεται σε μετρήσεις της φάσης του φέροντος κύματος. Χρησιμοποιεί δύο (ή περισσότερους) δέκτες οι οποίοι λαμβάνουν παρατηρήσεις ταυτόχρονα από του ίδιους δορυφόρους (Σχήμα 4.7). Ο ένας δέκτης είναι τοποθετημένος σε γνωστό σημείο με μεγάλη ακρίβεια τις συντεταγμένων που ονομάζεται βάση (Base) ή γνωστό σημείο. Ο άλλος δέκτης βρίσκεται στο σημείο προσδιορισμού των άγνωστων συντεταγμένων και ονομάζεται απρόσιτο ή άγνωστο σημείο (Rover). Μέσω του δέκτη γνωστών συντεταγμένων μπορούν να προσδιοριστούν περισσότεροι του ενός απομακρυσμένοι δέκτες με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν

τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι αμοιβαία ορατοί από όλα τα σημεία. Η μέθοδος βασίζεται στην ταυτόχρονη συλλογή μετρήσεων από όλους τους δέκτες για μία ορισμένη χρονική περίοδος οι οποίες μετά από επεξεργασία δίνουν τις συντεταγμένες του σημείου ή των σημείων που ερευνούνται. Ο χρόνος παρατήρησης κυμαίνεται από 20 λεπτά έως μερικές ώρες, ανάλογα με την απόσταση (baseline) της βάσης και των απομακρυσμένων δεκτών. Ο ρυθμός δειγματοληψίας των μετρήσεων συνήθως είναι ανά 15 με 20 sec. Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων τα δεδομένα συλλέγονται από τους δέκτες ώστε να επεξεργαστούν σε κατάλληλο λογισμικό.



Σχήμα 4.7: Αποτύπωση σχετικού στατικού προσδιορισμού θέσης

4.3 Το δορυφορικό Σύστημα GLONASS

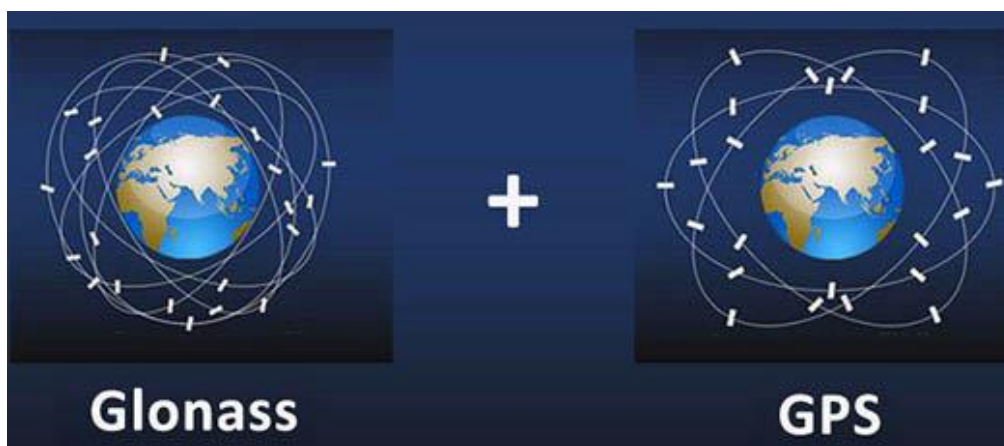
Το σύστημα GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema) έχει αναπτυχθεί και συντηρείται από τη Ρωσική Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαστήματος και το Υπουργείο Άμυνας της Ρωσίας, από το 1970. Ο πρώτος δορυφόρος GLONASS μπήκε σε τροχιά και λειτούργησε επιτυχώς το 1984, ενώ μέχρι το 1993 ο σχηματισμός είχε φτάσει τους 12 εν λειτουργία δορυφόρους. Το 1996, το GLONASS άρχισε να λειτουργεί πλήρως με έναν ολοκληρωμένο σχηματισμό 24 δορυφόρων.

Μεταξύ 1996 και 1998 όμως, ο αριθμός των διαθέσιμων δορυφόρων μειωνόταν λόγω οικονομικών προβλημάτων. Το 2001, ο αριθμός των διαθέσιμων δορυφόρων ήταν μόνο 6 έως 8. Μετά το 2000, η ρωσική οικονομία ανέκαμψε και το σύστημα GLONASS έγινε μία από τις σημαντικότερες προτεραιότητες της κυβέρνησης. Το 2009 ορίστηκε ένα σχέδιο για την αποκατάσταση και πλήρη λειτουργία του συστήματος. Ωστόσο, υπήρχε καθυστέρηση στο σχέδιο, που οφείλεται σε κάποιες επιπλοκές και αποτυχίες στη δρομολόγηση ορισμένων δορυφόρων. Τον Δεκέμβριο του 2010, η ρωσική διαστημική υπηρεσία απέτυχε να στείλει τρεις δορυφόρους πλοήγησης GLONASS σε τροχιά, με τους δορυφόρους να χάνονται στον Ειρηνικό Ωκεανό.

Τον Δεκέμβριο του 2011, ανακοινώθηκε ότι το δορυφορικό σύστημα GLONASS έχει φτάσει τον αριθμό των 24 εν λειτουργία δορυφόρων σε τροχιά, μετά την εκτόξευση και του 24ου δορυφόρου, από το Διαστημικό Κέντρο Μπαϊκονούρ (Baikonur Cosmodrome), το Νοέμβριο του 2011. Το σύστημα GLONASS αναπτύχθηκε κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς. Ωστόσο, μετά την επίτευξη της πλήρους λειτουργίας του, το GLONASS γίνεται διαθέσιμο, χωρίς χρέωση, για πολιτική χρήση.

Οι συντεταγμένες στο σύστημα GLONASS εκφράζονταν χρησιμοποιώντας το Σοβιετικό Γεωδαιτικό Σύστημα 1985 (Soviet Geodetic System – SGS-85). Το 1994, το σύστημα αναφοράς συντεταγμένων άλλαξε σε SGS-90. Το SGS-90 είναι γνωστό στις μέρες μας ως Parametry Zemli 1990 – PZ90 ή αλλιώς PE-90 (*Parameters of Earth - 1990*).

Το GLONASS έχει τη δική του κλίμακα χρόνου που ονομάζεται χρόνος GLONASS, συγχρονισμένος στην κλίμακα του 1 sec με τον χρόνο UTC. Το μήνυμα πλοήγησης διαθέτει τα απαραίτητα δεδομένα για τη μετατροπή μεταξύ του χρόνου GLONASS και του UTC. Το μήνυμα πλοήγησης περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις δορυφορικές τροχιές, την κατάσταση υγείας των δορυφόρων, τα δεδομένα διόρθωσης, και τα ημερολογιακά δεδομένα για όλους τους δορυφόρους του συστήματος. Επιπλέον, περιλαμβάνει τη διόρθωση του χρόνου GLONASS σε σχέση με το UTC και τη διαφορά στο χρόνο μεταξύ του συστήματος GLONASS και του συστήματος GPS.



Σχήμα 4.8: Τροχιές του συστήματος GLONASS σε σχέση με τις αντίστοιχες του GPS (<https://www.car-gpsdvd.com>)

Όπως στο GPS έτσι και στο GLONASS εκπέμπονται κώδικες C/A στη συχνότητα L1 και τύπου P στις συχνότητες L1 και L2. Οι κώδικες στο GLONASS έχουν διαφορετική δομή από εκείνους του GPS. Η συχνότητα των κωδίκων στο GLONASS είναι περίπου το μισό της συχνότητας του GPS, οπότε και η ακρίβεια στη μέτρηση των αποστάσεων είναι χαμηλότερη ακρίβεια από το GPS. Το εκπεμπόμενο εύρος των συχνοτήτων για την L1 είναι (1598,0625 – 1604,25 MHz) και για την L2 είναι (1242.9375 – 1247.75 MHz).

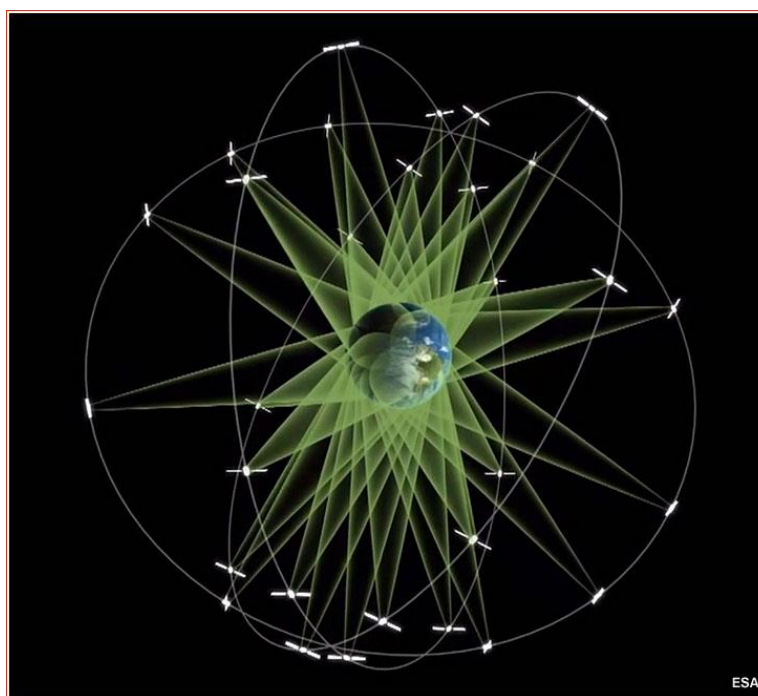
Το σύστημα GLONASS αποτελείται από 24 δορυφόρους, σε τρία τροχιακά επίπεδα και σε καθένα από τα οποία ο ανιών δεσμός απέχει 120° από τον επόμενο. Μεταξύ αυτών των δορυφόρων υπάρχουν 21 ενεργοί, ενώ οι άλλοι τρεις χρησιμοποιούνται ως εφεδρικοί, καλύπτοντας έτσι το 97-99% της επιφάνειας της Γης. Οι τροχιές των δορυφόρων είναι σχεδόν κυκλικές, με πολύ μικρή εκκεντρότητα, μεγάλο ημιάξονα στα 25440 km και γωνία κλίσης στις 64.8°. Οι δορυφόροι κατανέμονται ομοιόμορφα στις τροχιές, δηλαδή η μεταξύ τους γωνία είναι 45°.

4.4 Το δορυφορικό Σύστημα GALILEO

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA) έχουν προωθήσει την ανάπτυξη ενός ανεξάρτητου GNSS συστήματος για πολιτική χρήση, με το όνομα GALILEO. Το έργο, αρχικού προϋπολογισμού € 5.000.000.000, πήρε το όνομά του από τον Ιταλό αστρονόμο Gali-leo Galilei. Ένας από τους στόχους του GALILEO είναι να παρέχει ένα σύστημα εντοπισμού θέσης υψηλής ακρίβειας κατά την οποία τα ευρωπαϊκά έθνη μπορούν να χρησιμοποιούν, ανεξάρτητα από το ρωσικό GLONASS, το GPS των ΗΠΑ και το κινεζικό σύστημα COMPASS-BEIDOU, τα οποία μπορεί να απενεργοποιηθούν σε περιόδους πολέμου ή συγκρούσεων.

Το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης GALILEO, έχει σήμερα 14 δορυφόρους σε τροχιά. Η ολοκλήρωση του συστήματος έχει προγραμματιστεί για το 2020. Το πλήρως αναπτυγμένο δορυφορικό τμήμα του συστήματος GALILEO θα αποτελείται από 24 εν λειτουργία δορυφόρους, συν έξι εφεδρικούς σε τροχιά, τοποθετημένους σε τρία κυκλικά MEO επίπεδα, σε υψόμετρο 23222 km πάνω από τη Γη, και με κλίση των τροχιακών επιπέδων 56° ως προς τον ισημερινό με περίοδο 14 h 4 min, δηλαδή τα ίχνη των δορυφόρων θα επαναλαμβάνονται κάθε 10 μέρες.

Το σύστημα ελέγχου θα αποτελείται από 30 σταθμούς παρατήρησης σε όλο τον κόσμο. Τα δεδομένα θα συλλέγονται σε δύο κεντρικούς σταθμούς ελέγχου GCC (Gali-leo Control Centers) με στόχο τη τροφοδοσία των δορυφόρων με δεδομένα κυρίως για τις εφημερίδες και για την τήρηση του χρόνου ακριβείας του GALILEO, καθώς και για τον πλήρη έλεγχο του συστήματος. Κάθε δορυφόρος θα είναι εφοδιασμένος με έναν αναμεταδότη, που θα έχει τη δυνατότητα εκπομπής σημάτων έκτακτης ανάγκης σε κεντρικό σταθμό άμεσης επέμβασης (Rescue Center).



Σχήμα 4.9: Τροχιές δορυφόρων του GALILEO (<http://www.russianspaceweb.com>)

Οι δορυφόροι του GALILEO θα εκπέμπουν ραδιοσήματα σε 10 συχνότητες. Οι έξι από αυτές θα εξυπηρετούν υπηρεσίες σχετικά με την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής, δύο θα είναι για εμπορικούς σκοπούς και οι υπόλοιπες δύο για δημόσιες χρήσεις σε θέμα-τα εθνικής ασφάλειας. Οι συχνότητες που εκπέμπονται θα είναι οι E5A-E5B (1164-1215 MHz), E6 (1260-1300 MHz) και E2-L1-E1 (1559-

1591 MHz). Η χρήση των βασικών (χαμηλής ακρίβειας) υπηρεσιών GALILEO θα είναι ελεύθερη και ανοικτή για το καθένα. Οι δυνατότητες υψηλής ακρίβειας θα είναι διαθέσιμες επί πληρωμή για τους εμπορικούς χρήστες και φυσικά για στρατιωτική χρήση.

4.5 Το δορυφορικό Σύστημα COMPASS/BEIDOU

Το σύστημα COMPASS/BEIDOU είναι το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης της Κίνας. Αναπτύχθηκε αρχικά ως ένα περιορισμένο τοπικό σύστημα που ονομάζεται BEIDOU-1 και βρίσκεται σε λειτουργία από το 2000. Αποτελείται από τρεις δορυφόρους και πρόσφερε περιορισμένη κάλυψη και εφαρμογές.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε το BEIDOU-2 ή COMPASS το οποίο στην αρχή πρόσφερε κάλυψη μόνο στην περιοχή της Κίνας και των γύρω κρατών με 10 δορυφόρους σε τροχιά και άρχισε να προσφέρει τις υπηρεσίες του σε χρήστες τον Δεκέμβριο του 2012. Το σύστημα σε πλήρη ανάπτυξη θα είναι έτοιμο στο τέλος του 2020 και θα έχει παγκόσμια κάλυψη. Το COMPASS/BEIDOU-2 σχεδιάστηκε ώστε να είναι συμβατό και λειτουργικό με τα άλλα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης (GPS, GALILEO, GLONASS) και ο ίδιος δέκτης να μπορεί να αναγνωρίσει τα σήματα από τα υπόλοιπα συστήματα πλοήγησης. Θα αποτελείται από 35 δορυφόρους, οι πέντε είναι σε γεωστατική τροχιά (Geostationary Earth Orbit Satellites) για να είναι συμβατή με το BEIDOU-1, και 30 δορυφόρους σε μη γεωστατική τροχιά (NON GEO Satellites) και θα προσφέρει κάλυψη σε όλο τον πλανήτη σε οποιοσδήποτε συνθήκες.



Σχήμα 4.10: Τροχιές των δορυφόρων του συστήματος COMPASS/BEIDOU
(<http://www.spaceflight101.com>)

Οι δορυφόροι βρίσκονται σε υψόμετρο 21.150 Km και με κλίση 55.5° ως προς το Ισημερινό επίπεδο. Οι συχνότητες λειτουργίας για το σύστημα βρίσκονται σε τρεις διαύλους, την B1 (1575.42 MHz), B2 (1191.79 MHz) και B3 (1268.52 MHz). Επίσης το COMPASS/BEIDOU-2 έχει το δικό του σύστημα αναφοράς CGS2000 (China Geodetic Coordinate System 2000), ενώ το σύστημα αναφοράς χρόνου ταυτίστηκε με το χρόνο UTC 00:00 στην 1 Ιανουαρίου 2006.

Το σύστημα COMPASS/BEIDOU-2 παρέχει δύο επίπεδα υπηρεσιών. Το ένα επίπεδο είναι ελεύθερο για δωρεάν χρήση και έχει μία ακρίβεια εντοπισμού θέσης της τάξεως των 10 μέτρων και συγχρονίζει τα χρονόμετρα με μία ακρίβεια των 10 nsec. Υπάρχει και μία περιορισμένη παρεχόμενη υπηρεσία μόνο προς την Κινεζική κυβέρνηση και τον στρατό, που παρέχει μία ακρίβεια της τάξεως των 10 cm και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επικοινωνίες, καθώς και θα παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του συστήματος στο χρήστη.

Κεφάλαιο 5 Τοπικό γεωδαιτικό δίκτυο δυτικής Κρήτης και σημεία αναφοράς

Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως βασικό στόχο τον προσδιορισμό του απόλυτου υψομέτρου στη κεφαλή της κάθε επιλεγμένης γεώτρησης με χρήση του Παγκόσμιου Γεωδαιτικού συστήματος Εντοπισμού (GPS). Χρησιμοποιήθηκε το τοπικό γεωδαιτικό δίκτυο δεκτών GNSS του Εργαστηρίου Γεωδαισίας & Πληροφορικής των Γεωεπιστημών του Πολυτεχνείου Κρήτης με γνωστές συντεταγμένες από θεμελιώδη παγκόσμια σημεία αναφοράς όπως ο μόνιμος σταθμός GPS του Πολυτεχνείου Κρήτης (TUC2) και ο μόνιμος σταθμός στη περιοχή της Χρυσοσκαλίτισσας (CRS1).



Σχήμα 5.1: Το δίκτυο των σταθμών GNSS στη δυτική Κρήτη.

5.1 Τοπικό Γεωδαιτικό δίκτυο

Ένα δίκτυο συνεχούς λειτουργίας σταθμών αναφοράς GNSS έχει εγκατασταθεί από το Πολυτεχνείο Κρήτης στη δυτική Κρήτη από το 2001. Οι σταθμοί είναι εγκατεστημένοι σε ειδικά επιλεγμένα σημεία του νομού Χανίων τα οποία φαίνονται στο Σχήμα 5.1. Αυτή η μόνιμη διάταξη σταθμών παρέχει τον πλήρη εντοπισμό και ορισμό συντεταγμένων των σταθμών όπως και της μικρομετακίνησης αυτών. Γίνεται επίσης συνεχής παρατήρηση και υπολογισμός των καθυστερήσεων των δορυφορικών σημάτων από το στρώμα της Ιονόσφαιρας και της υγρής συνιστώσας της τροπόσφαιρας για την περιοχή της δυτικής Κρήτης. Το δίκτυο χρησιμοποιείται επίσης ως μία Γεωδαιτική δομή παρακολούθησης σεισμικών και λοιπών τεκτονικών δραστηριοτήτων στην ευρύτερη περιοχή της Κρήτης και της Γαύδου.

Η επεξεργασία δεδομένων των μόνιμων σταθμών πραγματοποιείται στο Εργαστήριο Γεωδαισίας & Πληροφορικής των Γεωεπιστημών, της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, του Πολυτεχνείου Κρήτης με τη χρήση τριών διαφορετικών επιστημονικών λογισμικών προγραμμάτων : GAMIT (Herring et al., 2010), Bernese (Dash et al., 2015) and GIPSY (Desai et al.), 2014. Οι πίνακες 5.1 και 5.2 παρουσιάζουν τα τελευταία αποτελέσματα των συντεταγμένων, τις ταχύτητες μετακίνησης και τα σφάλματα επίλυσης για κάθε ένα από τους 11 GNSS σταθμούς σύμφωνα με το πλαίσιο αναφοράς ITRF 2008.

Το πλαίσιο αναφοράς ITRF είναι η υλοποίηση του Ευρωπαϊκού Γήινου Συστήματος Αναφοράς (ETRS). Το ITRF αποτελεί ευθύνη της IERS (International Rotation and Reference Systems Service).

Το ITRF (International Terrestrial Reference Frame) υλοποιείται με τις γεωδαιτικές συντεταγμένες ενός μεγάλου αριθμού σταθμών (1500) σε ολόκληρη τη γη, που συμμετέχουν στις παρατηρήσεις με διαστημική ή/και δορυφορική τεχνολογία (VLBI, SLR και GPS) και το ETRF από περίπου 200 μόνιμους σταθμούς σε όλη την Ευρώπη. Λόγω των κινήσεων των σταθμών που συμμετέχουν σε κάθε πλαίσιο αναφοράς που οφείλονται σε μετακινήσεις των τεκτονικών πλακών της Γης, εκτός από τις συντεταγμένες των σταθμών προσδιορίζονται και οι ταχύτητές τους για κάθε υλοποίηση του πλαισίου αναφοράς όπως ITRF_{yy} (yy είναι το έτος αναφοράς). Κάθε νέα υλοποίηση αποτελεί βελτίωση της προηγούμενης καθώς χρησιμοποιεί περισσότερους σταθμούς και μετρήσεις για μεγαλύτερες περιόδους, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται πιο αξιόπιστες συντεταγμένες και ταχύτητες. (Γιώργος Πανταζής, *Ευαγγελία Λάμπρου*, 2010).

Για τον ακριβή γεωδαιτικό προσδιορισμό των γεωτρήσεων που μελετήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν οι μόνιμοι σταθμοί GPS (TUC2) και GPS (CRS1) στη περιοχή της Χρυσοσκαλίτισσας Χανίων οι οποίοι εγκαταστάθηκαν και ελέγχονται από το Πολυτεχνείο Κρήτης. Παρόλο που το κρατικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς υλοποιείται από συγκεκριμένα τριγωνομετρικά σημεία σε όλη την Ελλάδα τα οποία η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) έχει εγκαταστήσει βάθρα σε χαρακτηριστικά σημεία ώστε να είναι εύκολα ορατά από μεγάλες αποστάσεις και τις περισσότερες φορές προσβάσιμα, στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν μόνον οι σταθμοί TUC2 και CRS1 καθώς είναι οι μόνοι από τους σταθμούς του δικτύου της δυτικής Κρήτης που ο προσδιορισμός των συντεταγμένων τους έχει πραγματοποιηθεί στο ΕΓΣΑ-87 από τουλάχιστον τρία τριγωνομετρικά σημεία για τον κάθε σταθμό.

5.1.1 Τριγωνομετρικά σημεία

Ο ορισμός της ακριβούς θέσης των συνοριακών γραμμών της Ελλάδας σε όλη της την έκταση όπως και η ανάγκη δημιουργίας χαρτών για κάθε χρήση οδήγησαν τη Γενική Υπηρεσία Στρατού στην μελέτη και κατασκευή ενός δικτύου σταθερών σημείων σε όλη την έκταση του ελλαδικού χώρου τα των οποίων οι συντεταγμένες έχουν οριστεί με μεγάλη ακρίβεια, εκτός από το απόλυτο υψόμετρο αυτών, το οποίο στη πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι ανακριβές. Ο όρος Τριγωνομετρικά, έχει προκύψει από τη την επιστήμη της Γεωδαισίας καθώς ο τριγωνισμός αποτελεί τη χρήση τουλάχιστον τριών απόλυτα ορισμένων σημείων σε μία περιοχή για να δημιουργηθεί ένα τοπικό γεωδαιτικό δίκτυο. Η επέκταση του δικτύου για ευρύτερης επιφάνειας εφαρμογές συνιστά την σύνδεση περισσότερων τριγωνομετρικών σημείων με τη χρήση γεωδαιτικών οργάνων.

Τα τριγωνομετρικά αυτά σημεία τοιμεντένια βάθρα (Σχήμα 5.2), ύψους συνήθως από 1 έως 1.20 m, έχουν κυκλική ή τετράγωνη διατομή και επάνω τους υπάρχει μια μεταλλική πλακέτα (Σχήμα 5.3) διαμέτρου περίπου 0.40 m που αναγράφει το όνομα της υπηρεσίας και το έτος εγκατάστασης.



Σχήμα 5.2: Εγκατεστημένο τριγωνομετρικό βάθρο (<http://survemmanouil.blogspot.com>)



Σχήμα 5.3: Μεταλλική πλακέτα με τις πληροφορίες του βάθρου (www.tamos.gr)

Τα τριγωνομετρικά σημεία παρά την αρχική ανάγκη της δημιουργίας τους, για στρατιωτικούς σκοπούς δηλαδή, εξυπηρετούν και πολιτικές εφαρμογές όπως τοπογραφικές εργασίες, χάραξη τεχνικών έργων, έλεγχος μικρομετακινήσεων κ.α. Αποτελούν σημεία εξάρτησης και ελέγχου, που για να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες στους στον χώρο χρησιμοποιούνται μέθοδοι τριγωνομετρικής υψομετρίας ή γεωμετρικής χωροστάθμησης μέσω του τριγωνομετρικού δικτύου.

5.2 Μόνιμοι σταθμοί GPS του Πολυτεχνείου Κρήτης

- Ο μόνιμος **σταθμός TUC2** είναι εγκατεστημένος σε περιφραγμένο χώρο εντός της Πολυτεχνειούπολης και παρέχει δεδομένα GNSS από τον Ιούλιο του 2004.
- **Οι σταθμοί GVD0 GVD7 και GVD8** είναι εγκατεστημένοι στη Γαύδο και αποτελούν μέρος του μόνιμου δορυφορικού σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης για τη βαθμονόμηση δορυφόρων αλτιμετρίας και για τον απόλυτο προσδιορισμό της στάθμης της θάλασσας. Σε συνδυασμό με τους σταθμούς GNSS λειτουργούν επίσης 3 παλιρροιογράφοι για την μέτρηση της στάθμης της θάλασσας καθώς και δύο μετεωρολογικοί σταθμοί.
- **Ο Σταθμός CDN1** είναι εγκατεστημένος στην Κάνδανο Χανίων και έχει ως στόχο την βαθμονόμηση δορυφόρων αλτιμετρίας με την χρήση μικροκυματικού ανακλαστήρα (Transponder). Ο σταθμός αποτελείται από έναν μικροκυματικό ανακλαστήρα, δύο δέκτες GNSS (CDN0, CDN2) και μετεωρολογικό σταθμό.
- **Ο σταθμός RDK1** είναι εγκατεστημένος στο Ροδάκινο Ρεθύμνου και αποτελεί μέρος του μόνιμου δορυφορικού σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης για τη βαθμονόμηση δορυφόρων αλτιμετρίας και για τον απόλυτο προσδιορισμό της στάθμης της θάλασσας. Σε συνδυασμό με τον σταθμό GNSS λειτουργεί επίσης ένας παλιρροιογράφος για την μέτρηση της στάθμης της θάλασσας.
- **Ο σταθμός CRS1** είναι εγκατεστημένος στην Χρυσосκαλίτισσα Χανίων από το 2008 και αποτελεί μέρος του μόνιμου δορυφορικού σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Η λειτουργία των σταθμών SUG1 και SELI1 (που φαίνονται στο *Σχήμα 5.1*) έχει διακοπεί από το έτος 2014.

Πίνακας 5.1: Συντεταγμένες και αβεβαιότητες (σταθμισμένη μέση τετραγωνική ρίζα σφάλματος) για τους 11 σταθμούς GNSS στη δυτική Κρήτη.

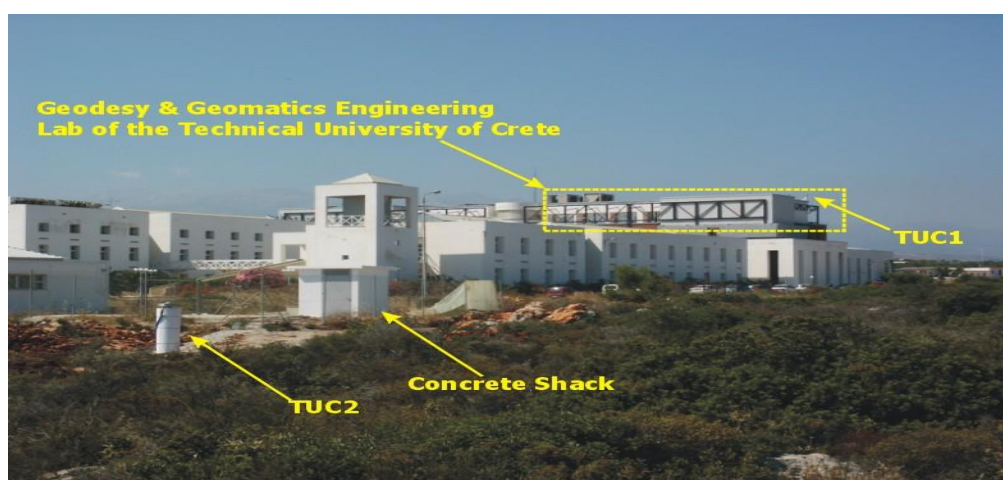
Site	Latitude (Deg)	Longitude (Deg)	Ell.Height (m)	$\sigma(\text{lat})$ (mm)	$\sigma(\text{lon})$ (mm)	$\sigma(\text{h})$ (mm)	Time Span (Years)
CDN0	N35 20 16.024403	E 23 46 46.854649	1049.5183	1.9	2.5	7.6	2014.49-2018.44
CDN2	N35 20 16.291142	E 23 46 46.829187	1050.4080	1.7	1.9	8.0	2016.40-2018.44
CRS1	N35 18 12.649002	E 23 31 17.263955	21.2075	2.0	1.8	5.4	2008.18-2018.44
GVD0	N34 50 18.578282	E 24 6 31.908077	123.8719	2.2	1.6	5.6	2003.04-2017.35
GVD7	N34 50 52.744567	E 24 7 11.205655	20.1685	1.5	1.8	5.8	2009.37-2018.44
GVD8	N34 50 52.612206	E 24 7 11.399223	22.2757	1.6	1.9	6.2	2010.50-2018.44
IMS1	N35 22 12.547506	E 24 28 20.982681	35.9138	1.8	1.6	5.0	2010.19-2015.19
MEN2	N35 40 12.897887	E 23 44 26.308798	265.7064	2.9	3.1	5.9	2013.26-2018.25
RDK1	N35 11 15.375737	E 24 19 6.539699	25.5337	3.7	1.9	9.0	2009.18-2017.44
SELI	N35 21 14.334437	E 23 50 22.305407	1038.0693	1.9	2.1	4.7	2009.52-2013.80
TUC2	N35 31 59.482697	E 24 4 14.015013	160.8894	2.0	1.9	4.6	2004.47-2018.44

Πίνακας 5.2 : Ταχύτητες και αβεβαιότητες (σταθμισμένη μέση τετραγωνική ρίζα σφάλματος) για τους 11 σταθμούς GNSS στη δυτική Κρήτη.

Site	νN (m/yr)	νE (m/yr)	νUP (m/yr)	σνN (m)	σνE (m)	σνUP (m)	Time Span (Years)
CDN0	-0.0129	0.0092	0.0009	0.0003	0.0005	0.0015	2014.49–2018.44
CDN2	-0.0129	0.0063	0.0002	0.0007	0.0006	0.0036	2016.40–2018.44
CRS1	-0.0124	0.0068	-0.0011	0.0002	0.0001	0.0003	2008.18–2018.44
GVD0	-0.0128	0.0081	0.0000	0.0002	0.0001	0.0004	2003.04–2017.35
GVD7	-0.0138	0.0086	-0.0004	0.0001	0.0002	0.0005	2009.37–2018.44
GVD8	-0.0143	0.0082	-0.0007	0.0002	0.0002	0.0007	2010.50–2018.44
IMS1	-0.0131	0.0078	-0.0004	0.0002	0.0002	0.0006	2010.19–2015.19
MEN2	-0.0146	0.0058	-0.0001	0.0005	0.0005	0.0007	2013.26–2018.25
RDK1	-0.0128	0.0081	0.0010	0.0004	0.0002	0.0009	2009.18–2017.44

5.2.1 Μόνιμος σταθμός GPS TUC2

Ο σταθμός TUC2 εγκαταστάθηκε και λειτουργεί αδιάκοπα από το 2004, ακολουθεί τις προδιαγραφές και τα διεθνή πρότυπα των μόνιμων σταθμών GPS (www.igs.org). Ο σταθμός χρησιμοποιεί δέκτη LEICA GRX1200+GNSS και η κεραία λήψης είναι LEIAR25.R3 NONE. Από τον Οκτώβριο του 2004 ο σταθμός έχει συνδεθεί με το πανευρωπαϊκό δίκτυο μόνιμων δορυφορικών παρατηρήσεων GPS της υπηρεσίας European Reference Frame Permanent Network. Στον ίδιο χώρο υπάρχει μία μεταφερόμενη και προσωρινή μονάδα μέτρησης αποστάσεων με laser προς δορυφόρους (French Transportable Satellite Laser Ranging). Τα δεδομένα των μετρήσεων διατίθενται στη διεύθυνση του International Laser Ranging Service. Η αδιάλειπτη λειτουργία και η παρακολούθηση του σταθμού παρέχει ανά πάσα στιγμή πληροφορίες για τις συντεταγμένες του διορθωμένες ως τους άλλους σταθμούς παρακολουθώντας έτσι και τη μετακίνηση των σταθμών. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με την απεικόνιση της μετακίνησης του σταθμού από το 2010 μέχρι και σήμερα (Πίνακας 5.3).

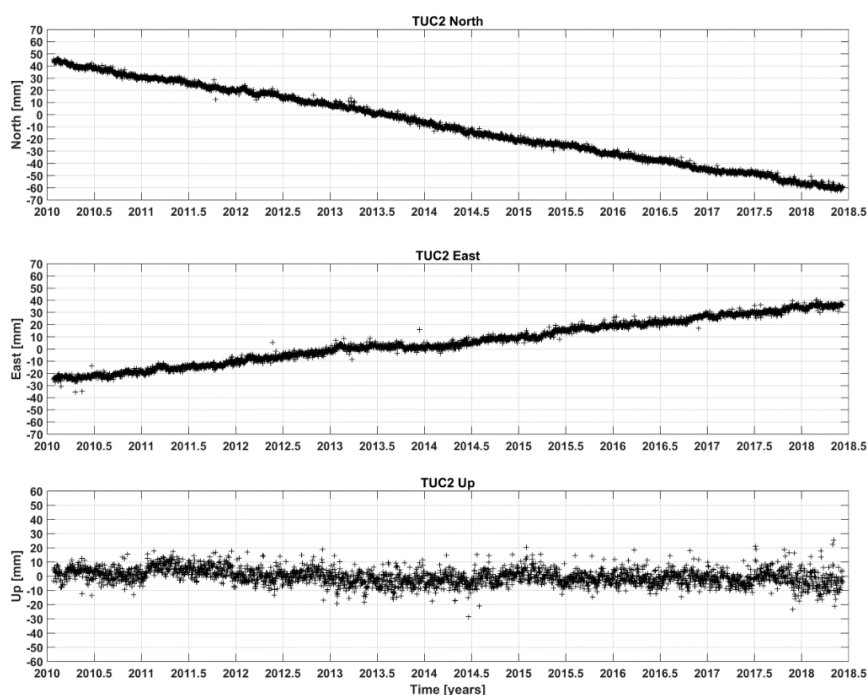


Σχήμα 5.4: Η θέση του σταθμού παρακολούθησης TUC2 στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Σχήμα 5.5: Η θέση του βάθρου παρακολούθησης του σταθμού TUC2.

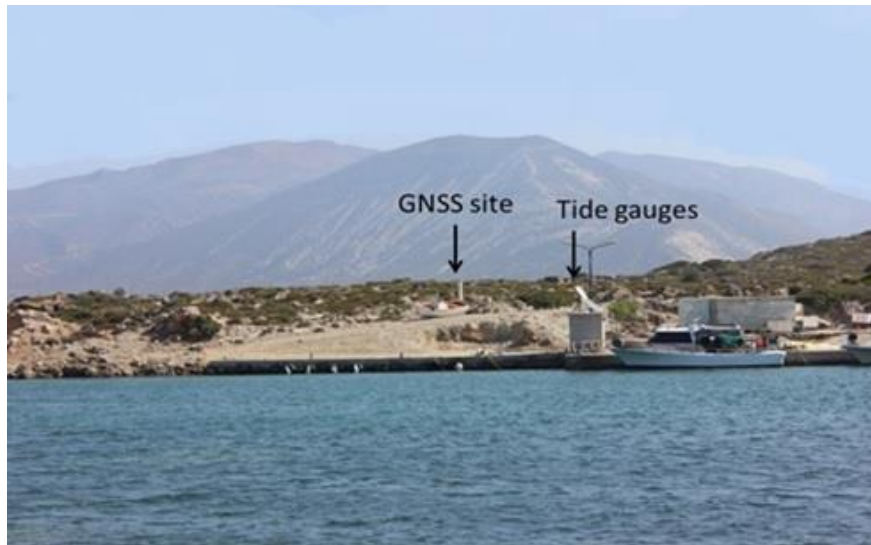
Πίνακας 5.3: Καταγραφή μικρομετακίνησης του βάθρου του σταθμού TUC2 από το έτος 2010 έως και τα μέσα του έτους 2018.



5.2.2 Μόνιμος σταθμός GPS CRS1

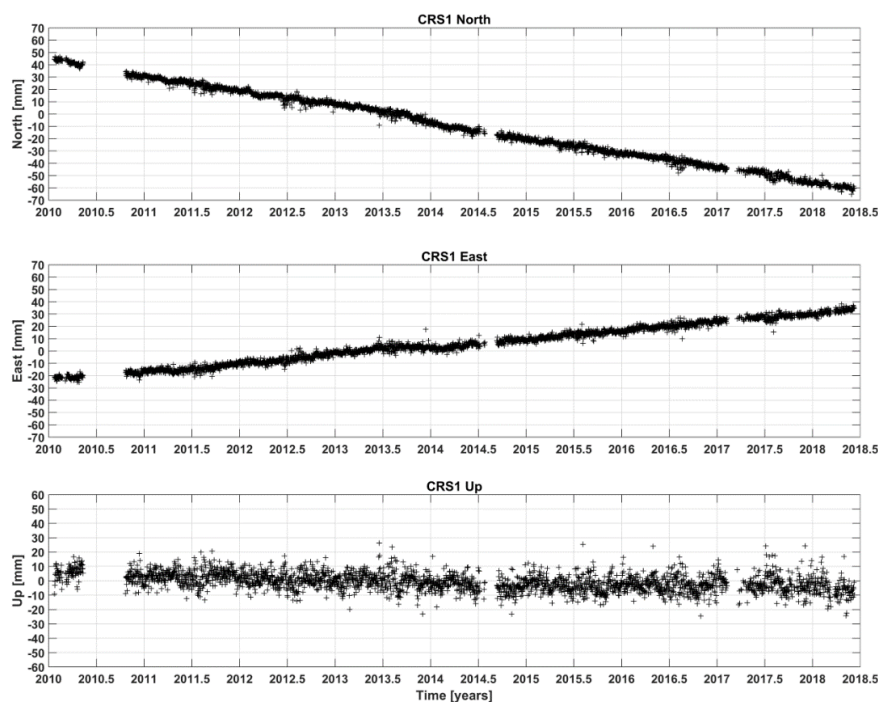
Ο σταθμός CRS1 είναι εγκατεστημένος στην Χρυσосκαλίτισσα Χανίων από το 2008 και αποτελεί μέρος του μόνιμου δορυφορικού σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η χρήση του περιλαμβάνει τη βαθμονόμηση δορυφόρων αλτιμετρίας και τον απόλυτο προσδιορισμό της στάθμης της θάλασσας. Σε συνδυασμό με τον σταθμό GNSS λειτουργούν επίσης 2 παλιρροιογράφοι για την μέτρηση της στάθμης της θάλασσας καθώς και μετεωρολογικός σταθμός. Αποτελείται από έναν δορυφορικό δέκτη LEICA GRX1200GG PRO GNSS και μια δορυφορική κεραία LEICA AT504GG. Ο σταθμός καταγράφει μόνο δεδομένα GPS. Ο μετεωρολογικός αισθητήρας είναι τύπου VAISALA PTU200 ο οποίος καταγράφει βαρομετρική πίεση, σχετική υγρασία και θερμοκρασία. Παρακάτω παρατίθεται

πίνακας με την απεικόνιση της μετακίνησης του σταθμού στους τρεις άξονες από το 2010 μέχρι και σήμερα (Πίνακας 5.4).



Σχήμα 5.6: Θέση βάθρου του σταθμού GNSS CRS1 και θέση παλιρροιογράφου.

Πίνακας 5.4: Καταγραφή μικρομετακίνησης του βάθρου του σταθμού CRS1 από το έτος 2010 έως και τα μέσα του έτους 2018.



Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρθηκαν και προσδιορίστηκαν τα σημεία αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν στην επίλυση κάθε σημείου γεώτρησης ως προς τα σημεία γνωστών συντεταγμένων. Το επόμενο κεφάλαιο αποτελείται αποκλειστικά από πληροφορίες σχετικά με τη Γεωμετρική χωροστάθμηση, τεχνική υπολογισμού υψομετρικής διαφοράς δύο ή περισσότερων σημείων στη γήινη επιφάνεια που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων πεδίου.

Κεφάλαιο 6 Γεωμετρική χωροστάθμηση

Το έκτο κεφάλαιο περιγράφει αναλυτικά τον τρόπο υπολογισμού υψομετρικών διαφορών δύο ή περισσότερων σημείων στη γήινη επιφάνεια με μοναδικό περιορισμό την οπτική επαφή μεταξύ του οργάνου σκόπευσης και του οργάνου προβολής της ένδειξης υψομέτρου. Η διαδικασία αυτή καλείται Γεωμετρική χωροστάθμηση και χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό της υψομετρικής διαφοράς του σημείου εγκατάστασης του GPS και της κεφαλής της γεώτρησης σε περιπτώσεις όπου δεν ήταν εφικτή η εγκατάσταση της κεραίας ακριβώς πάνω από τη κεφαλή της γεώτρησης.

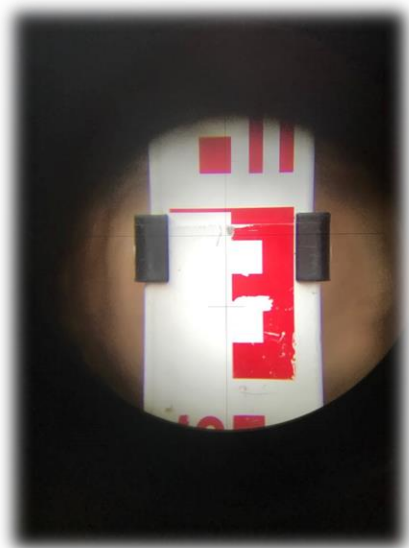
6.1 Όργανα μέτρησης και θεωρητικό μέρος

Η γεωμετρική χωροστάθμηση είναι μία διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται ο ακριβής προσδιορισμός των υψομέτρων άγνωστων σημείων, χρησιμοποιώντας σημεία γνωστού υψομέτρου ως επιφάνειες αναφοράς. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ένας χωροβάτης (Σχήμα 6.1), ένα τρίποδο (Σχήμα 6.3), ένας βαθμολογημένος κανόνας που καλείται σταδία (Σχήμα 6.5) και μια βάση στήριξης της σταδίας ή χελώνα (Σχήμα 6.7).

Ο Χωροβάτης είναι ένα τοπογραφικό όργανο το οποίο αποτελείται από ένα τηλεσκόπιο με έναν αντικειμενικό φακό και έναν προσοφθάλμιο φακό με ένα σταυρόνημα σκόπευσης (Σχήμα 6.2). Η γραμμή σκόπευσης (άξονας οριζοντίωσης) καθορίζεται από την γραμμή που ενώνει το κέντρο του σταυρονήματος με το σημείο εστίασης του αντικειμενικού φακού.



Σχήμα 6.1: Χωροβάτης.



Σχήμα 6.2: Σταυρόνημα σκόπευσης χωροβάτη.

Το τηλεσκόπιο εδράζεται σε έναν άξονα που του επιτρέπει να κινείται ελεύθερα στο οριζόντιο επίπεδο. Η βασική αρχή μέτρησης υψομετρικών διαφορών με την χρήση του χωροβάτη είναι ο ορισμός ενός οριζοντίου επιπέδου στο επίπεδο της γραμμής σκόπευσης του οργάνου. Είναι απαραίτητη λοιπόν η όσο το δυνατόν καλύτερη οριζοντίωση του χωροβάτη η οποία επιτυγχάνεται ως εξής:

Αρχικά χρησιμοποιείται η σφαιρική αεροστάθμη για την χονδρική οριζοντίωση του χωροβάτη. Η διαδικασία οριζοντίωσης αρχίζει με την χονδρική οριζοντίωση του οργάνου διευθετώντας κατάλληλα τους βραχίονες του τρίποδα (Σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.3: Τρίποδο.

Στην συνέχεια επιδιώκεται η τοποθέτηση της φυσαλίδας ακριβώς στο κέντρο της σφαιρική αεροστάθμης περιστρέφοντας κατάλληλα τους τρεις κοχλίες στην βάση του οργάνου (Σχήμα 6.4). Η τελική οριζοντίωση επιτυγχάνεται από το ίδιο το όργανο μέσω του συστήματος αυτόματης οριζοντίωσης που διαθέτει.



Σχήμα 6.4: Οριζοντιόμενος χωροβάτης.

Η χωροσταθμική σταδία

Ο χωροβάτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε συνδυασμό με το χωροσταθμικό κανόνα ή σταδία (Σχήμα 6.5). Πρόκειται για κανόνα που συνήθως είναι κατασκευασμένος από αλουμίνιο ή ξύλο, έχει ορθογωνική διατομή και φέρει υποδιαφρέσεις ανά 1 cm που αριθμούνται ανά 10cm. Έχει μήκος 3-5 m και μπορεί να διπλώνεται ανά 2 ή 1.5 ή και 1m, προκειμένου να διευκολύνεται η μεταφορά του. Σε ορισμένες σταδίες η μικρότερη υποδιαίρεση είναι 0.5cm.



Σχήμα 6.5: Βαθμολογημένος κανόνας (σταδία)

Οι σταδίες φέρουν σφαιρική αεροστάθμη μέσω της οποίας κατακορυφώνονται κατά τη χρήση τους (Σχήμα 6.6). Στις χωροσταθμήσεις μεγάλης ακριβείας χρησιμοποιούνται ειδικές σταδίες με κλίμακα χαραγμένη επάνω σε μεταλλική ταινία από invar ανά 1 ή 0.5cm. Συνήθως η κλίμακα αυτή είναι διπλή, γεγονός που επιτρέπει έναν εύκολο έλεγχο των αναγνώσεων, δεδομένου ότι η διαφορά των αναγνώσεων στις δύο κλίμακες είναι γνωστός σταθερός αριθμός. Οι σταδίες αυτές γενικά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τις ειδικές βάσεις στήριξης ή τοποθετούνται επάνω σε πασσάλους που φέρουν καρφιά με ημισφαιρική κεφαλή και στερεώνονται με τη βοήθεια αντηρίδων. Οι σταδίες invar χρησιμοποιούνται με χωροβάτη ακριβείας συνδυαζόμενο με οπτικό μικρότερο που επιτρέπει τη λήψη των αναγνώσεων με ακρίβεια που φθάνει το 0.01mm.



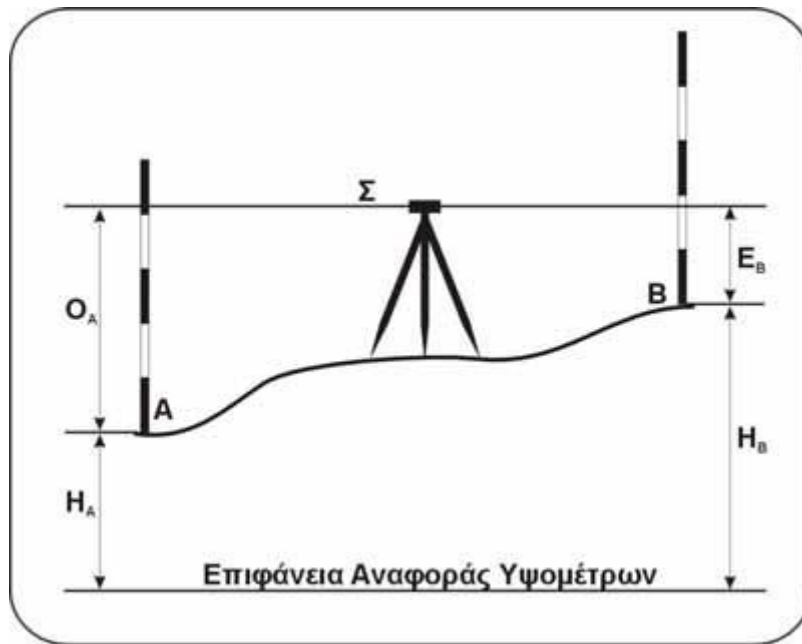
Σχήμα 6.6: Αεροστάθμη οριζοντίωσης σταδίας



Σχήμα 6.7: Η βάση στήριξης της σταδίας (χελώνα)

Οι βασικές αρχές στη γεωμετρική χωροστάθμηση

Έστω ότι στα σημεία A και B του εδάφους έχουν τοποθετηθεί δύο κατακόρυφοι βαθμολογημένοι κανόνες (σταδίες) και ότι οι αναγνώσεις που αντιστοιχούν στις διαδοχικές οριζόντιες σκοπεύσεις τους με έναν χωροβάτη είναι OA και EB αντίστοιχα (Σχήμα 6.8).



Σχήμα 6.8: Προσδιορισμός υψομετρικής διαφοράς με γεωμετρική χωροστάθμηση

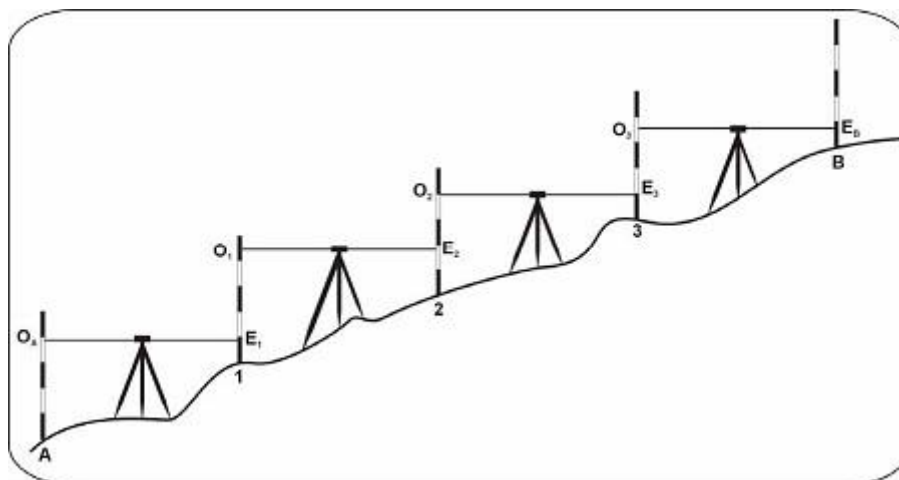
Οι αναγνώσεις O_A και E_B αντιπροσωπεύουν τις αποστάσεις των σημείων A και B από το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το Σ. Συνεπώς η διαφορά $O_A - E_B$ ισούται με την υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων A και B.

$$\Delta H_{AB} = O_A - E_B \quad (6.1)$$

Επομένως αν το σημείο A είναι σημείο γνωστού υψομέτρου H_A τότε το σημείο B έχει υψόμετρο:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \quad (6.2)$$

Η ανάγνωση O_A λέγεται οπισθοσκόπευση ενώ η ανάγνωση E_B λέγεται εμπροσθοσκόπευση. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων στάσης δύο σταδίων ισούται με την διαφορά της ανάγνωσης εμπροσθοσκόπευσης από την ανάγνωση της οπισθοσκόπευσης. Στην περίπτωση που τα σημεία είναι πολύ απομακρυσμένα απαιτείται η διεξαγωγή περισσότερων στάσεων και η τελική υψομετρική διαφορά ισούται με το άθροισμα των επιμέρους ενδιάμεσων υψομετρικών διαφορών. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται χωροσταθμική όδευση (Σχήμα 6.9)

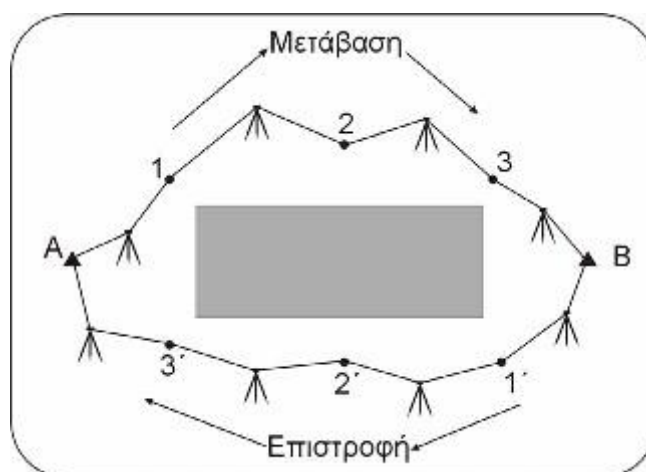


Σχήμα 6.9: Η χωροσταθμική όδευση.

Από το παραπάνω σχήμα είναι προφανές ότι η τελική υψομετρική διαφορά δύο σημείων A και B προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους υψομετρικών διαφορών ως εξής:

$$\Delta H_{AB} = OA + O1 + O2 + O3 - (E1 + E2 + E3 + EB) \hat{=} \Delta H_{AB} = \Sigma(O_i) - \Sigma(E_i) \quad (6.3)$$

Η διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως δεν επιτρέπει τον έλεγχο της χωροσταθμικής όδευσης για σφάλματα στον υπολογισμό των υψομετρικών διαφορών. Γι' αυτό τον λόγων πραγματοποιείται η διαδικασία της διπλής χωροσταθμικής όδευσης. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται η προαναφερθείσα διαδικασία δύο φορές. Γίνεται μετάβαση από το σημείο A στο σημείο B και στην συνέχεια Επιστροφή από το σημείο B στο σημείο A. Για λόγους ελαχιστοποίησης του συστηματικού σφάλματος απαιτείται η επιστροφή να χρησιμοποιεί διαφορετικές στάσεις από την μετάβαση (Σχήμα 6.10).



Σχήμα 6.10: Η διαδικασία της μετάβασης και της επιστροφής.

Η διαφορά των τελικών υψομετρικών διαφορών κατά την Μετάβαση και την Επιστροφή καθορίζει και το υψομετρικό σφάλμα της διπλής χωροσταθμικής όδευσης $\delta\Delta H_{AB}$.

$$\delta\Delta H_{AB} = \Delta H_{AB} (\text{μετάβαση}) - \Delta H_{AB} (\text{επιστροφή}) \quad (6.4)$$

Σύμφωνα με τους ελληνικούς κανονισμούς εκτέλεσης τοπογραφικών εργασιών, οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των χωροσταθμικών αφετηριών τοπικού υψομετρικού δικτύου πρέπει να προσδιορίζονται με διπλές χωροσταθμικές οδεύσεις, για τη μέτρηση των οποίων χρησιμοποιείται χωροβάτης με μεγέθυνση τουλάχιστον 20x και ευαισθησία αεροστάθμης τουλάχιστον 30' / 2 mm. Η διαφορά μεταξύ των δύο υψομετρικών διαφορών μετάβασης και επιστροφής (σε mm), δεν πρέπει να υπερβαίνει τα εξής όρια:

- δίκτυο 1ης τάξης $\delta h = 1 + D$
- δίκτυο 2ης τάξης $\delta h = 2 + 3 D$
- δίκτυο 3ης τάξης $\delta h = 8 + 6 D$

όπου D είναι το μήκος της χωροσταθμικής όδευσης σε km.

6.2 Σφάλματα μετρήσεων και διαδικασία μέτρησης

Σφάλματα στην γεωμετρική χωροστάθμηση

Τα κυριότερα σφάλματα που επηρεάζουν την ακρίβεια της γεωμετρικής χωροστάθμησης είναι τα παρακάτω:

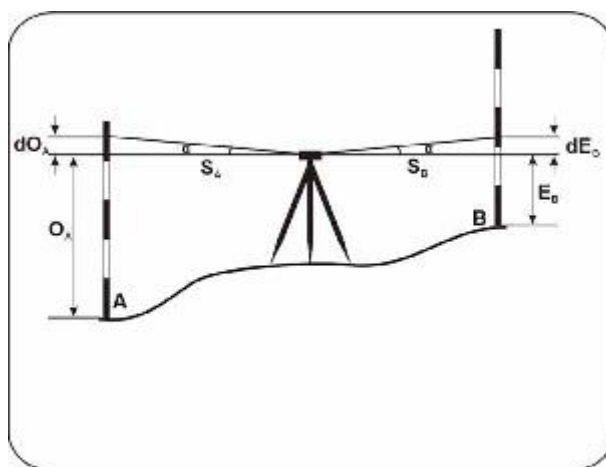
- Σφάλμα οριζοντίωσης του οργάνου
- Σφάλμα λόγω της καμπυλότητας της Γης.
- Σφάλμα λόγω διάθλασης στην ατμόσφαιρα
- Σφάλμα παρατηρητή

Σφάλμα οριζοντίωσης του οργάνου

Μία συνηθισμένη πηγή σφάλματος στην γεωμετρική χωροστάθμηση είναι το σφάλμα οριζοντίωσης του οργάνου. Σ' αυτήν την περίπτωση το όργανο δεν είναι τέλεια οριζοντιωμένο με αποτέλεσμα να λαμβάνουμε λανθασμένες ενδείξεις πάνω στην σταδία (Σχήμα 6.11).

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ότι η γραμμή σκόπευσης του οργάνου δεν είναι οριζόντια αλλά στοχεύει στην σταδία υπό γωνία α . Επομένως η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων A και B θα είναι:

$$\Delta H_{AB} = (OA + dOA) - (EB + dEB) = (OA + SA \times \cos(\alpha)) - (EB + SB \times \cos(\alpha)) \rightarrow \Delta H_{AB} = (OA - EB) + (SA - SB) \times \cos(\alpha) \quad (6.5)$$



Σχήμα 6.11: Το σφάλμα οριζοντίωσης.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι εισέρχεται ένας παράγοντας σφάλματος ο οποίος εξαρτάται από το σφάλμα οριζοντίωσης και τις αποστάσεις σκόπευσης προς τα σημεία A και B και είναι ίσος με $E = (SA - SB) \times \cos(\alpha)$. Το παραπάνω σφάλμα είναι εύκολο να αποφευχθεί απλά τοποθετώντας τον χωροβάτη περίπου στην μεσοκάθετο της γραμμής $A-B$. Σ' αυτήν την περίπτωση οι αποστάσεις SA και SB γίνονται ίσες με αποτέλεσμα να μηδενίζεται ο παράγοντας σφάλματος.

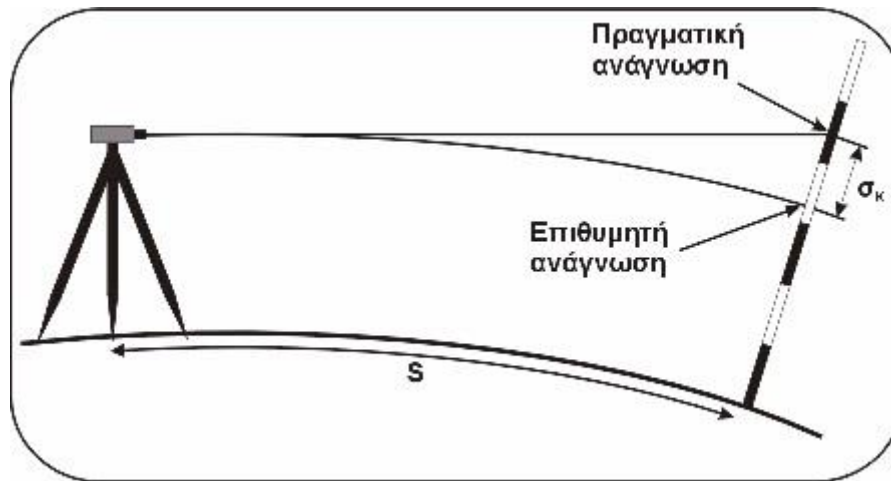
Σφάλμα λόγω της καμπυλότητας της Γης

Λόγω της καμπυλότητας της Γης η γραμμή σκόπευσης του οργάνου αποκλίνει από το οριζόντιο επίπεδο καθώς απομακρυνόμαστε από τον χωροβάτη (Σχήμα 6.12). Η ιδανική περίπτωση θα ήταν μία γραμμή σκόπευσης συνεχώς κάθετη προς την διεύθυνση του διανύσματος του πεδίου

βαρύτητας. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό, οπότε εμφανίζεται ένα σφάλμα ανάγνωσης στη σταδία ίσο με:

$$\sigma_K = S^2/2R \quad (6.6)$$

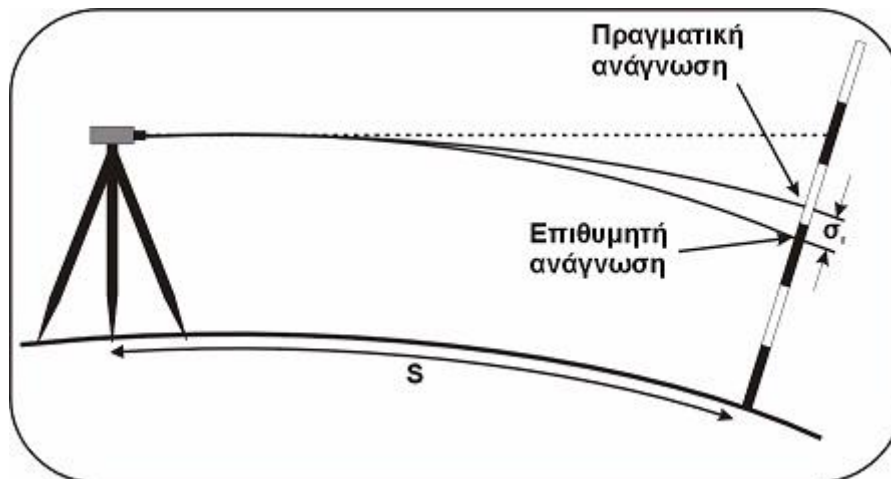
όπου το S είναι το μήκος της γραμμής σκόπευσης και R είναι η μέση ακτίνα καμπυλότητας της Γης. Για $S = 100 \text{ m}$ το σφάλμα είναι περίπου 1 mm . Το συγκεκριμένο σφάλμα ελαχιστοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως το σφάλμα οριζοντίωσης του οργάνου, επιλέγοντας δηλαδή ίσες αποστάσεις για την οπισθοσκόπευση και την εμπροσθοσκόπευση.



Σχήμα 6.12: Το σφάλμα λόγω καμπυλότητας της Γης.

Σφάλμα λόγω διάθλασης στην ατμόσφαιρα

Οι διαφορές πυκνότητας της ατμόσφαιρας προκαλούν κύρτωση στην ακτίνα φωτός κατά την διαδρομή από την σταδία προς τον χωροβάτη (Σχήμα 6.13).



Σχήμα 6.13: Το σφάλμα λόγω διάθλασης στην ατμόσφαιρα.

Η κύρτωση που παρατηρείται έχει μικρότερη καμπυλότητα από την επιφάνεια της γης και το τελικό σφάλμα είναι μικρότερο από την επίδραση της καμπυλότητας της Γης.

$$\sigma_r = (1-k) \times S^2/2R \quad (6.7)$$

όπου k είναι ο συντελεστής διάθλασης, S είναι το μήκος της γραμμής σκόπευσης και R είναι η μέση ακτίνα καμπυλότητας της Γης. Μία μέση τιμή για το k είναι 0.13, η οποία δίνει για $S=100\text{m}$, $\sigma_r = 0.7\text{mm}$.

Η επίδραση του σφάλματος λόγω διάθλασης στην ατμόσφαιρα ελαχιστοποιείται επιλέγοντας ίσες αποστάσεις για την οπισθοσκόπευση και την εμπροσθοσκόπευση, αλλά παραμένει ένα αμελητέο υπολειπόμενο σφάλμα, διότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες διαφοροποιούνται ελάχιστα κατά μήκος της συνολικής διαδρομής οπισθοσκόπευση – σημείο στάσης – εμπροσθοσκόπευση.

Σφάλμα Παρατηρητή

Το τελευταίο και ίσως το πιο σημαντικό σφάλμα κατά τη διάρκεια μιας χωροστάθμησης είναι το σφάλμα του παρατηρητή. Τα κυριότερα σφάλματα παρατηρητή είναι τα παρακάτω:

- Σφάλμα ανάγνωσης στη σταδία. Να διαβαστεί δηλαδή λανθασμένα ο αριθμός των εκατοστών του μέτρου, των δεκατόμετρων ή των ακέραιων μέτρων.
- Σφάλμα στον χειρισμό του οργάνου που μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη οριζοντίωση.
- Σφάλμα στην εγγραφή των αναγνώσεων στο έντυπο πεδίο, με πιο συνηθισμένη την εγγραφή της ανάγνωσης σε λάθος πεδίο του εντύπου.
- Σφάλμα ανάγνωσης λόγω μεγάλης απόστασης χωροβάτη – σταδίας. Με την αύξηση της απόστασης από την σταδία μειώνεται και η δυνατότητα ανάγνωσης πάνω στη σταδία. Πρακτικά πρέπει να αποφεύγονται αποστάσεις μεγαλύτερες των 50 – 60 m, διότι γίνεται πολύ δύσκολη πλέον η εκτίμηση χιλιοστού.
- Σφάλμα λόγω αλλαγής παρατηρητή. Ο Παρατηρητής πρέπει να παραμένει ο ίδιος σε όλη την διάρκεια της χωροστάθμησης. Στην αντίθετη περίπτωση θα προκύψουν σφάλματα λόγω διαφορετικής εμπειρίας, διαφορετική προσαρμοστικότητα του οφθαλμού κλπ.

Η διαδικασία μέτρησης

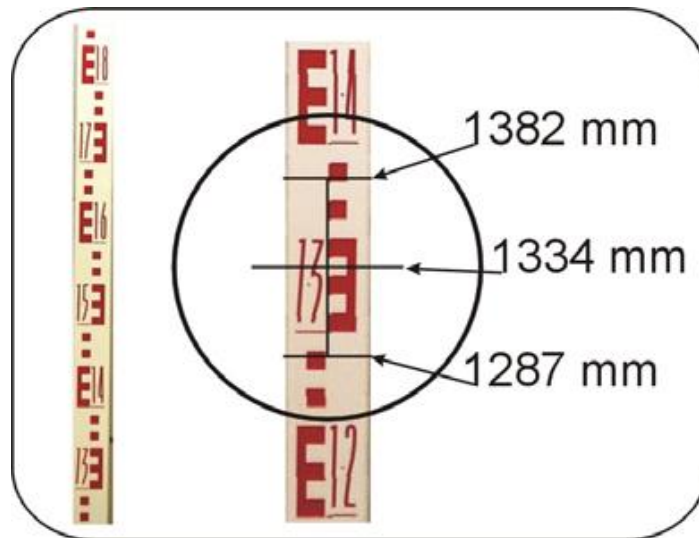
Ανάγνωση μετρήσεων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένα μία τυπική σταδία είναι ουσιαστικά ένας μεγάλος κανόνας αλουμινίου μήκους 3-5 m, αποτελούμενος από τηλεσκοπικά τμήματα για εύκολη μεταφορά. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, αν και η μικρότερη υποδιαίρεση στη σταδία είναι 1 cm ο παρατηρητής μπορεί να κάνει ανάγνωση με εκτίμηση 1 mm.

Η δεξιότερη εικόνα του σχήματος 6.13 απεικονίζει την σταδία όπως αυτή φαίνεται από τον προσοφθάλμιο φακό του χωροβάτη. Όπως φαίνεται το σταυρόνημα του φακού αποτελείται από έναν σταυρό και δύο μικρότερες οριζόντιες γραμμές οι οποίες είναι βοηθητικές για την σωστή εκτίμηση του υψομέτρου. Συγκεκριμένα το σωστό υψόμετρο στο σημείο

στάσης της σταδίας είναι ο μέσος όρος των τριών μετρήσεων του παραπάνω σχήματος. Αν το αποτέλεσμα αποκλίνει περισσότερο από 2mm από την κεντρική ανάγνωση τότε η μέτρηση πρέπει να επαναληφθεί.

$$\text{Ανάγνωση Σταδίας} = (\text{ΠΑΝΩ} + \text{ΜΕΣΗ} + \text{ΚΑΤΩ}) / 3 = (1382 + 1334 + 1287) / 3 = 1334.33 \sim 1333 \text{ mm (6.8)}$$



Σχήμα 6.14: Ανάγνωση στην σταδία.

Η πάνω και κάτω ανάγνωση στην σταδία επιτρέπουν τον χονδροειδή υπολογισμό του μήκους της σκοπευτικής γραμμής (σε 1 mm σφάλμα στην ανάγνωση της σταδίας αντιστοιχεί περίπου 0.1 m σφάλμα στην απόσταση). Για χωροβάτες με μεγέθυνση τηλεσκοπίου 30x όπως ο ZEISS Ni30, το μήκος της σκοπευτικής γραμμής D σε m ισούται με:

$$D = (\text{ΠΑΝΩ}-\text{ΚΑΤΩ}) \times 0.1 = (1382-1287) \times 0.1 = 9.5 \text{ m (6.9)}$$

Καταγραφή των μετρήσεων

Παρκάτω παρουσιάζεται ένα τυπικό έντυπο χωροστάθμησης το οποίο πρέπει να συμπληρώνεται κατά την διάρκεια των μετρήσεων πεδίου. Η δομή του εντύπου επιτρέπει την καταγραφή όλων των αναγνώσεων καθώς και όλους τους υπολογισμούς που απαιτούνται για μια ολοκληρωμένη γεωμετρική χωροστάθμηση (ενδιάμεσα και τελικά υψόμετρα, αποστάσεις, σφάλματα). Στα σχήματα που ακολουθούν γίνεται λεπτομερής περιγραφή όλων των πεδίων του εντύπου.

Μέσος όρος Αναγνώσεων
 $= (2098 + 1588 + 1842) / 3 = 1843 \text{ mm}$

Απόσταση Σκόπευσης
 $= (2098 - 1588) \times 0.1 = 51 \text{ m}$

Υψομετρική διαφορά
σημείου αφετηρίας- πρώτο ενδιάμεσο σημείο
 $= 1843 - 1179 = 664 \text{ mm}$

Αναγνώσεις στη σταδία
(ΑΝΩ, ΚΑΤΩ, ΜΕΣΗ)

Σημείο Σκόπευσης

Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ Η (m)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ	Μ.Ο.		
R94	1842	2098	1588	1843	51					31.171
	1641	1868		1641	45	1179	1462	1179	57	31.835
		1414					895			
	1700	1960		1700	52	1157	1412	1156	51	32.320
		1439					899			
R95	1060	1261		1060	40	916	1109	916	39	33.104
		860					723			
	1210	1430		1210	44	1223	1461	1223	48	32.941
		989					984			
	1518	1780		1518	53	1463	1708	1463	49	32.688
		1255					1219			
	1375	1599		1374	45	1564	1841	1564	55	32.642
		1149					1287			
R96						982	1133	982	30	33.034
							831			

Οπίσθιοσκοπεύσεις Εμπροσθιοσκοπεύσεις Θετικές υψομετρικές διαφορές Αρνητικές υψομετρικές διαφορές

Υψόμετρο Αφετηρίας

Ενδιάμεσα υψόμετρα

Τελικό υψόμετρο

Σχήμα 6.15: Τα διάφορα πεδία του εντύπου χωροστάθμησης.

Κεφάλαιο 7 Μετρήσεις πεδίου και επεξεργασία

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει τους τρόπους και τη θέση των σημείων που μετρήθηκαν όπως επίσης και όλα τα στάδια επεξεργασίας των δορυφορικών και υψομετρικών δεδομένων που προέκυψαν κατά τις μετρήσεις. Περιγράφει τα στάδια προετοιμασίας και επιλογής των γεωτρήσεων που μελετήθηκαν και στο τελευταίο του τμήμα περιλαμβάνει πληροφορίες για τις γεωτρήσεις που μελετήθηκαν καθώς και τη σειρά επεξεργασίας που οδήγησε στη προσέγγιση του απόλυτου υψομέτρου για κάθε κεφαλή γεώτρησης και κατ' επέκταση σε κάθε στάθμη υδάτων εφόσον συμπεριλήφθηκε και η μέτρηση ύψους στάθμης ύδατος με τη χρήση ειδικού σταθμήμετρου.



Σχήμα 7.1: Ονόματα και θέσεις γεωτρήσεων που μελετήθηκαν. (www.googleearth.com)

7.1 Προετοιμασία μετρήσεων

Πρωταρχική ενέργεια πριν την διεξαγωγή οποιασδήποτε μέτρησης ήταν η συγκέντρωση όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών για όλες τις καταγεγραμμένες γεωτρήσεις που υπάρχουν στον νομό. Οι πληροφορίες αυτές συλλέχτηκαν σε συνεργασία με το Τμήμα Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας περιφερειακής ενότητας Χανίων. Αποκτήθηκαν δεδομένα για τη θέση το βάθος και τα ύψη από όλες τις μετρήσεις στάθμης υδάτων που είχαν καταγραφεί στις γεωτρήσεις του νομού από τη κατασκευή τους μέχρι σήμερα.

7.1.1 Επιλογή γεωτρήσεων

Ο συνολικός αριθμός των διαθέσιμων γεωτρήσεων υπερέβαινε κατά πολύ τον εκτιμώμενο αριθμό μελέτης για τη παρούσα εργασία, έτσι διαμορφώθηκαν κάποια κριτήρια επιλογής των γεωτρήσεων που τελικά μετρήθηκαν. Ακολουθούν τα κριτήρια επιλογής των γεωτρήσεων που μελετήθηκαν :

- Ως πρώτο κριτήριο διάκρισης, χρησιμοποιήθηκε η παραγωγικότητα των γεωτρήσεων τη τελευταία δεκαπενταετία. Γεωτρήσεις των οποίων η παραγωγικότητα είχε μειωθεί σε σχέση με

την αρχική τους παροχή είτε η χρήση τους είχε περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό δεν προσμετρήθηκαν καθώς θεωρήθηκαν δευτερεύουσας σημασίας.

- Ως δεύτερο κριτήριο επιλογής και έπειτα από την εφαρμογή του παραπάνω κρίθηκε η συχνότητα και ο αριθμός των διαθέσιμων μετρήσεων στάθμης από το 2000 μέχρι και σήμερα. Ο παράγοντας αυτός αποτελεί και δείκτη χρησιμότητας της εκάστοτε γεώτρησης από τις αρμόδιες αρχές.
- Το τρίτο κριτήριο σχετίζεται με τη προσβασιμότητα θέσης των γεωτρήσεων. Αποκλείστηκαν από τη μελέτη γεωτρήσεις που βρίσκονταν σε δύσβατα και απρόσιτες περιοχές. Αποκλείστηκαν επίσης ιδιωτικές γεωτρήσεις σε περιφραγμένους χώρους λόγω άρνησης της επίσκεψης από τους ιδιοκτήτες.
- Το επόμενο κριτήριο επιλογής σχετιζόταν με την απόσταση των γεωτρήσεων από τις θαλάσσιες ακτές του νομού. Προτιμήθηκαν γεωτρήσεις που βρίσκονται πλησιέστερα στις ακτές καθώς η μελέτη τους θα συνέβαλε στην προσπάθεια εκτίμησης και παρατήρησης του φαινομένου της υφαλμύρινσης που εκδηλώνεται και εξελίσσεται σε παράκτιους υδροφορείς που υπεραντλούνται.
- Συμπληρωματικά, προστέθηκε και ένα κριτήριο κάλυψης μεγαλύτερης επιφάνειας του νομού από σημεία (γεωτρήσεις) για την ομαλότερη κατανομή της επιφάνειας του νομού σε μοντέλα που κατασκευάστηκαν, έτσι προστέθηκαν ολιγάριθμες γεωτρήσεις στο ηπειρωτικό τμήμα του νομού.

Το αρχείο γεωτρήσεων αρχικά περιελάμβανε 700 καταγεγραμμένες γεωτρήσεις, με πληροφορίες για τη θέση, την ημερομηνία κατασκευής καθώς και δεδομένα μετρήσεων για όσες από αυτές υπήρχαν. Από αυτές επιλέχθηκαν αρχικά 60 γεωτρήσεις για διερεύνηση. Τα παραπάνω κριτήρια επιλογής όμως περιόρισαν τον τελικό αριθμό σε 29 γεωτρήσεις και ένα πηγάδι.

7.1.2 Προετοιμασία εξοπλισμού

Πριν την επίσκεψη στο πεδίο έγινε ο απαραίτητος έλεγχος των δεκτών και του εξοπλισμού. Αρχικά για την επίσκεψη στις θέσεις των γεωτρήσεων χρησιμοποιήθηκε αυτοκίνητο τύπου 4x4 για την διευκόλυνση της πρόσβασης όσο το δυνατό πλησιέστερα στις γεωτρήσεις. Προμήθεια και έλεγχος όλων των απαραίτητων εργαλείων που πιθανώς θα φαινόταν χρήσιμα στη διαδικασία της μέτρησης, όπως κάβουρες, αξίνες λιπαντικά σπρέι μετάλλων, γάντια, κατσαβίδια, κόπτες συρμάτων κ.α. Χρησιμοποιήθηκε επίσης ένα σταθμήμετρο υδάτων μετροταινίας μήκους 200μ (Σχήμα 7.2). το οποίο παρείχε η περιφερειακή ενότητα Χανίων, όπου επίσης ελέγχθηκε για την κατάσταση και την επάρκεια διάρκειας της μπαταρίας του. Σε αρκετές περιπτώσεις η κεφαλή της γεώτρησης βρισκόταν κάτω από πυκνά φυλλώματα δέντρων είτε εντός οικημάτων, καθιστούσε αδύνατη την εγκατάσταση του δέκτη στη κορυφή της γεώτρησης καθώς για την ορθότερη διεξαγωγή μετρήσεων θα έπρεπε να υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ δέκτη και δορυφόρου.

Για την αποφυγή αυτού του σφάλματος μέτρησης, ο δέκτης τοποθετούνταν κάποια μέτρα μακριά από τη γεώτρηση σε σημείο όπου η οπτική επαφή με το δορυφόρο ήταν ανεμπόδιστη. Η πιθανή υψομετρική διαφορά του σημείου εγκατάστασης από τη κεφαλή της γεώτρησης υπολογίζονταν με τη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης που προαναφέρθηκε. Για τη γεωμετρική χωροστάθμηση χρησιμοποιήθηκαν ένας χωροβάτης TOPCON AT-G3 δύο τρίποδα της ίδιας εταιρίας και ένας αναπτυσσόμενος βαθμονομημένος κανόνας (σταδία).



Σχήμα 7.2 : Σταθμόμετρο

Για τις μετρήσεις GNSS χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι δεκτών. Ένας δέκτης δύο συχνοτήτων GPS τύπου SMART 6200 με κεραία NOV600 που χρησιμοποιήθηκε στη πλειοψηφία των περιπτώσεων και ένας δέκτης χειρός μίας συχνότητας MAGELLAN PROMARK-2 με κεραία της εταιρίας LEICA μοντέλου AX 1202 GG που χρησιμοποιήθηκε μία φορά ως αντικαταστάτης του πρώτου.

Ελέγχθηκαν οι μπαταρίες των δεκτών, καθώς οι μετρήσεις στο πεδίο θα ήταν πολύωρες. Έγινε έλεγχος αν μπορούν να καταγραφούν δεδομένα σε αρχείο RINEX για να μπορεί να γίνει αργότερα η κατάλληλη επεξεργασία των μετρήσεων. Η αποθήκευση των δεδομένων σε μορφή RINEX (Receiver Independent Exchange Format) είναι πολύ σημαντική καθώς είναι το διεθνώς αποδεκτό πρότυπο παρατηρήσεων GNSS και δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να κάνει την επεξεργασία των δεδομένων σε οποιοδήποτε λογισμικό GPS. Στη συνέχεια έγινε ο κατάλληλος προγραμματισμός των δεκτών ώστε να καταγράφουν σε σχετικό στατικό εντοπισμό και οι μετρήσεις τους να καταγράφονται στην μνήμη των δεκτών. Αυτό έγινε για την εύρυθμη λειτουργία τους και για να μην υπάρχουν προβλήματα και καθυστερήσεις στο πεδίο. Τέλος στην προετοιμασία της διεξαγωγής των μετρήσεων θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις όπου η γεώτρηση βρισκόταν σε περιφραγμένο χώρο απαιτήθηκε επικοινωνία με τους κατόχους πριν τη διεξαγωγή της μέτρησης.

7.2 Διαδικασία μετρήσεων

Μετά την επιλογή των γεωτρήσεων και της χρονικής σειράς μελέτης τους, κατά την άφιξη στο πεδίο ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα για την ολοκλήρωση της εκάστοτε μέτρησης.

- Εντοπισμός της κεφαλής της γεώτρησης και του πιεζομετρικού σωλήνα.
- Έλεγχος για τυχόν προβλήματα σχετικά με τη μέτρηση της στάθμης. πχ. σκουριασμένα πώματα πιεζομέτρων είτε περίφραξη γύρω από τη γεώτρηση.
- Καταγραφή κατάστασης λειτουργίας αντλίας γεώτρησης, για το αν βρισκόταν υπό άντληση κατά τη διάρκεια της μέτρησης.
- Μέτρηση και καταγραφή του ύψους στάθμης της γεώτρησης με τη χρήση του ηλεκτρονικού σταθμόμετρου.
- Εύρεση σημείου εγκατάστασης κεραίας GPS με ανεμπόδιση από αντικείμενα οπτική επαφή μεταξύ δορυφόρου-κεραίας.
- Εγκατάσταση και οριζόντιωση του τρικόχλιου έδρασης της κεραίας του GPS με τη χρήση της σφαιρικής αεροστάθμης, σε σταθερό έδαφος.
- Προγραμματισμός του δέκτη για την λήψη μετρήσεων GNSS με ρυθμό καταγραφής ανά δυο δευτερόλεπτα και διάρκεια μετρήσεων για διάστημα όχι μικρότερο των 45 λεπτών.
- Στο διάστημα της μέτρησης διεξαγόταν, όπου ήταν απαραίτητη, γεωμετρική χωροστάθμιση για τον υπολογισμό της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του σημείου αναφοράς της κεραίας GNSS (ARP, Antenna Reference Point) και της κεφαλής της γεώτρησης.
- Μετά το πέρας κάθε μέτρησης ελέγχονταν τα αρχεία των μετρήσεων και τα όργανα τοποθετούνταν στις θήκες αποθήκευσης τους.

Ο χρόνος της διαδικασίας μέτρησης σε κάθε σημείο κυμάνθηκε ανάλογα με τις δυσκολίες που απαντήθηκαν σε κάθε περίπτωση. Ο εντοπισμός κάποιων παροπλισμένων γεωτρήσεων παρά τη γνώση των συντεταγμένων της θέσης τους, αποτέλεσε μια χρονοβόρα διαδικασία καθώς πολλές από αυτές καλύπτονταν από φύλλα και βλάστηση. Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν κατέστη δυνατή η εύρεση τους για τους παραπάνω λόγους. Ο χρόνος παραμονής σε κάποιες γεωτρήσεις ήταν επίσης αυξημένος καθώς χρειάστηκε να γίνει λίπανση ή αφαίρεση σκουριασμένων και κατεστραμμένων πιεζόμετρων.

Μετά την ολοκλήρωση κάθε μέτρησης στο πεδίο έγινε η συμπλήρωση των εντύπων (Σχήμα 7.2) για τις δορυφορικές μετρήσεις και τις πληροφορίες κάθε γεώτρησης με τα απαραίτητα βοηθητικά στοιχεία για κάθε στάση του δικτύου και οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στο παράρτημα της εργασίας.



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____	S/N: _____ NUB03330004
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ: _____		ΚΑΙΡΟΣ: _____		ΣΤΑΔΙΑ: _____						
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	Σο	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	ΣΕ		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

--	--

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

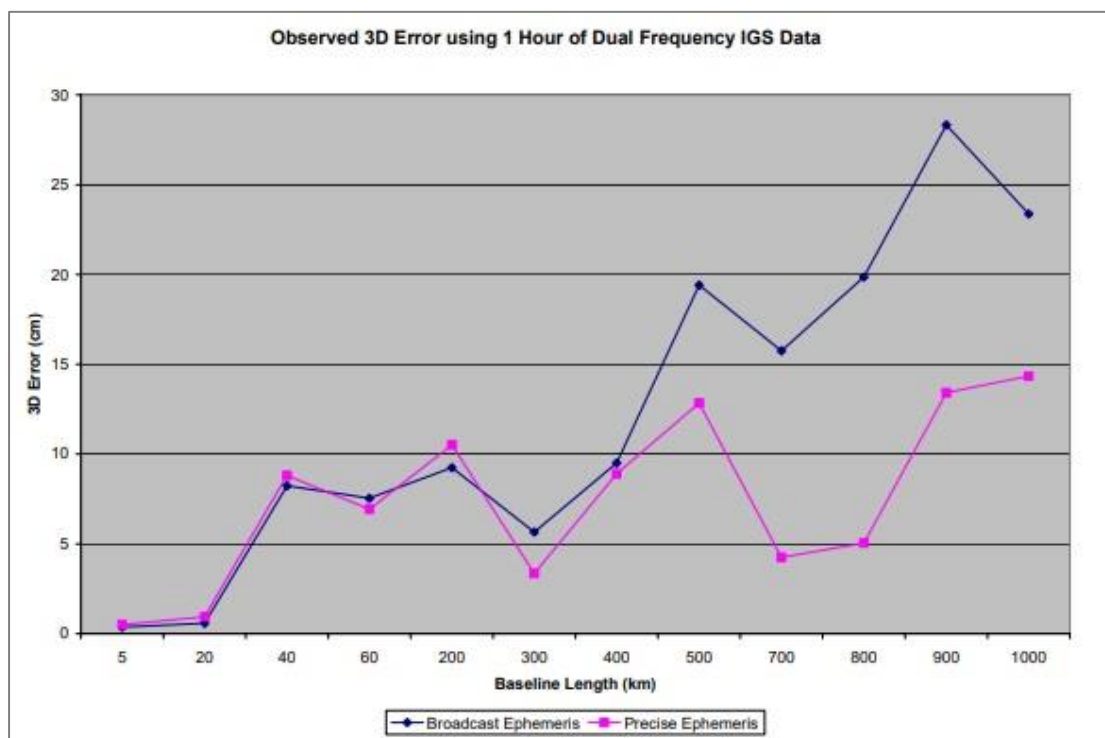
Σχήμα 7.3: Φύλλο μετρήσεων πεδίου

7.3 Επεξεργασία μετρήσεων

Στη συγκεκριμένη εργασία εφαρμόστηκε αποκλειστικά ο σχετικός στατικός (static) προσδιορισμός θέσης σημείου με τη χρήση του Αμερικάνικου συστήματος δορυφορικού εντοπισμού GPS. Ο τύπος των δορυφορικών δεδομένων που συλλέχτηκαν ήταν της μορφής RINEX όπως προαναφέρθηκε. Η επίλυση των γεωδαιτικών βάσεων μεταξύ των σταθμών αναφοράς και των σημείων στις γεωτρήσεις πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού GNSS Solutions. Η επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού έγινε καθώς αποτελεί ένα πλήρες πακέτο εφαρμογών ικανών για την επιτυχή επίλυση δεδομένων που προέρχονται από όλα τα δορυφορικά συστήματα (GPS, GLONASS, SBAS). Επιτρέπει το σχεδιασμό και την πρόβλεψη των μετρήσεων (Mission Planning), την επεξεργασία των δεδομένων, τον έλεγχο ποιότητας των επιλύσεων αλλά και την μετατροπή των πρωτογενών παρατηρήσεων των δεκτών σε μορφή RINEX. (<http://www.spectraprecision.com/gnssolutions.html>)

7.3.1 Επιλογή σημείων αναφοράς

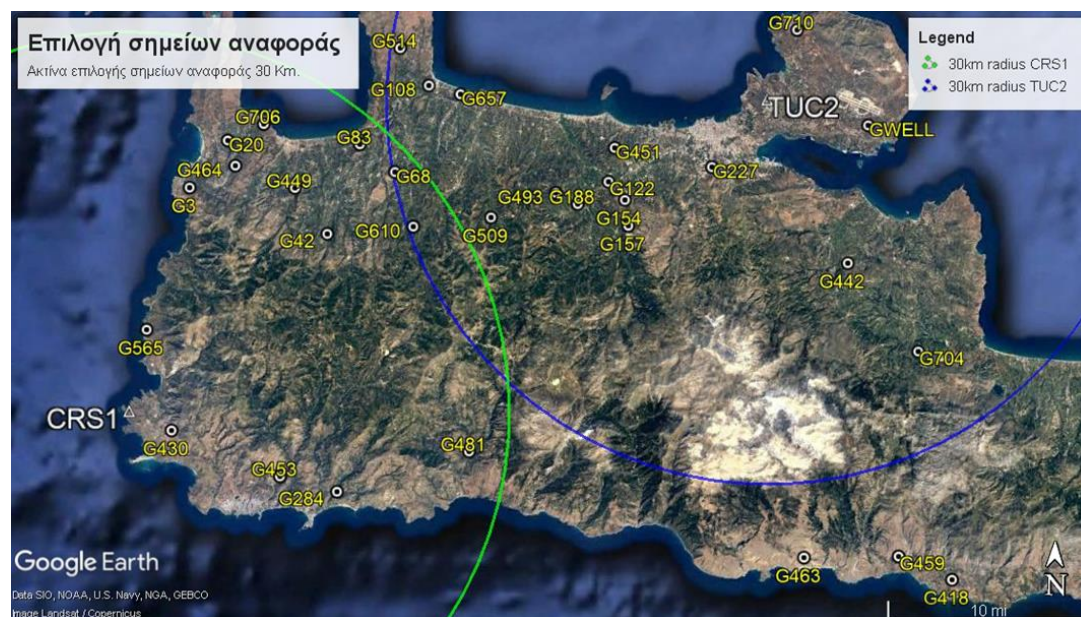
Η επιλογή των σημείων αναφοράς για την επίλυση και τον προσδιορισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων για την εκάστοτε γεώτρηση έγινε με κριτήριο την χιλιομετρική απόσταση μεταξύ της θέσης των γεωτρήσεων και της θέσης των σημείων αναφοράς. Η μέγιστη απόσταση γεώτρησης και σημείου αναφοράς υπολογίστηκε σε περίπου 50 χλμ. Για την τελική επιλογή της μέγιστης απόστασης σημείου αναφοράς-γεώτρησης χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα μετρήσεων που φαίνονται παρακάτω. (Σχήμα 7.4)



Σχήμα 7.4: Παρατήρηση σφάλματος επίλυσης τρισδιάστατων συντεταγμένων σε σχέση με την απόσταση από το σημείο αναφοράς.

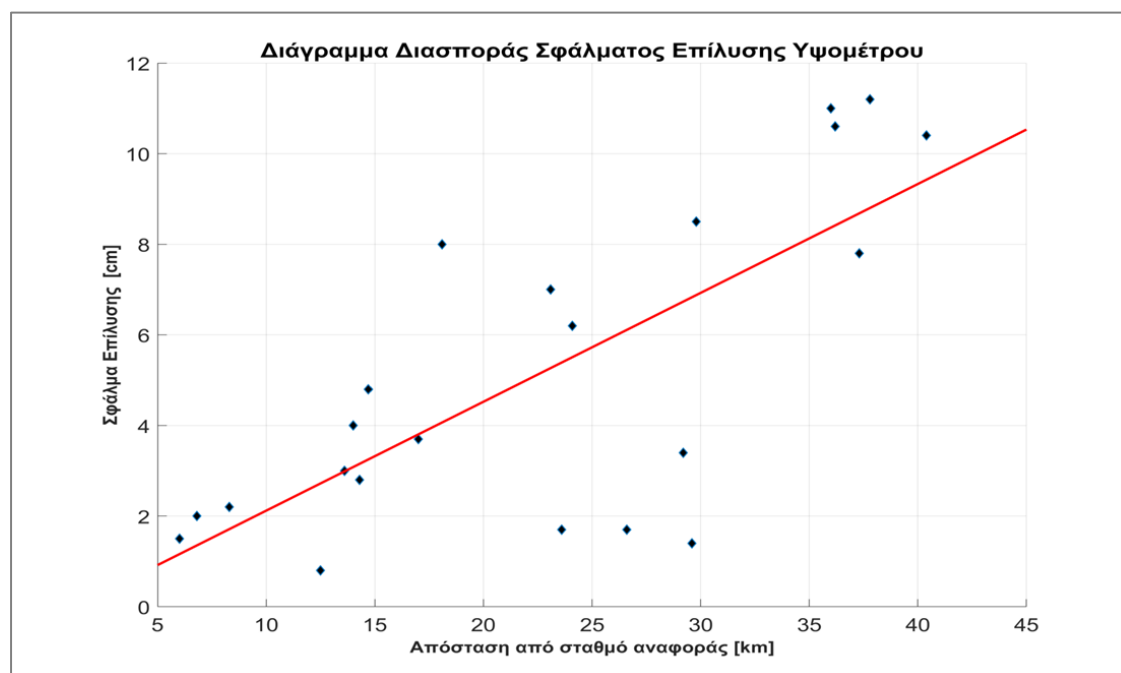
(https://www.novatel.com/assets/Documents/Waypoint/Reports/Static_Accuracies.pdf)

Ως μέγιστη απόσταση σημείου αναφοράς-γεώτρησης επιλέχθηκαν τα 30 χλμ. Σε αυτή την απόσταση κάθε ένα από τα δυο σημεία αναφοράς καλύπτει επαρκή αριθμό γεωτρήσεων και το όριο του σφάλματος επίλυσης βρίσκεται σε αποδεκτό επίπεδο.



Σχήμα 7.5 : Μέγιστη απόσταση σημείου αναφοράς – γεωτρήσης ορισμένη σε κύκλους ακτίνας 30χλμ. με κέντρο τα σημεία αναφοράς.

Κατά το πέρας της επεξεργασίας, κατασκευάστηκε διάγραμμα σφάλματος επίλυσης του υψομέτρου σε σχέση με την απόσταση του σημείου από το σημείο αναφοράς του. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα πειραματικά δεδομένα που αποκτήθηκαν από την επίλυση των 30 γεωτρήσεων που μελετήθηκαν σε αυτή την εργασία.



Σχήμα 7.6 : Διάγραμμα διασποράς σφάλματος επίλυσης υψομέτρου των 30 γεωτρήσεων σε σχέση με την απόσταση από το σταθμό αναφοράς.

7.3.1 Επίλυση στα γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς WGS-84 και ΕΓΣΑ-87

Η περίοδος των μετρήσεων πεδίου πραγματοποιήθηκε σε 12 ημέρες μέσα στο διάστημα ενός μήνα από 09/06/17 έως και 15/07/17. Για την επίλυση των γεωτρήσεων στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα WGS-84 και στο ελληνικό ΕΓΣΑ-87 αρχικά έγινε προσδιορισμός των καρτεσιανών συντεταγμένων του TUC2 και του CRS1 για την περίοδο των μετρήσεων χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες καθώς και τις ταχύτητες μετακίνησης του σημείου σε ITRF2008 (Πίνακες 7.1 και 7.2).

Πίνακας 7.1: Προσδιορισμός των καρτεσιανών συντεταγμένων του TUC2 και του CRS1 στο ITRF-2008 για την περίοδο μετρήσεων.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Z (m)	VX (m/yr)	VY (m/yr)	VZ (m/yr)	Epoch
TUC2	4744543.799	2119411.977	3686258.800	0.003	0.0096	-0.0103	2013.5
	4744543.811	2119412.015	3686258.700				2017.5
CRS1	4778073.854	2079694.171	3665411.038	0.0031	0.0087	-0.0109	2013.5
	4778073.867	2079694.205	3665410.995				2017.5

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε μετατροπή των καρτεσιανών συντεταγμένων σε γεωδαιτικές συντεταγμένες (φ,λ,h).

Πίνακας 7.2: Μετατροπή των καρτεσιανών συντεταγμένων σε γεωδαιτικές.

Σημείο	Φ	Λ	h (m) Γεωμετρικό υψόμετρο
TUC2	24° 04' 14.01621"	35° 31' 59.48113"	160.887
CRS1	23° 31' 17.26502"	35° 18' 12.64737"	21.203

7.3.2 Στάδια υπολογισμού απόλυτου υψομέτρου στάθμης υδάτων

Για τον υπολογισμό του απόλυτου υψομέτρου στάθμης υπόγειων υδάτων στις γεωτρήσεις που μελετήθηκαν στο νομό Χανίων ακολουθήθηκαν 4 στάδια επεξεργασίας.

- Αρχικά έγινε επίλυση του κάθε σημείου ως προς το πλησιέστερο σημείο αναφοράς. Συλλέχθηκαν τα δορυφορικά δεδομένα GNSS και επιλύθηκαν τα σημεία γεωτρήσεων ως προς τα πλησιέστερα σημεία αναφοράς για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων και του υψομέτρου (γεωμετρικού) της θέσης του GPS έχοντας συμπεριλάβει και αφαιρέσει το ύψος της κεραίας του GPS στο λογισμικό επίλυσης.
- Εν συνεχεία υπολογίστηκε το απόλυτο (ορθομετρικό) υψόμετρο μεταξύ του σημείου του GPS και της επιφάνειας της ΜΣΘ (Μέση Στάθμη Θάλασσας) για κάθε γεώτρηση με τη χρήση της σχέσης (3.1). Το υψόμετρο του Γεωειδούς (N) για τη περιοχή της κάθε γεώτρησης δόθηκε από το παγκόσμιο βαρυτικό μοντέλο του EGM2008 (http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/egm08_wgs84.html).
- Υψομετρική διόρθωση σημείου. Περιλαμβάνει τον υπολογισμό και την αφαίρεση της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του σημείου εγκατάστασης του τριπόδου της κεραίας του

GPS και του σημείου έδρασης (εξέδρα) της κεφαλής της γεώτρησης με τη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης. Η διόρθωση αυτή δεν εφαρμόστηκε σε όλες τις γεωτρήσεις καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις οι συνθήκες επέτρεπαν την εγκατάσταση της κεραίας ακριβώς πάνω στην εξέδρα της γεώτρησης και όχι σε κάποιο απομακρυσμένο σημείο. Σε αυτό το σημείο προσδιορίστηκε το απόλυτο υψόμετρο (ορθομετρικό) από την επιφάνεια έδρασης τη Γεώτρησης και την επιφάνεια της ΜΣΘ.

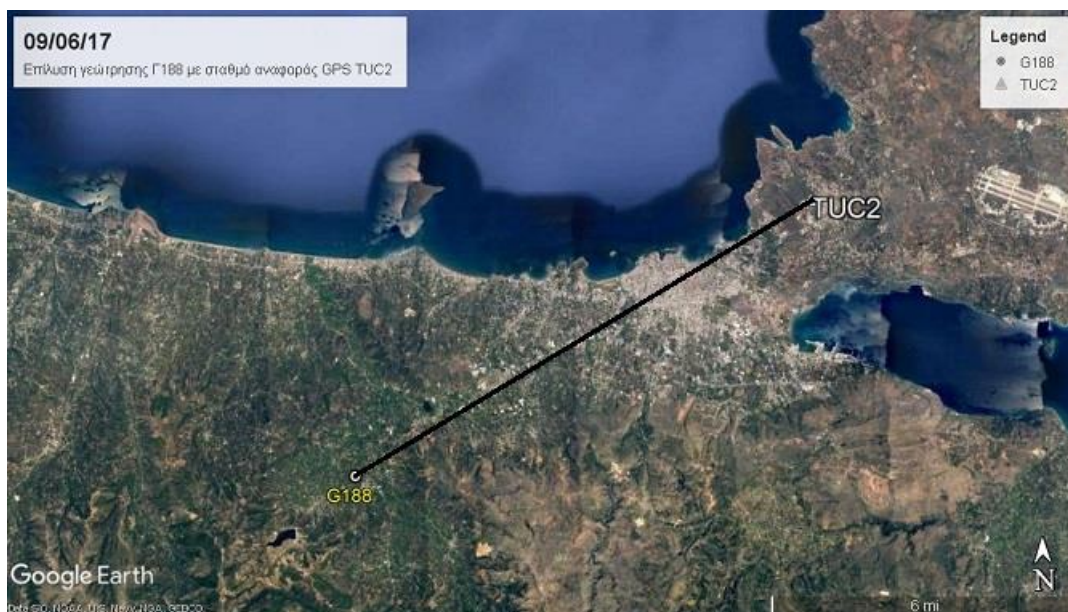
- Το *τέταρτο* και τελικό στάδιο επεξεργασίας, περιλαμβάνει την προσθήκη του ύψους του πιεζομετρικού σωλήνα κάθε γεώτρησης (R) από την εξέδρα και την αφαίρεση του βάθους στάθμης υδάτων που μετρήθηκε για κάθε περίπτωση, για να προσδιοριστεί τελικά το απόλυτο υψόμετρο στάθμης υδάτων σε σχέση με τη επιφάνεια της ΜΣΘ.

Το ύψος της κεραίας υπολογίστηκε για κάθε μέτρηση GPS και τα ύψη για κάθε γεώτρηση παρατίθενται στα Φύλλα Μέτρησης Πεδίου στο παράρτημα της εργασίας.

Παρακάτω ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση των παραπάνω βημάτων επεξεργασίας που ακολουθήθηκαν για τη γεώτρηση Γ188. Πλήρης ανάλυση των βημάτων παρουσιάζεται μόνο για την γεώτρηση Γ188 ενδεικτικά καθώς αποτελεί την πρώτη γεώτρηση που μετρήθηκε και στην οποία εφαρμόστηκε και Γεωμετρική Χωροστάθμηση. Στις επόμενες γεωτρήσεις δεν θα παρατεθούν αναλυτικά τα βήματα μέχρι τον προσδιορισμό του απόλυτου υψομέτρου της στάθμης των υπόγειων υδάτων καθώς η διαδικασία ήταν παραπλήσια.

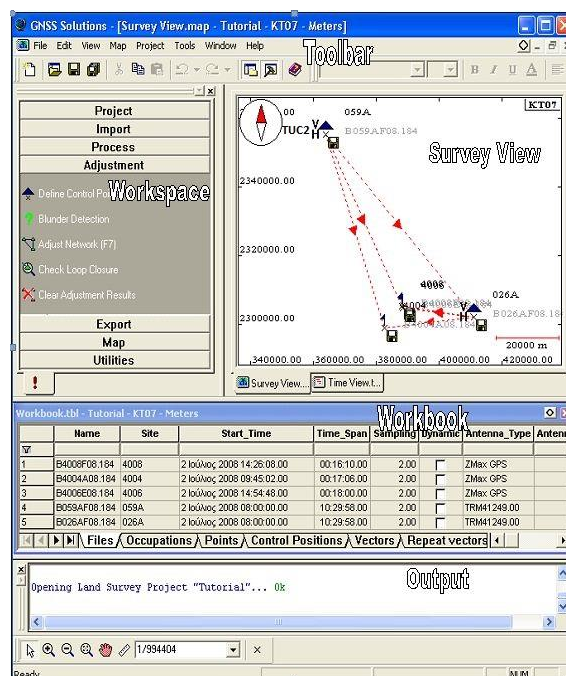
Διαδικασία υπολογισμού απόλυτου υψομέτρου στάθμης

Την πρώτη ημέρα στις 09/06/17 έγινε μέτρηση στη Γεώτρηση Γ188 στη περιοχή του Αλικιανού.



Σχήμα 7.7 : Επίλυση γεώτρησης Γ188 με σημείο αναφοράς το TUC2.

Το **πρώτο στάδιο** επεξεργασίας, περιλάμβανε την συλλογή των δορυφορικών δεδομένων GNSS της Γεώτρησης, την επιλογή του πλησιέστερου σταθμού αναφοράς GPS που ήταν ο TUC2 (Σχήμα 7.3) και την επίλυση του σημείου της γεώτρησης ως προς τον σταθμό αναφοράς με τη χρήση του λογισμικού GNSS Solutions (Σχήμα 7.4).



Σχήμα 7.8 : Επιφάνεια εργασίας GNSS Solutions

Η διαδικασία επίλυσης για κάθε σημείο αποτελείται από την επιλογή του πλησιέστερου σταθμού αναφοράς GPS, την εισαγωγή του ύψους της κεραίας και την επίλυση αρχικά με χρήση του ελλειψοειδούς WGS-84. Η δεύτερη επίλυση βασίζεται στο ελληνικό χαρτογραφικό σύστημα

συντεταγμένων ΕΓΣΑ-87 που χρησιμοποιεί το γεωδαιτικό Datum EGM2008 και σαν γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς το GRS80. Στους πίνακες 7.3 και 7.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αντίστοιχων επιλύσεων. Αναλυτικές πληροφορίες για την επίλυση όλων των σημείων περιλαμβάνονται στις τεχνικές αναφορές επιλύσεων (Land Survey Overviews) του λογισμικού GNSS Solutions που παρατίθενται στο παράρτημα, στο τέλος της εργασίας.

Πίνακας 7.3: Επίλυση-υπολογισμός της γεώτρησης Γ188 στο WGS-84.

Αποτελέσματα επίλυσης				Ακρίβεια επίλυσης		
Σημεία	φ	λ	h (m)	Σnorth (m)	Σeast (m)	Σh (m)
TUC2	24° 04' 14.01621"E	35° 31' 59.48113"N	160.887			
S188	23° 54' 29.30107"E	35° 27' 26.41619"N	70.110	0.024	0.019	0.050

Πίνακας 7.4: Επίλυση-υπολογισμός της γεώτρησης Γ188 στο ΕΓΣΑ-87.

Αποτελέσματα επίλυσης				Ακρίβεια επίλυσης		
Σημεία	x	y	H (m)	Σx (m)	Σy (m)	ΣH (m)
TUC2	506247.029	3931888.977	137.944			
S188	491514.763	3923478.218	48.660	0.027	0.035	0.037

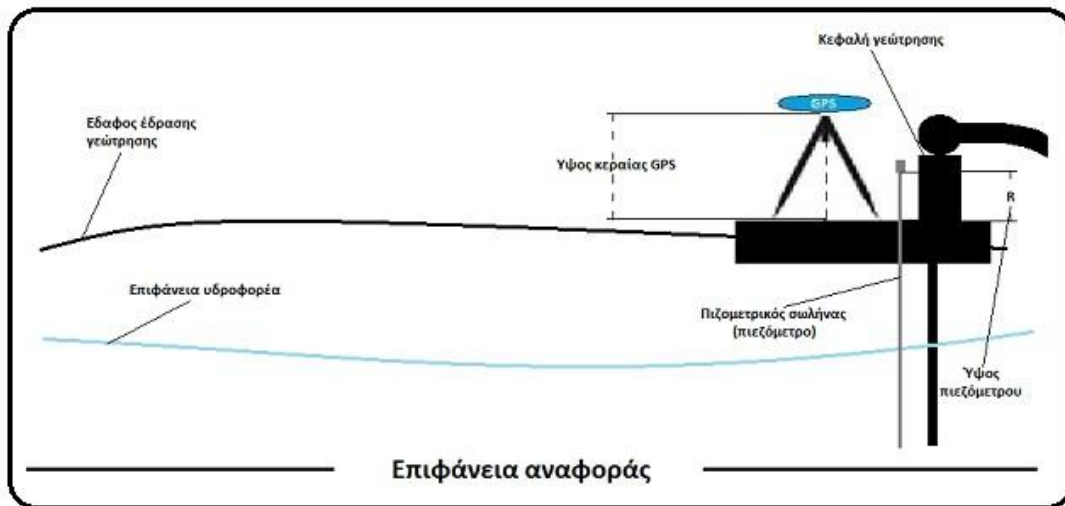
Η κοντινή απόσταση του σημείου (Γ188) από το σημείο αναφοράς σε αυτή όπως και σε παραπλήσιες περιπτώσεις έδωσε μεγάλη ακρίβεια στην επίλυση και ικανοποιητικά μικρά σφάλματα της τάξης των 5 cm ακόμη και στον υπολογισμό του ύψους από το ελλειψοειδές αναφοράς.

Στο **δεύτερο στάδιο** επεξεργασίας προσδιορίστηκε το απόλυτο (ορθομετρικό) υψόμετρο $H(m)$ μεταξύ του σημείου που βρισκόταν το GPS και της επιφάνειας της ΜΣΘ (Μέση Στάθμη Θάλασσας) για κάθε γεώτρηση με τη χρήση της σχέσης (3.1). Το Γεωμετρικό υψόμετρο $h(m)$ του σημείου του GPS στη γεώτρηση Γ188 προσδιορίστηκε σε 70.110 m. Το υψόμετρο του Γεωειδούς $N(m)$ για την θέση της γεώτρησης έχει υπολογιστεί σε 22.318 m. Τελικά με τη χρήση της σχέσης (3.1) όπου $h = H + N$ προσδιορίστηκε το $H = 47.848$ m.

Στο **τρίτο στάδιο** επεξεργασίας υπολογίστηκε και αφαιρέθηκε η υψομετρική διαφορά του σημείου εγκατάστασης του GPS και της εξέδρας της γεώτρησης, καθώς στις περιπτώσεις όπου οι συνθήκες δεν επέτρεπαν την εγκατάσταση του GPS στην εξέδρα της γεώτρησης (Σχήμα 7.9) όπως στη περίπτωση της Γ188 εφαρμόστηκε η μέθοδος της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης για τον υπολογισμό αυτής της υψομετρικής διαφοράς,

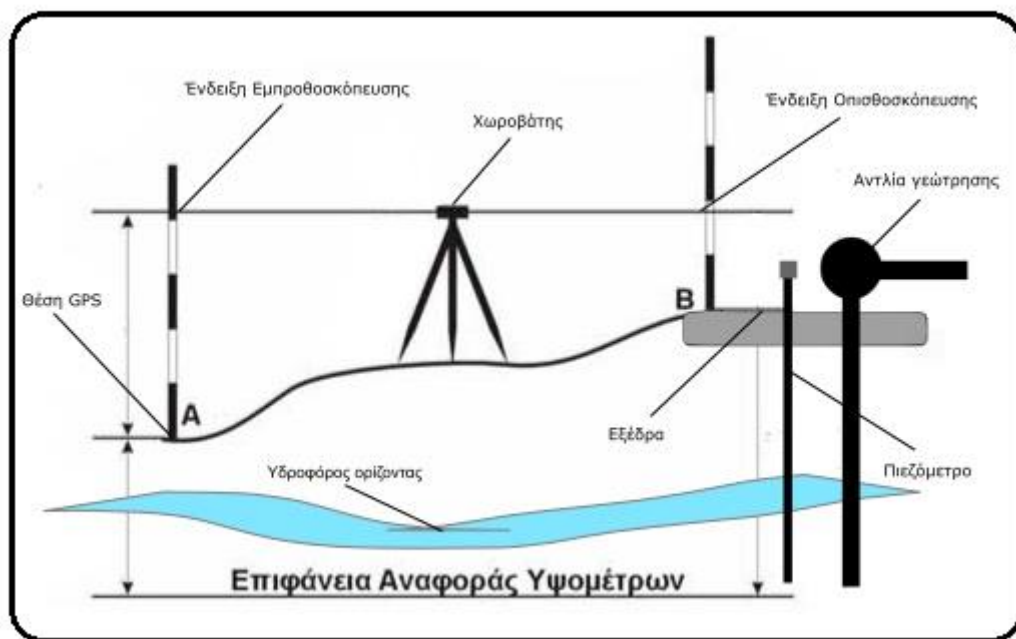


Σχήμα 7.9 : Τσιμεντένια εξέδρα γεώτρησης.



Σχήμα 7.10. : Εγκατάσταση κεραίας GPS στη κεφαλή της γεώτρησης.

Στη Γ188 η κεφαλή της γεώτρησης καλυπτόταν από ένα δέντρο μεγάλου ύψους και πυκνού φυλλώματος που καθιστούσε αδύνατη την εγκατάσταση της κεραίας στην εξέδρα της γεώτρησης καθώς δεν υπήρχε οπτική επαφή μεταξύ δέκτη GPS και δορυφόρου για τη διεξαγωγή της μέτρησης. Έτσι το GPS εγκαταστάθηκε σε παραπλήσιο δρόμο η θέση της οποίας βρισκόταν σε διαφορετικό υψόμετρο από αυτό της γεώτρησης. Για τον υπολογισμό αυτής της διαφοράς αρχικά εγκαταστάθηκε ο χωροβάτης σε σημείο μεταξύ της γεώτρησης και του GPS, το οποίο προϋπέθετε την οπτική επαφή μεταξύ αυτού και της γεώτρησης ταυτόχρονα όμως και την οπτική επαφή μεταξύ χωροβάτη και GPS (Σχήμα 7.11).



Σχήμα 7.11 : Υψομετρική διόρθωση μεταξύ θέσης GPS και εξέδρας γεώτρησης.

Μετά το πέρας της διεξαγωγής της μέτρησης αφαιρέθηκε το GPS από το σημείο μέτρησης, το οποίο σημειώθηκε για να τοποθετηθεί η σταδία ακριβώς στη θέση που βρισκόταν το GPS.

Αρχικά η σταδία τοποθετήθηκε στην εξέδρα της γεώτρησης (σημείο Β) όπου η σκόπευση με το χωροβάτη έδωσε τις τιμές παρατήρησης για την οπισθοσκόπευση (Πίνακας 7.5)

Οι τιμές ΑΝΩ ΚΑΤΩ και ΜΕΣΗ αναφέρονται στην παρατήρηση της σταδίας μέσω του χωροβάτη και ο Μ.Ο. αφορά το μέσο όρο των ακραίων παρατηρήσεων για να διαπιστωθεί το μέγεθος της απόκλισης μεταξύ της μέσης παρατήρησης και του μέσου όρου των ακραίων, τιμές που θεωρητικά θα ήταν ίδιες αν εξαλείφονταν τα σφάλματα χωροστάθμησης που αναφέρθηκαν στο 6ο κεφάλαιο.

Πίνακας 7.5. : Ενδείξεις εμπροσθοσκόπευσης και υπολογισμός μέσου όρου ακραίων παρατηρήσεων

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ: _____TOPCON G3_____					ΚΑΙΡΟΣ: _____ΑΙΘΡΙΟΣ_____			ΣΤΑΔΙΑ: _____ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ_____		
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Se		
		ΚΑΤΩ				ΚΑΤΩ				
G188	1676	1707	1675.75							
		1644								
S188					1703	1733	1702.75			
						1672				

Στη συνέχεια η σταδία τοποθετήθηκε στο σημείο (Α) που ήταν εγκατεστημένη η κεραία για την καταγραφή των ενδείξεων της εμπροσθοσκόπευσης με την ίδια διαδικασία υπολογισμού όπως και στην οπισθοσκόπευση (Σχήμα 7.11)

Τέλος, υπολογίστηκε η διαφορά ύψους (ΔH) μεταξύ των δύο σημείων από την αφαίρεση των Μ.Ο. μεταξύ της οπισθοσκόπευσης και της εμπροσθοσκόπευσης (Πίνακας 7.6).

Η μονάδα μέτρησης ύψους στην Γεωμετρική Χωροστάθμιση είναι τα χιλιοστόμετρα (mm).

Σε όλες τις υπόλοιπες γεωτρήσεις που εφαρμόστηκε γεωμετρική χωροστάθμιση ο υπολογισμός των υψομετρικών διαφορών υπάρχει στα φύλλα μέτρησης πεδίου και στον Πίνακα Π1 που βρίσκονται στο Παράρτημα, στο τέλος της εργασίας.

Πίνακας 7.6 : Υπολογισμός υψομετρικής διαφοράς ΔH μεταξύ γεώτρησης και θέσης εγκατάστασης κεραίας GPS.

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ										
ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ: <u>TOPCON G3</u>				ΚΑΙΡΟΣ: <u>ΑΙΘΡΙΟΣ</u>				ΣΤΑΔΙΑ: <u>ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ</u>		
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				$\Delta H=O-E$	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	Se		
G188	1676	1707 1644	1675.75							
S188					1703	1733 1672	1702.75		-27	

Το 3ο στάδιο ολοκληρώθηκε με την αφαίρεση της υψομετρικής διαφοράς από το απόλυτο (ορθομετρικό) υψόμετρο $H(m)$ μεταξύ της κεραίας του GPS και της επιφάνειας της ΜΣΘ. Το $H(m)$ μεταξύ ΜΣΘ και επιφάνειας έδρασης γεώτρησης διαμορφώθηκε στα $H= 47.821m$. Κατά την ολοκλήρωση του 3ου σταδίου προσδιορίστηκε το απόλυτο υψόμετρο για την επιφάνεια έδρασης (εξέδρα) της γεώτρησης.

Στο **τέταρτο στάδιο** επεξεργασίας έγινε η αναγωγή του απόλυτου υψομέτρου από την εξέδρα της γεώτρησης ως προς την επιφάνεια υδάτων του υδροφορέα. Το ύψος της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα που βρίσκεται η γεώτρηση Γ188 υπολογίστηκε με σταθμήμετρο μέσω του πιεζομετρικού σωλήνα στα 13.200 m. Ο πιεζομετρικός σωλήνας στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν εξείχε της επιφάνειας έδρασης της γεώτρησης έτσι η απόσταση R (Σχήμα 7.10) μεταξύ πιεζομέτρου και της εξέδρας δεν προστέθηκε στο απόλυτο υψόμετρο στην εξέδρα της γεώτρησης που υπολογίστηκε στο 3ο στάδιο επεξεργασίας. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις το ύψος του πιεζόμετρου δεν ήταν ίδιο με την εξέδρα και προστέθηκε για κάθε γεώτρηση. Από το απόλυτο υψόμετρο στην άκρη του πιεζόμετρου αφαιρέθηκε το βάθος στάθμης για να προκύψει τελικά το απόλυτο υψόμετρο στάθμης υπόγειων υδάτων του υδροφορέα που βρίσκεται η γεώτρηση Γ188 το οποίο ανήλθε σε $H= 34.621m$ από την επιφάνεια της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας.

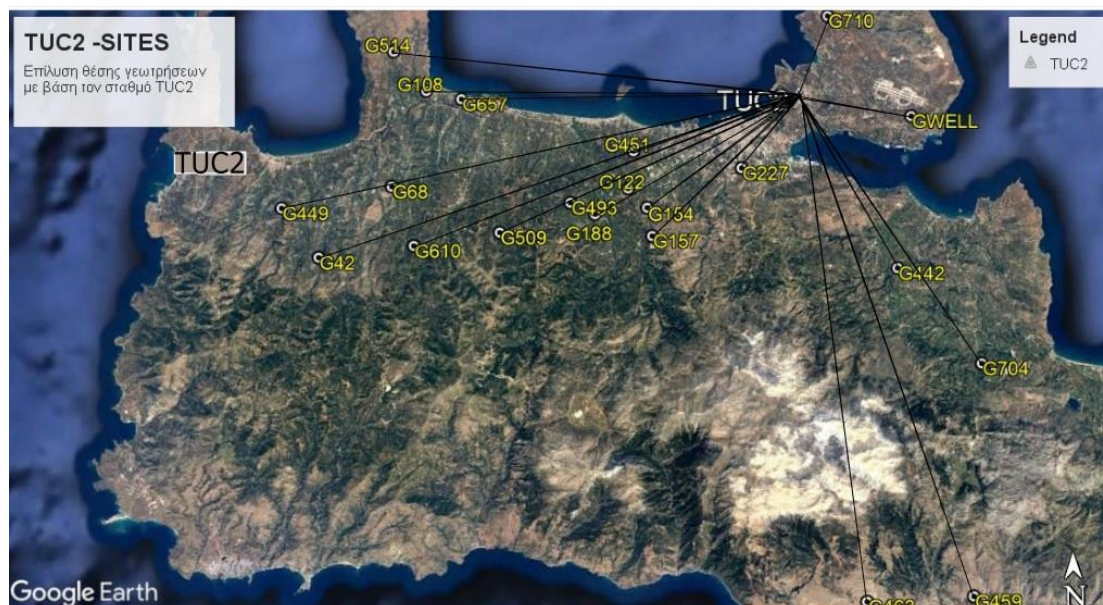
Η μέτρηση στάθμης ήταν υδροστατική καθώς κατά τη διάρκεια της μέτρησης η αντλία της γεώτρησης δεν βρισκόταν σε λειτουργία. Ο βαθμός αξιοπιστίας του ύψους στάθμης ισορροπίας όμως είναι χαμηλός καθώς δεν ήταν γνωστό το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ της τελευταίας άντλησης και της ώρας μέτρησης στάθμης.

Μετά την συλλογή των δεδομένων από μετρήσεις βάθους στάθμης προηγούμενων ετών κατασκευάστηκαν διαγράμματα που παρουσιάζουν την διακύμανση του βάθους στάθμης κάθε

γεώτρησης το οποίο έχει αναχθεί σε απόλυτο υψόμετρο στάθμης βάσει του υπολογισμού του απόλυτου υψομέτρου σε κάθε πιεζόμετρο γεώτρησης.

Η βασική διακρίση στην επεξεργασία των μετρήσεων έγινε με βάση το σταθμό αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση-προσδιορισμό των συντεταγμένων. Αρχικά παρατείνονται τα αποτελέσματα των σταδίων επεξεργασίας για τις 21 γεωτρήσεις που επιλύθηκαν με βάση το TUC2 ως σταθμό αναφοράς και στη συνέχεια τα από αποτελέσματα των σταδίων επεξεργασίας για τις εννέα γεωτρήσεις που επιλύθηκαν με βάση το CRS1 ως σταθμό αναφοράς.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΛΥΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ TUC2



Σχήμα 7.12: Οι γεωτρήσεις που επιλύθηκαν με σταθμό αναφοράς το TUC2.

Προσδιορισμός συντεταγμένων και γεωμετρικού υψομέτρου GPS στο WGS-84

Πίνακας 7.8 :Προσδιορισμός απόλυτων συντεταγμένων στο WGS-84 με βάση το TUC2

Αποτελέσματα επίλυσης				Ακρίβεια επίλυσης			
Σημεία	φ	λ	h (m)	Σx (m)	Σy (m)	Σh (m)	
TUC2	24° 04' 14.01621"E	35° 31' 59.48113"N	160.887				
S188	23° 54' 29.30107"E	35° 27' 26.41619"N	70.166	0.024	0.019	0.05	
S122	23° 56' 05.98687"E	35° 28' 24.38512"N	71.49	0.021	0.03	0.032	
S227	24° 01' 27.20572"E	35° 29' 06.87658"N	52.738	0.009	0.007	0.02	
S154	23° 56' 56.67673"E	35° 27' 38.70031"N	143.733	0.023	0.029	0.03	
S157	23° 57' 08.67427"E	35° 26' 31.00821"N	207.585	0.022	0.011	0.048	
S451	23° 56' 21.91274"E	35° 29' 51.25547"N	95.315	0.029	0.028	0.048	
S493	23° 53' 20.08741"E	35° 27' 53.57965"N	78.989	0.033	0.048	0.051	
S514	23° 45' 03.99426"E	35° 33' 55.04988"N	284.025	0.01	0.01	0.015	
S710	24° 05' 46.92763"E	35° 35' 00.58504"N	43.102	0.007	0.009	0.014	
S108	23° 46' 36.38772"E	35° 32' 20.74967"N	97.015	0.009	0.008	0.013	
S509	23° 49' 58.75867"E	35° 26' 47.65055"N	187.907	0.004	0.004	0.008	
S610	23° 45' 56.13564"E	35° 26' 20.39115"N	410.976	0.043	0.07	0.08	
S042	23° 41' 27.34637"E	35° 25' 56.78370"N	116.51	0.049	0.043	0.105	
S068	23° 44' 55.39974"E	35° 28' 38.71819"N	194.013	0.04	0.041	0.085	

S449	23° 39' 43.53325"E	35° 27' 52.73630"N	98.381	0.063	0.079	0.08
S657	23° 48' 17.67759"E	35° 31' 59.72431"N	27.277	0.042	0.049	0.05
WELL	24° 09' 34.42065"E	35° 31' 00.44569"N	192.882	0.013	0.013	0.022
S418	24° 14' 20.71442"E	35° 11' 45.24688"N	53.102	0.062	0.069	0.103
S442	24° 08' 37.78522"E	35° 25' 08.12146"N	131.457	0.026	0.019	0.037
S459	24° 11' 34.59913"E	35° 12' 43.63642"N	196.381	0.065	0.077	0.078
S463	24° 06' 36.58973"E	35° 12' 35.80091"N	408.342	0.051	0.077	0.081
S704	24° 12' 23.00433"E	35° 21' 26.03921"N	183.965	0.031	0.027	0.070

Προσδιορισμός συντεταγμένων και γεωμετρικού υψομέτρου GPS στο ΕΓΣΑ-87

Πίνακας 7.9 : Προσδιορισμός απόλυτων συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ-87 με βάση το TUC2

Αποτελέσματα επίλυσης				Ακρίβεια επίλυσης		
Σημεία	x	y	H (m)	Σx	Σy	ΣH
TUC2	506247.029	3931888.977	137.944			
S188	491514.763	3923478.218	48.660	0.027	0.035	0.037
S122	493952.992	3925262.128	49.755	0.019	0.021	0.040
S227	502047.671	3926569.493	30.394	0.009	0.007	0.020
S154	495229.698	3923853.972	121.958	0.023	0.029	0.030
S157	495531.091	3921768.441	185.843	0.022	0.011	0.048
S451	494356.497	3927938.292	72.636	0.004	0.004	0.008
S493	489771.675	3924317.014	56.767	0.043	0.070	0.080
S514	477296.353	3935475.841	262.193	0.024	0.032	0.034
S710	508581.287	3937470.302	19.634	0.01	0.010	0.015
S108	479615.052	3932564.867	75.254	0.011	0.009	0.017
S509	484693.512	3922292.885	166.178	0.006	0.005	0.017
S610	478575.066	3921465.557	389.821	0.008	0.007	0.014
S042	471796.202	3920756.913	96.863	0.048	0.043	0.106
S068	477054.705	3925730.762	173.582	0.04	0.041	0.085
S449	469190.895	3924337.636	78.886	0.052	0.038	0.112
S657	482164.288	3931911.672	6.105	0.040	0.036	0.062
WELL	514318.477	3930079.672	169.720	0.013	0.013	0.022
S418	521615.398	3894506.620	32.946	0.062	0.068	0.104
S442	512907.786	3919223.421	109.043	0.028	0.028	0.028
S459	517411.311	3896296.229	176.041	0.065	0.077	0.078
S463	509877.255	3896043.369	388.415	0.044	0.034	0.110
S704	518601.617	3912391.878	161.784	0.031	0.027	0.070

Προσδιορισμός ορθομετρικού υψομέτρου εξέδρας γεώτρησης

Πίνακας 7.10 : Προσδιορισμός Ορθομετρικού υψομέτρου γεώτρησης με βάση το TUC2

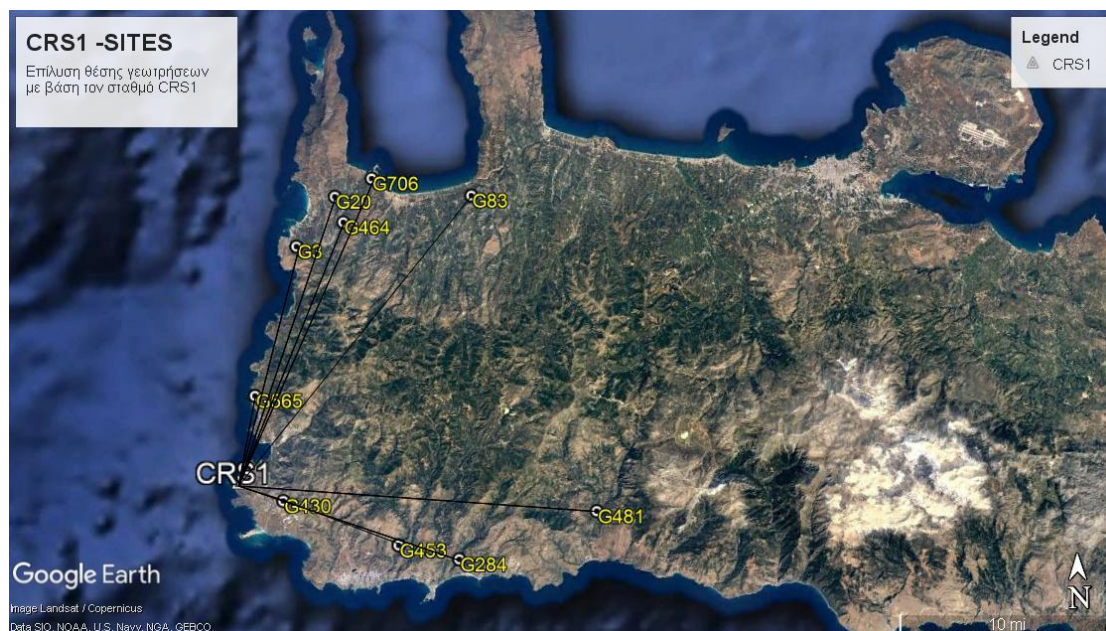
	Γεωμετρικό υψόμετρο	Υψόμετρο Γεωειδούς	Ορθομετρικό υψόμετρο	Υψομετρική διόρθωση	Εξέδρα γεώτρησης
Σημείο	h (m)	N (m)	H (m)	(m)	H (m)
S188	70.166	22.318	47.848	-0.027	47.821
S122	71.490	22.544	48.946	-0.229	48.717
S227	52.738	23.157	29.581	0.000	29.581
S154	143.733	22.591	121.142	-0.820	120.323
S157	207.585	22.556	185.029	-0.121	184.909
S451	95.315	22.679	72.636	0.000	72.636
S493	78.989	22.222	56.767	0.000	56.767
S514	284.025	21.827	262.198	0.000	262.198
S710	43.102	24.282	18.820	0.000	18.820
S108	97.015	21.835	75.180	0.000	75.180
S509	187.907	21.799	166.108	0.000	166.108
S610	410.976	21.228	389.748	0.000	389.748
S042	116.510	20.463	96.047	0.000	96.047
S068	194.013	21.248	172.765	0.000	172.765
S449	98.381	20.310	78.071	0.000	78.071
S657	27.277	21.990	5.287	0.000	5.287
WELL	192.882	23.972	168.910	0.000	168.910
S418	53.102	20.960	32.142	0.000	32.142
S442	131.457	23.221	108.236	0.000	108.236
S459	196.381	21.142	175.239	0.000	175.239
S463	408.342	20.747	387.595	0.000	387.595
S704	183.965	22.988	160.977	0.000	160.977

Προσδιορισμός απόλυτου υψόμετρου στάθμης υδροφορέα

Πίνακας 7.11 :Προσδιορισμός απόλυτου υψόμετρου στάθμης με βάση το TUC2

	Υψος πιεζόμετρου	Απόλυτο υψόμετρο πιεζόμετρου	Βάθος στάθμης	Απόλυτο υψόμετρο στάθμης υδροφορέα
Σημείο	R (m)	H (m)	(m)	H (m)
S188	0.000	47.821	13.200	34.621
S122	0.200	48.917	6.250	42.667
S227	0.000	29.581	6.540	23.041
S154	0.185	120.508	74.920	45.588
S157	0.000	184.909	132.770	52.139
S451	0.310	72.946	2.200	70.746
S493	0.665	57.432	9.080	48.352
S514	0.560	262.758	233.160	29.598
S710	0.220	19.040	18.330	0.710
S108	0.150	75.330	27.600	47.730
S509	0.080	166.188	119.300	46.888
S610	-0.270	389.478	27.200	362.278
S042	0.300	96.347	5.230	91.117
S068	0.190	172.955	113.200	59.755
S449	0.300	78.371	7.580	70.791
S657	0.030	5.317	6.740	-1.423
WELL	0.350	169.260	6.900	162.360
S418	0.070	32.212	16.430	15.782
S442	0.210	108.446	101.100	7.346
S459	0.130	175.369	154.220	21.149
S463	0.260	387.855	183.200	204.655
S704	0.080	161.057	159.400	1.657

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΛΥΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ CRS1



Σχήμα 7.13 : Οι γεωτρήσεις που επιλύθηκαν με σταθμό αναφοράς το CRS1.

Προσδιορισμός συντεταγμένων και γεωμετρικού υψομέτρου GPS στο WGS-84

Πίνακας 7.12 : Προσδιορισμός απόλυτων συντεταγμένων στο WGS-84 με βάση το CRS1

Σημεία	Αποτελέσματα επίλυσης			Ακρίβεια επίλυσης			
	φ	λ	h (m)	Σnorth (m)	Σeast (m)	Σh (m)	
CRS1	23° 31' 17.26502"E	35° 18' 12.64737"N	21.203				
S003	23° 34' 13.12359"E	35° 27' 48.04395"N	62.751	0.047	0.025	0.079	
S020	23° 36' 09.70189"E	35° 29' 49.96668"N	144.266	0.03	0.033	0.056	
S083	23° 43' 03.94993"E	35° 29' 46.98679"N	34.844	0.053	0.042	0.101	
S464	23° 36' 35.20578"E	35° 28' 46.13929"N	205.554	0.032	0.028	0.074	
S706	23° 38' 01.13570"E	35° 30' 33.98498"N	46.172	0.011	0.009	0.017	
S430	23° 33' 33.98699"E	35° 17' 27.52301"N	146.459	0.079	0.074	0.073	
S284	23° 42' 15.89200"E	35° 15' 02.28749"N	107.579	0.028	0.021	0.052	
S481	23° 49' 05.00359"E	35° 16' 50.58168"N	102.943	0.043	0.057	0.059	
S565	23° 32' 08.98149"E	35° 21' 42.92859"N	64.108	0.011	0.012	0.017	

Προσδιορισμός συντεταγμένων και γεωμετρικού υψομέτρου GPS στο ΕΓΣΑ-87

Πίνακας 7.13 :Προσδιορισμός απόλυτων συντεταγμένων στο ΕΓΣΑ-87 με βάση το CRS1

Αποτελέσματα επίλυσης				Ακρίβεια επίλυσης		
Σημεία	x	y	H (m)	Σx	Σy	ΣH
CRS1	4778073.867	2079694.205	137.944			
S003	460863.147	3924225.625	43.619	0.021	0.027	0.029
S020	463816.537	3927969.454	124.53	0.018	0.026	0.027
S083	474252.634	3927841.754	13.828	0.012	0.007	0.025
S464	464451.302	3926000.565	185.753	0.015	0.016	0.028
S706	466628.953	3929314.701	25.923	0.016	0.015	0.032
S430	459791.639	3905113.561	129.24	0.074	0.054	0.093
S284	472960.57	3900590.502	89.282	0.011	0.008	0.022
S481	483305.022	3903901.749	82.943	0.026	0.029	0.041
S565	457681.405	3912991.552	46.446	0.017	0.018	0.033

Προσδιορισμός ορθομετρικού υψομέτρου εξέδρας γεώτρησης

Πίνακας 7.14 :Προσδιορισμός Ορθομετρικού υψομέτρου γεώτρησης με βάση το CRS1

	Γεωμετρικό υψόμετρο	Υψόμετρο Γεωειδούς	Ορθομετρικό υψόμετρο	Υψομετρική διόρθωση	Εξέδρα γεώτρησης
Σημείο	h (m)	N (m)	H (m)	(m)	H (m)
S003	62.751	19.08	43.671	0.000	43.671
S020	144.266	19.767	124.499	0.000	124.499
S083	34.844	21.058	13.786	0.000	13.786
S464	205.554	19.754	185.8	0.000	185.8
S706	46.172	20.237	25.935	0.000	25.935
S430	146.459	17.32	129.139	0.000	129.139
S284	107.579	18.271	89.308	0.000	89.308
S481	102.943	19.997	82.946	0.000	82.946
S565	64.108	17.764	46.344	0.073	46.417

Προσδιορισμός απόλυτου υψόμετρου στάθμης υδροφορέα

Πίνακας 7.15 : Προσδιορισμός απόλυτου υψόμετρου στάθμης με βάση το CRS1

	Υψος πιεζόμετρου	Απόλυτο υψόμετρο πιεζόμετρου	Βάθος στάθμης	Απόλυτο υψόμετρο στάθμης υδροφορέα
Σημείο	R (m)	H (m)	(m)	H (m)
S003	0.310	43.981	36.200	7.781
S020	0.060	124.559	110.640	13.919
S083	0.425	14.211	3.160	11.051
S464	0.220	186.020	159.760	26.260
S706	0.460	26.395	8.620	17.775
S430	0.330	129.469	129.310	0.159
S284	0.230	89.538	80.400	9.138
S481	0.300	83.246	19.700	63.546
S565	0.250	46.667	12.700	33.967

Στη πλειοψηφία τους οι αντλίες των γεωτρήσεων δεν βρισκόταν σε λειτουργία κατά τη διάρκεια της μέτρησης στάθμης. Οι μετρήσεις στάθμης για τις συγκεκριμένες γεωτρήσεις, χαρακτηρίζονται ως Υδροστατικές. Δεν αποτελούν όμως αξιόπιστες μετρήσεις για τον υπολογισμό του ύψους της επιφάνειας του υδροφορέα τοπικά, καθώς ήταν άγνωστο το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την τελευταία άντληση μέχρι την ώρα της μέτρησης στάθμης.

Οι αντλίες των γεωτρήσεων Γ108, Γ509, Γ442, Γ704, Γ430 και Γ481 βρισκόταν σε λειτουργία απομάστευσης κατά την διάρκεια της μέτρησης στάθμης. Οι στάθμες αυτές χαρακτηρίζονται ως στάθμες Άντλησης και δεν παρέχουν καμία πληροφορία για το ύψος στάθμης ισορροπίας των υδροφορέων που βρίσκονταν.

Με το πέρας της επεξεργασίας διαπιστώθηκε ότι η στάθμη στις παράκτιες γεωτρήσεις : Γ710, Γ657, Γ442, Γ704, Γ430 βρισκόταν είτε κάτω από την επιφάνεια της μέσης στάθμης της θάλασσας είτε πολύ κοντά σε αυτήν με πιθανή την εμφάνιση υφάλμυρων νερών στους υδροφορείς αυτούς.

Ο ακριβής προσδιορισμός τα του απόλυτου υψόμετρου στην άκρη του πιεζομετρικού σωλήνα των γεωτρήσεων μπορεί να δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού του απόλυτου υψόμετρου της στάθμης υδάτων σε κάθε μέτρηση από οποιονδήποτε μελετητή ή αρμόδια αρχή.

Φωτογραφίες και επιπλέον πληροφορίες για την τοποθεσία, την κατάσταση και διαδικασία μέτρησης για κάθε γεώτρηση, περιλαμβάνονται στα Φύλλα Μετρήσεων Πεδίου τα οποία παρατίθενται στο Παράρτημα που βρίσκεται στο τέλος της εργασίας.

7.4 Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης υδάτων

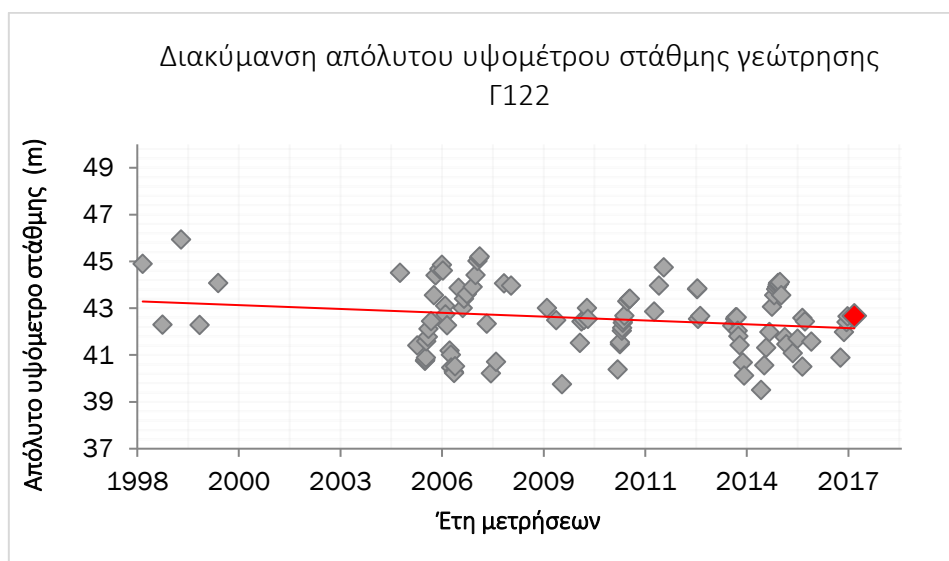
Από τον υπολογισμό των απόλυτων υψομέτρων στην εξέδρα κάθε γεώτρησης μελέτης, σε συνδυασμό με το αρχείο μετρήσεων βάθους στάθμης προηγούμενων ετών, δημιουργήθηκαν γραφήματα προβολής της διακύμανσης του απόλυτου υψομέτρου της στάθμης σε βάθος χρόνων.

Τα δεδομένα μετρήσεων δεν ήταν επαρκή για κάθε γεώτρηση που μελετήθηκε. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν γραφήματα μόνο για επιλεγμένες γεωτρήσεις όπου τα δεδομένα βάθους στάθμης επαρκούσαν για την διαχρονική απεικόνιση της στάθμης.

Η **γεώτρηση Γ122** βρίσκεται στην περιοχή των πηγών της Αγιάς, νοτιοδυτικά της πόλης των Χανίων. Αποτελεί την κύρια πιεζομετρική γεώτρηση για τον έλεγχο της στάθμης της μεγαλύτερης λεκάνης απομάστευσης του νομού που ανήκει στο Πορώδες Υδροφόρο σύστημα βόρειων Χανίων με κωδικό υπόγειου υδατικού συστήματος **GR1300022** το οποίο περιλαμβάνει τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στον προσχωματικό και νεογενή υδροφορέα του κάμπου Χανίων και Σούδας (κύρια υδρορέματα Κερίτη - Ταυρωνίτη).



Σχήμα 7.14 : Θέση γεώτρησης Γ122 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης



Σχήμα 7.15 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ122

Η σημασία παρακολούθησης της γεώτρησης αυτής είναι μεγάλη και για το λόγο αυτό υπάρχουν πολλά δεδομένα μετρήσεων βάθους από το έτος κατασκευής της έως και σήμερα.

Το παραπάνω γράφημα διακύμανσης απόλυτου υψομέτρου στάθμης παρουσιάζει τη διακύμανση στο ύψος της στάθμης καθώς και την εμφανή τάση μείωσης του βάθους σε σχέση με τα χρόνια που αντλείται η περιοχή για αρδευτικούς κυρίως λόγους. Η τάση μείωσης οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υπεράντληση υδάτων. Όπως φαίνεται στις περιόδους βροχοπτώσεων, η στάθμη ισορροπίας του υδροφορέα δεν προλαβαίνει να επανέλθει στο ζενίθ της πριν τις επόμενες περιόδους άντλησης, με αποτέλεσμα τη σταδιακή ταπείνωση του απόλυτου υψομέτρου της στάθμης με το πέρασ των χρόνων.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΚΡΗΤΗΣ - ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

0 3 6 12 18 24 30 Kilometers

Map showing the water division of Crete, with various regions and water resources labeled. The map includes a scale bar (0 to 30 Kilometers) and a north arrow.

Διακύμανση απόλυτου υψόμετρου στάθμης γεώτρησης Γ188

Έτη μετρήσεων	Απόλυτο υψόμετρο στάθμης (m)
1995	28.5
1998	37.2
1998	32.0
1999	37.2
1999	32.0
2000	35.3
2006	29.2
2007	36.5
2008	35.2
2009	34.4
2010	31.5
2010	27.8
2011	33.6
2011	30.2
2011	36.2
2011	35.2
2012	33.8
2012	32.8
2013	31.6
2014	28.5
2014	35.8
2014	34.8
2015	33.2
2017	35.8
2017	34.5

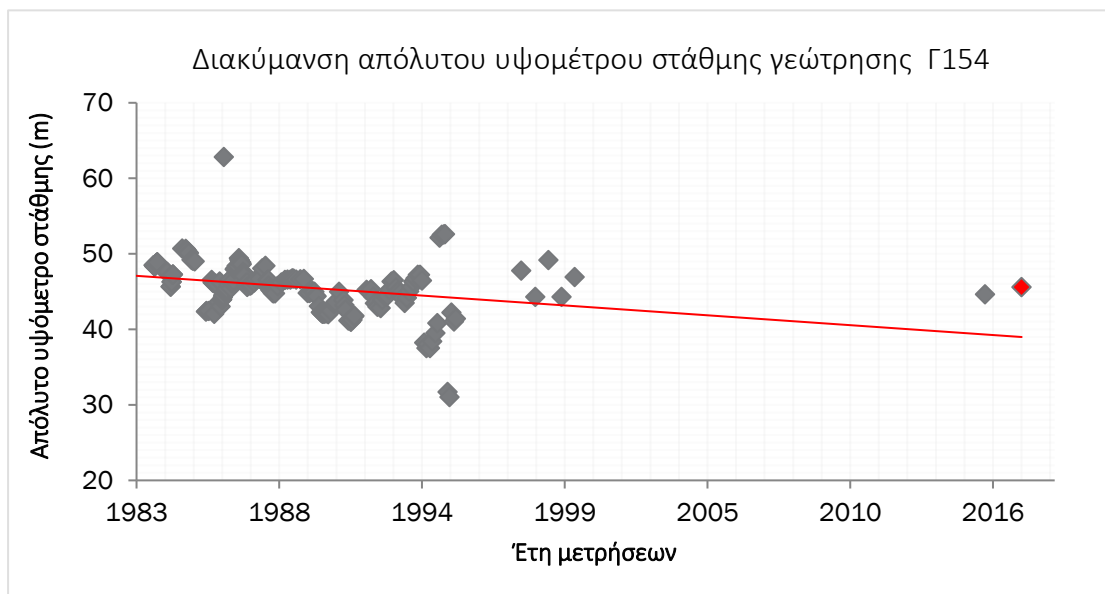
Η γεώτρηση αυτή ανήκει στο ίδιο υπόγειο υδατικό σύστημα με την γεώτρηση Γ122. Παρά τη θέση της, στη συγκεκριμένη γεώτρηση παρατηρείται αύξηση του απόλυτου υψομέτρου στην στάθμη σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι οι ποσότητες άντλησης υδάτων είναι πολύ περιορισμένες σε σχέση με τις αντίστοιχες της Γ122. Πιθανώς, στη τάση αύξησης της στάθμης συμβάλει ο τρόπος και η ταχύτητα με την οποία επιστρέφει στις συνθήκες ισορροπίας η στάθμη καθώς και ο ρυθμός ροής υδάτων από τις πηγές φόρτισης του υδροφορέα.

Η **γεώτρηση Γ154** Βρίσκεται στο ίδιο υπόγειο υδατικό σύστημα με τις γεωτρήσεις Γ122 και 188, θέση της είναι πλησίον του χωριού Μυλωνιανιά σε αρκετά μεγάλο υψόμετρο.



Σχήμα 7.18 : Θέση γεώτρησης Γ154 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Η γεώτρηση αυτή αποτέλεσε μια πολύ παραγωγική γεώτρηση από το έτος κατασκευής της μέχρι και το 2000. Ο υπόγειος υδροφορέας για αρκετά χρόνια παρείχε μεγάλες ποσότητες υδάτων για αρδευτικούς κυρίως λόγους. Όπως φαίνεται και στο γράφημα η τάση της στάθμης παρουσιάζεται πτωτική με αδυναμία του συστήματος να επανέλθει πλήρως στην αρχική στάθμη ισορροπίας, παρά το πέρας αρκετών χρόνων από τη μαζική άντληση υδάτων.



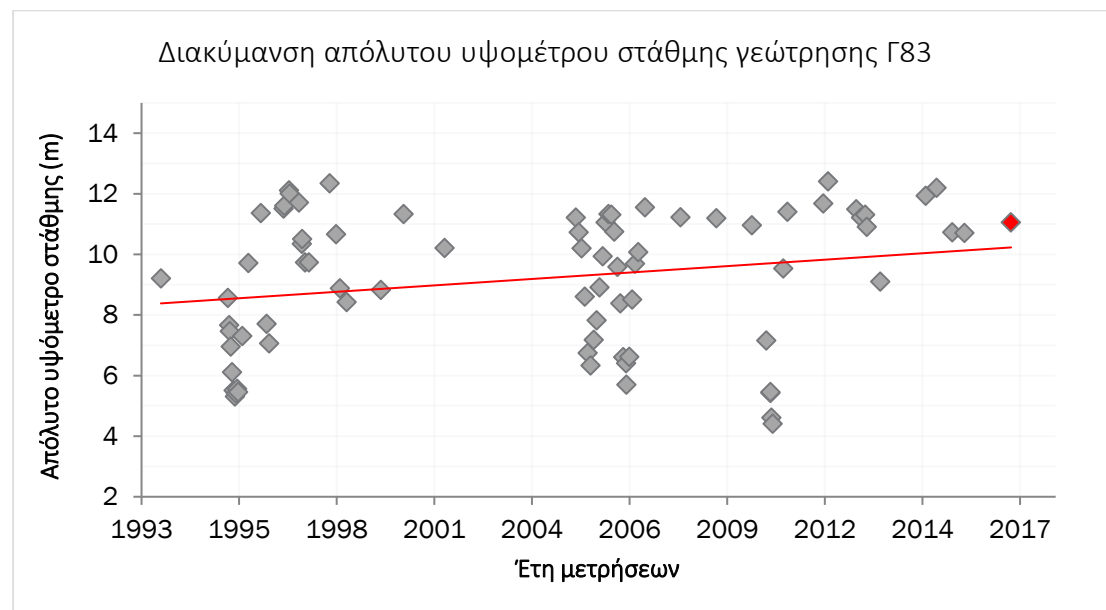
Σχήμα 7.19 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ154

Η γεώτρηση Γ83 βρίσκεται στα βορειοδυτικά του νομού σε απόσταση 1Km από την ακτή. Ανήκει δεύτερη μεγαλύτερη λεκάνη απομάστευσης του υδατικού διαμερίσματος της δυτικής Κρήτης. Ο ρόλος της είναι αποκλειστικά η παρακολούθηση της στάθμης του υδροφορέα καθώς πλησίον της έχουν γίνει μεγάλες γεωτρήσεις και εγκαταστάσεις συλλογής και διανομής υδάτων.



Σχήμα 7.20 : Θέση γεώτρησης Γ83 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Η στάθμη του υδροφορέα που βρίσκεται η γεώτρηση παρουσιάζει ανοδική τάση καθώς ο ρυθμός φόρτισης του συστήματος είναι μεγάλος όπως και οι ποσότητες των υδάτων που συγκεντρώνει. Παρά την τάση αύξησης όμως θα πρέπει να αναφερθεί ότι το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης όπως επίσης και η μικρή απόσταση των γεωτρήσεων από την ακτή καθιστούν τη περιοχή ευάλωτη στον να πληγεί από το φαινόμενο της υδαλμύρισης.



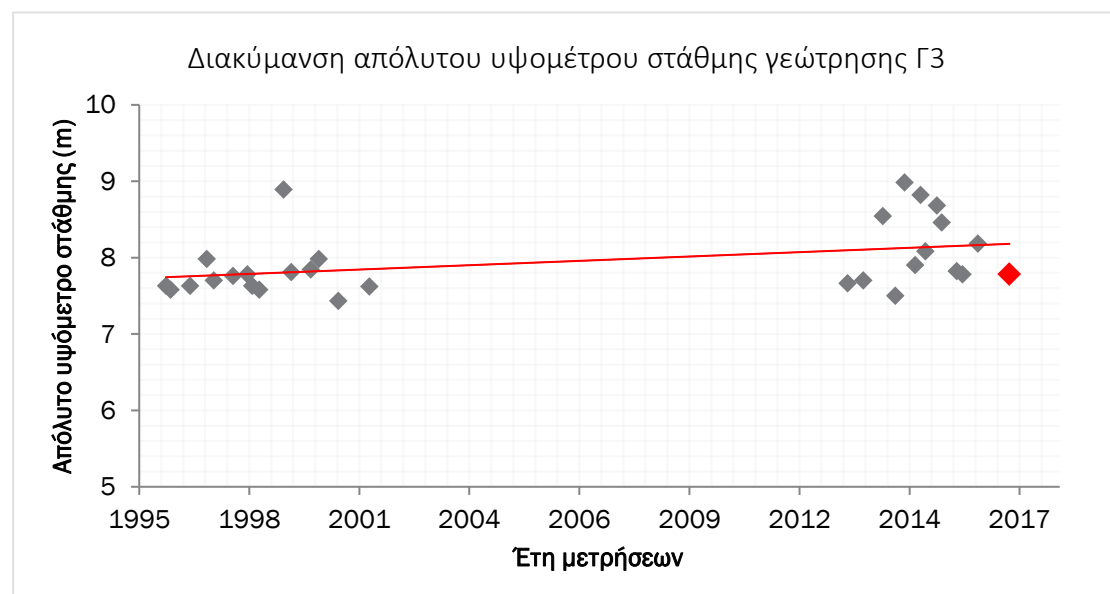
Σχήμα 7.21 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ83

Η Γεώτρηση Γ3 εντοπίζεται στο νότιο άκρο του κόλπου των Φαλασάρνων. Είναι μία πιεζομετρική γεώτρηση πλησίον της παραγωγικής. Η δυτική ακτή του δήμου Κισάμου είναι μια αγροτική και τουριστική περιοχή τις οποίες οι ανάγκες για υδατικούς πόρους ξεπερνάνε τις διαθέσιμες ποσότητες του εδάφους. Στην περιοχή υπάρχει πληθώρα θερμοκηπιακών καλλιεργειών με τεράστιες ανάγκες άρδευσης. Υπάρχει πληθώρα γεωτρήσεων στην περιοχή και σε απόσταση μικρότερη του 1Km από την ακτή, στις οποίες η πρόσβαση για μέτρηση του βάθους στάθμης δεν ήταν εφικτή.



Σχήμα 7.22 : Θέση γεώτρησης Γ3 στα υπόγεια υδατικά συστήματα δυτικής Κρήτης

Η στάθμη της συγκεκριμένης γεώτρησης παρουσιάζει ανοδική τάση τα τελευταία χρόνια παρά την υπεράντληση και την πιθανώς ανορθολογική διαχείριση των πόρων. Παρά την έλλειψη μετρήσεων για 13 χρόνια η στάθμη του υδροφορέα φαίνεται να επανέρχεται προς την ισορροπία παρατηρώντας παράλληλα ότι το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης βρίσκεται μόλις 7m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και είναι ενταγμένο στην επικίνδυνη ζώνη για την υφαλμύριση. Από πρόσθετα δεδομένα γεωφυσικών ερευνών γνωρίζουμε ότι ο κόλπος έχει πληγεί από την υφαλμύριση και ότι πολλές παραγωγικές γεωτρήσεις παράγουν υφάλμυρο νερό.



Σχήμα 7.23 : Διαχρονική διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεώτρησης Γ3

Κεφάλαιο 8 Συμπεράσματα-Προτάσεις

Ο αρχικός στόχος της εργασίας αυτής, ήταν η δημιουργία δυναμικών μοντέλων παρακολούθησης του ύψους στάθμης υπόγειων υδάτων σε παράκτιους υδροφορείς του νομού Χανίων που έχουν πληγεί ή εμφανίζουν μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου της υφαλμύρινης. Τα μοντέλα αυτά θα περιελάμβαναν έκαστο, τον κάθε υδροφορέα του νομού όπως αυτοί διακρίνονται στο Σχήμα 2.6. Για κάθε υδροφορέα θα φαίνονταν οι διαστάσεις, τα γεωγραφικά όρια και το βάθος της στάθμης του. Θα υπήρχε επίσης τομή του τμήματος του Γεωειδούς (ΜΣΘ) όπως αυτό τέμνει τον κάθε υδροφορέα. Στο αρχικό μοντέλο είχε μελετηθεί η δυνατότητα αλλαγής των μετρήσεων στάθμης έτσι ώστε ετήσιες μετρήσεις στα επόμενα χρόνια να εμφάνιζαν τις διακυμάνσεις της στάθμης γραφικά. Θα χρησίμευε δηλαδή για την παρακολούθηση και παρουσίαση της στάθμης επόμενων ετών και όχι μόνο του έτους μέτρησης και κατασκευής του μοντέλου.

Οι απαιτήσεις της δημιουργίας τέτοιων μοντέλων όμως δεν κατέστησαν δυνατή την υλοποίηση τους στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Αρχικά για να διαμορφωθεί ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο παράστασης του επίπεδου στάθμης για κάθε υδροφορέα, θα έπρεπε ο αριθμός των γεωτρήσεων παρατήρησης να ξεπερνούσε τις 15 με 20 για κάθε υδροφορέα. Εν συνεχεία, για να εξακριβωθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων στάθμης ως στάθμες ισορροπίας, θα έπρεπε η κάθε γεώτρηση να παραμείνει εκτός αντλητικής λειτουργίας για διάστημα τουλάχιστον μίας εβδομάδας δίνοντας τον επαρκή χρόνο στην στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα που περιβάλλει τη κάθε γεώτρηση να επανέλθει στο επίπεδο ισορροπίας της.

Ο τελικός αριθμός των γεωτρήσεων περιορίστηκε στις 29 γεωτρήσεις και ένα πηγάδι. Ο χρονικός περιορισμός στη διεξαγωγή της εργασίας όπως επίσης και ο περιορισμός των οικονομικών πόρων κατέστησαν δυνατή τη μέτρηση μόνο των 30 αυτών γεωτρήσεων. Ο επόμενος αποτρεπτικός παράγοντας στη δημιουργία μοντέλων ήταν άγνοια της κατάστασης του υδροφορέα κάθε γεώτρησης. Για κάθε γεώτρηση που μετρήθηκε ανεξάρτητα από το αν βρισκόταν σε λειτουργία άντλησης ή όχι κατά τη μέτρηση της στάθμης, υπήρχε αβεβαιότητα της κατάστασης του υδροφορέα καθώς ήταν άγνωστο το διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ τελευταίας άντλησης και μέτρησης στάθμης.

Συμπερασματικά στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι δορυφορικού εντοπισμού για τον προσδιορισμό του απόλυτου υψομέτρου της επιφάνειας των πιεζομετρικών σωλήνων από τις οποίες μετρείται η στάθμη των υδάτων. Κάθε επερχόμενη μέτρηση στάθμης από τους πιεζομετρικούς σωλήνες θα προσδιορίζεται ως στάθμη απόλυτου υψομέτρου υδάτων καθώς ανάγεται στο προσδιορισμένο απόλυτο υψόμετρο του κάθε πιεζομετρικού σωλήνα, δίνοντας βελτιωμένα αποτελέσματα ύψους στάθμης παράκτιων υδροφορέων που απειλούνται από την υφαλμύρινη.

Η έλλειψη δεδομένων παλαιότερων μετρήσεων βάθους στάθμης δεν κατέστησαν δυνατή τη δημιουργία γραφημάτων διαχρονικής μεταβολής του απόλυτου υψομέτρου της στάθμης για όλες τις γεωτρήσεις που μελετήθηκαν. Από τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν ενδιαφέρον παρουσιάζουν γεωτρήσεις στο ίδιο υπόγειο υδατικό σύστημα οι οποίες διαφοροποιούν την διαχρονική τους τάση. Κάποιες από αυτές τείνουν να αυξάνουν τη στάθμη (όχι πάνω από την αρχική στάθμη ισορροπίας) και σε άλλες παρατηρείται πτωτική τάση (Σχήμα 8.1). Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες. Αρχικά εξαρτάται από την παραγωγή που γίνεται στην κάθε γεώτρηση, στον τρόπο και στις ποσότητες υδάτων με τις οποίες φορτίζεται το σύστημα καθώς και σε

υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά όπως είναι το πορώδες, το ενεργό πορώδες και η ταχύτητα διέλευσης των ρευστών στους σχηματισμούς που περιβάλλουν τον υδροφορέα.



Σχήμα 8.1 : Πρωτική τάση στάθμης γεώτρησης (κόκκινη επισήμανση) Ανοδική τάση (πράσινη επισήμανση) και χωρίς χαρακτηρισμό τάσης (κίτρινη επισήμανση)

Η εργασία αυτή αποτελεί έναν αναλυτικό οδηγό που μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την ολοκλήρωση του αρχικού στόχου που δεν υλοποιήθηκε. Η μελέτη περισσότερων γεωτρήσεων ανά υδροφορέα σε συνδυασμό με τη γνώση κατάστασης στάθμης γεωτρήσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο παρακολούθησης του φαινομένου της υφαλμύρινσης. Ο συνδυασμός των πληροφοριών που παρέχονται σε αυτή την εργασία, η χρήση Γεωφυσικών μεθόδων για τη παρακολούθηση της περικετικότητας των υδροφορέων σε άλατα και μία δειγματοληπτική διαδικασία ελέγχου της ποιότητας υδάτων μπορούν να αποτελέσουν ένα πλήρες σχέδιο παρακολούθησης της υφαλμύρινσης για έγκυρο και ακριβή προσδιορισμό της εμφάνισης αλλά και του ποσοστού μόλυνσης κάθε υδροφορέα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Βέης, Γ. (1989) "Ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 1987)", Έκθεση προς τον Οργανισμό κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας

Δερμάνης, Α., (1999). Διαστημική Γεωδαισία και Γεωδυναμική -GPS. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ΕΜΠ (2007) Εισαγωγή στη Γεωδαισία

Μερτίκας Σ., Π. (2016), Εισαγωγή στη Γεωδαισία τον Δορυφορικό Εντοπισμό και την Αλτιμετρία, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, ISBN 978-960-461-721-0.

Μερτίκας Σ., Π. (2002), Εισαγωγή στη Γεωδαισία και τον Δορυφορικό Εντοπισμό, Πολυτεχνείο Κρήτης, Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωπληροφορικής, 5 Οκτωβρίου 2012.

Πανταζής Γ., Ευαγγελία Λάμπρου (2010), Εφαρμοσμένη γεωδαισία, Εκδόσεις Ζήτη, ISBN 9604562053

EUREF Permanent Network (EPN) <http://www.epncb.oma.be>

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J. (2008). Global Positioning System Theory and Practice. Springer-Verlag Wien 2008.

International Earth Rotation and Reference Systems Service. <https://www.iers.org>

[Katsampalos Konstantinos-Vasileios, Kotsakis Christoforos, Gianniou M](#) (2009). [Hellenic Terrestrial Reference System 2007 \(HTRS07\): a regional realization of ETRS89 over Greece in support of HEPOS](#). 2009 EUREF Symposium, Presentation. Florence.

Niell, A. E. (1996), Global Mapping Functions for the Atmosphere Delay at Radio Wavelengths, Journal of Geophysical Research, 101(B2), pp. 3227–3246.

Nikolaos K. Pavlis, Simon A. Holmes, Steve C. Kenyon, John K. Factor (2010), The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008), Geodesy and Gravity/Tectonophysics, JGR Solid Earth, Online ISSN: 2169-9356

Parkinson B., T. Stansell, R. Beard, K. Gromov 1995. «A History of Satellite Navigation. NAVIGATION: Journal of Institute of Navigation», Vol. 42, No 1 Special Issue, pp. 109-164.

https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System

<https://www.gsa.europa.eu>

https://www.novatel.com/assets/Documents/Waypoint/Reports/Static_Accuracies.pdf

Spectra precision <http://www.spectraprecision.com/eng/gnss-solutions.html>

USGS <https://water.usgs.gov/osw/gps/>

Παράρτημα

Πίνακας ΠΙ : Αναλυτικός πίνακας δεδομένων και αποτελεσμάτων μετρήσεων.

	φ	λ	ΕΓΣΑ			Υψόμετρο ελλειψοειδούς	Υψόμετρο Γεωειδούς	Ορθομετρικό ή απόλυτο υψόμετρο σημείου	Χωροσταθμική διόρθωση	Ορθομετρικό ή απόλυτο υψόμετρο επιφάνειας εδράσης γεώτρησης	Υψος πιεζομέτρου από εξέδρα	Απόλυτο υψόμετρο πιεζομέτρου	Βάθος στάθμης από πιεζόμετρα	Απόλυτο υψόμετρο στάθμης υδροφόρα
SITE	LON	LAT	X	Y	H(m)	N(m)	H(m)	H(m)	(m)	H(m)	R(m)	H(m)	(m)	H(m)
S188	23° 54' 29.30107"E	35° 27' 26.41619"N	491511.00	3923474.00	70.166	22.318	47.848	47.821	-0.027	47.821	0.000	47.821	13.200	34.621
S122	23° 56' 05.98687"E	35° 28' 24.38512"N	493910.00	3925268.00	71.490	22.544	48.946	48.917	-0.229	48.917	0.200	48.917	6.250	42.667
S227	24° 01' 27.20572"E	35° 29' 06.87658"N	502049.00	3926569.00	52.738	23.157	29.581	29.581		29.581	0.000	29.581	6.540	23.041
S154	23° 56' 56.67673"E	35° 27' 38.70031"N	495227.73	3923859.86	143.733	22.591	121.142	121.142	-0.820	120.323	0.185	120.508	74.920	45.588
S157	23° 57' 08.67427"E	35° 26' 31.00821"N	495534.00	3921840.00	207.585	22.556	185.029	185.029	-0.121	184.909	0.000	184.909	132.770	52.139
S451	23° 56' 21.91274"E	35° 29' 51.25547"N	494353.00	3927936.00	95.315	22.679	72.636	72.636	0.000	72.636	0.310	72.946	2.200	70.746
S483	23° 53' 20.08741"E	35° 27' 53.57965"N	489775.00	3924323.00	78.989	22.222	56.767	56.767	0.000	56.767	0.665	57.432	9.080	48.352
S003	23° 34' 13.12359"E	35° 27' 48.04395"N	460861.00	3924219.00	62.751	19.080	43.671	43.671	0.000	43.671	0.310	43.981	36.200	7.781
S020	23° 36' 09.70189"E	35° 29' 49.96688"N	463810.00	3927971.00	144.266	19.767	124.499	124.499	0.000	124.499	0.060	124.559	110.640	13.919
S083	23° 43' 03.94993"E	35° 29' 46.98679"N	474246.00	3927850.00	34.844	21.058	13.786	13.786	0.000	13.786	0.425	14.211	3.160	11.051
S464	23° 36' 35.20578"E	35° 28' 46.13929"N	464446.50	3926001.50	205.554	19.754	185.800	185.800	0.000	185.800	0.220	186.020	159.760	26.260
S514	23° 45' 03.99426"E	35° 33' 55.04988"N	477293.00	3935475.00	284.025	21.827	262.198	262.198	0.000	262.198	0.560	262.758	233.160	29.598
S706	23° 38' 01.13570"E	35° 30' 33.98498"N	466630.77	3929314.23	46.172	20.237	25.935	25.935	0.000	25.935	0.460	26.395	8.620	17.775
S710	24° 05' 46.92763"E	35° 35' 00.58504"N	508581.00	3937470.00	43.102	24.282	18.820	18.820	0.000	18.820	0.220	19.040	18.330	0.710
S108	23° 46' 36.38772"E	35° 32' 20.74967"N	479603.00	3932566.00	97.015	21.835	75.180	75.180	0.000	75.180	0.150	75.330	27.600	47.730
S509	23° 49' 58.75867"E	35° 26' 47.65055"N	484699.00	3922293.00	187.907	21.799	166.108	166.108	0.000	166.108	0.080	166.188	119.300	46.888
S610	23° 45' 56.13564"E	35° 26' 20.39115"N	478591.00	3921467.00	410.976	21.228	389.748	389.748	0.000	389.748	-0.270	389.478	27.200	362.278
S042	23° 41' 27.34637"E	35° 25' 56.78370"N	517067.00	3920006.00	116.510	20.463	96.047	96.047	0.000	96.047	0.300	96.347	5.230	91.117
S068	23° 44' 55.39974"E	35° 28' 38.71819"N	477058.00	3925728.00	194.013	21.248	172.765	172.765	0.000	172.765	0.190	172.955	113.200	59.755
S449	23° 39' 43.53325"E	35° 27' 52.73630"N	469188.00	3924340.00	98.381	20.310	78.071	78.071	0.000	78.071	0.300	78.371	7.580	70.791
S657	23° 48' 17.67759"E	35° 31' 59.72431"N	482114.00	3931926.00	27.277	21.990	5.287	5.287	0.000	5.287	0.030	5.317	6.740	-1.423
WELL	24° 09' 34.42065"E	35° 31' 00.44569"N			192.882	23.972	168.910	168.910	0.000	168.910	0.350	169.260	6.900	162.360
S418	24° 14' 20.71442"E	35° 11' 45.24688"N	521616.00	3894503.00	53.102	20.960	32.142	32.142	0.000	32.142	0.070	32.212	16.430	15.782
S442	24° 08' 37.78522"E	35° 25' 08.12146"N	512908.00	3919224.00	131.457	23.221	108.236	108.236	0.000	108.236	0.210	108.446	101.100	7.346
S459	24° 11' 34.59913"E	35° 12' 43.63642"N	517351.00	3896261.00	196.381	21.142	175.239	175.239	0.000	175.239	0.130	175.369	154.220	21.149
S463	24° 06' 36.58973"E	35° 12' 35.80091"N	509878.00	3896043.00	408.342	20.747	387.595	387.595	0.000	387.595	0.260	387.855	183.200	204.655
S704	24° 12' 23.00433"E	35° 21' 26.03921"N	518602.78	3912387.98	183.965	22.988	160.977	160.977	0.000	160.977	0.080	161.057	159.400	1.657
S430	23° 33' 33.98699"E	35° 17' 27.52301"N	459786.00	3905117.00	146.459	17.320	129.139	129.139	0.000	129.139	0.330	129.469	129.310	0.159
S284	23° 42' 15.89200"E	35° 15' 02.28749"N	472940.00	3900550.00	107.579	18.271	89.308	89.308	0.000	89.308	0.230	89.538	80.400	9.138
S481	23° 49' 05.00359"E	35° 16' 50.58168"N	483306.00	3903905.00	102.943	19.997	82.946	82.946	0.000	82.946	0.300	83.246	19.700	63.546
S565	23° 32' 08.98149"E	35° 21' 42.92859"N	457675.00	3912993.00	64.108	17.764	46.344	46.344	0.073	46.417	0.250	46.667	12.700	33.967



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 09/06/2017	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: S188	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): S188
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ	S/N: NUB03330004
ΔΕΚΤΗΣ: SMART 6200	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: NRK03410018
ΚΕΡΑΙΑ: NOV600	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): 1.569
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): 07:15	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): 08:00
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): 2	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: S188

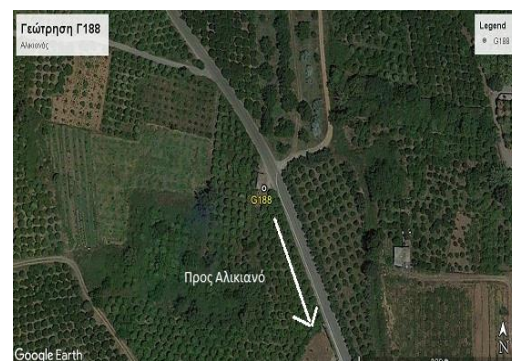
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ: ____TOPCON G3____					ΚΑΙΡΟΣ: __ΑΙΘΡΙΟΣ____				ΣΤΑΔΙΑ: ____ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ____			
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)	
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	ΣΕ			
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ					
G188	1676	1707	1675.75									
		1644							-27			
S188					1703	1733	1702.75		-27			
						1672						

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ύψος Σταθμής= 13.20(m) , R=0(m)



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 12/06/2017	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ΑΓΙΑ(ΛΙΜΝΗ)
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: S122	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): S122
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ	S/N: NUB03330004
ΔΕΚΤΗΣ: SMART 6200	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: NRK03410018
ΚΕΡΑΙΑ: NOV600	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): 1.065
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): 12:20	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): 13:06
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): 2	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: S122

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ:___ΤΟΡCON G3___					ΚΑΙΡΟΣ:___ΣΥΝΝΕΦΙΑ___		ΣΤΑΔΙΑ:___ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ___				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	ΣΕ		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				
G122	1668	1804	1668								
		1532									
S122					1898	1985	1897.75		-229.75		
						1808					

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 06.25 (m) , R=0.2(m)



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 15/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΜΟΥΡΝΙΕΣ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S227 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S227 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.21 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 13:01 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 13:43 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S227 _____

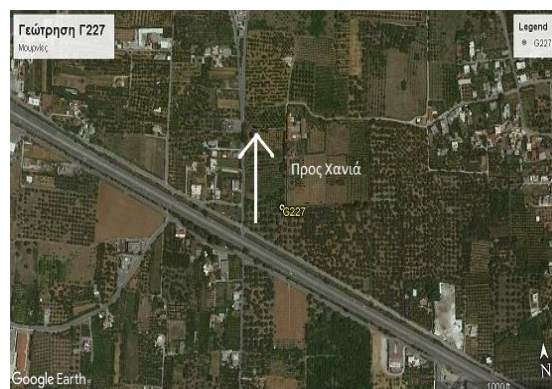
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 06.54 (m) , R=0(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 16/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΜΥΛΩΝΙΑΝΑ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S154 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S154 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.195 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:05 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:50 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S154 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ:___ΤΟΡCON G3___					ΚΑΙΡΟΣ:___ΑΙΘΡΙΟΣ___		ΣΤΑΔΙΑ:___ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ___				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ			ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)	
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.			ΣΕ
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				
G154	1571	1602	1571								
		1540									
S154					751	788	751.25				
						715					
									-819.75		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 74.92 (m) , R=0.185(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____16/06/2017_____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ΦΟΥΡΝΕΣ_____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____S157_____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____S157_____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ_____	S/N: _____NUB03330004_____
ΔΕΚΤΗΣ: _____SMART 6200_____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____NRK03410018_____
ΚΕΡΑΙΑ: _____NOV600_____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____01.235_____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____15:20_____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____16:15_____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____2_____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____S157_____

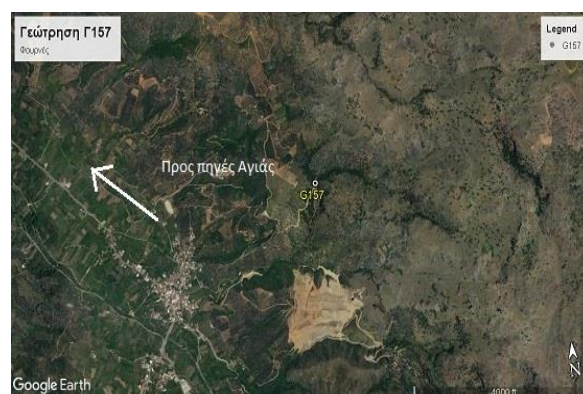
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ:____ΤΟΡCON G3____					ΚΑΙΡΟΣ:____ΑΙΘΡΙΟΣ____			ΣΤΑΔΙΑ:____ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ____			
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	ΣΕ		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				
G157	972	1004	971.5								
		938									
S157					1092	1113	1092.25		-120.75		
						1072					

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 132.77 (m) , R=0(m)_____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 19/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΚΟΥΦΟΣ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S493 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S493 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.150 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:01 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:47 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S493 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 09.08 (m) , R=0.31(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 19/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΑΝΩ ΣΤΑΛΟΣ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S451 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S451 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.150 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 14:21 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 15:10 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S451 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 02.20 (m) , R=0.665(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 22/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ΦΑΛΑΣΑΡΝΑ(ΑΓΙΟΣ ΦΩΤΙΟΣ)_
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S003 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S003 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.150 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 08:24 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 09:09 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S003 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ			ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)	
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.			Σε
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 36.20 (m) , R=0.310(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 22/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑ (ΧΩΡΙΟ) _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S464 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S464 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.270 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 10:19 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 11:05 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S464 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 159.76 (m) , R=0.220(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 22/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΚΑΡΕΦΙΛΙΑΝΑ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S020 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S020 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.095 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 11:48 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:34 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S020 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 110.64 (m) , R=0.06(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 22/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΤΡΑΧΗΛΟΣ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S706 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S706 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.300 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:51 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 13:36 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S706 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: _____ ΑΙΘΡΙΟΣ _____				ΣΤΑΔΙΑ -----	
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	ΣΕ		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 08.62 (m) , R=0.460(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 22/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΚΟΛΕΝΗ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S083 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S083 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.150 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 14:35 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 15:22 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S083 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: _____ ΑΙΘΡΙΟΣ _____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	ΣΕ		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 03.16 (m) , R=0.425(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 22/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΡΟΔΩΠΟΣ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S514 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S514 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.330 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 15:51 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 16:35 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S514 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: _____ ΑΙΘΡΙΟΣ _____				ΣΤΑΔΙΑ -----	
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	Σε		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 233.16 (m) , R=0.560(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 26/06/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΣΤΑΥΡΟΣ (ΑΚΡΩΤΗΡΙ) _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S710 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S710 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 01.010 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 13:45 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 14:30 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S710 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 18.33 (m) , R=0.220(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 08/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΚΟΛΥΜΠΑΡΙ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S108 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S108 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 0.320 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 07:51 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 08:36 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S108 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 27.60 (m) , R=0.150(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 08/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΝΤΕΡΕΣ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S509 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S509 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 0.320 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:36 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 13:22 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S509 _____

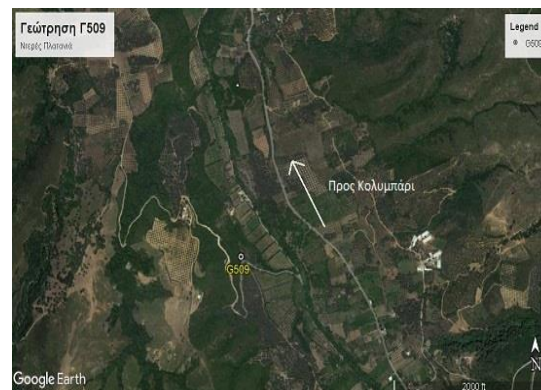
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 119.30 (m) , R=0.080(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 08/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΔΡΟΜΟΝΕΡΟ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S610 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S610 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 0.330 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 14:51 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 15:37 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S610 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: _____ ΑΙΘΡΙΟΣ _____				ΣΤΑΔΙΑ -----	
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	Σε		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 27.20 (m) , R=-0.270(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 09/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΜΑΡΕΔΙΑΝΑ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S449 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S449 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.280 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 13:16 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 14:06 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S449 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 07.58 (m) , R=-0.300(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 09/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΤΟΠΟΛΙΑ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S042 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S042 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.300 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 11:27 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:24 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S042 _____

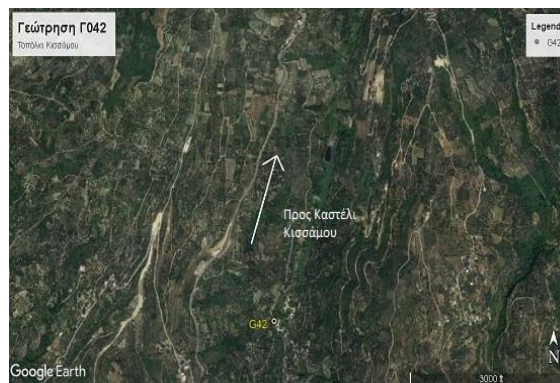
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 05.23 (m) , R=0.300(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 09/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΑΣΤΡΙΚΑΣ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S068 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S068 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.730 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 09:19 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 10:08 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S068 _____

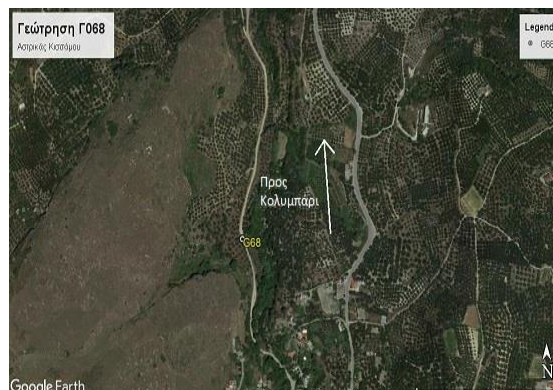
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 113.20 (m) , R=0.190(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 11/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΡΑΠΑΝΙΑΝΑ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S657 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S657 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.220 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 07:36 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 08:20 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S657 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: _____ ΑΙΘΡΙΟΣ _____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	Σε		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 06.74 (m) , R=0.030(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 11/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΣΤΕΡΝΕΣ (ΑΚΡΩΤΗΡΙ) _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ SWELL _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ SWELL _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.390 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 10:23 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 11:10 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ SWELL _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ			ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)	
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.			Σε
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 06.90 (m) , R=0.350(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 13/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΑΝΩΠΟΛΗ (ΣΦΑΚΙΑ) _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S463 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S463 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.240 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 05:47 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 06:30 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S463 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 183.20 (m) , R=0.260(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 13/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ____ΒΟΥΒΑΣ (ΣΦΑΚΙΑ)____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S459 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S459 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.350 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 07:20 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 08:10 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S459 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 154.22 (m) , R=0.130(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 13/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ____ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΟ____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S418 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S418 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.350 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 08:32 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 09:20 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S418 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 016.43 (m) , R=0.070(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 13/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: ____ΦΙΛΙΠΠΟΣ(ΧΩΡΙΟ)____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S704 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S704 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.350 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 11:30 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:20 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S704 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	Σε		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 159.40 (m) , R=0.080(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 13/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΝΙΟ ΧΩΡΙΟ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S442 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S442 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.350 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:56 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 13:40 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S442 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	Σε		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 101.10 (m) , R=0.210(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 15/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΛΙΒΑΔΙΑ (ΕΛΑΦΟΝΗΣΙ) _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S565 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S565 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.160 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 06:24 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 07:31 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S565 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ:____ΤΟΡCON G3____					ΚΑΙΡΟΣ:____ΑΙΘΡΙΟΣ____		ΣΤΑΔΙΑ:____ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ____				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	ΣΕ		
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				
S565	306	369	306.25								
		244									
G565					233	272	233		73.25		
						194					

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 012.70 (m) , R=0.250(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 15/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΕΛΑΦΟΝΗΣΙ _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S430 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S430 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.260 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 08:20 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 09:05 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S430 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ			ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)	
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.			Σε
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 129.31 (m) , R=0.330(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 15/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: __ ΒΟΥΤΑΣ (ΦΑΡΑΓΓΙ) _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S453 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S453 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.260 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 10:30 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 11:35 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S453 _____

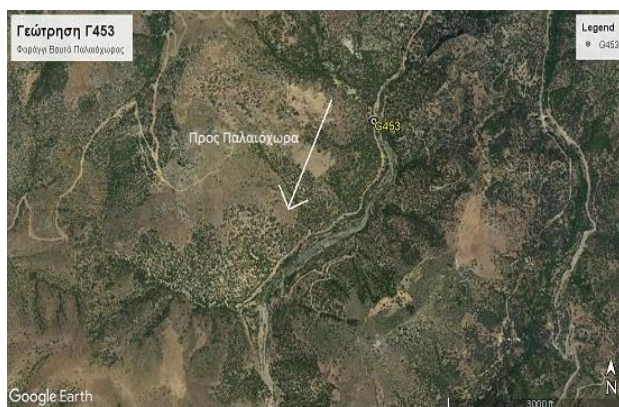
ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ΑΙΘΡΙΟΣ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ			ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)	
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.			Σε
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 016.40 (m) , R=0.370(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 15/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: __ΑΝΥΔΡΟΙ (ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ)__
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S284 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S284 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.170 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:05 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 12:50 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S284 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: ____ ΑΙΘΡΙΟΣ ____		ΣΤΑΔΙΑ -----				
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ					ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ			ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)	
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.	So		ΜΕΣΗ	ΑΝΩ	Μ.Ο.			Σε
		ΚΑΤΩ					ΚΑΤΩ				

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ ΎΨΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ= 115.40 (m) , R=0.230(m) _____



ΦΥΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΕΔΙΟΥ GPS

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: _____ 15/07/2017 _____	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: _____ ΛΙΒΑΔΑΣ (ΣΟΥΓΙΑ) _____
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ: _____ S481 _____	ΚΩΔΙΚΟΣ (4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ): _____ S481 _____
ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ: _____ ΜΑΥΡΑΚΑΚΗΣ _____	S/N: _____ NUB03330004 _____
ΔΕΚΤΗΣ: _____ SMART 6200 _____	S/N ΚΕΡΑΙΑΣ: _____ NRK03410018 _____
ΚΕΡΑΙΑ: _____ NOV600 _____	ΥΨΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ (m): _____ 1.320 _____
ΕΝΑΡΞΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 14:50 _____	ΤΕΛΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (UTC TIME): _____ 16:20 _____
ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (sec): _____ 2 _____	ΟΝΟΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ: _____ S481 _____

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ -----					ΚΑΙΡΟΣ: _____ ΑΙΘΡΙΟΣ _____				ΣΤΑΔΙΑ -----	
Σημ. Σκοπ.	ΟΠΙΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΕΜΠΡΟΣΘΟΣΚΟΠΕΥΣΕΙΣ				ΔΗ=Ο-Ε	ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΜ. (μ)
	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	So	ΜΕΣΗ	ΑΝΩ ΚΑΤΩ	Μ.Ο.	Σε		

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: _____ Ύψος Σταθμής= 019.70 (m) , R=0.300(m) _____