



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

Πτυχιακή Εργασία

Τοπογραφική Αποτύπωση Τμήματος Κοίτης του Ποταμού Αλιάκμονα



Σπουδαστής: Αποστολίδης Πασχάλης Α.Μ. 2013/0139
Επιβλέπων Καθηγητής: Βακαλφώτης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη 2017



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

Πτυχιακή Εργασία

Τοπογραφική Αποτύπωση Τμήματος Κοίτης του Ποταμού Αλιάκμονα

Σπουδαστής: Αποστολίδης Πασχάλης Α.Μ. 2013/0139

Επιβλέπων Καθηγητής: Βακαλφώτης Κωνσταντίνος

Θεσσαλονίκη 2017

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από τον Αποστολίδη Πασχάλη, στα πλαίσια της υποχρεωτικής πτυχιακής εργασίας για την απόκτηση του πτυχίου του Πολιτικού Μηχανικού Τεχνολογικής Εκπαίδευσης του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης. Η εργασία παραδίδεται στο τέλος του 8ου και τελευταίου εξαμήνου του προγράμματος σπουδών, στο οποίο οι σπουδαστές έχουν αποκτήσει μία καλή γνώση των μαθημάτων που έχουν διδαχθεί.

Το σκεπτικό με το οποίο επιλέχθηκε το αντικείμενο της Τοπογραφίας, είναι ότι η Τοπογραφία αποτελεί βασικό στοιχείο για οποιοδήποτε έργο πολιτικού μηχανικού και έτσι η περαιτέρω ενασχόληση ενός σπουδαστή στα πλαίσια της εργασίας, θα αποτελέσει χρησιμότερο στοιχείο, αλλά και θεμέλιο για την μετέπειτα επαγγελματική εξέλιξη ενός υποψηφίου Πολιτικού Μηχανικού Τ.Ε. Το θέμα της εργασίας συζητήθηκε με τον επιβλέποντα καθηγητή και επιλέχθηκε εξ αιτίας της χρησιμότητας και της συχνής ανάγκης που προκύπτει για τοπογραφικές αποτυπώσεις. Η εν λόγω εργασία δεν έχει μόνο σκοπό την εκπόνηση της εργασίας, αλλά παράλληλα αποτελεί προαπαιτούμενο για την εκτέλεση εργολαβίας, της διευθέτησης της κοίτης του ποταμού με βάση την υπάρχουσα υδραυλική μελέτη. Τέλος εκτός απ' την αναγκαιότητα του τοπογραφικού υποβάθρου, υπήρχαν η πρόσβαση στη μελέτη του ποταμού, η δυνατότητα χρήσης Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού με τον οποίο ελήφθησαν τα στοιχεία, η πρόσβαση στο πεδίο και γενικά η εφικτότητα της διαδικασίας.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή κο Κωνσταντίνο Βακαλφώτη, που δέχθηκε να εκπονήσω την εργασία υπό την επίβλεψη του, παρόλες τις υποχρεώσεις του και έτσι να έχω τη δυνατότητα της επικοινωνίας και της καθοδήγησης όποτε χρειαστεί, για την καλή έκβαση της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κο Βακαλφώτη μαζί με τον βοηθό του, τον κο Μεντεκίδη για την εμφύσηση των χρησιμότερων γνώσεων της Τοπογραφίας, που διδαχθήκαμε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών και τα μαθήματα Τοπογραφία Ι και Τοπογραφία ΙΙ.

Στους γονείς μου Αθηνά Κοτσάνη και Παναγιώτη Αποστολίδη ένα μεγάλο ευχαριστώ είναι απλά λίγο, καθώς ότι είμαι το οφείλω σ' αυτούς, που μου έμαθαν τα

πάντα για το πώς να πορεύομαι στη ζωή και που με στήριξαν με κάθε τρόπο που ήταν δυνατός σε μου όλα τα χρόνια. Επίσης ευχαριστώ την Αδερφή μου Νίκη που πάνω απ' όλα είμαστε φίλοι, καθώς και την υπόλοιπη οικογένειά μου για κάθε μικρή ή μεγάλη βοήθεια.

Ευχαριστώ επίσης όλους τους καθηγητές μου του Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου παρείχαν, καθώς και για την επίγνωση της επιτέλεσης του λειτουργήματος της εκπαίδευσης, κάνοντας ότι είναι δυνατό για την καλή λειτουργία της σχολής, παρά τις σοβαρότατες γενικές ελλείψεις που παρουσιάζονται στο χώρο της εκπαίδευσης.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω σε όλους τους φίλους μου, συμφοιτητές και μη, κοντινούς και μακρινούς, για την ανιδιοτελή φιλία τους, που είναι τόσο ζωτικής σημασίας για μία υγιή ζωή.

Περίληψη – Abstract

Η εργασία περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο έγινε η αποτύπωση της κοίτης του ποταμού, τα μέσα και τις διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν. Αρχικά μελετάται ο χώρος της αποτύπωσης και αναφέρονται όλα τα απαραίτητα σχετικά στοιχεία. Επίσης περιγράφεται το έργο της διευθέτησης της κοίτης του ποταμού Αλιάκμονα, που τμήμα του αποτελεί και η αποτύπωση για την μετέπειτα κατασκευή. Εν συνεχεία γίνεται η περιγραφή του οργάνου της αποτύπωσης με τα τεχνικά του χαρακτηριστικά και η περιγραφή του τοπογραφικού πακέτου που έγινε η επεξεργασία των δεδομένων. Στα επόμενα μέρη γίνεται αναλύεται η πολυγωνομετρική όδευση που στήθηκε και η επίλυση της, καθώς και όλη η διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων μέχρι την κατασκευή του τοπογραφικού. Στο Παράρτημα υπάρχουν όλα τα απαραίτητα σχέδια, πίνακας σημείων αποτύπωσης και φωτογραφίες.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	8
Εισαγωγή	8
1. Η Εργασία Γενικά.....	8
Κεφάλαιο 2	11
Περιγραφή της Τοποθεσίας της Αποτύπωσης.....	11
2.1 Γεωγραφική Περιγραφή Θέσης.....	11
2.2 Ο ποταμός Αλιάκμονας	14
2.3 Η Περιοχή της Αποτύπωσης.....	16
Κεφάλαιο 3	19
Περιγραφή του Έργου	19
3.1 Ονομασία και Σκοπός του Έργου.....	19
3.2 Τεχνική Περιγραφή του Έργου	20
3.3 Ποσότητες Υλικών και Προϋπολογισμός	22
3.4 Μεθοδολογία Κατασκευής.....	22
3.5 Τοπογραφική Υποστήριξη.....	25
Κεφάλαιο 4	27
Γεωδαιτικοί Σταθμοί και Χαρακτηριστικά του Οργάνου	27
4.1 Το όργανο γενικά.....	27
4.2 Οι δυνατότητες των Γεωδαιτικών Σταθμών	27
4.2 Η Αρχή λειτουργίας του EDM	30
4.3 Μετρήσεις Μηκών Χωρίς Ανακλαστήρα (Reflectorless).....	32
4.4 Τα Χαρακτηριστικά του Οργάνου της Αποτύπωσης	34
Κεφάλαιο 5	37
Το Πρόγραμμα AutoCad Civil 3D	37
5.1 Το Πρόγραμμα AutoCAD Civil 3D γενικά.....	37

5.2 Περιήγηση στο Πρόγραμμα	39
5.3 Το Δυναμικό Περιβάλλον του Προγράμματος.....	42
<i>Κεφάλαιο 6</i>	45
Όδευση και Επίλυση.....	45
6.1 Στοιχεία Τοπογραφίας	45
6.1.1 Το Πρώτο Θεμελιώδες Πρόβλημα	45
6.1.2 Το Δεύτερο Θεμελιώδες Πρόβλημα.....	46
6.1.3 Το Τρίτο Θεμελιώδες Πρόβλημα	47
6.2 Οι Οδεύσεις Γενικά	48
6.3 Εγκατάσταση του Δικτύου Όδευσης και Μέτρηση των Στοιχείων.....	51
6.4 Εργασίες στο Πεδίο για την Εγκατάσταση της Όδευσης και την Μέτρηση των Στοιχείων της.....	53
6.5 Επίλυση	58
Υπολογισμοί.....	59
1) Υπολογίζονται οι γωνίες διεύθυνσης με 2ο Θ.Π. για τα σταθερά σημεία	59
2) Υπολογίζεται με 3ο Θ.Π. η γωνία διεύθυνσης δ'_{P8P9}	59
3) Υπολογίζεται το γωνιακό σφάλμα	59
4) Υπολογίζεται η αναλογική διόρθωση για κάθε γωνία που μετρήθηκε.....	60
5) Υπολογίζονται οι διορθωμένες τιμές των γωνιών ($\beta'_i = \beta_i + \delta_\beta$).....	60
6) Υπολογίζεται η γωνία διεύθυνσης κάθε πλευράς με 3ο Θ.Π.....	60
7) Υπολογισμός προσωρινών (πριν τις γραμμικές διορθώσεις) διαφορών με 1ο Θ.Π.	61
8) Υπολογισμός για το σημείο P8 των X'_{P8} , Y'_{P8}	61
9) Υπολογισμός του γραμμικού σφάλματος	62
10) Υπολογισμός των διορθώσεων για κάθε πλευρά (το γραμμικό σφάλμα μοιράζεται στις μετρημένες πλευρές ανάλογα του μήκους)	63
11) Υπολογίζονται οι τελικές τιμές των συντεταγμένων	63

Κεφάλαιο 7	65
Επεξεργασία Δεδομένων και Εξαγωγή Σχεδίων	65
7.1 Αποτύπωση και Σχεδίαση Ισοϋψών	65
7.2 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους.....	66
7.3 Τα Πλεονεκτήματα των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους.....	69
7.4 Η Χρησιμότητα της Ψηφιακής Σχεδίασης	70
7.4 Οι Εντολές που Χρησιμοποιήθηκαν.....	73
7.4.1 Εισαγωγή των Σημείων	73
7.4.2 Δημιουργία Επιφάνειας και Σχεδίαση Ισοϋψών	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	78
ΣΧΕΔΙΑ.....	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	0
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ	0
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	16
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	16
Βιβλιογραφία	18
Βιβλία	18
Ηλεκτρονικές Πηγές.....	19

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1. Η Εργασία Γενικά

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει τίτλο «Τοπογραφική αποτύπωση τμήματος κοίτης του ποταμού Αλιάκμονα». Η εν λόγω τοπογραφική αποτύπωση δεν έχει σκοπό μόνο την εκπόνηση της εργασίας αυτής. Ο κυρίως σκοπός της είναι η αποτύπωση του φυσικού εδάφους ως προαπαιτούμενο για την μετέπειτα κατασκευή έργου, την διευθέτηση της κοίτης του ποταμού.

Η διευθέτηση της κοίτης είναι έργο που ως στόχο έχει την χωροθέτηση και σταθεροποίηση της κοίτης του ποταμού για την αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων στις γειτονικές καλλιεργήσιμες αλλά και κατοικούμενες εκτάσεις, καθώς σε μεγάλο τμήμα του ποταμού και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, υπάρχουν πολλοί οικισμοί και χωριά. Επομένως η ανάγκη προστασίας των γύρω εκτάσεων του ποταμού είναι επιτακτική.

Η μελέτη για το συγκεκριμένο τμήμα του ποταμού και επομένως το έργο που πρόκειται να κατασκευαστεί είναι ένα κομμάτι μόνο από την συνολική μελέτη διευθέτησης. Η συνολική μελέτη επειδή εκτείνεται σε μεγάλο μήκος της τάξεως των 3,5 km έχει σπάσει σε μικρότερα κομμάτια εργολαβιών των 250-500 m για οικονομικούς λόγους, ανάλογα το πλάτος του ποταμού και τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας που απαιτούνται σε κάθε τμήμα.

Η εργασία διαρθρώνεται σε οχτώ κεφάλαια από την εισαγωγή μέχρι τα συμπεράσματα. Το πρώτο κεφάλαιο είναι η «Εισαγωγή» και ως στόχο έχει την ένταξη

του αναγνώστη στο σκοπό της εργασίας, τον καθορισμό της ύλης και την ανάλυση της δομής.

Το δεύτερο κεφάλαιο είναι η «Περιγραφή της Τοποθεσίας του Έργου», σκοπός του οποίου είναι ο αναγνώστης να τοποθετήσει στο μυαλό του γεωγραφικά την περιοχή της μελέτης. Πέρα από την τοποθέτηση γεωγραφικά θα αναλυθεί η περιοχή κατάληψης του ποταμού σε μεγάλο τμήμα και θα παρουσιαστούν κάποια βασικά στοιχεία του ποταμού. Επίσης για την περιοχή θα αναλυθεί το γεωγραφικό της ανάγλυφο καθώς και η κατάληψη της γης, η ύπαρξη οικισμών και η γενικότερη γεωγραφική θέση.

Στο 3ο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται η «Περιγραφή της Μελέτης και του Έργου». Στο εν λόγω κεφάλαιο θα αναλυθεί η υδραυλική μελέτη του έργου, η οριζοντιογραφία, η μηκοτομή και οι διατομές. Θα αναφερθούν ο σκοπός του έργου, ο κύριος του έργου και άλλα νομικά χαρακτηριστικά. Επίσης θα περιγραφούν οι εργασίες που πρόκειται να εκτελεστούν, τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν, τα υλικά κατασκευής, το χρονοδιάγραμμα του έργου και βασικά οικονομικά στοιχεία.

Το 4ο κεφάλαιο αφορά την «Περιγραφή του Τοπογραφικού Οργάνου» και θα αναλυθεί ο συγκεκριμένος τύπος τοπογραφικών οργάνων, η αρχή λειτουργίας τους και οι δυνατότητες τους. Για το συγκεκριμένο όργανο με το οποίο έγινε η αποτύπωση θα αναφερθούν τα βασικά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του.

Στο 5ο κεφάλαιο γίνεται η «Περιγραφή του Τοπογραφικού Προγράμματος» με το οποίο έγινε η επεξεργασία των δεδομένων στο γραφείο. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το εν λόγω πρόγραμμα έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες στο αντικείμενο της «Τοπογραφίας», της «Οδοποιίας» καθώς και των «Κλειστών και Ανοιχτών Αγωγών», οι οποίες όμως ξεφεύγουν από το αντικείμενο της εργασίας. Γι' αυτό θα αναλυθούν μόνο τα χαρακτηριστικά και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων και την αποτύπωση του φυσικού εδάφους.

Στο 6ο κεφάλαιο παρουσιάζεται «Η Όδευση και η Επίλυση της», που αφορά το δίκτυο που στήθηκε για την αποτύπωση του εδάφους και την μετέπειτα τοπογραφική παρακολούθηση του έργου, κατά την φάση της κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται ο τύπος της όδευσης, τα σημεία εξάρτησης, οι στάσεις και ο αριθμός τους. Τέλος γίνεται η επίλυση της όδευσης.

Στο 7ο κεφάλαιο «Αποτύπωση του Εδάφους» γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων με το τοπογραφικό πρόγραμμα. Παρουσιάζεται όλη η διαδικασία και όλες οι

εντολές μέχρι την χάραξη των ισοϋψών καμπυλών και παρουσιάζεται το αποτέλεσμα. Επίσης παρουσιάζονται οι διάφορες δυνατές προβολές που υποστηρίζονται από το πρόγραμμα σε δύο διαστάσεις (2D), αλλά και σε τρεις (3D).

Τέλος στο 8ο κεφάλαιο «Συμπεράσματα» που είναι και το τελευταίο αναλύονται τα αποτελέσματα και γίνεται αναφορά για την περαιτέρω δυνατή εκμετάλλευση των στοιχείων καθώς και άλλων δυνατών χρήσεων.

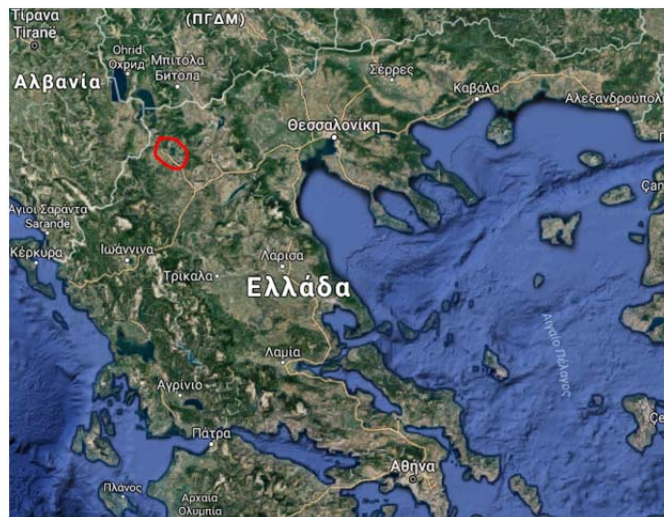
Κεφάλαιο 2

Περιγραφή της Τοποθεσίας της Αποτύπωσης

2.1 Γεωγραφική Περιγραφή Θέσης

Ο Αλιάκμονας όπως είναι γνωστό βρίσκεται στα Βόρεια της Ελλάδας, στην Μακεδονία. Οι πηγές του βρίσκονται στο βουνό Γράμμος Βορειοδυτικά της Ελλάδας, διαρρέει τη Δυτική και Κεντρική Μακεδονία και εκβάλλει στο Θερμαϊκό κόλπο κοντά στην παραλία της Αγαθούπολης.

Η περιοχή όπου έγινε η αποτύπωση, εντοπίζεται στο Βορειοδυτικό τμήμα της χώρας. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1, βρίσκεται στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, στο Νομό Καστοριάς κοντά στους πρόποδες του βουνού Γράμμος και τις πηγές του Αλιάκμονα.



Εικόνα 2.1: Γεωγραφική θέση της αποτύπωσης.

Στα Δυτικά της θέσης αποτύπωσης εκτείνεται η οροσειρά της Πίνδου η μεγαλύτερη οροσειρά της Ελλάδας. Η οροσειρά της Πίνδου μαζί με αυτήν της Ροδόπης απλώνονται σχεδόν σε όλη τη χώρα και συγκροτούν τις Ελληνίδες Οροσειρές, που αποτελούν τη συνέχεια των Δειναρικών Άπλεων. Η Πίνδος αποτελεί το τμήμα των Ελληνίδων Οροσειρών που ξεκινά από τα ελληνοαλβανικά σύνορα, διακόπτεται από το βύθισμα του Κορινθιακού Κόλπου, συνεχίζεται στην Πελοπόννησο διακόπτεται από το Αιγαίο Πέλαγος και εμφανίζεται ξανά στην Κρήτη. Η Πίνδος χωρίζεται σε Νότια και Βόρεια Πίνδο, αποτελώντας την ραχοκοκαλιά της ηπειρωτικής Ελλάδας. Εκτείνεται στο Δυτικό τμήμα της χώρας μας, ακολουθώντας τις ακτές του Ιονίου με κατεύθυνση ΒΔ- ΝΑ. Στην πραγματικότητα η Πίνδος δεν είναι μία, αλλά περισσότερες οροσειρές που εκτείνονται παράλληλα η μία προς την άλλη σε μήκος περίπου 150 χιλιομέτρων (μέχρι τον Κορινθιακό Κόλπο), με πλάτος περίπου 50 χιλιόμετρα. Η ψηλότερη κορυφή της είναι στο όρος Σμόλικας (2.637 μ.), που είναι το δεύτερο ψηλότερο ελληνικό βουνό, ενώ δεκάδες κορυφές της οροσειράς ξεπερνούν τα 2.000 μ. ύψος. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα επτά από τα δέκα ψηλότερα ελληνικά βουνά (Σμόλικας, Γράμμος, Τύμφη ή Γκαμήλα, Βαρδούσια, Τζουμέρκα ή Αθαμανικά όρη και Παρνασσός), ανήκουν στην οροσειρά της Πίνδου. Επειδή το πλάτος της ηπειρωτικής Ελλάδας είναι μικρό, αφού δεν ξεπερνά πουθενά τα 250 χιλιόμετρα, η Πίνδος καλύπτει πολύ μεγάλο μέρος της χώρας και κάνει το έδαφος ορεινό, κυρίως στο δυτικό τμήμα της, ενώ αποτελεί όριο μεταξύ δυτικής και ανατολικής Ελλάδας. Εξαιτίας του πολύ ορεινού εδάφους, η Πίνδος δεν αφήνει πολλές διαβάσεις ανάμεσα στη δυτική και ανατολική Ελλάδα, με αποτέλεσμα οι δρόμοι να ανεβαίνουν σε μεγάλο υψόμετρο και πολλές φορές τον χειμώνα οι άσχημες καιρικές συνθήκες να δυσκολεύουν τη διάβασή τους. Η κατασκευή του οδικού άξονα της Εγνατίας έλυσε σε μεγάλο βαθμό το συγκεκριμένο πρόβλημα για τη βόρεια Πίνδο, καθώς αποτελεί σύγχρονο αυτοκινητόδρομο με υψηλές προδιαγραφές και πολυάριθμες σήραγγες και γέφυρες. Τέλος η Πίνδος δέχεται περισσότερες βροχές σε σχέση με άλλες περιοχές της χώρας μας, αποτελώντας την οροσειρά από την οποία ξεκινούν τα μεγαλύτερα ελληνικά ποτάμια, ενώ είναι και σημαντικός υδροκρίτης καθώς καθορίζει ποια νερά θα πάνε προς το Ιόνιο και ποια προς το Αιγαίο Πέλαγος.

Η Περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας αποτελείται από τέσσερις νομούς, (Αντιπεριφέρειες Διοικητικά), τους Νομούς Καστοριάς, Φλώρινας, Κοζάνης και Γρεβενών.

Ο Νομός Καστοριάς είναι κυρίως ορεινός, αφού από τα 1.685 τ.χλμ. της επιφάνειάς του μόνο 209 τ.χλμ είναι πεδινά. Στα δυτικά υψώνεται η οροσειρά της Βόρειας Πίνδου (κορυφές Γράμμος, Κιάφα, Σούφλικας, Επάνω Αρένα, Κάτω Αρένα, Μπουχέτσι) που καθορίζει τα όρια του νομού με το νομό Ιωαννίων. Ανατολικότερα και παράλληλα προς τη Βόρεια Πίνδο υψώνεται το Βόιο (κορυφές Ψωριάρικα, Άσπρη Πέτρα, Πυργος κ.α.). Οι βορειότερες κορυφές του Γράμμου, Γκούμπελ και Μπανταρός μαζί με μία από τις βορειότερες κορυφές του Βοΐου την Αλεβίτσα καθορίζουν τα όρια του νομού με την Αλβανία. Στα ανατολικά υψώνεται το Βέρνο ή Βίτσι (1.679μ.) και στα νότια οι νότιες κορυφές του Ασκίου ή Σινιάτσικου (κορυφές Κάστρο Ζώτα, Μορίκι, Κορησός και Βογατσικό). Μεταξύ Βέρνου και Ασκίου σχηματίζονται τα στενά της Κλεισούρας, απ' όπου διέρχεται η οδική αρτηρία Καστοριάς- Φλώρινας.

Φυσικός υδροκρίτης του νομού Καστοριάς είναι το Βόιο μαζί με τον Γράμμο και τις κορυφές, Κιάφα Σούφλικα κ.α. Στα δυτικά αυτής της γραμμής όλα τα νερά της βροχής καταλήγουν στο Ιόνιο, ενώ στα βόρεια και ανατολικά καταλήγουν στον Αλιάκμονα, ο οποίος εκβάλλει στο Αιγαίο. Ανάμεσα στους ορεινούς όγκους σχηματίζεται μια ψηλή λεκάνη, το οροπέδιο της Ορεστιάδας ή Καστοριάς. Ο νομός κυριαρχείται από υδατικά από τον Αλιάκμονα, του οποίου αποτελεί βασικό υδρογραφικό στοιχείο αφού διαρρέι σε όλη την έκτασή του και μαζί με του παραποτάμους του αποχετεύει την λεκάνη του. Ένα μέρος των επιφανειακών υδάτων της λεκάνης συγκεντρώνεται στα χαμηλότερα σημεία της και σχηματίζει τη λίμνη της Καστοριάς ή Ορεστιάδας, η στάθμη της οποίας βρίσκεται σε υψόμετρο 620 μ. Όταν η λίμνη υπερχειλίζει τα νερά της αποχετεύονται στον Αλιάκμονα μέσω του ρέματος Γκιόλη. Στην κοιλάδα που σχηματίζεται μεταξύ Βόρειας Πίνδου και Αώου ρέει ο Σαραντάπορος.

Το κλίμα του νομού είναι ηπειρωτικό, ενώ κλίνει συγχρόνως προς το μεσευρωπαϊκό. Γενικά, η μέση μηνιαία θερμοκρασία υπερβαίνει τους 20° C μόνο από τον Ιούνιο έως τον Σεπτέμβριο. Ο χειμώνας είναι δριμύς και είναι συχνό το φαινόμενο του ολικού παγετού, της διατήρησης δηλαδή της θερμοκρασίας σε όλη τη διάρκεια της ημέρας υπό του μηδενός. Οι απόλυτα ελάχιστες θερμοκρασίες φτάνουν ακόμα και τους -20° C και πολλές φορές η λίμνη και τα ποτάμια παγώνουν. Την τραχύτητα του χειμώνα εντείνουν οι σφοδροί τοπικοί άνεμοι καθώς και εκείνοι που κατεβαίνουν από τα χιονισμένα βουνά. Το καλοκαίρι η θερμοκρασία στους ακραίους καύσωνες αγγίζει τους

40° C. Η περιοχή είναι πολύ υγρή τους χειμερινούς μήνες και σχετικά ξηρή τους καλοκαιρινούς. Η νέφωση είναι μεγάλη από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο. Εξαιτίας του πολύπλοκου τοπικού ανάγλυφου και των τοπικών ισοβαρικών συστημάτων που επικρατούν οι άνεμοι που πνέουν μεταβάλλονται συνεχώς και σε διεύθυνση και σε ένταση. Συχνότεροι όμως είναι οι Βόρειοι άνεμοι και κυρίως αυτοί με κατεύθυνση ΒΔ-ΒΑ. Το ετήσιο βροχομετρικό ύψος κυμαίνεται από 600 έως 800 χιλιοστά στα πεδινά, ενώ στα ορεινά υπερβαίνει τα 1.200- 1.400 χιλιοστά και τείνει να κατανεμηθεί ομοιόμορφα κατά τους διάφορους μήνες, στοιχείο που είναι χαρακτηριστικού του κλίματος του μεσευρωπαϊκού τύπου. Τέλος το χιόνι είναι συχνό φαινόμενο κατά την ψυχρή εποχή, ιδίως στα ορεινά. Οι καταιγίδες, θερμικής προέλευσης, είναι σχετικά συχνές κυρίως κατά τη θερμή εποχή του έτους.

2.2 Ο ποταμός Αλιάκμονας

Ο Αλιάκμονας ποταμός βρίσκεται εξ' ολοκλήρου σε Ελληνικό έδαφος και είναι το μεγαλύτερο ποτάμι της Ελλάδας με μήκος 297 km. Διαρρέει τη Δυτική και Κεντρική Μακεδονία και συγκεκριμένα τους νομούς Καστοριάς, Γρεβενών, Κοζάνης, Ημαθίας και Πιερίας. Δέχεται τα πλεονάζοντα νερά της λίμνης της Καστοριάς καθώς και τα νερά των παραποτάμων που είναι οι Λιβαδοπόταμος, Στραβοπόταμος, Βέλα, Ντραμπουτιώτικου, Μπέλιτσα, Πραμορίτσα, Γρεβενιώτικου ή Γρεβενίτη, Βενέτικου, Σαρραντάπορου, Σταυροπόταμου, Εδεσσαίου και της στραγγιστικής τάφρου της λίμνης των Γιαννιτσών. Εκβάλλει όπως αναφέρθηκε στο Θερμαϊκό κόλπο κοντά στην παραλία της νέας Αγαθούπολης δημιουργώντας ένα εκτεταμένο δέλτα πλούσιο σε χλωρίδα και πανίδα.

Στη Δυτική Μακεδονία κοντά στο χωριό Μανιάκοι της Καστοριάς, βρίσκεται η συμβολή του ποταμού με τον Λαδοπόταμο, που πηγάζει από το όρος Βέρνο (Βίτσι), περνάει από το χωριό Κορομηλιά και υδροδοτεί τις πόλεις της Καστοριάς και Άργους Ορεστικού καθώς και κάποια χωριά, πριν συμβάλλει στον Αλιάκμονα. Στο Νομό Γρεβενών οι παραπόταμοι που συμβάλλουν, Βενέτικος και Γρεβενίτης, πηγάζουν στα νοτιοδυτικά από την κοιλάδα Βάλια Κάλντα, και τα όρη Όρλιακα και Σμόλικα αντίστοιχα.

Ο Βενέτικος αποτελεί το μεγαλύτερο παραπόταμο τού Αλιάκμονα και δημιουργείται από μικρότερους παραποτάμους ή χείμαρρους, όπως ο Βελονιάς και ο Σμιζιώτικος. Ο Βενέτικος μέχρι να συναντήσει του Αλιάκμονα ρέει μέσα από κοιλάδες και σε σημεία, όπως στην περιοχή του χωριού Σπήλαιο Γρεβενών δημιουργεί απότομα και εντυπωσιακά φαράγγια. Σημαντική επίσης στο ποτάμιο αυτό σύστημα είναι η παρουσία τού ρέματος της Σούτσας, που διασχίζει τα Δημοτικά Διαμερίσματα του Δήμου Χασιών. Στο Βορρά μαζεύει τα νερά του ποταμού Πραμόριτσα συγκεντρώνοντας τα νερά του υδροκρίτη της περιοχής της Κοζάνης. Στην συνέχεια σχηματίζει τόξο γύρω από το βουνό Βούρινο και μέσα από μια βαθιά χαράδρα προχωρεί βορειοανατολικά για 90 χιλιόμετρα σχηματίζοντας μαιάνδρους στην περιοχή της Ζάβορδας.

Ο ποταμός Αλιάκμονας συμβάλει στην ανάπτυξη της περιοχής της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας και συγκεκριμένα της αγροτικής παραγωγής μέσω φραγμάτων και αρδευτικών δικτύων που καλύπτουν τις ανάγκες άρδευσης. Πριν γίνει το φράγμα για την εκτροπή του κοντά στο χωριό Αγία Βαρβάρα στα μέσα της δεκαετίας του 1950, δεν είχε σταθερή κοίτη. Πολύ συχνά πλημμύριζε και σχημάτιζε εκτεταμένα έλη, ενώ χαραγμένες έχουν μείνει στη μνήμη μεγαλύτερων σε ηλικία κατοίκων, οι καταστροφές που είχε προκαλέσει τον Δεκέμβριο του 1935.

Δαμασμένος πλέον εδώ και δεκαετίες με φράγματα και διάφορα εγγειοβελτιωτικά έργα, ο μεγαλύτερος ποταμός της χώρας αρδεύει το σύνολο σχεδόν του ημαθιώτικου κάμπου και υπολογίζεται ότι με την ολοκλήρωση και των τελευταίων προγραμματισμένων έργων τα νερά του θα αρδεύουν 1.300.000 στρέμματα. Τέλος μετά τα υδροηλεκτρικά έργα που έγιναν στις κοίτες του, έχει καταστεί ένας οικονομικός συντελεστής της χώρας μας και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Στη Δυτική Μακεδονία ο Αλιάκμονας και οι παραπόταμοί του σχηματίζουν ένα πολυδαίδαλο ποτάμιο δίκτυο, το οποίο σε συνδυασμό με τη γεωγραφική θέση της περιοχής ανάμεσα σε Μακεδονία και Ήπειρο επέβαλε το χάραγμα σημαντικών δρόμων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την «Βασιλική στράτα» στον άξονα Μαυραναίοι-Ζιάκα-Περιβόλι-Βωβούσα. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στη ζεύξη των ποταμών με πέτρινα γεφύρια τα οποία διασώζονται μέχρι σήμερα.

Η περιήγηση στα γεφύρια είτε διαπλέοντας τα ποτάμια (Αλιάκμονας και Βενέτικος), είτε περπατώντας σε παραποτάμιες διαδρομές συνδυάζει την αναψυχή με

την άσκηση, δίνοντας τη δυνατότητα στους επισκέπτες να αναπτύξουν δραστηριότητες όπως ψάρεμα, ράφτινγκ και καγιάκ, γνωρίζοντας το φυσικό περιβάλλον της περιοχής παράλληλα με την τοπική ιστορία.

Ο Αλιάκμονας διαθέτει 33 είδη ψαριών. Από αυτά τα 30 είναι αυτόχθονα και τα υπόλοιπα εισήχθηκαν με ανθρώπινη παρέμβαση. Πολλά από τα ψάρια θεωρούνται σπάνια ενώ το μαυροτσιρώνι δε ζει πουθενά αλλού στο κόσμο, παρά μόνο στον Αλιάκμονα. Άλλα ψάρια, που υπάρχουν στο ποτάμι είναι το γριβάδι και η ιριδίζουσα πέστροφα, που αποδεικνύει, ότι τα νερά του Αλιάκμονα είναι ακόμη καθαρά. Στις εκβολές ζουν ελάχιστα χέλια, τα οποία δεν μπορούν να μεταναστεύσουν, επειδή εμποδίζονται από τα φράγματα. Στο Δέλτα του Αλιάκμονα και του Αξιού ζουν τα λαβράκια και τα κεφάλια, ενώ στην περιοχή παράγεται περίπου το 90% της συνολικής παραγωγής μυδιών στην Ελλάδα. Πολλά, όμως, είναι και τα είδη πουλιών, που έχουν παρατηρηθεί στην περιοχή του Αλιάκμονα. Τα πουλιά χρησιμοποιούν την περιοχή για να φιλοξενηθούν και να ξεχειμωνιάσουν, όπως οι πάπιες. Έχουν παρατηρηθεί 215 είδη πουλιών, από τα οποία το 10% κινδυνεύει να εξαφανιστεί. Ανάμεσά τους είναι ο αργυροπελεκάνος και η λεπτομύτα, που θεωρούνται από τα πιο σπάνια πουλιά στον κόσμο. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός, ότι 27 σπάνια και προστατευόμενα είδη πουλιών φωλιάζουν στην περιοχή, όπως ο πορφυροτσικνιάς, που είναι ένα είδος ερωδιού.

2.3 Η Περιοχή της Αποτύπωσης

Η περιοχή που μας αφορά βρίσκεται μεταξύ των οικισμών Τσάκωνης και Πενταβρύσου στο Νομό Καστοριάς, όπως φαίνεται με κόκκινο στην Εικόνα 2.3 που βρίσκεται παρακάτω.

Όπως παρατηρούμε και στο χάρτη το γεωγραφικό ανάγλυφο της περιοχής είναι ήπιο με λοφώδεις και καλλιεργούμενες εκτάσεις. Οι καλλιέργειες που υπάρχουν στον κάμπο είναι ποικίλες με κυριότερες την καλλιέργεια σιταριού και φασολιών. Ο Αλιάκμονας κυλά από τα αριστερά κάτω, προς τα πάνω όπου κάνει μια μεγάλη καμπύλη, για να κυλήσει πάλι προς τα κάτω στα μέσα και λίγο δεξιά της εικόνας. Γύρω από τον ποταμό και καθ' όλο σχεδόν το μήκος του, η γη καλύπτεται με πυκνή βλάστηση και μεγάλα δέντρα. Εκατέρωθεν του ποταμού υπάρχουν οδικές αρτηρίες, οι

επαρχιακές οδοί Καστοριάς- Νεστορίου και Καστοριάς Ομορφοκλησιιάς. Λίγο πριν και έξω από την περιοχή αποτύπωσης, υπάρχει η γέφυρα της επαρχιακής οδού Καστοριάς- Ομορφοκλησιιάς. Κατά μήκος του ποταμού αρκετά πιο κάτω, βρίσκεται η γέφυρα της οδού που ενώνει το χωριό Χιλιόδεντρο και κατ' επέκταση το Άργος Ορεστικό με το χωριό Μεσοποταμία και η οποία χρησιμοποιείται αρκετά. Σημαντική κυκλοφοριακή κίνηση έχει η επαρχιακή οδός Καστοριάς Νεστορίου γιατί εξυπηρετούνται πολλά χωριά πιο πάνω και προς τους πρόποδες του Γράμμου.

Η περιοχή αποτύπωσης βρίσκεται πιο κοντά στο χωριό Τσάκωνη, που απέχει από την πρωτεύουσα του Νομού 15,0 χλμ σε καλό επαρχιακό δίκτυο. Από το Άργος Ορεστικό τη δεύτερη μεγαλύτερη σε πληθυσμό πόλη του Νομού απέχει 10,0 χλμ. Γύρω από τη περιοχή που μελετάμε και σε μικρή σχετικά απόσταση βρίσκονται τα χωριά Πεντάβρυσος και Καλοχώρι ενώ σε μεγαλύτερη απόσταση τα μεγάλα χωριά Μεσοποταμία και Χιλιόδεντρο.



Εικόνα 2.3: Η θέση αποτύπωσης σε σχέση με τις πόλεις και τα χωριά του Νομού.

Η κυρίως πρόσβαση στο ποτάμι στο ύψος που μας ενδιαφέρει γίνεται μέσω της Τσάκωνης, που απέχει περίπου 2,0 χλμ απόσταση σε αργοτικό δρόμο όπως φαίνεται με κίτρινη επισήμανση στην Εικόνα 2.4. Κοντινή πρόσβαση στην κοίτη του ποταμού υπάρχει και από τη μεριά της επαρχιακής οδού Καστοριάς- Νεστορίου η οποία επίσης

φαίνεται στην εικόνα. Πρέπει να αναφερθεί ότι τους περισσότερους μήνες και κυρίως τους καλοκαιρινούς, εξαιτίας του μεγάλου πλάτους της κοίτης που καταλαμβάνεται σε μικρό εύρος από το νερό, μπορεί να γίνει η διάσχιση του ποταμού κατά μήκος για μεγάλα τμήματα με όχημα τζιπ. Κάθε χρόνο όμως η περιοχή κατάληψης του νερού μέσα στην κοίτη αλλάζει, αφού αλλού υπάρχουν αποθέσεις, αλλού διαβρώσεις και έτσι τίποτα δε μένει σταθερό μέσα στην κοίτη. Επίσης η παροχή του ποταμού μεταβάλλεται ανάλογα με τις βροχοπτώσεις των προηγούμενων ωρών και ημερών, καθώς και με τα χιόνια που λιώνουν από την Πίνδο. Σε περίπτωση μεγάλης καταιγίδας η παροχή του νερού αυξάνεται σημαντικά καθώς αποχετεύονται σημαντικές εκτάσεις, που ανά τόπους δημιουργούν πλημμύρες και αυτό είναι που δημιουργεί πολλές καταστροφές στη γύρω περιοχή.



Εικόνα 2.4: Οι δύο προσβάσεις στο τμήμα της κοίτης προς αποτύπωση.

Κεφάλαιο 3

Περιγραφή του Έργου

3.1 Ονομασία και Σκοπός του Έργου

Με στόχο την αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων του ποταμού Αλιάκμονα στην περιοχή της Καστοριάς, έχει εκπονηθεί η «Μελέτη Οριοθέτησης- Χωροθέτησης Ποταμού Αλιάκμονα στο Τμήμα Χιλιόδεντρο-Ποριά-Άργος». Η μελέτη αφορά ένα μεγάλο σε μήκος τμήμα του ποταμού της τάξεως των 3,5 km και εξαιτίας των διαφορετικών απαιτήσεων που υπάρχουν ανά τμήμα, επιλέχθηκε η διάσπαση της αρχικής μελέτης σε μικρότερα τμήματα.

Η εργολαβία που μας αφορά προτείνει την κατασκευή του έργου «Μελέτη Οριοθέτησης- Χωροθέτησης Ποταμού Αλιάκμονα στην Περιοχή Πενταβρύσου» σύμφωνα με το τμήμα της προαναφερθείσας μελέτης. Το έργο περιλαμβάνει τις απαιτούμενες εργασίες για την διευθέτηση της κοίτης, όπως αυτές προτείνονται στην αρχική υδραυλική μελέτη, η οποία είχε εγκριθεί με Απόφαση της Διεύθυνσης Τεχνικών Έργων της Περιφερειακής Ενότητας Καστοριάς που είναι και ο Κύριος του έργου.

Ο σκοπός του έργου είναι η αποτροπή των πλημμυρικών φαινομένων που παρατηρούνται στην περιοχή Πενταβρύσου- Τσάκωνης και στις παρακείμενες καλλιεργούμενες εκτάσεις, κυρίως κατά την υγρή περίοδο. Παράλληλα με την κατασκευή του έργου προστατεύεται το οδικό δίκτυο της περιοχής, τα δίκτυα ύδρευσης, άρδευσης, αποχέτευσης της περιοχής και των οικισμών που βρίσκονται κοντά. Μαζί με την σταθεροποίηση της κοίτης προβλέπονται μικρές επεμβάσεις αποκατάστασης ζημιών από πλημμύρες που έχουν συμβεί στο παρελθόν, όπως καθάρισμα προσβάσεων

στο ποτάμι αγροτικών δρόμων, κατασκευή διαβάσεων από Ω/Σ όπου είναι απαραίτητο κ.α.

3.2 Τεχνική Περιγραφή του Έργου

Το έργο χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων και αφορά τη διαπλάτυνση και εκβάθυνση της κοίτης του ποταμού καθώς και τη διαμόρφωση και ενίσχυση των πρανών εκατέρωθεν. Ειδικότερα η εργολαβία αφορά τη χάραξη και βελτίωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών οριζοντιογραφικά και υψομετρικά, με βασικό κριτήριο τη βέλτιστη αντιπλημμυρική λειτουργία του ποταμού.

Οι εργασίες που θα εκτελεστούν στις διατομές Δ53 (Χ.Θ. 3+116,77) έως Δ63 (Χ.Θ. 3+655,31) με συνολικό μήκος περίπου 538,5 μ. είναι:

- Εκβάθυνση και διαπλάτυνση της κοίτης του ποταμού με χρήση μηχανικού εξοπλισμού, με τη φόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και μεταφορά στο χώρο απόθεσης.
- Κατασκευή συρματοκιβωτίων σε ύψος μέχρι 3,00μ. Το ύψος κατασκευής των 3,00μ των συρματοκιβωτίων θα υλοποιηθεί σταδιακά.
- Κατασκευή συμπυκνωμένων αναχωμάτων σε ύψος μέχρι 3,00μ. Το ύψος κατασκευής των 3,00μ των συμπυκνωμένων αναχωμάτων θα υλοποιηθεί σταδιακά.
- Επίχωση των ορυγμάτων (πίσω από τα συρματοκιβώτια) με προϊόντα εκσκαφής χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις συμπίκνωσης.
- Κατασκευή διαβάσεων από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα C20/25 στις θέσεις που προτείνονται από την προαναφερθείσα μελέτη.
- Φύτευση των πρανών.

Ως τυπική διατομή έχει επιλεγεί η εφαρμογή τραπεζοειδούς διατομής με επένδυση των πρανών με συρματοκιβώτια στα καμπύλα τμήματα ή στους έντονους μαιανδρισμούς και επένδυση της κοίτης με στρώμενες στα τμήματα των προτεινόμενων καταβαθμών και λεκανών ηρεμίας.

Το πλάτος του πυθμένα της κοίτης θα είναι από 70 έως 90 μ., ενώ προβλέπονται κατά περίπτωση δύο τύποι διαμόρφωσης πρανών, η ανεπένδυτη με κλίση 1:3 και η

επενδεδυμένη με συρματοκιβώτια τύπου terramesh με κλίση περίπου 1:2. Χαρακτηριστικό των συρματοκιβωτίων τύπου terramesh είναι η ύπαρξη ελεύθερης προέκτασης φύλλου συρματοπλέγματος. Μετά την λιθοπλήρωση του συρματοκιβωτίου επιχώνεται και εγκιβωτίζεται στο διαμορφωμένο πρανές, η προέκταση του συρματοπλέγματος ώστε το επίχωμα να λειτουργεί σαν «οπλισμένη γη». Όπως και τα απλά συρματοκιβώτια, έχουν μορφή παραλληλεπίπεδου, μήκους συνήθως 1,00÷2,00 μ., ύψους 0,50÷1,00 μ., με διαφράγματα. Το μήκος της προέκτασης του συρματοπλέγματος είναι 3,00 μ. Οι ακμές των συρματοκιβωτίων ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου του σύρματος του πλέγματος. Το μήκος της προέκτασης θα είναι ενιαίο με το συρματοπλέγμα του κιβωτίου.

Τα κιβώτια θα είναι κατασκευασμένα από συρματοπλέγμα με επικάλυψη ψευδαργύρου, με διαστάσεις των βρόγχων πλέξης 60 mm και πάχος σύρματος 2,70mm, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10223-3. Η διατομή των συρμάτων ενίσχυσης των ακμών θα είναι 3,40 mm. Το σύρμα του πλέγματος και το σύρμα ραφής θα είναι γαλβανισμένα εν θερμώ, ομοιογενούς συστάσεως και σταθερής κυκλικής διατομής χωρίς σχισμές ή αυλακώσεις. Το γαλβάνισμα πρέπει να είναι ισοπαχές, ομόκεντρο, να παρουσιάζει λεία επιφάνεια και να καλύπτει πλήρως την επιφάνεια του σύρματος χωρίς να αφήνει κενά.

Τα συρματοκιβώτια των έργων προστασίας συρράπτονται μεταξύ τους σε όλες τις επιφάνειες επαφής ώστε να αποτελούν ένα συνεχές σύνολο. Η ραφή των συρματοκιβωτίων γίνεται με δακτυλίους από γαλβανισμένο σύρμα διαμέτρου 3 mm τουλάχιστον και εφελκυστικής αντοχής 1700 N/mm^2 . Η σύσφιξη των δακτυλίων στερέωσης γίνεται με ειδικό εργαλείο, μηχανικό ή πνευματικό. Οι δακτύλιοι σύσφιξης εφαρμόζονται περίπου σε 25 τεμ/μ³.

Το υλικό λιθοπλήρωσης των φατνών θα είναι ασβεστολιθικής προέλευσης, απαλλαγμένο από αργιλικές προσμίξεις, έντριπτα και σαθρά υλικά. Η απώλεια βάρους κατά την δοκιμή σε κρούση και τριβή (Los Angeles) δεν θα υπερβαίνει το 30%, η δε απορροφητικότητα σε νερό θα είναι μικρότερη του 2%. Όσον αφορά τη διαβάθμιση λίθων πλήρωσης των συρματοκιβωτίων, αυτοί θα έχουν διαστάσεις 70÷150 mm, με $d_{50} = 120 \text{ mm}$.

3.3 Ποσότητες Υλικών και Προϋπολογισμός

Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου είναι 700.000 € και ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες από τις βασικές εργασίες του έργου με τις ποσότητές τους. Για τα χωματουργικά η 1η εργασία και πιο βασική «Εκβαθύνσεις – διαπλατύνσεις κοιτών ποταμών ή ρεμάτων με χρήση μηχανικού εξοπλισμού με τη φόρτωση των προϊόντων επί αυτοκινήτου και τη μεταφορά στον χώρο απόθεσης ή απόρριψης σε οποιαδήποτε απόσταση αφορά 61.502 m³ αμμοχάλικου από την περιοχή της κοίτης. Η 2η εργασία «Κατασκευή συμπυκνωμένου αναχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου αφορά 36.700 m³. Οι «Επιχώσεις ορυγμάτων με προϊόντα εκσκαφών χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις συμπίκνωσης» έχουν ποσότητα 2.092 m³. «Η προμήθεια συρματοπλέγματος και συρμάτων συρματοκιβωτίων με απλό γαλβάνισμα» αποτελεί επίσης σημαντικό κονδύλιο του έργου και αφορά σε ποσότητα 60.360 kg συρματοπλέγματος, ενώ η πλήρωση των φατνών (συρματοκιβωτίων) αφορά ποσότητα 4.310 m³.

Οι εργασίες για κατασκευές από σκυρόδεμα είναι τρεις με την «Παραγωγή, μεταφορά, διάστρωση, συμπίκνωση και συντήρηση σκυροδέματος για κατασκευές από σκυρόδεμα C20/25» να προβλέπεται στην ποσότητα των 104,00 m³, ενώ για την ίδια εργασία με σκυρόδεμα C10/12 που χρησιμοποιείται συνήθως ως μπετόν καθαριότητας προβλέπεται η ποσότητα των 52,00 m³. Τέλος η εργασία «προμήθεια και τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού σκυροδεμάτων υδραυλικών έργων» προβλέπεται ποσότητα 3.500,00 kg σιδηρού οπλισμού.

3.4 Μεθοδολογία Κατασκευής

Ξεκινώντας ο Ανάδοχος του έργου τις εργασίες κατασκευής θα πρέπει να μεταφέρει στο χώρο του έργου όλα τα απαραίτητα μηχανήματα και να εγκαταστήσει το εργοτάξιο. Το εργοτάξιο αρχικά θα περιλαμβάνει το βασικό μηχανικό εξοπλισμό και τα εργαλεία που θα χρειάζονται καθημερινά οι εργάτες που θα δουλεύουν. Το εργοτάξιο καθώς η κατασκευή θα προχωρά θα εμπλουτίζεται και γενικά θα μεταβάλλεται ανάλογα με τις ανάγκες κατασκευής του έργου. Θα πρέπει επίσης να έχει εγκατασταθεί σύμφωνα

με τους ισχύοντες νόμους και να διασφαλίζεται η υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων σε αυτό.

Το βασικό μηχάνημα δομικών έργων που θα χρησιμοποιηθεί κατά το ξεκίνημα του έργου είναι ο ερπυστριοφόρος προωθητής (μπουλντόζα) μεσσαίου-μεγάλου μεγέθους, ο οποίος θα καθαρίσει σε πρώτη φάση τυχόν φυτικές ύλες που περιέχονται στο χώρο κατασκευής του έργου. Η φάση αυτή θα διαρκέσει μία έως δύο ημέρες καθώς σχεδόν στο μεγαλύτερο μέρος της η κοίτη του ποταμού αποτελείται από αμμοχάλικο χωρίς φυτικά. Εν συνεχεία θα ξεκινήσει την ισοπέδωση και εκβάθυνση της κοίτης στο κομμάτι που δεν υπάρχει νερό και θα προωθήσει τα προϊόντα εκσκαφής στα όρια της κοίτης ξεκινώντας έτσι να δημιουργούνται τα αναχώματα. Δουλεύοντας έτσι κατά τμήματα και μόλις ένα τμήμα αναχώματος, σχετικά μεγάλο σε μήκος κατασκευαστεί θα επιπεδώνεται, ώστε να μπορεί στη συνέχεια να συμπυκνωθεί από τα μηχανήματα συμπύκνωσης που θα είναι οδοστρωτήρες μεταλλικού κυλίνδρου με δυνατότητα δόνησης (δονητές). Ανάλογα με τη δυναμικότητα του οδοστρωτήρα θα επιλέγεται ανά πόσο ύψος αναχώματος θα γίνεται η συμπύκνωση και θα υπολογίζονται τα απαραίτητα «περάσματα» από αυτόν.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το έργο θα εκτελεστεί σε εποχή όπου η στάθμη του ποταμού είναι η χαμηλότερη δυνατή, δηλαδή τους καλοκαιρινούς και πρώτους φθινοπωρινούς μήνες. Ο προωθητής θα εκβαθύνει σε πρώτο στάδιο τα τμήματα της κοίτης που βρίσκονται «ψηλά» υψομετρικά. Το επόμενο στάδιο θα είναι η κατασκευή μικρού αναχώματος για τις ανάγκες του έργου για την μεταφορά του ποταμού στη μία μεριά της κοίτης. Έτσι στην άλλη μεριά θα μπορούν τα μηχανήματα να εργαστούν απρόσκοπτα. Η κατασκευή του αναχώματος θα γίνει παράλληλα με την εκσκαφή ρέματος με χρήση ερπυστριοφόρου εκσκαφέα. Δηλαδή ο εκσκαφέας θα ξεκινήσει ένα φαρδύ και βαθύ χαντάκι από τα κατάντι προς τα ανάντι, του οποίου τα προϊόντα εκσκαφής θα τα εναποθέτει δίπλα για να κατασκευάσει το μικρό προσωρινό ανάχωμα. Το χαντάκι αυτό που θα φιλοξενήσει για ένα μικρό χρονικό διάστημα τον ρου του ποταμού θα πρέπει να έχει επαρκείς διαστάσεις για τη διοχέτευση μικρής πλημμύρας που είναι συνηθισμένο φαινόμενο των καλοκαιρινών μηνών στην περιοχή. Φτάνοντας στα όρια του έργου στα ανάντι θα δημιουργηθεί από τον εκσκαφέα και σε συνεργασία με τον προωθητή ένα επίχωμα διόδευσης που θα μεταφέρει το νερό και από τη φυσική κοίτη θα το διοχετεύει μέσα στο μεγάλο χαντάκα.

Σε όποιες θέσεις υπάρχει πληθώρα υλικού, το περίσσιο υλικό θα φορτώνεται με ελαστικοφόρο φορτωτή σε χωματοουργικά φορτηγά και θα μεταφέρεται σε όποιο τμήμα της κοίτης υπάρχει έλλειψη, όπως τα αναχώματα που θα κατασκευαστούν από αμμοχάλικο, ή στο χώρο απόθεσης όπου θα συγκεντρώνεται για μετέπειτα χρήση. Όπως αναφέρθηκε σχεδόν όλη η κοίτη αποτελείται από αμμοχάλικο ενώ σε μικρά τμήματα υπάρχουν σωροί από άμμο και ίλυ ή άργιλο. Ο φορτωτής θα πρέπει όταν δεν υπάρχει ανάγκη από αμμοχάλικο για τα αναχώματα να κοσκινίζει, ώστε να παράγει το υλικό για την πλήρωση των συρματοκιβωτίων το οποίο θα είναι κροκάλες (λίθοι πλήρωσης) με διαστάσεις $70\pm 150\text{mm}$. Για τις ανάγκες κοσκινίσματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σταθερό ή μηχανικό κόσκινο που έχει καλύτερη απόδοση.

Για την κατασκευή των συρματοκιβωτίων (ζαρζανέτια) θα φορτώνονται κροκάλες σε χωματοουργικά φορτηγά, τα οποία θα τα εναποθέτουν σε μικρούς σωρούς δίπλα στις θέσεις που προβλέπεται να κατασκευαστούν συρματοκιβώτια και στρώμες. Στις προαναφερθείσες θέσεις θα έχει προηγηθεί η διαμόρφωση του εδάφους, ώστε να είναι εύκολη η κατασκευή. Για τις στρώμες που βρίσκονται στο πυθμένα της κοίτης θα γίνεται η εκσκαφή για την καλή και σε σωστό υψόμετρο θεμελίωση τους. Στα συρματοκιβώτια όπου προβλέπεται η κατασκευή του μήκους των 3,00 μ. της προέκτασης η οποία μαζί με το ανάχωμα θα αποτελούν οπλισμένη γη, θα γίνεται η εκσκαφή ή επίχωση όπου απαιτείται για την επίπεδη τοποθέτηση του συρματοπλέγματος της προέκτασης. Τις εργασίες κατασκευής συρματοκιβωτίων και στρωμών θα βοηθά λαστιχοφόρος εκσκαφέας ο οποίος θα τροφοδοτεί υπό την καθοδήγηση των εργατών τα φατνώματα. Επίσης μετά την κατασκευή ενός αναβαθμού συρματοκιβωτίου σε μεγάλο μήκος, ο εκσκαφέας θα επιχώνει την πίσω πλευρά του κιβωτίου για να υπάρχει καλή αντιστήριξη. Οι αναβαθμοί επειδή το ύψος των αναχωμάτων είναι 3,00μ. και το κάθε κιβώτιο έχει 1,00 μ. θα είναι τρείς.

Μετά την πλήρη κατασκευή του ενός αναχώματος της μιας πλευράς και την εκσκαφή του πυθμένα της κοίτης στα προβλεπόμενα από τη μελέτη υψόμετρα, θα γίνει αντίστοιχα η ίδια διαδικασία και από την άλλη πλευρά.

Στις διατομές Δ54 και Δ59 της οριζοντιογραφίας απαιτείται η κατασκευή διαβάσεων πρόσβασης στην κοίτη όπου θα καταλήγουν αγροτικοί δρόμοι. Αρχικά γίνεται η εκσκαφή του εδάφους για τη δημιουργία της θεμελίωσης και σκυροδετείται άοπλο μπετόν καθαριότητας ποιότητας C10/12. Εν συνεχεία γίνεται η τοποθέτηση του

ξυλοτύπου από τους εργάτες (καλούπωμα) και η τοποθέτηση του σιδηρού οπλισμού (σιδέρωμα). Η σκυρόδετηση των κατασκευών γίνεται από σκυρόδεμα ποιότητας C20/25 μετά από παραγγελία σε μονάδα παρασκευής ετοιμού σκυροδέματος. Η μεταφορά του σκυροδέματος γίνεται με τις βαρέλες και αν απαιτείται χρησιμοποιείται αντλία (πρέσα). Μετά την πάροδο επαρκούς χρονικού διαστήματος για την σκλήρυνση και της ανάπτυξης επαρκών αντοχών του σκυροδέματος γίνεται η καθαίρεση του ξυλοτύπου.

Τέλος με την κατασκευή του συνόλου των αναχωμάτων γίνεται η φύτευση των πρανών σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζει η μελέτη.

3.5 Τοπογραφική Υποστήριξη

Η τοπογραφική υποστήριξη που απαιτείται κατά την κατασκευή είναι απαραίτητη σε όλες σχεδόν τις φάσεις του έργου. Στην πρώτη φάση της «χονδρικής» εκσκαφής θα πρέπει να τοποθετηθούν υψόμετρα σε έναν άξονα μέσα στην κοίτη τα οποία θα έχουν με κάποιο τρόπο την πληροφορία του βάθους εκσκαφής. Τα υψόμετρα συνήθως στα τεχνικά έργα και όταν το έδαφος του έργου δεν είναι σκληρό «σημαδεύονται» με σιδερένιους πασσάλους και επάνω τους είτε τοποθετείται κολλητική ταινία στο σωστό υψόμετρο είτε κορδέλα όπου το υψόμετρο ή το βάθος εκσκαφής γράφεται με μαρκαδόρο. Έτσι ο χειριστής του προωθητή κατά την εργασία του και με τη βοήθεια ίσως κάποιου βοηθού, θα μπορεί να ξέρει αν χρειάζεται ή όχι κάποιο σημείο εκσκαφή και πόσο περίπου, για να αρχίσει να γίνεται η σύγκλιση με τα υψόμετρα της μηκοτομής της μελέτης.

Μετά τη γενική εκσκαφή θα πρέπει να τοποθετηθούν από τον τοπογράφο που υποστηρίζει το έργο σημάδια που θα οριοθετούν οριζοντιογραφικά τον πόδα των αναχωμάτων. Οι ίδιοι πάσσαλοι που χρησιμοποιούνται για τα υψόμετρα χρησιμοποιούνται και για την οριζοντιογραφική οριοθέτηση. Έτσι ο χειριστής του προωθητή ξέρει αν πρέπει να μετακινήσει από κάπου υλικό για να ξεκινήσει η κατασκευή των αναχωμάτων και αν απαιτείται κάπου εκσκαφή ή επίχωση.

Για την κατασκευή συρματοκιβωτίων ο τοπογράφος θα πρέπει να τα οριοθετήσει οριζοντιογραφικά μαζί με την αναγραφή του υψομέτρου θεμελίωσης στο

οποίο θα πρέπει να φτάσει το έδαφος. Το ίδιο συμβαίνει και με τις στρώμενες των οποίων η θεμελίωση θα εκσκαφθεί από τον λαστιχοφόρο εκσκαφέα.

Η παράλληλη κατασκευή αναχωμάτων και συρματοκιβωτίων παρακολουθείται όταν απαιτείται από τον τοπογράφο και δίνονται όπου κρίνεται απαραίτητο «σημάδια» και «οδηγοί», έως ότου τα αναχώματα φτάσουν στο επιθυμητό ύψος.

Για τις διαβάσεις πρόσβασης από οπλισμένο σκυρόδεμα δίνονται και πάλι από τον τοπογράφο τα σημάδια οριοθέτησης και υψομέτρου.

Επειδή οι τοπογραφικές εργασίες παρακολούθησης είναι συχνές ο τοπογράφος διευκολύνεται πολύ από τον εξοπλισμό του και το δίκτυο στάσεων που έχει στήσει. Χρησιμοποιώντας λοιπόν τον Γεωδαιτικό Σταθμό με τον οποίο έγινε η αποτύπωση η τοπογραφική υποστήριξη της κατασκευής γίνεται πιο εύκολα. Ο συγκεκριμένος Γεωδαιτικός Σταθμός όπως και οι περισσότεροι, έχουν τη δυνατότητα να φορτωθεί σε αυτούς η μελέτη του έργου και έτσι να μπορεί να γίνει εύκολα η χάραξη για την κατασκευή. Το όργανο μπορεί να στηθεί, δηλαδή να κεντρωθεί και να οριζοντιωθεί σε μία κοντινή στάση της όδευσης που έχει εγκατασταθεί και υπάρχει σε επόμενο κεφάλαιο, να πάρει προσανατολισμό από μία γειτονική της και στη συνέχεια να εκτελέσει οποιαδήποτε διαδικασία χάραξης απαιτείται.

Κεφάλαιο 4

Γεωδαιτικοί Σταθμοί και Χαρακτηριστικά του Οργάνου

4.1 Το όργανο γενικά

Ο τύπος του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση είναι Γεωδαιτικός Σταθμός μάρκας Geomax με κωδικό μοντέλου ZTS 605 LR. Το όργανο είναι παραγωγής 2007 και έχει χαρακτηριστικά που καλύπτουν κατά πολύ τις απαιτήσεις της τοπογραφικής εργασίας της αποτύπωσης κοίτης ποταμού. Ο συγκεκριμένος ηλεκτρονικός γεωδαιτικός σταθμός είναι υψηλής ποιότητας σχεδιασμένος για το εργοτάξιο. Η πρωτοποριακή τεχνολογία του καθιστά τις καθημερινές εργασίες τοπογράφησης ευκολότερες και είναι ιδανικό για απλές αλλά και πιο απαιτητικές εργασίες τοπογράφησης και χάραξης στο χώρο της κατασκευής.

Μερικά απ' τα ειδικά χαρακτηριστικά του οργάνου είναι ο εύκολος χειρισμός και η γρήγορη εκμάθηση, τα πλήκτρα αμφίδρομης επικοινωνίας καθώς και η μεγάλη και ευκρινής οθόνη LCD. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι οι μετρήσεις χωρίς ανακλαστήρα με την ενσωματωμένη ορατή ακτίνα λέιζερ.

4.2 Οι δυνατότητες των Γεωδαιτικών Σταθμών

Σήμερα η άμεση μέτρηση μηκών και γωνιών γίνεται ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς (total stations). Τα όργανα

αυτά είναι η εξέλιξη των παλαιότερων συστημάτων οπτικομηχανικών θεοδόλιχων και των EDM (αποστασιόμετρα), ή καλύτερα των ψηφιακών θεοδόλιχων και των EDM.

Η ιστορία τους αρχίζει γύρω στο 1970, οπότε και γίνεται η πρώτη προσπάθεια ενωσμάτωσης EDM σε ψηφιακό θεοδόλιχο, με εξωτερική καταγραφική μονάδα, από την εταιρεία AGA (γεωδόμετρο 700). Λίγο αργότερα κατασκευάζεται από την εταιρεία Wild το TC1 και από την εταιρεία Zeiss το EOT. Από το 1990 και μετά η εξέλιξη των οργάνων αυτών είναι ραγδαία.

Σήμερα ενσωματώνουν σε ένα όργανο ένα αποστασιόμετρο (EDM), ένα ψηφιακό θεοδόλιχο και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και έχουν να παρουσιάσουν πολλές, ποικίλες και ενδιαφέρουσες δυνατότητες.

Το αποστασιόμετρο είναι ομοαξονικά τοποθετημένο στο κέντρο του τηλεσκοπίου του ψηφιακού θεοδόλιχου. Έτσι η μέτρηση του μήκους αναφέρεται στο κέντρο του σταθμού που είναι και το σημείο τομής των αξόνων του (ΠΠ' πρωτεύον και ΔΔ' δευτερεύον άξονας). Στο ίδιο σημείο αναφέρονται και οι μετρήσεις οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών.

Οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί είναι όργανα εύχρηστα, παρέχουν ανάγνωση των διευθύνσεων που κυμαίνεται από 0,1cc έως $\pm 30cc$ (όπου cc τα δεύτερα λεπτά, υποδιαίρεση των βαθμών grad με $1cc = 0,0001g$).

Έχουν δυνατότητα μέτρησης μηκών από περίπου 0,5 m έως μερικά km (ανάλογα και με τους χρησιμοποιούμενους ανακλαστήρες και τις συνθήκες του περιβάλλοντος) με αβεβαιότητα που κυμαίνεται από $0,5mm \pm 1ppm$ έως $\pm 5mm \pm 5ppm$.

Το κύριο χαρακτηριστικό των οργάνων αυτών είναι ότι οι δίσκοι τους (οριζόντιος και κατακόρυφος) είναι γυάλινοι με ψηφιακά χαραγμένο πρότυπο γραμμικό κώδικα (barcode), όπως και στα ψηφιακά θεοδόλιχα και παρέχουν άμεσα κάθε μέτρηση την οποία εμφανίζουν σε ειδική οθόνη. Έτσι οι μετρήσεις είναι απαλλαγμένες από το σφάλμα ανάγνωσης και εκτίμησης του παρατηρητή από την κλίμακα του οργάνου.

Οι μετρήσεις γίνονται αυτόματα ενώ παράλληλα αποθηκεύονται αυτόματα στην ενσωματωμένη καταγραφική μονάδα του οργάνου. Έτσι αποφεύγονται και τα χονδροειδή σφάλματα που πιθανόν γίνονταν παλαιότερα κατά τη διαδικασία ανάγνωσης και γραφής τους.

Στα πλεονεκτήματα τους καταγράφεται η μεγάλη εμβέλειά τους (3-10km), η ευκολία και ταχύτητα στη μέτρηση μήκους (1-3 sec) καθώς και η ηλεκτρονική

διαδικασία αποκατάστασης της ορθής λειτουργίας τους (οριζοντίωση), η οποία γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Με τη χρήση των οργάνων αυτών αποφεύγεται το σφάλμα βαθμονόμησης σε συγκεκριμένο σημείο των δίσκων που είχαν τα παλαιότερα γωνιομετρικά όργανα. Μπορεί να τοποθετηθεί η ένδειξη μηδέν ή οποιαδήποτε άλλη ένδειξη οριζόντιας διεύθυνσης σε οποιοδήποτε τυχαίο σημείο πάνω στο δίσκο τους.

Επίσης οι γεωδαιτικοί σταθμοί φέρουν ειδικούς ηλεκτρονικούς αισθητήρες, τους ισοσταθμιστές, που βρίσκουν και διορθώνουν άμεσα τα σφάλματα από τη πλήρωση (εντός ορισμένων ορίων) των βασικών συνθηκών λειτουργίας τους. Έτσι παρέχονται πάντα άμεσα οι σωστές αναγνώσεις διευθύνσεων. Παράλληλα με ειδικό ηχητικό μήνυμα ειδοποιείται ο χρήστης και αναστέλλεται η λειτουργία τους, αν για κάποιο λόγο δεν πληρούνται οι βασικές συνθήκες λειτουργίας τους.

Οι βασικές αρχές λειτουργίας ενός γεωδαιτικού σταθμού είναι οι ίδιες όπως και στο οπτικομηχανικό θεοδόλιχο και βασίζονται στην ορθή γεωμετρική θέση των τριών αξόνων του (Π΄Π, Δ΄Δ, Σ΄Σ). Ένας γεωδαιτικός σταθμός αποτελείται από δύο μέρη το πάνω και το κάτω. Στο κάτω που είναι σταθερό αποτελείται από το τρικόχλιο, την βάση του, την σφαιρική αεροστάθμη και το οπτικό σύστημα κέντρωσης που είναι ακτίνα laser ή κατάλληλα πρίσματα ώστε η οπτική ακτίνα να ταυτίζεται με τον άξονα Π΄Π προς το ναδίρ (μπορεί να βρίσκεται και στο πάνω μέρος του). Το πάνω μέρος του που είναι κινητό, δηλαδή περιστρέφεται γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα περιλαμβάνει την ψηφιακή αεροστάθμη για την ακριβή οριζοντίωση, προαιρετικά μπορεί να υπάρχει και σωληνωτή αεροστάθμη, τον κατακόρυφο δίσκο και τους αισθητήρες ανάγνωσης, τον ισοσταθμιστή για τον έλεγχο της οριζοντίωσης, το τηλεσκόπιο που περιστρέφεται γύρω από τον δευτερεύοντα άξονα, το αποστασιόμετρο EDM, την οθόνη μετρήσεων και το ηλεκτρολόγιο χειρισμού, τους κοχλίες ρύθμισης των κινήσεων (ανασταλτικός και μικροβατικός για οριζόντια και κατακόρυφη κίνηση), την μπαταρία τροφοδοσίας, θέση της κάρτας μνήμης ή τη θέση για USB stick, τον H/Y που διαχειρίζεται τις εντολές του χρήστη, παράγει τις μετρήσεις και εκτελεί υπολογισμούς.

Για τις μετρήσεις μηκών χρησιμοποιούνται οι Ανακλαστήρες, οι οποίοι έχουν την ιδιότητα της ολικής ανάκλασης, της πλήρους αντανάκλασης δηλαδή της προσπίπτουσας στην επιφάνειά τους ακτινοβολία στην ίδια διεύθυνση πρόσπτωσης. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα τριεδρικά πρίσματα. Τοποθετούνται πάνω σε τρίποδα ή σε στύλους

οι οποίοι φέρουν σφαιρική αεροστάθμη για τον έλεγχο της κατακορυφότητας ώστε να υλοποιεί την διεύθυνση της κατακορύφου σε κάθε σημείο της επιφάνειας του εδάφους. Επίσης πρέπει να μετράται το ύψος του στόχου (ανακλαστήρα) και γι' αυτό οι στύλοι φέρουν στο σώμα τους χαραγμένη κλίμακα ώστε να μετράται άμεσα το ζητούμενο ύψος (ΥΣ).

Τα βασικά κριτήρια επιλογής του κατάλληλου ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού ανάλογα με τις απαιτήσεις της εργασίας στην οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί είναι:

- Η αβεβαιότητα μέτρησης των μηκών ($\pm a \text{ mm} \pm b \text{ ppm}$) και μέτρησης των διευθύνσεων ($\pm \alpha^{\circ}$)
- Το βεληνεκές του στη μέτρηση του μήκους.
- Η ποιότητα το είδος (γυαλί, πλαστικό κτλ) και ο αριθμός των ανακλαστήρων που απαιτούνται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση του μήκους.
- Η διάρκεια μοναδιαίας μέτρησης του μήκους.
- Το βάρος και ο όγκος του.
- Η δυνατότητα προσαρμογής άλλων παρελκόμενων.
- Ο τρόπος αποθήκευσης και διαχείρισης των μετρήσεων (απευθείας σύνδεση με Η/Υ, εσωτερική μνήμη, χρήση κάρτας, χρήση USB, ασύρματη σύνδεση, ευχρηστία λογισμικού επεξεργασίας μετρήσεων κ.α.)
- Το κόστος του.

4.2 Η Αρχή λειτουργίας του EDM

Η αρχή λειτουργίας των οργάνων μέτρησης μήκους με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (EDM) βασίζεται στη μέτρηση του χρόνου που απαιτείται ώστε ένα ηλεκτρομαγνητικό σήμα να διανύσει μια συγκεκριμένη απόσταση από το σημείο Α που βρίσκεται το όργανο που είναι ο πομπός, μέχρι το σημείο Β που βρίσκεται ο δέκτης, δηλαδή ο ανακλαστήρας και να επιστρέψει πάλι στο σημείο Α.

Το μέγεθος που μετράται σε αυτή την περίπτωση είναι ο χρόνος μετάβασης και επιστροφής του σήματος. Το σφάλμα μέτρησης του χρόνου καθορίζει το σφάλμα μέτρησης του μήκους.

Αν το σφάλμα μέτρησης του χρόνου είναι $\pm 10^{-11}$ sec τότε το σφάλμα μέτρησης του μήκους είναι $\pm 3\text{mm}$.

Για τη μέτρηση του μήκους σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως δύο μέθοδοι:

- Η μέθοδος μέτρησης της διαφοράς φάσης συνεχούς διαμορφωμένης ακτινοβολίας (phase shift)
- Η μέθοδος των παλμών (pulse)

Η μέθοδος μέτρησης της διαφοράς φάσης είναι ακριβέστερη αλλά απαιτεί περισσότερο χρόνο για την διεξαγωγή της μέτρησης και έχει μικρότερη εμβέλεια, ενώ η μέθοδος των παλμών είναι γρήγορη, έχει μεγάλη εμβέλεια αλλά είναι λιγότερο ακριβής. Και οι δύο μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιούνται από το ίδιο όργανο με επιλογή του χρήστη ή με αυτόματη εντολή.

Τα μήκη του φέροντος κύματος των ακτινοβολιών που χρησιμοποιούνται είναι μικρότερα από $1\mu\text{m}$ και κυμαίνονται συνήθως από 650-80 nm, ενώ οι συχνότητες εκπομπής της ακτινοβολίας είναι της τάξης των 100 -150 MHz.

Επίσης τελευταία έχει αναπτυχθεί μια συνθετική μέθοδος μέτρησης του μήκους, με σκοπό τη βελτίωση της αβεβαιότητας και της αξιοπιστίας της μέτρησης, ιδιαίτερα στις μετρήσεις χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα. Η μέθοδος αυτή συνδυάζει ταυτόχρονα τις αρχές των δύο μεθόδων που αναφέρθηκαν και εκμεταλλεύεται την εξέλιξη της ποιότητας των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και υπολογιστικών συστημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σήμερα.

Σ' αυτήν τη μέθοδο χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα 4-10 ακτινοβολίες διαφορετικού μήκους κύματος και συχνότητας. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται κυμαίνονται από 100 MHz έως 1 GHz. Ο υπολογισμός της τιμής του μετρούμενου μήκους γίνεται με πλήρη αξιολόγηση του σήματος, επιλύοντας ένα σύστημα εξισώσεων με αγνώστους και παραμέτρους που αφορούν στο σχήμα του σήματος, στις συνθήκες του περιβάλλοντος, στην επιφάνεια πρόσπτωσης των ακτινοβολιών, στους θορύβους, στην μεγέθυνση και αραίωση του καναλιού μεταφοράς κ.α.

4.3 Μετρήσεις Μηκών Χωρίς Ανακλαστήρα (Reflectorless)

Στις αρχές της δεκαετίας του '90, κατασκευάστηκε το πρώτο EDM, που είχε τη δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς ανακλαστήρα, το DIOR 3002S της εταιρίας Laica. Το όργανο αυτό προσαρμοζόταν επιβατικά σε οπτικομηχανικό ή ψηφιακό θεοδόλιχο.

Η αρχή λειτουργίας του βασιζόταν στην εκπομπή ορατής κόκκινης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (laser), η οποία ήταν ισχυρότερη απ'ότι στα συμβατικά EDM και όταν προσέπιπτε σε οποιαδήποτε επιφάνεια, ένα τμήμα της ανακλούνταν και επέστρεφε στο όργανο. Η εμβέλειά του στη μέτρηση μηκών έφθανε τα 60m, χωρίς ανακλαστήρα και 2Km με χρήση ανακλαστήρα με σφάλμα $\pm 3\text{mm}$ $\pm 3\text{ppm}$.

Η τεχνολογία αυτών των EDM αποτέλεσε ακόμα μια επανάσταση και άνοιξε νέα πεδία εφαρμογών για τον τοπογράφο μηχανικό. Βοήθησε κυρίως στη μέτρηση του μήκους προς απρόσιτα σημεία που έως τότε ήταν δύσκολη ή και αδύνατη, με αυτή την αβεβαιότητα. Όπως ήταν φυσικό ακολούθησε η κατασκευή σύγχρονων ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών που έχουν τη δυνατότητα μέτρησης του μήκους με ή χωρίς ανακλαστήρα. Οι μέθοδοι μέτρησης του μήκους χωρίς ανακλαστήρα (RL) είναι και οι ίδιες με αυτές με χρήση ανακλαστήρα (μέθοδος μέτρησης της διαφοράς φάσης, μέθοδος των παλμών). Η διαφορά εστιάζεται κυρίως στο μήκος κύματος και την ισχύ της χρησιμοποιούμενης ακτινοβολίας η οποία αυξάνει το βεληνεκές των οργάνων.

Η χρήση των οργάνων αυτών παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Είναι δυνατή η αποτύπωση και απρόσιτων σημείων
- Δεν απαιτείται στοχοφόρος για την εκτέλεση των μετρήσεων. Έτσι μειώνεται σημαντικά το ανθρώπινο δυναμικό που απαιτείται για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.
- Μειώνει τον κόπο και το χρόνο παραμονής στο πεδίο για την εκτέλεση μιας εργασίας.
- Η εμβέλεια τους αυξάνει σημαντικά, όταν η μέτρηση με το ορατό laser γίνεται πάνω σε ανακλαστήρα.

- Η αβεβαιότητα στη μέτρηση του μήκους κυμαίνεται από $\pm 2\text{mm}$ έως $\pm 1\text{cm}$, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό.
- Είναι εύκολη η αναγνώριση και η σήμανση των σημείων που μετρώνται, με την ορατή δέσμη laser.
- Είναι ακριβής η τοποθέτηση της δέσμης laser στο επιθυμητό σημείο

Στα μειονεκτήματα των οργάνων αυτών καταγράφονται:

- Η περιορισμένη εμβέλειά τους χωρίς ανακλαστήρα. Τα περισσότερα μετρούν μήκη μέχρι 300-400m.
- Το υψηλότερο κόστος αγοράς τους σε σχέση με τους απλούς γεωδαιτικούς σταθμούς.
- Η εμβέλειά τους και το σφάλμα μέτρησης του μήκους εξαρτάται από την ύψη, το χρώμα, το υλικό, της επιφάνειας που προσπίπτει η ακτινοβολία, τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας πάνω στην επιφάνεια και τις συνθήκες του περιβάλλοντος.
- Η ορθότητα της μέτρησης δεν είναι πάντα δεδομένη λόγω των παραπάνω παραγόντων. Σε πολλές περιπτώσεις και για μήκη μεγαλύτερα από 40m-50m οι μετρήσεις περιέχουν χονδροειδές σφάλμα.
- Υπάρχει η πιθανότητα, η μέτρηση του μήκους να περιέχει χονδροειδές σφάλμα, καθώς η δέσμη μπορεί να προσπέσει σε οποιοδήποτε αντικείμενο βρεθεί νωρίτερα ή μακρύτερα στη διαδρομή της.
- Η αδυναμία μέτρησης σε μεγάλες αποστάσεις πάνω σε μικρή επιφάνεια επειδή απαιτείται μεγάλη επιφάνεια πρόσπτωσης της δέσμης laser.
- Το μέγεθος του αποτυπώματος της δέσμης laser αυξάνει όσο αυξάνει το μήκος. Το σχήμα του ενώ σε μικρά μήκη είναι κύκλος ή έλλειψη ή τραπέζιο, με την αύξηση του μήκους μπορεί να αποκτήσει ακανόνιστο σχήμα. Έτσι γίνεται αμφίβολη μέτρηση σε συγκεκριμένο σημείο.

Η τεχνολογία των γεωδαιτικών σταθμών που μετρούν μήκη χωρίς ανακλαστήρα (RL) βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη, κυρίως σε ότι αφορά στο βεληνεκές τους αλλά και στην αβεβαιότητα που επιτυγχάνεται κατά τις μετρήσεις. Το μέγιστο μήκος που μπορεί να μετρηθεί σήμερα χωρίς ανακλαστήρα είναι 2km, με σφάλμα της τάξεως των λίγων

cm. Η ελάχιστη αβεβαιότητα που μπορεί να επιτευχθεί, για μικρότερα βέβαια μήκη της τάξης των μερικών δεκάδων μέτρων φθάνει τα $\pm 2\text{mm}$.

4.4 Τα Χαρακτηριστικά του Οργάνου της Αποτύπωσης

Το τοπογραφικό όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση τμήματος της κοίτης του ποταμού, ήταν ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός μάρκας GeoMax και μοντέλο ZTS 605 LR.



Εικόνα 4.1: Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση.

Η μάρκα GeoMax είναι θυγατρική εταιρία του Hexagon Group Σουηδίας, ενός διεθνούς ομίλου με ιδιαίτερη δύναμη και απήχηση στις τεχνολογίες μετρήσεων. Μία από τις βασικές εταιρίες που αποτελούν τον όμιλο Hexagon Group είναι η Ελβετική Leica Geosystems που διαθέτει πρωταγωνιστικό ρόλο για περισσότερο από 150 χρόνια,

σε προϊόντα και εφαρμογές υψηλής ποιότητας στο χώρο των συστημάτων γεωπληροφορικής. Ειδικά στην τεχνολογία γεωδαιτικών οργάνων η Leica έχει καθιερωθεί ως μία από τις καλύτερες εταιρίες με αυξημένη ποιότητα κατασκευής και συνεχείς καινοτομίες. Η GeoMax όντας κάτω από την ομπρέλα της Leica, έχει βελτιώσει κατά πολύ την ποιότητα και τα χαρακτηριστικά των προσφερόμενων οργάνων της, καθώς η πρώτη συχνά δανείζεται τεχνολογίες που έχει αναπτύξει η δεύτερη. Το κόστος αγοράς οργάνου GeoMax είναι συνήθως μικρότερο από ένα της Leica με παρόμοια ή ίδια χαρακτηριστικά, λόγω του γεγονότος ότι μερικά τμήματα δευτερευούσης σημασίας για τα όργανα GeoMax μπορεί να αποτελούνται από λίγο κατώτερης ποιότητας υλικά όπως τα πλαστικά, ή μπορεί να είναι λίγο πιο ογκώδη και βαριά. Επίσης τα Leica συμβαίνει να είναι πιο ακριβά λόγω του ονόματος και της ιστορίας που κουβαλούν, γι' αυτό και η Leica επέλεξε να ιδρύσει την GeoMax με το σκεπτικό να μπορεί να ανταγωνιστεί αντίστοιχες εταιρίες χαμηλού κόστους προϊόντων στο χώρο αυτό. Παρόλα αυτά οι δύο εταιρίες μοιράζονται ανάλογα με την κατηγορία του κάθε οργάνου τις ίδιες τεχνολογίες που αφορούν κυρίως στον Η/Υ, τα οπτικομηχανικά μέρη του τηλεσκοπίου, το EDM και διάφορα άλλα στοιχεία όπως οι ισοσταθμιστές, τις μπαταρίες κτλ. Η εταιρία GeoMax εδρεύει και αυτή στην Ελβετία αλλά το εργοστάσιο κατασκευής της βρίσκεται στην Κίνα όπου υπάρχει χαμηλότερο εργατικό κόστος για την κατασκευή.

Το όργανο της αποτύπωσης είναι χρονολογίας κατασκευής 2007. Όσον αφορά τις μετρήσεις γωνιών τα δεκαδικά μέχρι τα οποία μπορεί να γίνει μέτρηση, δηλαδή η ανάλυση ανάγνωσης διευθύνσεων είναι 1'' της μοίρας δηλαδή περίπου 3,08642cc του βαθμού (grad). Το σφάλμα μέτρησης διευθύνσεων είναι $\pm 5''$ της μοίρας.

Το τηλεσκόπιό του έχει δυνατότητα οπτικής μεγέθυνσης (zoom) 30x, με ελάχιστη εστίαση στα 1,7m, ενώ το εύρος θέασης είναι της τάξεως των 26m πλάτους σε μήκος 100m.

Η μέγιστη μέτρηση μήκους δηλαδή το βεληνεκές του με κυκλικό ανακλαστήρα είναι 3.500m. Η μέτρηση μπορεί να γίνει σε τρεις επιλογές (Mode) τις Fine (ακριβής), Quick (γρήγορη) και Tracking (χάραξη) με αντίστοιχο χρόνο μέτρησης 2.4 sec, 0.8 sec, 0.15 sec. Το σφάλμα της μέτρησης μηκών είναι αντίστοιχα για κάθε επιλογή $\pm 2\text{mm} + \pm 2 \text{ ppm}$, $\pm 5\text{mm} + \pm 2 \text{ ppm}$, $\pm 5\text{mm} + \pm 2 \text{ ppm}$, όπου το ppm σημαίνει parts per million, δηλαδή μέρη στο εκατομμύριο και έχει να κάνει με τη απόσταση. Δηλαδή 5ppm

σημαίνει σφάλμα $\pm 5\text{mm}$ στο km (1.000.000mm). Ο πρώτος αριθμός που είναι $\pm 2\text{mm}$ ή $\pm 5\text{mm}$ είναι κατά κάποιο τρόπο το σταθερό σφάλμα του οργάνου στην μέτρηση μηκών.

Το όργανο έχει τη δυνατότητα της μέτρησης χωρίς ανακλαστήρα μέσω της δέσμης laser που διαθέτει. Το βεληνεκές χωρίς ανακλαστήρα είναι 200m με την επιλογή της μιας μεθόδου που διαθέτει το όργανο και 350m με την δεύτερη. Το βεληνεκές με τη χρήση laser και ανακλαστήρα αυξάνεται σε περισσότερο των 7.5km, όπου είναι δύσκολο να διακριθεί και ο στόχος με το ζουμ που διατίθεται. Η ακρίβεια της μέτρησης χωρίς ανακλαστήρα είναι $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ με το χρόνο μέτρησης να κυμαίνεται από 3,0-6,0 sec.

Ο Η/Υ που περιέχεται στο όργανο έχει εσωτερική μνήμη με δυνατότητα αποθήκευσης 10.000 σημείων. Επίσης η κέντρωση γίνεται με κάθετη ακτίνα laser με διάμετρο ακτίνας 2,5mm στο 1.5m, που ταυτίζεται με το ναδίρ του πρωτεύοντα άξονα. Το βάρος του οργάνου είναι 5,4kg και η μπαταρία που το συνοδεύει έχει δυναμικότητα 4200 mAh. Η οθόνη είναι φωτιζόμενη και θερμαινόμενη όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από -5°C . Υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης και 2ου πληκτρολογίου ώστε να είναι εύκολη η μέτρηση σε 2η θέση τηλεσκοπίου. Επίσης το όργανο διαθέτει όλους τους ισοσταθμιστές- αντισταθμιστές και αισθητήρες που είναι απαραίτητοι. Ακόμα διαθέτει τις απαραίτητες διορθώσεις στον Η/Υ, ώστε να είναι δυνατές οι διορθώσεις του σκοπευτικού άξονα, του κατακόρυφου δείκτη, της καμπυλότητας του εδάφους, της διάθλασης και της διόρθωσης κλίσης. Η θερμοκρασία λειτουργίας του πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των -20°C και $+50^{\circ}\text{C}$, ενώ οι θερμοκρασίες αποθήκευσης πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ των -40°C και $+70^{\circ}\text{C}$. Το όργανο ακολουθείται από το ειδικό βαλιτσάκι αποθήκευσης που είναι ειδικά σχεδιασμένο για αυτό το μοντέλο.

Κεφάλαιο 5

Το Πρόγραμμα AutoCad Civil 3D

5.1 Το Πρόγραμμα AutoCAD Civil 3D γενικά

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των τοπογραφικών δεδομένων που ελήφθησαν στο πεδίο, είναι το AutoCad Civil 3D της γνωστής εταιρίας Autodesk. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα χρησιμοποιεί σαν βάση το ευρέως διαδεδομένο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD και έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά, μόνο που πηγαίνει ένα βήμα παραπέρα, καθώς είναι περισσότερο εξειδικευμένο στο αντικείμενο του Πολιτικού και του Τοπογράφου Μηχανικού. Το Civil 3D εμπεριέχει σχεδόν το σύνολο των εντολών και των πρακτικών του μεγάλου του αδερφού του απλού AutoCAD. Επίσης τα δύο προγράμματα όντας κατασκευασμένα από την ίδια εταιρία, μοιάζουν πάρα πολύ στο μενού, στις λίστες εντολών, στην περιήγηση στο περιβάλλον του προγράμματος και γενικά στην εμπειρία και το χειρισμό του προγράμματος, διευκολύνοντας με αυτό τον τρόπο το χρήστη που είναι ήδη γνώστης του απλού AutoCAD. Έτσι η εκμάθηση του νέου πακέτου H/Y είναι πολύ πιο εύκολη και βαθτή.

Το AutoCAD Civil 3D είναι πραγματικά ένα παντοδύναμο πρόγραμμα, υπερόπλο στα χέρια ενός έμπειρου μηχανικού που ξέρει πως να το χειριστεί. Οι δυνατότητες του είναι πάρα πολλές σε σημείο που είναι δύσκολο από κάποιον να το κατέχει στο σύνολό του. Όσο περισσότερο το χρησιμοποιεί κανείς, τόσο περισσότερο βρίσκει νέες δυνατότητες ή πρακτικές επεξεργασίας και σχεδιασμού, που στις περισσότερες περιπτώσεις εξοικονομούν χρόνο και κόπο για το χρήστη, δίνοντας συγχρόνως μια πολύ

καλύτερη λύση στο πρόβλημα που μελετάται. Έτσι ένας χρήστης θα πρέπει να το χρησιμοποιεί για εύλογο χρονικό διάστημα, πάνω του εξαμήνου, για να πει ότι το κατέχει σε καλό βαθμό.

Ο κύριος σκοπός του προγράμματος είναι η μελέτη και σχεδιασμός έργων υποδομής, και συγκεκριμένα δύο μεγάλοι και βασικοί τομείς αυτών, τα έργα Οδοποιίας και τα έργα κλειστών και ανοιχτών αγωγών, που χρησιμοποιούνται σε μελέτες Ύδρευσης και Αποχέτευσης. Επίσης είναι δυνατός ο σχεδιασμός καταθλιπτικών αγωγών με τις αντλίες τους μέσα από ένα μενού με τυποποιημένους αγωγούς και αντλίες. Το πρόγραμμα συνοδεύεται από ένα ακόμα πακέτο το Autodesk Storm and Sanitary Analysis το οποίο αντλεί στοιχεία από το Civil 3D, καθώς και στοιχεία που εισάγει ο μελετητής και μπορεί να εξάγει βασικά στοιχεία για υδρολογικές μελέτες, όπως για παράδειγμα να διαστασιολογεί αγωγούς.

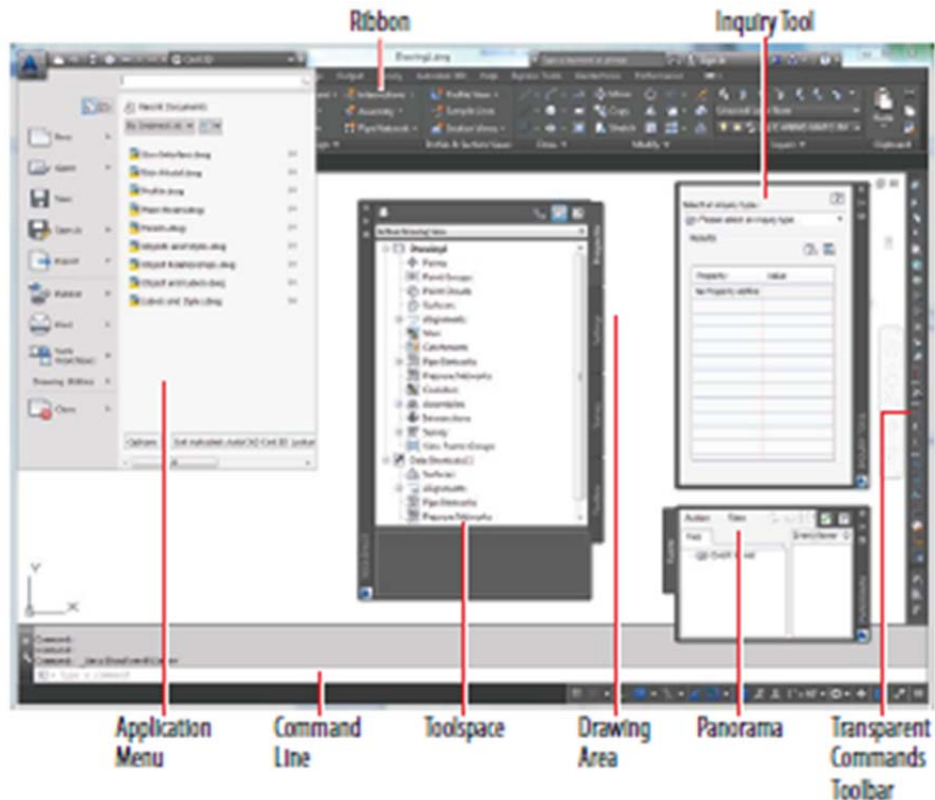
Όσον αφορά και τους δύο βασικούς τομείς έργων υποδομής που στοχεύει το Civil 3D, ο σχεδιασμός δε μπορεί να γίνει στον αέρα όπου ο σχεδιαστής απλά θα κλικάρει γραμμές στο χώρο, αλλά θα πρέπει να γίνει στο υπάρχον τοπογραφικό υπόβαθρο που βρίσκεται σε πολύ καλή συμφωνία με την υπάρχουσα κατάσταση. Λέγοντας υπάρχουσα κατάσταση εννοούνται κατά βάση το φυσικό έδαφος, τα κτίρια που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης, οι χαρακτηρισμοί γης (αγροτεμάχια, οικόπεδα, δασικές εκτάσεις, βοσκότοποι, υδροβιότοποι κτλ), τα δίκτυα οδοποιίας (με τον χαρακτηρισμό των οδών σε πολλές περιπτώσεις), τα υπάρχοντα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης, τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών, οι υπάρχουσες κολώνες ηλεκτροδότησης και φωτισμού και πολλά άλλα στοιχεία που χρειάζονται για τον σχεδιασμό και την διαστασιολόγηση αυτών των έργων.

Θα πρέπει λοιπόν πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε εργασία σχεδιασμού να υπάρχει το απαιτούμενο τοπογραφικό υπόβαθρο, στο οποίο εν συνεχεία θα υλοποιηθεί το επιθυμητό έργο υποδομής. Το τοπογραφικό υπόβαθρο που απαιτείται σχετίζεται με την εργασία που θέλει ο χρήστης να επιτελέσει, καθώς και με την έκταση και τη σοβαρότητα της μελέτης

5.2 Περιήγηση στο Πρόγραμμα

Ξεκινώντας τη γνωριμία μας με το σχεδιαστικό πρόγραμμα θα δούμε την βασική οργάνωση και δομή του στην οποία κατηγοριοποιούνται οι εντολές.

Παρακάτω παρατίθεται η εικόνα με την οθόνη εργασίας, όπου διακρίνονται οι γραμμές εργαλείων, η περιοχή εντολών και πολλά ακόμη στοιχεία που θα αναλυθούν ένα προς ένα στη συνέχεια.



Εικόνα 5.1: Η οθόνη εργασίας του AutoCad Civil 3D.

Application Menu (Μενού εφαρμογών): Είναι το μέρος όπου βρίσκονται οι καθημερινές εντολές χειρισμού αρχείων, όπως οι εντολές “Άνοιγμα”, “Αποθήκευση”, “Εκτύπωση” κ.α.

Ribbon Menu (Κορδέλα Εργασιών): Το μέρος απ’ όπου οι περισσότερες εντολές του Civil 3D εκτελούνται.

Toolspace (Χώρος Εργαλείων): Το Toolspace είναι το μέρος όπου όλα τα δεδομένα και οι ρυθμίσεις του σχεδίου βρίσκονται σε οργανωμένη μορφή δέντρου.

Drawing Area (Περιοχή Σχεδίασης): Η περιοχή όπου δημιουργείται το σχέδιο.

Command Line (Γραμμή Εντολών): Από εδώ μπορούν να εκτελεστούν εντολές και να υπάρξει διάλογος μεταξύ του Civil 3D και του χρήστη για την έκβαση τους.

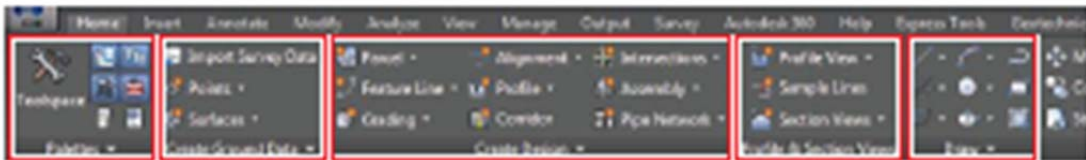
Panorama (Πανόραμα): Ένα πολλών χρήσεων παράθυρο όπου μπορεί ο χρήστης να δει ή να επεξεργαστεί πληροφορίες του σχεδίου και ιδιότητες.

Inquiry Tool (Εργαλείο Έρευνας και Πληροφοριών): Ένα εργαλείο με πολλά μικρότερα εργαλεία εντός, τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να πάρει πληροφορίες για το σχέδιο.

Transparent Commands Toolbar (Γραμμή Εντολών Διευκόλυνσης): Γραμμή εργαλείων με ειδικές εντολές, που επιτρέπουν τη σύνταξη και τη γεωμετρική κατασκευή με τρόπο που οι πολιτικοί και τοπογράφοι μηχανικοί χρησιμοποιούν.

Ας δούμε τα πιο βασικά από τα παραπάνω στοιχεία πιο αναλυτικά.

Η κορδέλα εργασιών Ρίμπον βρίσκεται στην κορυφή της οθόνης και από εκεί εκτελούνται οι περισσότερες εντολές του προγράμματος. Οι εντολές που περιέχει οργανώνονται σε γκρούπ που χρησιμοποιούν tabs (καρτέλες) και panels (κατάλογους). Το ίδιο το Ρίμπον είναι χωρισμένο σε tabs που αποτελούνται από τα Home (Αρχική), Insert (Εισαγωγή), Annotate (Σχολιασμός) κτλ. όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Η κάθε καρτέλα είναι χωρισμένη σε panels (κατάλογους). Για παράδειγμα στην Εικόνα 5.2 όπου είναι επιλεγμένη η καρτέλα Home, περιέχονται οι κατάλογοι/ παλέτες Create Ground Data (Δημιουργία δεδομένων εδάφους), Create Design (Δημιουργία σχεδίου), Profile & Section Views (Θέαση μηκοτομής και διατομών), Draw (Σχεδίαση) , όπου συστεγάζονται συγγενείς εντολές ως προς το σκοπό τους. Οι περισσότεροι κατάλογοι εντολών επεκτείνονται προς τα κάτω με κλικ στο κάτω μέρος, για να εμφανιστούν συγγενείς εντολές που δεν χρησιμοποιούνται ευρέως.



Εικόνα 5.2: Το μενού Ρίμπον όπου διακρίνονται οι καρτέλες, και οι κατάλογοι εργασιών για την Καρτέλα Home (Αρχική).

Σημαντικό χαρακτηριστικό του Ρίμπον που βοηθάει πολύ το σχεδιαστή, είναι η ικανότητα του να ανταποκρίνεται στην επιλογή στοιχείων στο χώρο σχεδίασης, εμφανίζοντας ανάλογα με το επιλεγμένο στοιχείο τις αντίστοιχες για αυτό εντολές

επεξεργασίας. Έτσι αν επιλεγεί μία οριζοντιογραφία, στο ρίμπον εμφανίζονται οι σχετικές με την οριζοντιογραφία εντολές. Το χαρακτηριστικό αυτό μενού που εμφανίζεται μετά την επιλογή στοιχείων ονομάζεται Contextual Ribbon Tabs (Συναφείς Ρίμπον Καρτέλες) και διευκολύνει πολύ τη σχεδίαση.

Το **Toolspace (Ο χώρος εργαλείων)** είναι ο χώρος όπου βρίσκονται όλα τα δεδομένα και οι ρυθμίσεις του σχεδίου με μία όμορφη και καλή οργάνωση. Έχει πολλαπλές κύριες λειτουργίες που αντιπροσωπεύονται από τις διαφορετικές καρτέλες που περιέχει. Όλο μαζί το Toolspace διαθέτει τέσσερις καρτέλες τις Prospector, Settings, Survey και Toolbox.

Το Prospector είναι αναμφισβήτητα το πιο σημαντικό τμήμα του Toolspace. Καθώς το σχέδιο χτίζεται, το Prospector οργανώνει τα διάφορα στοιχεία που το απαρτίζουν σε δομή δένδρου. Η μορφή δέντρου έχει προτιμηθεί από την απλή λίστα στοιχείων, αφενός γιατί είναι πιο εύκολο να απεικονιστούν οι συσχετίσεις των στοιχείων σε ιεραρχία και αφ' ετέρου γιατί μπορεί να απεικονίσει μια μεγάλη λίστα στοιχείων σε μια σχετικά μικρή περιοχή, καθώς τα κλαδιά του δέντρου μπορούν να επεκταθούν ή να καταπίψουν. Εκεί που θα υπήρχε λοιπόν μια λίστα από διάφορα στοιχεία όπως, δεδομένα εδάφους (σημεία φυσικού), ισουψείς, όρια οικοπέδων, οδικές αρτηρίες, δίκτυα αγωγών, επιφάνειες και πολλά πολλά ακόμα, το prospector κατηγοριοποιεί όλο αυτό το χάος από πληροφορία έτσι ώστε ο σχεδιαστής να ξέρει εύκολα και γρήγορα που μπορεί να βρει ότι ζητάει και να το επεξεργαστεί. Επίσης με δεξί κλικ σε κάποιο στοιχείο και την επιλογή Zoom To (εστίαση σε), αυτό επιλέγεται και γίνεται εμφανές στο σχέδιο ώστε να εντοπιστεί εύκολα.

Στην καρτέλα Settings (Ρυθμίσεις) βρίσκονται πολλές ρυθμίσεις που ελέγχουν σχεδόν την κάθε πτυχή του πως το πρόγραμμα συμπεριφέρεται. Για την ακρίβεια το Civil 3D είναι τόσο ισχυρό που μπορεί να προσαρμοστεί για το εκάστοτε τύπο σχεδίου, σε οποιοδήποτε εταιρικό πρότυπο (ώστε να έχουν όλα τα σχέδια μιας εταιρίας την ίδια μορφοποίηση) ή ως προς όποιον άλλο παράγοντα καθορίζει το περιβάλλον σχεδίασης.

Η Survey Tab (Καρτέλα Τοπογραφίας) είναι ειδικά σχεδιασμένη για την εργασία με τοπογραφικά δεδομένα. Εκεί απεικονίζονται αναλυτικά τα τοπογραφικά δεδομένα σε μορφή δέντρου. Παρόλα αυτά για απλά σχέδια όπου δεν υπάρχουν πολλές ομάδες τοπογραφικών στοιχείων, το Prospector μπορεί να ανταπεξέλθει το ίδιο καλά.

Η Toolbox Tab (Καρτέλα Εργαλειοθήκη) είναι το μέρος όπου μπορούν να συνδεθούν άλλα πρόσθετα προγράμματα και υποπρογράμματα προσαρμοσμένα για τον εκάστοτε τύπο σχεδίου (π.χ. τυποποιήσεις υλικών).

Στην **Drawing Area (Περιοχή Σχεδίασης)** μπορεί ο χρήστης να δει και αγγίζει το σχέδιο που δημιουργεί. Επειδή αυτό που δημιουργείται δεν είναι ένα απλό σχέδιο δύο διαστάσεων αλλά μια εικονική απεικόνιση της πραγματικής κατάστασης με το επιθυμητό έργο κατασκευασμένο, το σχέδιο είναι πιο σωστό να αποκαλείται μοντέλο. Στην περιοχή σχεδίασης ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε διάφορες προβολές του 3D μοντέλου (τριών διαστάσεων), την επιθυμητή που μπορεί να είναι η απλή κάτοψη ή άλλη όπως και οποιαδήποτε άποψη 3D.

Η **Command Line (Command Line)** μπορεί να παρομοιαστεί με ένα παράθυρο διαλόγου ανάμεσα στον χρήστη και το σχεδιαστικό πρόγραμμα. Σχεδόν ότι γίνεται αναφέρεται στην Command Line, γι' αυτό είναι καλό ο χρήστης να αποκτήσει τη συνήθεια να την παρακολουθεί, επειδή συχνά δίνει κατευθύνσεις για τα επόμενα βήματα. Επίσης από την Command Line μπορούν να επιλεγούν εντολές, καθώς και να απεικονιστεί όλο το ιστορικό των προηγούμενων ενεργειών.

Το Panorama (Πανόραμα) είναι ένα παράθυρο πολλών χρήσεων που χρησιμοποιείται για να απεικονίσει ή και να επεξεργαστούν διάφοροι τύποι πληροφορίας. Εμφανίζεται με την απεικόνιση της πληροφορίας που έχει ζητηθεί από το χρήστη.

5.3 Το Δυναμικό Περιβάλλον του Προγράμματος

Το πρόγραμμα που μελετάμε υιοθετεί ένα δυναμικό περιβάλλον, το οποίο εξυπηρετεί πολύ το σχεδιαστή και μπορεί να εξοικονομήσει χρήσιμο χρόνο και κόπο. Το δυναμικό περιβάλλον του προγράμματος υλοποιείται με διάφορες αλληλεπιδράσεις και συσχετίσεις που μπορούν να καθοριστούν για τα σχεδιαζόμενα μέρη. Το βασικό σκεπτικό είναι να γίνονται πολλά πράγματα αυτόματα από το πρόγραμμα, ώστε να μειώνεται ο φόρτος εργασίας του σχεδιαστή και να είναι πολύ πιο εύκολες διάφορες αλλαγές και σχεδιαστικές λύσεις κατά τη σχεδίαση. Για να μιλήσουμε με παραδείγματα, ας υποθέσουμε ότι μελετάται μια οδική αρτηρία με τους αγωγούς

αποχέτευσης και το σχέδιο βρίσκεται σε αρκετά προχωρημένη μορφή αλλά χρειάζεται να γίνει μια αλλαγή στη μηκοτομή του δρόμου, ώστε να ενωθεί με το υπάρχον δίκτυο-λάθος που έγινε στην αρχή και το στοιχείο αυτό δε λήφθηκε υπόψη. Τότε ο σχεδιαστής θα πρέπει να πάει να κάνει αυτή την αλλαγή στην μηκοτομή της οδού χωρίς όμως να απαιτείται κάποια αλλαγή στις μηκοτομές των αγωγών. Αυτό γιατί πολύ απλά το πρόγραμμα θα έχει επέμβει μόνο του, αυτόματα μετά την αλλαγή της μηκοτομής της οδού και θα έχει αλλάξει το τελευταίο ύψος φρεατίου, ώστε να υπάρχει συμφωνία με το νέο υψόμετρο του δρόμου.

Στο πρόγραμμα τα στοιχεία που υπάρχουν κατατάσσονται σε κάποιες κατηγορίες, οι σημαντικότερες των οποίων είναι τα αντικείμενα, τα στιλ αντικειμένων (π.χ. χρώμα και πάχη γραμμών), οι ετικέτες (σχεδόν ότι πληροφορία υπάρχει υπό μορφή αριθμού, ονόματος ή κάτι άλλο είναι ετικέτα) και τα στιλ των ετικετών (πάλι χρώματα, μεγέθη γραμματοσειρές ετικετών κ.α).

Σχεδόν τα περισσότερα σχεδιαστικά στοιχεία είναι αντικείμενα με χαρακτηριστικά, τα τοπογραφικά σημεία, την ομάδα σημείων, τις επιφάνειες (όπως ισοϋψείς ή 3D επιφάνειες), τις οδικές αρτηρίες με τις οριογραμμές τους, τους οδικούς κόμβους, τα απλά δίκτυα αγωγών, δίκτυα αγωγών υπό πίεση, διάφορα στοιχεία που προκύπτουν από συναρμολόγηση κ.α. Το αντικείμενο είναι ευφυές κομμάτι του σχεδίου που έχει αποθηκευμένες πληροφορίες για τον εαυτό του και έχει την ικανότητα να αλληλεπιδρά με άλλα αντικείμενα στο σχέδιο.

Οι ετικέτες πάλι είναι πολύ σημαντικές, γιατί παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για το σχέδιο, που είναι συχνά απαραίτητες για να κατασκευαστεί κάτι σωστά. Στην ουσία και οι ετικέτες κατατάσσονται στην κατηγορία των αντικειμένων, απλά γίνεται ξεχωριστή αναφορά γιατί κάθε αντικείμενο στο σχέδιο πρέπει να έχει την ετικέτα του. Έτσι το Civil 3D δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ο χρήστης διάφορους τύπους ετικετών και να συνδεθούν με τους διάφορους τύπους αντικειμένων. Μπορεί για παράδειγμα ο σχεδιαστής να φτιάξει διαφορετικές ετικέτες για τις αποχετεύσεις και διαφορετικές για τις οδούς. Τις περισσότερες φορές ο χρήστης δε χρειάζεται καν να πληκτρολογήσει τιμές για τις ετικέτες που προσθέτει στο σχέδιο. Το μόνο που χρειάζεται να κάνει είναι να επιλέξει την πληροφορία που θέλει να εμφανίζεται από το μενού και στη συνέχεια να κάνει κλικ τις θέσεις όπου επιθυμεί να εμφανιστεί ετικέτα η οποία θα παίρνει αυτόματα τιμή από το πρόγραμμα. Ή μπορεί να δοθεί η επιλογή να

εμφανίζεται κάποια ετικέτα ανά τακτά διαστήματα, όπως γίνεται για τη χιλιομέτρηση οδού.

Τα στυλ είναι μια συλλογή από ρυθμίσεις που ελέγχουν την εμφάνιση και τη συμπεριφορά ενός αντικειμένου και έτσι αν αλλάξει ένα στυλ για κάποιο αντικείμενο αλλάζουν όλα τα αντικείμενα αυτού του είδους στο σχέδιο. Το ίδιο συμβαίνει και με τα στυλ για τις ετικέτες. Αν αλλάξει το στυλ για ένα είδος ετικέτας αλλάζει για όλες τις υπόλοιπες στο σχέδιο αυτόματα.

Οι αλληλεπιδράσεις και συσχετίσεις που μπορούν να γίνουν μεταξύ των στοιχείων είναι πολλές. Μπορούν να συσχετιστούν αντικείμενα μεταξύ τους, αντικείμενα με στυλ αντικειμένων, αντικείμενα με ετικέτες και ετικέτες με στυλ ετικετών.

Αναλυτικότερα θα δούμε όλη τη διαδικασία που ακολουθήθηκε με το AutoCAD Civil 3D για την επεξεργασία των τοπογραφικών στοιχείων μέχρι την σχεδίαση των ισοϋψών και τις τρισδιάστατες (3D ή 3D) προβολές στο κεφάλαιο 7 και την ενότητα «7.5 Οι Εντολές που Χρησιμοποιήθηκαν».

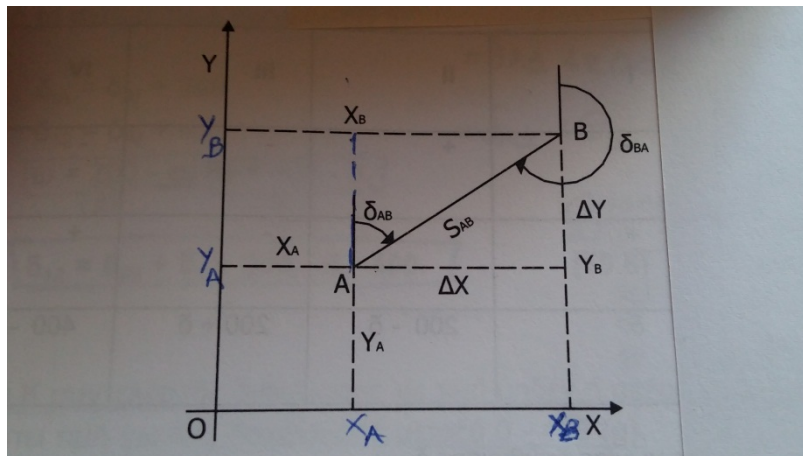
Κεφάλαιο 6

Όδευση και Επίλυση

6.1 Στοιχεία Τοπογραφίας

6.1.1 Το Πρώτο Θεμελιώδες Πρόβλημα

Στο Πρώτο Θεμελιώδες Πρόβλημα δίνονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες σημείου A (X_A, Y_A) και οι πολικές συντεταγμένες σημείου B με πόλο το A, δηλαδή η γωνία διεύθυνσης δ_{AB} και η απόσταση S_{AB} . Ζητούνται οι ορθογώνιες συντεταγμένες του σημείου B (X_B, Y_B). Τοποθετώντας τα δεδομένα σε ένα σκαρίφημα όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα, παρατηρούμε ότι ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:



Εικόνα 6.1: Το 1ο Θεμελιώδες Πρόβλημα.

$$X_B = X_A + S_{AB} * \eta\mu\delta_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + S_{AB} * \sigma\upsilon\nu\delta_{AB}$$

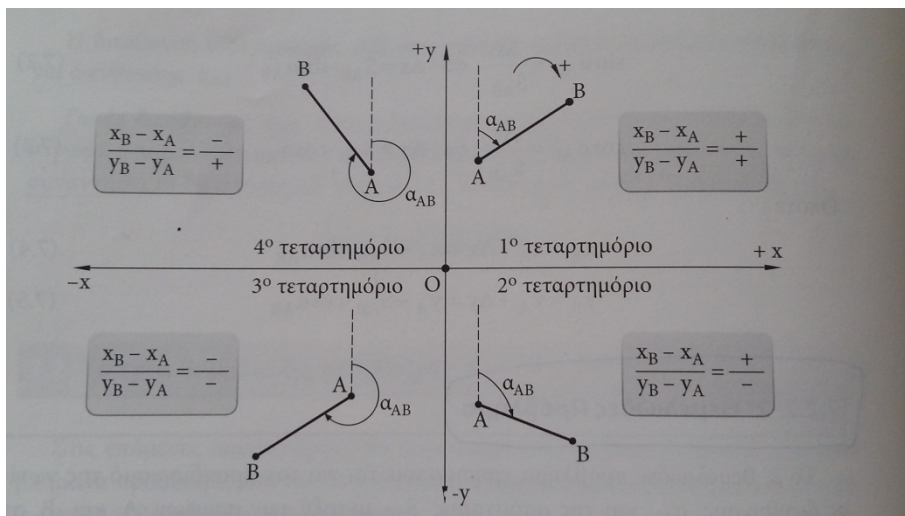
6.1.2 Το Δεύτερο Θεμελιώδες Πρόβλημα

Στο Δεύτερο Θεμελιώδες Πρόβλημα δίνονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες των σημείων $A(X_A, Y_A)$ και $B(X_B, Y_B)$, και ζητούνται οι πολικές συντεταγμένες του σημείου B με πόλο το A , δηλαδή η γωνία διεύθυνσης δ_{AB} και η απόσταση S_{AB} . Τοποθετούμε και πάλι τα δεδομένα σε σκαρίφημα όπως στο 1ο Θεμελιώδες και με εφαρμογή των σχέσεων της τριγωνομετρίας εξάγουμε τις παρακάτω σχέσεις:

$$\Delta X = X_A - X_B$$

$$\Delta Y = Y_A - Y_B$$

Η απόσταση S_{AB} μεταξύ των A και B προκύπτει από πυθαγόρειο θεώρημα η σχέση $S_{AB}^2 = \Delta X^2 + \Delta Y^2$ και λύνοντας $S_{AB} = (\Delta X^2 + \Delta Y^2)^{0,5}$.



Εικόνα 6.2: Το 2ο Θεμελιώδες Πρόβλημα.

Η γωνία διεύθυνσης δίνεται από την εφαπτομένη

$\epsilon\phi\delta_{AB} = \Delta X / \Delta Y = (X_A - X_B) / (Y_A - Y_B)$ και άρα

$$\delta_{AB} = \tan^{-1} [(X_A - X_B) / (Y_A - Y_B)]$$

Όμως η γωνία διεύθυνσης ανάλογα με τη θέση του ως προς το A , θα πρέπει να βρίσκεται σε κάποιο από τα 4 τεταρτημόρια. Έτσι η τελική γωνία διεύθυνσης προκύπτει μετά από κατάλληλη **διερρεύνηση** και διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- 1) Αν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y > 0$, τότε η τελική γωνία διεύθυνσης δ'_{AB} βρίσκεται στο **1ο** τερτημόριο και $\delta'_{AB} = \delta_{AB}$, ($0g < \delta'_{AB} < 100g$).
- 2) Αν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y < 0$, τότε η τελική γωνία διεύθυνσης δ'_{AB} βρίσκεται στο **2ο** τερτημόριο και ισχύει $\delta'_{AB} = 200g - \delta_{AB}$, ($100g < \delta'_{AB} < 200g$).
- 3) Αν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y < 0$, τότε η τελική γωνία διεύθυνσης δ'_{AB} βρίσκεται στο **3ο** τερτημόριο και ισχύει $\delta'_{AB} = 200g + \delta_{AB}$, ($200g < \delta'_{AB} < 300g$).
- 4) Αν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y > 0$, τότε η τελική γωνία διεύθυνσης δ'_{AB} βρίσκεται στο **4ο** τερτημόριο και ισχύει $\delta'_{AB} = 400g - \delta_{AB}$, ($300g < \delta'_{AB} < 400g$).

Ειδικές περιπτώσεις έχουμε όταν η γωνία διεύθυνσης συμπίπτει με κάποιον άξονα.

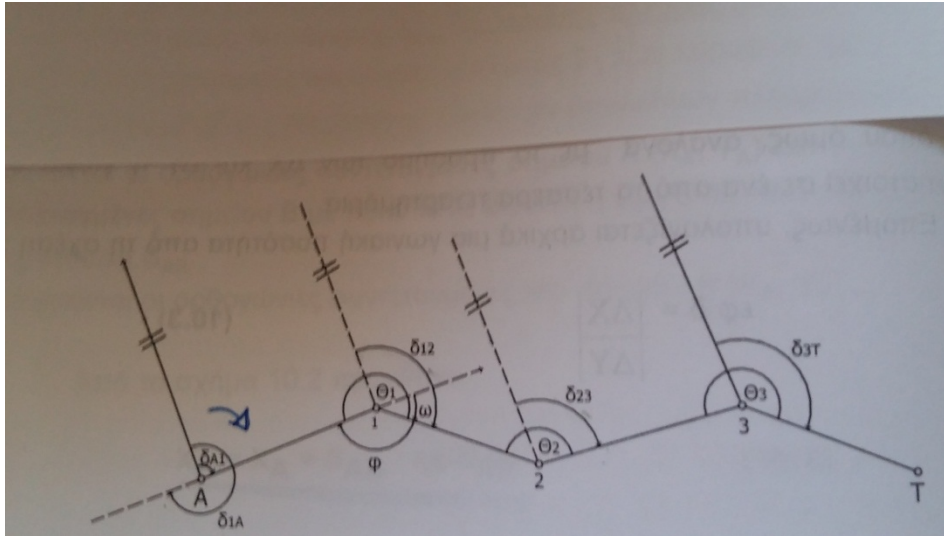
- Αν $\Delta X = 0$ και $\Delta Y > 0$, τότε η AB συμπίπτει με τον θετικό ημιάξονα των y και ισχύει $\delta'_{AB} = 0g$.
- Αν $\Delta X = 0$ και $\Delta Y < 0$, τότε η AB συμπίπτει με τον αρνητικό ημιάξονα των y και ισχύει $\delta'_{AB} = 200g$.
- Αν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y = 0$, τότε η AB συμπίπτει με τον θετικό ημιάξονα των x και ισχύει $\delta'_{AB} = 100g$.
- Αν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y = 0$, τότε η AB συμπίπτει με τον αρνητικό ημιάξονα των x και ισχύει $\delta'_{AB} = 300g$.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν ορίζεται γωνία διεύθυνσης με αρνητική τιμή ή τιμή μεγαλύτερη ή ίση με 400g. Σε τέτοια περίπτωση προστίθενται ή αφαιρούνται 400g ώστε να προκύψει η σωστή τιμή.

6.1.3 Το Τρίτο Θεμελιώδες Πρόβλημα

Στο Τρίτο Θεμελιώδες Πρόβλημα δίνονται η γωνία διεύθυνσης δ_{A1} , της πρώτης πλευράς μιας πολυγωνικής (τεθλασμένης) γραμμής και οι γωνίες θλάσης θ_i των κορυφών της.

Σχεδιάζουμε το σκαρίφημα μιας πολυγωνικής με όλες τις γωνίες όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 6.3.



Εικόνα 6.3: Το 3ο Θεμελιώδες Πρόβλημα.

$$\delta_{12} = \delta_{A1} + \omega$$

$$\delta_{1A} = \delta_{A1} + 200g$$

$$\omega = 200 - \varphi, \varphi = 400 - \theta_1$$

Οπότε αντικαθιστώντας στην αρχική σχέση έχουμε

$$\delta_{12} = \delta_{A1} + 200 - \varphi$$

$$\delta_{12} = \delta_{A1} + 200 - (400 - \theta_1)$$

Άρα προκύπτει η σχέση $\delta_{12} = \delta_{A1} + \theta_1 + 200 - \kappa * 400$ με το συντελεστή κ να παίρνει τιμή μηδέν ή ακεραίου ώστε να προκύπτει τιμή γωνίας διεύθυνσης μεταξύ 0g έως 400g.

Γενικεύοντας ισχύει η παρακάτω σχέση η οποία μας δίνει τη γωνία διεύθυνσης της τελικής πλευράς στην εκάστοτε πολυγωνική, κατευθείαν με την εφαρμογή μιάς φοράς και μόνο του 3ου Θεμελιώδους Προβλήματος.

$$\delta_{\eta, \eta+1} = \delta_{A1} + (\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_\eta) + \eta * 200 - \kappa * 400$$

6.2 Οι Οδεύσεις Γενικά

Τα πολυγωνομετρικά ή πολυγωνικά σημεία είναι σημεία που ιδρύονται με σκοπό την εξάρτηση από το υπάρχον δίκτυο τριγωνομετρικών σημείων της χώρας, ώστε να είναι δυνατή η αποτύπωση των σημείων λεπτομερειών μιας περιοχής. Τα τριγωνομετρικά είναι σημεία που κατανέμονται σε ολόκληρο τον γεωγραφικό χώρο της

επικράτειας, έχουν υπολογιστεί με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.) και άλλες Γεωδαιτικές υπηρεσίες του Κράτους και αποτελούν τον σκελετό, πάνω στον οποίο συντάσσεται ο Τοπογραφικός χάρτης. Το πλέγμα των τριγωνομετρικών σημείων, αποτελεί το Τριγωνομετρικό Δίκτυο της Χώρας, που ιεραρχικά διαχωρίζεται σε τέσσερις Τάξεις, ανάλογα με την πυκνότητα και την ακρίβεια που υπολογίστηκε. Έτσι, στο δίκτυο Α' τάξεως έχουμε αποστάσεις μεταξύ των σημείων άνω των 30km, στο δίκτυο Β' τάξεως 5-30km, στο δίκτυο Γ' τάξεως μικρότερης των 5km και το Δ' τάξεως αποστάσεις από 600-2000m. Μεγαλύτερη πύκνωση του δικτύου των τριγωνομετρικών της χώρας είναι οικονομικά ασύμφορη πρώτον και δεύτερον αδύνατη λόγω των ανωμαλιών και εμποδίων του εδάφους. Όταν λοιπόν απαιτείται η αποτύπωση σημείων λεπτομερειών μιας περιοχής τίθεται το θέμα εξάρτησής τους.

Έτσι υπάρχει η ανάγκη πύκνωσης του Τριγωνομετρικού Δικτύου με επιπλέον σημεία τα οποία ονομάζονται πολυγωνομετρικά. Τα πολυγωνομετρικά σημεία εγκαθίστανται από ενδιαφερόμενους μελετητές σε περιοχές, όπου πρόκειται να εκτελεστούν τοπογραφικές εργασίες. Η εξάρτηση τους και ο υπολογισμός των συντεταγμένων τους γίνεται με μεθόδους της Τοπογραφίας και αποτελούν τον σκελετό, πάνω στον οποίο συντάσσονται τα Τοπογραφικά Διαγράμματα με τα σημεία λεπτομερειών για την αποτύπωση μιας περιοχής. Τις περισσότερες φορές για τα πολυγωνομετρικά σημεία υπάρχουν και οι τρεις διαστάσεις ενώ πιο σπάνια μόνο οι δύο.

Τα σημεία λεπτομερειών προσδιορίζονται ανεξάρτητα (μεμονομένα) και δεν επηρεάζονται μεταξύ τους από τα σφάλματα προσδιορισμού τους. Αποτελούν συνήθως χαρακτηριστικά σημεία του ανάγλυφου, όπως κορυφές γηπέδων κλπ. Η ακρίβεια προσδιορισμού τους, εξαρτάται κυρίως τόσο από την σπουδαιότητά τους, όσο και από την κλίμακα με την οποία πρόκειται να συνταχθεί το Τοπογραφικό Διάγραμμα της περιοχής.

Για την εξάρτηση μιας περιοχής από το Τριγωνομετρικό Δίκτυο χρειάζονται παραπάνω από ένα σημεία ώστε να ξεπεραστούν εμπόδια του αναγλύφου του εδάφους και η απόσταση από σημείο σε σημείο να μην είναι πολύ μεγάλη. Έτσι δημιουργείται ένα δίκτυο με τα νέα πολυγωνομετρικά που ονομάζεται πολυγωνική όδευση.

Ως πολυγωνική όδευση ορίζεται μια τεθλασμένη γραμμή που αποτελείται από τις κορυφές της που είναι τα πολυγωνομετρικά σημεία, των οποίων ζητούνται οι συντεταγμένες σε κάποιο σύστημα αναφοράς.

Τα στοιχεία μιας όδευσης είναι οι κορυφές, οι πλευρές και οι γωνίες θλάσης. Πρέπει όλες οι κορυφές να είναι απαραίτητα προσβάσιμες και σε κάθε κορυφή πρέπει να υπάρχει ορατότητα στην προηγούμενη και στην επόμενη. Πλευρά της όδευσης είναι το ευθύγραμμο τμήμα που ορίζεται από την προβολή δύο διαδοχικών κορυφών στο οριζόντιο επίπεδο (οριζόντια απόσταση). Γωνία θλάσης της όδευσης είναι η οριζόντια γωνία που ορίζεται από δύο διαδοχικές πλευρές της, όταν η προηγούμενη πλευρά στραφεί δεξιόστροφα ώστε να συναντήσει την επόμενη (σύμφωνα με τη φορά της κίνησης που έχει οριστεί).

Τα είδη των πολυγωνικών οδεύσεων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τις κλειστές και τις ανοιχτές. Ανοιχτή πολυγωνική όδευση είναι εκείνη, στην οποία το τελικό της σημείο δεν συμπίπτει με το αρχικό. Κλειστή πολυγωνική όδευση είναι εκείνη στην οποία υπάρχει σύμπτωση αρχικού και τελικού σημείου.

Έτσι στην κατηγορία των ανοιχτών έχουμε

1. Ανοιχτή πλήρως εξαρτημένη και προσανατολισμένη και από τα δύο άκρα όδευση. Αυτή η κατηγορία είναι η σημαντικότερη όλων των πολυγωνικών οδεύσεων. Το πρώτο και τελευταίο σημείο της δηλαδή τα σημεία εξάρτησής της, είναι τριγωνομετρικά. Επίσης, από τα σημεία αυτά, σκοπεύονται άλλα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής, τα σημεία προσανατολισμού. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μπορούν να υπολογισθούν γωνίες διεύθυνσης και από την πρώτη και από την τελευταία πλευρά της. Πλεονέκτημα αυτής της πολυγωνικής όδευσης είναι ότι μπορεί να επιλυθεί πλήρως, στο κρατικό σύστημα αναφοράς.

2. Εξαρτημένη από τα δύο άκρα χωρίς προσανατολισμό ή απλώς εξαρτημένη. Το πρώτο και το τελευταίο σημείο της, είναι τριγωνομετρικά. Όμως δεν υπάρχουν τριγωνομετρικά σημεία προσανατολισμού.

3. Εξαρτημένη και προσανατολισμένη μόνο από το ένα άκρο της. Το πρώτο σημείο της είναι τριγωνομετρικό και σκοπεύεται από αυτό άλλο τριγωνομετρικό σημείο για προσανατολισμό. Μπορούν να υπολογιστούν οι γωνίες διεύθυνσης μόνο από την πρώτη πλευρά της.

4. Εξαρτημένη μόνο από το ένα άκρο της. Το πρώτο σημείο της είναι τριγωνομετρικό χωρίς προσανατολισμό.

5. Ανεξάρτητη. Κανένα σημείο της δεν είναι τριγωνομετρικό και καμία πλευρά της δεν έχει προσανατολισμό.

Ενώ στην κατηγορία των Κλειστών Πολυγωνικών Οδεύσεων έχουμε:

1. Εξαρτημένη και προσανατολισμένη ή πλήρως εξαρτημένη. Το πρώτο σημείο της (σημείο εξάρτησης), είναι τριγωνομετρικό. Επίσης από το σημείο αυτό σκοπεύεται άλλο τριγωνομετρικό σημείο της περιοχής, το σημείο προσανατολισμού. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μπορεί να υπολογισθούν οι γωνίες διεύθυνσης και από την πρώτη και από την τελευταία πλευρά της.

2. Εξαρτημένη χωρίς προσανατολισμό. Το πρώτο σημείο της είναι τριγωνομετρικό.

3. Ανεξάρτητη. Κανένα σημείο της δεν είναι τριγωνομετρικό.

6.3 Εγκατάσταση του Δικτύου Όδευσης και Μέτρηση των Στοιχείων

Η εγκατάσταση μια πολυγωνικής όδευσης είναι μια σημαντική εργασία από την οποία εξαρτάται, τόσο η επάρκεια και η ακρίβεια των μετρήσεων που θα επακολουθήσουν, όσο και το κόστος του συνόλου των εργασιών.

Καθοριστικό παράγοντα σε όλα τα παραπάνω, αποτελεί η διαμόρφωση της περιοχής αποτύπωσης, όπως π.χ. η μορφή του γήινου ανάγλυφου, η πυκνή δόμηση, η πυκνή βλάστηση, η ύπαρξη ποταμών και περιφραγμένων ιδιοκτησιών, δρόμων με πυκνή κυκλοφορία κ.α.

Η εγκατάσταση μιας πολυγωνικής όδευσης, περιλαμβάνει μια σειρά από εργασίες όπως την αναγνώριση της περιοχής, την εκλογή των κορυφών της, την σήμανση και τέλος την εξασφάλισή της (για το κάθε σημείο).

Η εκλογή των διαδοχικών κορυφών μιας πολυγωνικής όδευσης, γίνεται έτσι ώστε να υπάρχει μεταξύ τους, μικρή κλίση εδάφους και αμοιβαία ορατότητα. Ορατότητα απαιτείται επίσης προς τα σημεία λεπτομερειών, που θα αποτυπωθούν από αυτές. Οι

κορυφές πρέπει να τοποθετούνται σε σταθερό έδαφος και σε θέσεις που δεν παρεμποδίζουν διάφορες δραστηριότητες, από τις οποίες μάλιστα κινδυνεύουν να καταστραφούν όπως λ.χ. την καλλιέργεια αγρών, την κυκλοφορία αγροτικών μηχανημάτων έργου κ.α.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται, στο σχήμα μιας πολυγωνικής όδευσης. Αυτό πρέπει να είναι όσο το δυνατόν τεταμένο, να έχει τις λιγότερες δυνατόν κορυφές και τα μήκη των πλευρών να είναι ομοιόμορφα και να μην ξεπερνούν τα όρια που θέτουν οι κανονισμοί.

Η σήμανση των πολυγωνομετρικών σημείων, γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με το σκοπό της εργασίας και το είδος του εδάφους (σκληρό, μαλακό, βραχώδες, ρείθρο πεζοδρομίου κ.λ.π). Έτσι στα μαλακά εδάφη χρησιμοποιούνται συνήθως ξύλινοι πασσαλίσκοι, όταν πρόκειται για αποτυπώσεις ή προκατασκευασμένοι τσιμεντόλιθοι όταν πρόκειται για αποτυπώσεις διανομών (αγρών, οικοπέδων) ή πολεοδομικών σχεδίων κ.λ.π. Για σκληρότερα εδάφη προτιμώνται σιδηροί πάσσαλοι μήκους 25-30cm, ενώ στα βραχώδη εδάφη, συνίσταται η χάραξή τους με σταυρό ή η βαφή τους με ανθεκτικό χρώμα. Τέλος εντός των πόλεων στα πεζοδρόμια, συνίσταται η χρήση χαραγμένης με σταυρό πλάκας ή ορειχάλκινου καρφιού με πεπλατυσμένη κεφαλή.

Μετά την σήμανση κάθε κορυφής πρέπει να γίνεται εξασφάλιση με σύνταξη για κάθε κορυφή σκαριφήματος με αποτυπωμένες τρεις αποστάσεις από σταθερά σημεία του περιβάλλοντος όπως δέντρα, στύλοι ΔΕΗ και φωτισμού, γωνίες πεζοδρομίων κτλ. Τέλος ένα συνολικό σκαρίφημα σχεδιάζεται για όλη την όδευση με το σχήμα της, την αρίθμηση των κορυφών της, τα σημεία προσανατολισμού της και όποια άλλη πληροφορία κρίνεται απαραίτητη.

Η ακρίβεια με την οποία εκτελούνται οι μετρήσεις των στοιχείων όδευσης εξαρτάται τόσο από τις μεθόδους και τα όργανα μέτρησης, όσο και από την ικανότητα του παρατηρητή. Συνήθως μετά τον καθορισμό της επιθυμητής ακρίβειας επιλέγονται και τα όργανα της μέτρησης.

Παλαιότερα για την μέτρηση των στοιχείων μιας όδευσης χρησιμοποιούνταν το κλασσικό ταχύμετρο σε συνδυασμό με την μετροταινία. Σήμερα για τη μέτρηση των αποστάσεων η χρήση Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού με ηλεκτρομαγνητικό όργανο (EDM) προσφέρει μεγάλη ακρίβεια σε ασύγκριτα μικρότερο χρονικό διάστημα

από την εκτέλεση της μέτρησης με μετροταινία. Πολύ μεγάλο πλεονέκτημα με την χρήση Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού είναι η ταυτόχρονη μέτρηση πλευρών και γωνιών και η καταγραφή των μετρήσεων, μαζί με τις μετρήσεις των σημείων λεπτομερειών στην εσωτερική μνήμη του σταθμού και εν συνεχεία τα δεδομένα να αποφορτιστούν στο γραφείο σε Η/Υ και να επεξεργαστούν. Για την μέτρηση των γωνιών θλάσης, η μέθοδος μέτρησης μπορεί να διαφοροποιηθεί ως προς τη δεύτερη θέση τηλεσκοπίου, ανάλογα με τις επαναληπτικές δυνατότητες που παρέχει το κάθε όργανο.

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στις διαστάσεις των στόχων σκόπευσης και στα σημεία που σκοπεύονται κάθε φορά. Επίσης η κέντρωση τόσο του οργάνου, όσο και των στόχων πρέπει να γίνεται με τη μέγιστη δυνατή προσοχή, για να αποφεύγονται τα αντίστοιχα σφάλματα εκκεντρότητας.

6.4 Εργασίες στο Πεδίο για την Εγκατάσταση της Όδευσης και την Μέτρηση των Στοιχείων της

Αρχικά και πριν ξεκινήσουν οι τοπογραφικές εργασίες στο πεδίο πρέπει να προηγηθεί δουλειά στο γραφείο που είναι πολύ σημαντική. Η μελέτη του έργου θα πρέπει να αναγνωστεί διεξοδικά και να καταλάβουν τα εμπλεκόμενα άτομα τι πρέπει να γίνει για την κατασκευή του έργου. Ξεκινούμε λοιπόν από το ζητούμενο τις κατασκευές που απαιτούνται να υλοποιηθούν στο χώρο του έργου. Το επόμενο βήμα είναι να μελετηθεί ο τρόπος κατασκευής. Σ' αυτό το κομμάτι εμπλέκεται και η τοπογραφία.

Το εν λόγω υδραυλικό έργο διευθέτησης της κοίτης έχει αυξημένες απαιτήσεις τοπογραφικής υποστήριξης ώστε να κατασκευαστεί σωστά, δηλαδή να οριοθετηθεί σωστά η κοίτη με τα υψόμετρα της να συμφωνούν με αυτά της μελέτης κλπ. Επίσης επειδή τα χωματουργικά του έργου αφορούν ένα μεγάλο μέρος από το συνολικό κονδύλι και έτσι υπάρχει ένας ακόμα λόγος για την συνεχή τοπογραφική παρακολούθηση, καθώς αυτό ζητείται και από την τεχνική υπηρεσία που θα επιβλέπει το έργο.

Κρίνεται σκόπιμη λοιπόν η εγκατάσταση πολυγωνικής και χωροσταθμικής όδευσης εξαρτημένης απ' τα πολυγωνομετρικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την

ανάπτυξη της μελέτης, αλλά πιθανότατα υπάρχουν ακόμα και για την υποστήριξη στη φάση της κατασκευής. Στα σχέδια του μελετητή φαίνονται τα πολυγωνομετρικά που χρησιμοποίησε, όμως αυτό που δε γνωρίζουμε είναι που βρίσκονται στο περιβάλλον και αν υπάρχουν ακόμα. Παράλληλα με την ανάγνωση της μελέτης και της αναζήτησης των σημείων εξάρτησης, χρησιμοποιούνται εύχρηστα εργαλεία όπως το Google Maps και το Google Earth για την γενικότερη μελέτη της περιοχής του έργου και του ανάγλυφου της με τις προσβάσεις σε αυτό. Μετά από τηλεφωνική επικοινωνία με τον μελετητή ζητείται και γίνεται η αποστολή μερικών συμπληρωματικών στοιχείων για τα ζητούμενα πολυγωνομετρικά, όπως τοπογραφικά σκαριφήματα εξασφάλισης των πολυγωνομετρικών.

Έχοντας το κινητό με GPS ανοιχτό ανά χείρας, εκτυπωμένα σε χαρτί την περιοχή του έργου από Google Maps σε μικρή και μεγάλη κλίμακα στην οποία έχουν επισημανθεί οι δρόμοι πρόσβασης στο έργο, καθώς και όλα τα στοιχεία που αφορούν τα πολυγωνομετρικά σημεία, επιχειρείται η πρώτη απόπειρα μετάβασης στο έργο για «αναγνώριση». Η περιοχή κυκλοφορείται με το αυτοκίνητο και περπατείται σε ορισμένα σημεία. Τελικά όχι μετά από πολύ κόπο βρίσκονται τα ζητούμενα σημεία τα οποία είναι βάθρα από σκυρόδεμα με σιδερένια βάση στην κορυφή τους για κέντρωση. Επίσης τα σχέδια εμπλουτίζονται με συμπληρωματικά στοιχεία ώστε η κάθε επόμενη εύρεση των σημείων να είναι εύκολη και γρήγορη.



Εικόνα 6.1: Πολυγωνομετρικό της μελέτης στο χώρο του έργου.

Κατεβαίνοντας εν συνεχεία στο ποτάμι και εφόσον τα σημεία εξάρτησης έχουν βρεθεί το επόμενο βήμα είναι επιλογή των σημείων της όδευσης. Η περιοχή του έργου μελετάται και γίνεται σύγκριση με τα σχέδια της μελέτης ώστε να ευρεθούν στο περίπου τα όρια του έργου. Στα κατάντι τα όρια είναι εμφανή και εύκολα αντιληπτά, αφού έχει προηγηθεί άλλη εργολαβία στην οποία το έργο μας πρόκειται να συνδεθεί. Στα ανάντι τα πράγματα είναι λίγο πιο θολά, αλλά γίνεται μια γενική εκτίμηση του μέχρι που περίπου θα φτάσει η κατασκευή, σύμφωνα με την οριζοντιογραφία όπου υπάρχουν δυο αντίρροπες στροφές. Το έργο κρίνεται ότι θα σταματήσει περίπου στην πρώτη στροφή.

Έχοντας αποκτήσει μια γενική εποπτική εικόνα για την περιοχή που μας ενδιαφέρει, επιχειρείται να γίνει μια πρώτη αρχική επιλογή των σημείων που θα αποτελέσουν τις κορυφές της όδευσης. Η επιλογή γίνεται με τα κριτήρια που έχουν προαναφερθεί στην παράγραφο 6.3. Δηλαδή να υπάρχει μεταξύ των σημείων μικρή κλίση εδάφους, τα σημεία να βρίσκονται σε σταθερό έδαφος και σε θέση που δεν πρόκειται να εμποδίζουν ή να κινδυνεύουν να καταστραφούν κατά τη φάση της κατασκευής, ενώ ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην εξασφάλιση της ορατότητας. Από κάθε σημείο της όδευσης θα πρέπει να είναι ορατές και η προηγούμενη και η επόμενη στάση, καθώς και να καλύπτεται ένα μεγάλο μέρος της περιοχής του έργου για την αποτύπωση των σημείων λεπτομερειών. Τέλος μελετάται το σχήμα της όδευσης και η ομοιομορφία των μηκών των πλευρών.

Έχοντας γνωστές τις συντεταγμένες για δύο σημεία σε κάθε άκρη, γίνεται η επιλογή του τύπου της όδευσης που είναι «ανοιχτή όδευση πλήρως εξαρτημένη και προσανατολισμένη» και η οποία πρόκειται να επιλυθεί στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87).

Δυστυχώς το δύσβατο της περιοχής, η μη προσβασιμότητα λόγω του ποταμού και η ύπαρξη πολλών εμποδίων μας δυσκολεύουν στο τελευταίο κριτήριο του σχήματος της όδευσης και της ομοιομορφίας των μηκών. Το πολυγωνομετρικό σημείο Ρ6 βρίσκεται πάνω σε ύψωμα με πυκνή βλάστηση στην από κάτω πλαγιά καθιστώντας αδύνατη τη σκόπευση σημείου ακριβώς από κάτω. Επομένως θα πρέπει να επιλεγεί ένα σημείο στα πλάγια στην άκρη της κοίτης αριστερά η δεξιά. Επειδή το τέλος του έργου στα ανάντι είναι πιο κοντά, επιλέγεται το 1ο σημείο της όδευσης να είναι βρίσκεται εκεί, ώστε μετά η υπόλοιπη όδευση να ακολουθεί μια ευθεία γενική κατεύθυνση.

Συνεχίζοντας μετά προς τα κατάντι και έχοντας κατά νου η κάθε στάση να πιάνει μεγάλη επιφάνεια του έργου χωρίς οι αποστάσεις μεταξύ των στάσεων να είναι μεγάλες, επιλέγονται και τα επόμενα σημεία μέχρι το πολυγωνομετρικό όπου θα κλείσει η όδευση και θα είναι το P8. Κοντά στο τέλος του έργου στα κατάντι η κοίτη του ποταμού φαρδαίνει αρκετά και το ίδιο γίνεται και στη μελέτη. Επομένως επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί ένα σημείο λίγο πιο αριστερά όπως κατεβαίνει το ποτάμι ώστε να είναι πιο εύκολη η αποτύπωση του εδάφους.

Μετά από έναν έλεγχο όλων των σημαδιών για τα σημεία αποφασίζεται αν η επιλογή των σημείων ήταν καλή ή αν κάποιο σημείο χρειάζεται μετακίνηση. Εφόσον όλα τα σημεία είναι εντάξει γίνεται η μόνιμη σήμανση των στάσεων με σιδερένιους πασσάλους που εμπήγονται μέσα στο έδαφος αφήνοντας να προεξέχουν 4-5 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης τοποθετούνται γύρω γύρω μεγάλες πέτρες που βάφονται με κόκκινο σπρέι και ψηλότεροι πάσσαλοι με κορδέλα σήμανσης έργων. Εν συνεχεία δημιουργείται το σκαρίφημα της όδευσης και γίνεται η ονοματοδωσία των σημείων από S1 έως S6. Εξασφαλίζονται από άλλα σταθερά σημεία όποιες στάσεις κρίνονται πιθανό να χαθούν.



Εικόνα 6.2: Στάση της όδευσης με σήμανση, κεντρωμένο και οριζοντιωμένο το όργανο έτοιμο για διεξαγωγή μετρήσεων.

Εφόσον έχουμε εγκαταστήσει τις στάσεις και με γνωστές τις συντεταγμένες από τον μελετητή των σημείων εξάρτησης, η επόμενη εργασία που πρέπει να γίνει είναι η μέτρηση των στοιχείων της όδευσης δηλαδή, οι αποστάσεις και οι γωνίες. Πριν όμως θα πρέπει να έχει προηγηθεί εργασία γραφείου όπου έχουμε φορτώσει όλα τα απαραίτητα στοιχεία στο όργανο.

Ξεκινώντας τη διαδικασία της μέτρησης στήνουμε το όργανο στο πολυγωνομετρικό P6 και στοχεύουμε το P5 για να πάρουμε προσανατολισμό. Κάνουμε τις διαδικασίες της οριζοντίωσης και της κέντρωσης (το όργανο δε μετράει αν δεν είναι οριζοντιωμένο). Αρχικά κάνουμε μια χονδρική οριζοντίωση με την σφαιρική αεροστάθμη, τον τρίποδα και τα τρικόγλια, προσέχοντας όμως το όργανο να είναι περίπου πάνω από το σημείο που θέλουμε. Αφού το όργανο έχει οριζοντιωθεί χοντρικά το μετακινούμε πάνω στη βάση του ώστε η κάθετη δέσμη laser για την κέντρωση να δείχνει ακριβώς το επισημασμένο κέντρο του στύλου. Τέλος οριζοντιώνουμε με μικρές κινήσεις του τριχογλίου κοιτώντας την ηλεκτρονική αεροστάθμη.

Εισάγουμε στο γεωδαιτικό σταθμό το ύψος του οργάνου από το γνωστό σημείο υψομέτρου της κορυφής του τσιμεντένιου στύλου. Εισάγουμε επίσης και το ύψος στόχου το οποίο θα μένει ίδιο και για τις επόμενες μετρήσεις εκτός αν χρειαστεί κάποια στιγμή ο ανακλαστήρας να υπερυψωθεί. Περιστρέφουμε το όργανο ώστε να κοιτάει προς P5 όπου βρίσκεται ο στοχοφόρος, καθαρίζουμε τη θολότητα στο τηλεσκόπιο και βρίσκουμε τον ανακλαστήρα που βρίσκεται εκεί. Πατάμε τη «μέτρηση» ώστε να πραγματοποιηθεί η μέτρηση και να αποθηκευθεί.

Αφού έχουμε κάνει την πρώτη μας μέτρηση μετακινείται ο στοχοφόρος με τον ανακλαστήρα στην στάση την S1. Περιστρέφουμε δεξιόστροφα το όργανο με τον ίδιο τρόπο και λαμβάνουμε τη δεύτερη μέτρηση. Το όργανο αποθηκεύει την απόσταση από την S1 και την γωνία θλάσης από το προηγούμενο σημείο.

Προσέχουμε παράλληλα με την μέτρηση αποστάσεων και σημείων το όργανο να εκτελεί σωστά την τριγωνομετρική υψομέτρηση για τον υπολογισμό των υψομέτρων των στάσεων. Ο τρόπος αυτός επιλέγεται αντί της χωροστάθμησης με χωροβάτη, για την απλότητα του, το μικρό χρόνο εκτέλεσης και την σε αποδεκτά πλαίσια ακρίβεια του.

Εν συνεχεία ξεστήνουμε το όργανο και το μεταφέρουμε στην S1. Με το ίδιο σκεπτικό λαμβάνουμε τη γωνία θλάσης και την απόσταση από την S2. Συνεχίζουμε

μέχρι να φτάσουμε στο προτελευταίο σημείο, το P8 από το οποίο στοχεύουμε στο P9 για να πάρουμε προσανατολισμό και να κάνουμε διορθώσεις στην όδευση.

Η αποδεκτή ακρίβεια γενικά για τις εργασίες του έργου μπορούμε να πούμε ότι δεν χρειάζεται να είναι μεγάλη. Όπως είναι γνωστό με βάση την εργασία που έχουμε να υποστηρίξουμε αναζητείται η ανάλογη ακρίβεια. Αν έχουμε να χαράξουμε για παράδειγμα βάθρα γέφυρας, όπου η μετακίνηση 1-2 cm μπορεί να επιφέρει αλλαγές στα διαγράμματα και την κατανομή των ροπών η επιθυμητή ακρίβεια είναι μεγάλη. Αντιστοίχως για τη διευθέτηση του ποταμού και τις εργασίες που πρέπει να εκτελεστούν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, γιατί δεν αλλάζει κάτι αν λ.χ. ο πόδας του αναχώματος είναι της τάξεως των 2 ή 3 ακόμα και 5cm πιο έξω ή πιο μέσα στην κοίτη. Επομένως γίνεται η παραδοχή και σε συμφωνία της τεχνικής υπηρεσίας επίβλεψης, ότι η απαιτούμενη ακρίβεια ορισμένη στα 5cm είναι αρκετή.

6.5 Επίλυση

Παιρνόντας τα στοιχεία στον υπολογιστή στο πρόγραμμα AutoCad Civil 3D κατασκευάζουμε το σκαρίφημα της όδευσης που παρατίθεται στο Παράρτημα Α με τα σχέδια. Ως δεδομένα έχουμε τα παρακάτω σημεία.

Γνωστά σημεία

Σημείο	X	Y
P5	257.615,869	4484.024,119
P6	257.717,612	4484.040,256
P8	257.489,166	4484.282,069
P9	257.504,319	4484.339,616

Οι παραπάνω συντεταγμένες των πολυγωνομετρικών σημείων είναι σε ΕΓΣΑ 87. Επειδή όπως βλέπουμε δεν αλλάζουν μεταξύ των σημείων και για τα X και για τα Y οι χιλιάδες, θα κάνουμε τους υπολογισμούς από εκατοντάδες και κάτω για μεγαλύτερη ευκολία και εξοικονόμηση χρόνου.

Υπολογισμοί

1) Υπολογίζονται οι γωνίες διεύθυνσης με 2ο Θ.Π. για τα σταθερά σημεία

$$\delta_{P_5P_6} = \arctan (\Delta X/\Delta Y) = \arctan [(X_{P_6} - X_{P_5}) / (Y_{P_6} - Y_{P_5})] \Rightarrow$$

$$\delta_{P_5P_6} = \arctan [(615.869 - 717.612) / (24.119 - 40.256)] = \arctan (-101.743 / -16.137) \Rightarrow \delta_{P_5P_6} = 89,986 \text{ g}$$

Διερεύνηση: επειδή $\Delta X, \Delta Y < 0$ είμαστε στο τρίτο τεταρτημόριο και άρα η διεύθυνση θα πρέπει να ανήκει στο διάστημα από 200 έως 300 g.

$$\text{Άρα } \delta_{P_5P_6} = 200 \text{ g} + 89,986 \text{ g} \Rightarrow \delta_{P_5P_6} = \mathbf{289.986 \text{ g}}$$

$$\delta_{P_8P_9} = \arctan (\Delta X/\Delta Y) = \arctan [(X_{P_9} - X_{P_8}) / (Y_{P_9} - Y_{P_8})] \Rightarrow$$

$$\delta_{P_8P_9} = \arctan [(504,319 - 489,166) / (339,616 - 282,069)] = \arctan (15,153 / 57,547)$$

$$\delta_{P_8P_9} = 16,391$$

$$\Delta X, \Delta Y > 0 \text{ άρα η διεύθυνση παραμένει ίδια } \delta_{P_8P_9} = \mathbf{16,391 \text{ g}}$$

2) Υπολογίζεται με 3ο Θ.Π. η γωνία διεύθυνσης δ'_{P_8P_9}

$$\delta'_{P_8P_9} = \delta_{P_5P_6} + \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + 7 \cdot 200 + \kappa \cdot 400 \Rightarrow$$

$$\delta'_{P_8P_9} = 289,986 + 370,430 + 197,291 + 217,004 + 197,962 + 174,545 + 128,010 + 241,149 + 7 \cdot 200 + \kappa \cdot 400 \Rightarrow$$

$$\delta'_{P_8P_9} = 3207,377 - 8 \cdot 400 \Rightarrow \delta'_{P_8P_9} = \mathbf{16,377 \text{ g}}$$

3) Υπολογίζεται το γωνιακό σφάλμα

$$\omega_B = \delta_{P_8P_9} - \delta'_{P_8P_9} = 16,391 - 16,377 = \mathbf{0,014 \text{ g}}$$

Ανατρέχουμε σε ένα βιβλίο τοπογραφίας για να ελέγξουμε αν το γωνιακό σφάλμα είναι σε αποδεκτά όρια. Σύμφωνα με το βιβλίο «Μαθήματα Τοπογραφίας, Βακαλώτης Κ. ,ΑΤΕΙΘ» και με τον Πίνακα 6.1 που παρατίθεται παρακάτω βλέπουμε ότι για κλίμακα 1:500 που είναι η όδευση μας λόγω του συνολικού της μήκους που είναι κοντά στα 750m, για κεκλιμένο έδαφος εφόσον η κλίση του εδάφους είναι μεγάλη κυρίως στην αρχή και για δευτερεύουσα όδευση το όριο γωνιακού σφάλματος σε cc είναι:

$$5 \cdot n^{0.5} = 5 \cdot 7^{1.5} = 13.23 \text{ cc} = 0.0013 \text{ g} < \omega_B = 0,014 \text{ g}.$$

Ομαλό έδαφος		Κεκλιμένο έδαφος		Κλίμακες
Πρωτεύουσα όδευση	Δευτερεύουσα όδευση	Πρωτεύουσα όδευση	Δευτερεύουσα όδευση	
$1 \sqrt{n}$	$1,5 \sqrt{n}$	$2 \sqrt{n}$	$3 \sqrt{n}$	1:200
$2 \sqrt{n}$	$3 \sqrt{n}$	$3 \sqrt{n}$	$5 \sqrt{n}$	1:500
$2 \sqrt{n}$	$5 \sqrt{n}$	$5 \sqrt{n}$	$8 \sqrt{n}$	1:1000 1:2000
$3 \sqrt{n}$	$5 \sqrt{n}$	$5 \sqrt{n}$	$8 \sqrt{n}$	1:5000 1:10000

Πίνακας 6.1: Μέγιστα Επιτρεπόμενα όρια, ολικού γωνιακού σφάλματος των πολυγωνικών οδεύσεων σε (cc).

Κανονικά θα πρέπει να ξαναγίνουν οι μετρήσεις για τα στοιχεία και να επιλυθεί εξ αρχής η όδευση. Όμως επειδή το σφάλμα είναι πολύ κοντά στο όριο δηλαδή 1cc, και επειδή η όδευση θα χρησιμοποιηθεί για την απλή αποτύπωση περιοχής και χάραξη απλών κατασκευών όπου δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια κρίνεται ότι είναι αποδεκτό.

4) Υπολογίζεται η αναλογική διόρθωση για κάθε γωνία που μετρήθηκε

$$\delta_{\beta} = \omega_{\beta} / n = 0,014 / 7 \Rightarrow \delta_{\beta} = 0,002 \text{ g}$$

5) Υπολογίζονται οι διορθωμένες τιμές των γωνιών ($\beta'_i = \beta_i + \delta_{\beta}$)

$$\beta_0 = 128,010 + 0,002 = 128,012 \text{ g}$$

$$\beta_1 = 370,430 + 0,002 = 370,432 \text{ g}$$

$$\beta_2 = 197,291 + 0,002 = 197,293 \text{ g}$$

$$\beta_3 = 217,004 + 0,002 = 217,006 \text{ g}$$

$$\beta_4 = 197,962 + 0,002 = 197,964 \text{ g}$$

$$\beta_5 = 174,545 + 0,002 = 174,547 \text{ g}$$

$$\beta_6 = 241,149 + 0,002 = 241,151 \text{ g}$$

6) Υπολογίζεται η γωνία διεύθυνσης κάθε πλευράς με 3ο Θ.Π.

$$\delta_{P_6S_1} = \delta_{P_5P_6} + \beta_0 + 200 - \kappa 400 = 289,986 + 128,012 + 200 - \kappa 400 \Rightarrow$$

$$\delta_{P_6S_1} = 217,998 \text{ g}$$

$$\delta_{S1S2} = \delta_{P6S1} + \beta_1 + 200 - \kappa 400 = 217.998 + 370.432 + 200 - \kappa 400 \Rightarrow$$

$$\delta_{S1S2} = 388,430 \text{ g}$$

$$\delta_{S2S3} = \delta_{S1S2} + \beta_2 + 200 - \kappa 400 = 388,430 + 197,293 + 200 - \kappa 400 \Rightarrow$$

$$\delta_{S2S3} = 385,723 \text{ g}$$

$$\delta_{S3S4} = \delta_{S2S3} + \beta_3 + 200 - \kappa 400 = 385,723 + 217.006 + 200 - \kappa 400 \Rightarrow$$

$$\delta_{S3S4} = 2,729$$

$$\delta_{S4S5} = \delta_{S3S4} + \beta_4 + 200 - \kappa 400 = 2,729 + 197,964 + 200 - \kappa 400 \Rightarrow$$

$$\delta_{S4S5} = 0,693 \text{ g}$$

$$\delta_{S5P8} = \delta_{S4S5} + \beta_5 + 200 - \kappa 400 = 0,693 + 174,547 + 200 - \kappa 400 \Rightarrow$$

$$\delta_{S5P8} = 375,240 \text{ g}$$

$$\text{Έλεγχος: } \delta_{P8P9} = \delta_{S5P8} + \beta_6 + 200 - \kappa 400 = 375,240 + 241,151 + 200 - \kappa 400 \Rightarrow$$

$$\delta_{S5P8} = 16,391 \text{ g OK!}$$

7) Υπολογισμός προσωρινών (πριν τις γραμμικές διορθώσεις) διαφορών με 1ο Θ.Π.

$$\Delta X_{P6S1} = L_{P6S1} * \sin \delta_{P6S1} = 202.8226 * \sin 217.998 = -56.580 \text{ m}$$

$$\Delta Y_{P6S1} = L_{P6S1} * \cos \delta_{P6S1} = 202.8226 * \cos 217.998 = -194,771$$

$$\Delta X_{S1S2} = L_{S1S2} * \sin \delta_{S1S2} = 173.3283 * \sin 388.430 = -31,378$$

$$\Delta Y_{S1S2} = L_{S1S2} * \cos \delta_{S1S2} = 173.3283 * \cos 388.430 = +170,434$$

$$\Delta X_{S2S3} = L_{S2S3} * \sin \delta_{S2S3} = 88.7907 * \sin 385.723 = -19,746$$

$$\Delta Y_{S2S3} = L_{S2S3} * \cos \delta_{S2S3} = 88.7907 * \cos 385.723 = +86,567$$

$$\Delta X_{S3S4} = L_{S3S4} * \sin \delta_{S3S4} = 83.0717 * \sin 2,729 = +3,560$$

$$\Delta Y_{S3S4} = L_{S3S4} * \cos \delta_{S3S4} = 83.0717 * \cos 2,729 = +82,995$$

$$\Delta X_{S4S5} = L_{S4S5} * \sin \delta_{S4S5} = 56,1435 * \sin 0,693 = +0,611$$

$$\Delta Y_{S4S5} = L_{S4S5} * \cos \delta_{S4S5} = 56,1435 * \cos 0,693 = +56,140$$

$$\Delta X_{S5P8} = L_{S5P8} * \sin \delta_{S5P8} = 61,1063 * \sin 375,240 = -23,171$$

$$\Delta Y_{S5P8} = L_{S5P8} * \cos \delta_{S5P8} = 61,1063 * \cos 375,240 = +56,543$$

$$\Delta X = -56,580 - 31,378 - 19,746 + 3,560 + 0,611 - 23,171 = -126,908 \text{ m}$$

$$\Delta Y = -194,771 + 170,434 + 86,567 + 82,995 + 56,140 + 56,543 = 257,908 \text{ m}$$

8) Υπολογισμός για το σημείο P8 των X'_{P8}, Y'_{P8}

$$X'_{P8} = X_{P8} + \Delta X = 615,869 - 126,704 = 489,165$$

$$Y'_{P8} = Y_{P8} + \Delta Y = 24,119 + 257,908 = 282,059$$

9) Υπολογισμός του γραμμικού σφάλματος

Κατά X

$$\omega_X = X_{P8} - X'_{P8} = 489.166 - 489.165 = 0.001 \text{ m}$$

Κατά Y

$$\omega_Y = Y_{P8} - Y'_{P8} = 282.069 - 282.059 = 0.01 \text{ m}$$

Το ολικό σφάλμα της όδευσης είναι

$$\omega_S = (\omega_X^2 + \omega_Y^2)^{0,5} = (0,001^2 + 0,01^2)^{0,5} = 0,01\text{m}$$

Η γωνία διεύθυνσης του γραμμικού σφάλματος είναι

$$\delta_{\omega_S} = \arctan \omega_X / \omega_Y = \arctan 0,001 / 0,01 = 5,710 \text{ g}$$

Το άθροισμα του μήκους των πλευρών της όδευσης είναι

$$\Sigma L = 202,8226 + 173,3283 + 88,7907 + 83,0717 + 56,1435 + 61,1063 = 665,2631\text{m}$$

Ανατρέχουμε σε ένα βιβλίο τοπογραφίας για να ελέγξουμε αν το ολικό γραμμικό σφάλμα είναι σε αποδεκτά όρια.

Ομαλό έδαφος		Κεκλιμένο έδαφος		Κλίμακες
Πρωτεύουσα όδευση	Δευτερεύουσα όδευση	Πρωτεύουσα όδευση	Δευτερεύουσα όδευση	
$0,005 \sqrt{[s]} + 0,05$	$0,01 \sqrt{[s]} + 0,05$	$0,01 \sqrt{[s]} + 0,1$	$0,02 \sqrt{[s]} + 0,1$	1:200 1:500
$0,01 \sqrt{[s]} + 0,01$	$0,02 \sqrt{[s]} + 0,10$	$0,02 \sqrt{[s]} + 0,20$	$0,04 \sqrt{[s]} + 0,2$	1:1000
$0,02 \sqrt{[s]} + 0,10$	$0,04 \sqrt{[s]} + 0,10$	$0,04 \sqrt{[s]} + 0,20$	$0,08 \sqrt{[s]} + 0,2$	1:2000
$0,04 \sqrt{[s]} + 0,20$	$0,06 \sqrt{[s]} + 0,20$	$0,06 \sqrt{[s]} + 0,40$	$0,10 \sqrt{[s]} + 0,4$	1:5000

Πίνακας 6.2: Μέγιστα επιτρεπόμενα όρια, ολικού γραμμικού σφάλματος των πολυγωνικών οδεύσεων σε (m).

Σύμφωνα με το βιβλίο «Μαθήματα Τοπογραφίας, Βακαφώτης Κ. ,ΑΤΕΙΘ» και με τον Πίνακα 6.2 που παρατίθεται παραπάνω, βλέπουμε ότι για κλίμακα 1:500 που είναι

η όδευση μας λόγω του συνολικού της μήκους που είναι κοντά στα 750m, για κεκλιμένο έδαφος εφόσον η κλίση του εδάφους είναι μεγάλη κυρίως στην αρχή και για δευτερεύουσα όδευση το όριο του ολικού γραμμικού σφάλματος σε m είναι όπως φαίνεται παρακάτω.

$0,02 * s^{0,5} + 0,1 = 0,02 * 665^{0,5} + 0,1 = 0,615 \text{ m} > \omega_s = 0,01\text{m}$ οπότε το ολικό γραμμικό σφάλμα κρίνεται αποδεκτό.

10) Υπολογισμός των διορθώσεων για κάθε πλευρά (το γραμμικό σφάλμα μοιράζεται στις μετρημένες πλευρές ανάλογα του μήκους)

Κατά X

$$\delta_{\Delta XP6S1} = \omega_x * P6S1 / \Sigma L = 0,001 * 202,8226 / 665,2631 = 0,0003$$

$$\delta_{\Delta XS1S2} = \omega_x * S1S2 / \Sigma L = 0,0003$$

$$\delta_{\Delta XS2S3} = \omega_x * S2S3 / \Sigma L = 0,0001$$

$$\delta_{\Delta XS3S4} = \omega_x * S3S4 / \Sigma L = 0,0001$$

$$\delta_{\Delta XS4S5} = \omega_x * S4S5 / \Sigma L = 0,0001$$

$$\delta_{\Delta X S5P8} = \omega_x * S5P8 / \Sigma L = 0,0001$$

Κατά Y

$$\delta_{\Delta YP6S1} = \omega_y * P6S1 / \Sigma L = 0,01 * 202,8226 / 665,2631 = 0,003$$

$$\delta_{\Delta YS1S2} = \omega_y * S1S2 / \Sigma L = 0,0026$$

$$\delta_{\Delta YS2S3} = \omega_y * S2S3 / \Sigma L = 0,0013$$

$$\delta_{\Delta YS3S4} = \omega_y * S3S4 / \Sigma L = 0,0012$$

$$\delta_{\Delta YS4S5} = \omega_y * S4S5 / \Sigma L = 0,0008$$

$$\delta_{\Delta Y S5P8} = \omega_y * S5P8 / \Sigma L = 0,0009$$

11) Υπολογίζονται οι τελικές τιμές των συντεταγμένων

$$X_{S1} = X_{S1} + \Delta X_{P6S1} + \delta_x = 257615,869 - 56,580 + 0,003 = 257559,289$$

$$X_{S2} = 257559,289 - 31,378 = 257527,911$$

$$X_{S3} = 257527,911 - 19,746 = 257508,165$$

$$X_{S4} = 257508,165 + 3,560 = 257511,725$$

$$X_{S5} = 257511,725 + 0,611 = 257512,336$$

Έλεγχος: $X_{p8} = 257512,336 - 23,171 = 257489,166$ οκ!

$$Y_{S1} = Y_{S1} + \Delta Y_{p6S1} + \delta Y = 4484024,119 - 194,771 + 0,003 = 4483829,351$$

$$Y_{S2} = 4483829,351 + 170,434 + 0,003 = 4483999,788$$

$$Y_{S3} = 4483999,788 + 86,567 + 0,001 = 4484086,356$$

$$Y_{S4} = 4484086,356 + 82,995 + 0,001 = 4484169,352$$

$$Y_{S5} = 4484169,352 + 56,140 + 0,001 = 4484225,493$$

Έλεγχος $Y_{p8} = 4484225,493 + 56,543 + 0,001 = 4484282,069$ οκ!

Στάση	X	Y
S1	257559,289	4483829,351
S2	257527,911	4483999,788
S3	257508,165	4484086,356
S4	257511,725	4484169,352
S5	257512,336	4484225,493

Πίνακας 6.1: Αποτελέσματα συντεταγμένων.

Κεφάλαιο 7

Επεξεργασία Δεδομένων και Εξαγωγή Σχεδίων

7.1 Αποτύπωση και Σχεδίαση Ισοϋψών

Ως αποτύπωση ορίζεται η διαδικασία που ακολουθείται για να προσδιοριστεί η θέση, το σχήμα και το μέγεθος μιας ιδιοκτησίας, ή ενός τμήματος της φυσικής γήινης επιφάνειας, ή ενός τεχνικού έργου. Αυτό επιτυγχάνεται με την προβολή των χαρακτηριστικών σημείων που ορίζουν την επιφάνεια, σε κάποιο επίπεδο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, είτε αυθαίρετο είτε κρατικό και τον προσδιορισμό του υψομέτρου τους. Η αποτύπωση περιλαμβάνει τις εργασίες πεδίου (μετρήσεις), τις εργασίες γραφείου (υπολογισμοί) και τον έλεγχο του παραγώγου διαγράμματος. Το αποτέλεσμα της αποτύπωσης είναι ένα σχέδιο στο οποίο αποδίδεται η μορφή του εδάφους ή οποιουδήποτε τεχνικού έργου πάνω σε αυτό και ονομάζεται τοπογραφικό διάγραμμα.

Η απεικόνιση του υψομέτρου στο επίπεδο δηλαδή της τρίτης διάστασης πραγματοποιείται με τις υψομετρικές καμπύλες. Οι υψομετρικές καμπύλες ή αλλιώς ισοϋψείς καμπύλες είναι φανταστικές καμπύλες γραμμές της επιφάνειας του εδάφους, τα σημεία της οποίας έχουν όλα το ίδιο υψόμετρο. Σε κάθε καμπύλη αναγράφεται το υψόμετρό της που μπορεί να είναι σχετικό με κάποιο άλλο υψόμετρο ή απόλυτο δηλαδή με στάθμη αναφοράς της μέσης στάθμη θάλασσας. Οι υψομετρικές καμπύλες δεν διακλαδίζονται και δεν τέμνονται μεταξύ τους. Όπου είναι πυκνές το έδαφος είναι απότομο και όπου είναι αραιές το έδαφος έχει μικρή κλίση. Η διαφορά στην τιμή του

υψομέτρου μεταξύ δύο διαδοχικών υψομετρικών καμπυλών ονομάζεται ισοδιάσταση και επιλέγεται ανάλογα την κλίμακα του τοπογραφικού και την κλίση του εδάφους (πυκνότητα ισοψών).

Ο κλασσικός τρόπος σχεδίασης ισοψών με το χέρι γίνεται με γραμμική παρεμβολή. Δηλαδή για να βρούμε το σημείο που περνά η ισοψής ανάμεσα από δύο σημεία με γνωστό υψόμετρο, ενώνουμε τα σημεία αυτά μεταξύ τους με μια ευθεία γραμμή και χαράσσουμε υποδιαιρέσεις ανά ίσα τμήματα που μας διευκολύνουν. Εκτελούμε την γραμμική παρεμβολή και μετράμε στις υποδιαιρέσεις το σημείο απ' όπου περνά η ισοψής. Κάνοντας αυτή τη διαδικασία ανάμεσα σε πολλά σημεία δημιουργούνται τρίγωνα απ' όπου είναι δυνατόν να προσδιοριστούν όλα σημεία διέλευσης των ισοψών. Αυτό που απομένει είναι να ενώσουμε τα σημεία ώστε να χαραχθούν οι υψομετρικές καμπύλες. Επίσης καλό θα είναι να τις ομαλοποιήσουμε, ώστε να μην παρουσιάζονται γωνίες όπως μια τεθλασμένη γραμμή και να υπάρχει μια καμπύλη που προσεγγίζει καλύτερα το έδαφος. Τα σύγχρονα προγράμματα τοπογραφικής επεξεργασίας, όπως το AutoCAD Civil 3D, διαθέτουν την ικανότητα οι ισοψείς να χαράσσονται αυτόματα.

7.2 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ορίζεται ως ένα σύνολο διακεκριμένων σημείων με γνώστη οριζοντιογραφική θέση και γνωστό υψόμετρο (υψομετρικά σημεία) τα οποία με τη χρήση μαθηματικής συνάρτησης (μαθηματικό μοντέλο) συνθέτουν αξιόπιστα το ανάγλυφο της επιφάνειας του εδάφους.

Τα διακεκριμένα σημεία στο ΨΜΕ μπορεί να έχουν ακανόνιστη κατανομή πάνω στην επιφάνεια του εδάφους οπότε ονομάζονται Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων (ΔΑΤ ή αλλιώς Triangular Irregular Network TIN), ή μπορεί να έχουν κατανομή σε κορυφές κανάβου οπότε ονομάζονται GRID (πλέγμα, καρέ ή κανάβος). Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι μια γενική περίπτωση αντιπροσώπευσης της γήινης επιφάνειας με τις συνέχειες και ασυνέχειες (Breakelines) που τη διέπουν, λ.χ. όπου υπάρχει κτίσμα το ΨΜΕ διακόπτεται.

Τα ΔΑΤ καλύπτουν το έδαφος με πολύ μεγάλη λεπτομέρεια και βασίζονται σε τριγωνικής μορφής στοιχεία που προκύπτουν από τρία γειτονικά υψομετρικά σημεία τα οποία επιλέγονται βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Ο κανάβος (GRID) περιέχει υψομετρικά σημεία σε κορυφές κανάβου με διάταξη σε γραμμές και στήλες, αποτελούν δηλαδή κυψελιδωτή μορφή (raster). Τα υψόμετρα στη μορφή GRID προκύπτουν είτε απευθείας (λ.χ. Φωτογραμμετρική απόδοση) είτε με παρεμβολή από ακανόνιστα κατανεμημένα υψομετρικά σημεία (TIN, ψηφιοποιημένες ισοϋψείς καμπύλες χάρτη κλπ.). Τα TIN αποθηκεύουν σε ηλεκτρονική μορφή και τις τρεις συντεταγμένες (X,Y,Z) κάθε σημείου, ενώ τα GRID αποθηκεύουν μόνο το υψόμετρο αφού τα X,Y ορίζονται έμμεσα και υπολογίζονται με βάση το πλέγμα του κανάβου.

Τα υψομετρικά σημεία του ΨΜΕ, τα οποία ονομάζονται και σημεία ελέγχου (control points) θα πρέπει να επιλέγονται σε κατάλληλες θέσεις ή να έχουν κατάλληλη διάταξη, ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά και να εκφράζουν βάσει προδιαγραφών ακριβείας την επιφάνεια του εδάφους. Αντίστοιχα η μαθηματική συνάρτηση η οποία θα πρέπει να δημιουργεί μια συνεχή επιφάνεια όσο γίνεται εγγύτερα της πραγματικής επιφάνειας του εδάφους θα πρέπει να πληροί κάποιες προδιαγραφές ασφαλείας ανάλογα με το σκοπό που κάθε φορά επιτελεί η αποτύπωση.

Η μαθηματική συνάρτηση που δημιουργεί τη συνεχή επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να είναι γραμμική (εξίσωση επιπέδου), διγραμμική, πολυωνυμική με περισσότερους όρους κτλ. ενώ ορίζεται από ομάδα γειτονικών σημείων που ισχύει σε περιορισμένη έκταση η οποία δεν ξεπερνά τα όρια των σημείων αυτών. Ο ελάχιστος αριθμός σημείων που απαιτείται για τον ορισμό γραμμικής συνάρτησης είναι τρία σημεία, ενώ για τον ορισμό διπλοκυβικής καμπυλόγραμμου συνάρτησης (bicubic spine) απαιτούνται 16 σημεία.

Ο τρόπος που σχηματίζεται το ΨΜΕ έχει ως εξής: η συνολική επιφάνεια του εδάφους καλύπτεται από επιμέρους κυψελίδες ή «μπαλώματα» τα οποία συρράπτονται μεταξύ τους, ώστε να καλύπτουν όλη την εποφάνεια χωρίς να υπάρχουν κενά ή επικαλύψεις. Εντός κάθε κυψελίδας ισχύει μια κατάλληλα προσαρμοσμένη συνάρτηση – μοντέλο. Η μαθηματική συνάρτηση είναι μεν ίδια σε όλο το ΨΜΕ, αλλά οι συντελεστές της αλλάζουν από μπάλωμα σε μπάλωμα. Η μαθηματική συνάρτηση δεν αποθηκεύεται μόνιμα στον Η/Υ, αλλά οι συντελεστές της προσδιορίζονται στιγμιαία για τη συγκεκριμένη κυψελίδα του ΨΜΕ που θέλουμε να εργαστούμε. Οι συντελεστές

της συνάρτησης υπολογίζονται από τα τοπικά σημεία ελέγχου (υψομετρικά σημεία) τα οποία έχουν πάντοτε γνωστές τις συντεταγμένες X, Y, Z και τα οποία μπορεί να βρίσκονται όχι μόνο εντός της κυψελίδας αλλά και στη γειτονική περιοχή. Η συνάρτηση όμως που δημιουργείται ισχύει μόνο για μία συγκεκριμένη κυψελίδα.

Βασικό χαρακτηριστικό της μαθηματικής συνάρτησης είναι ότι πρέπει να δίνει ακριβώς την ίδια τιμή υψομέτρου όταν αυτό υπολογίζεται στο κοινό όριο που έχουν δύο γειτονικές κυψελίδες, είτε η συνάρτηση προέρχεται από τη μία κυψελίδα είτε προέρχεται από την άλλη. Ενίοτε επιβάλλεται η συνάρτηση αυτή να δίνει ίδια τιμή και για την πρώτη ή ανωτέρας τάξεως παράγωγο στο κοινό σημείο ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλότητα μετάβασης της κλίσης από το ένα μάλωμα στο άλλο.⁴

Το ΨΜΕ μπορεί να δημιουργηθεί απευθείας από τα τοπογραφικά που συλλέγονται στο έδαφος, ενώ μπορεί επίσης να δημιουργηθεί μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών (LIDAR, IFSAR) καθώς και από ψηφιοποίηση ισοϋψών καμπυλών από υπάρχοντες χάρτες. Συνήθως τα σημεία ελέγχου βρίσκονται σε ακανόνιστες θέσεις και αποστάσεις και η δημιουργία του GRID γίνεται στη συνέχεια μεθόδους παρεμβολής όπου προσδιορίζονται νέα σημεία από το πρόγραμμα σε κανονικές θέσεις και αποστάσεις. Σε αυτή την περίπτωση τα σημεία που μετρήθηκαν στο έδαφος μπορεί να απεικονίζονται ή όχι και οι κορυφές του κανάβου να αποτελούν τα σημεία που έχουν υπολογιστεί με παρεμβολή από τα πρώτα, θεωρώντας μια μαθηματική επιφάνεια (μοντέλο) η οποία προσαρμόζεται κατά τον βέλτιστο τρόπο στα αρχικά σημεία.

Τα μαθηματικά μοντέλα μπορεί να έχουν τη μορφή:

$$Z = A * X + B * Y + \Gamma : \text{επίπεδο}$$

$$Z = A * X + B * Y + \Gamma * X * Y + \Delta : \text{διγραμμική}$$

$$Z = A * X + B * Y + \Gamma * X * Y + \Delta * X + E * Y + H : \text{δευτέρου βαθμού πολυώνυμο}$$

$$Z = \text{ανωτέρου βαθμού πολυώνυμο}$$

Όπου Z : υψόμετρο

X, Y : οι οριζοντιογραφικές συντεταγμένες

A, B, Γ : οι συντελεστές που καθορίζουν το κάθε μοντέλο

Ο τρόπος που επιλέγεται το μαθηματικό μοντέλο ποικίλλει ανάλογα με την ομαλότητα του εδάφους τις προδιαγραφές ακριβείας και ανάλογα με το σκοπό που θέλουν να εξυπηρετεί το ψηφιακό μοντέλο οι μηχανικοί που δημιουργούν. Συνήθως επιλέγεται ένα ενιαίο μαθηματικό μοντέλο για ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους,

ενώ σε πολύπλοκα εδάφη χρησιμοποιούνται διαφοροποιημένα μοντέλα στις δύσκολες περιοχές (λ.χ. χαράδρες, γκρεμοί κλπ.). Οι πολύπλοκες συναρτήσεις τείνουν προς την ομαλοποίηση της επιφάνειας του εδάφους και χρησιμοποιούνται στη γενίκευση δεδομένων με σκοπό την απλοποίηση, ενώ σε μεγάλης ακρίβειας ανάγλυφο χρησιμοποιούνται απλούστερες συναρτήσεις, όπως είναι το επίπεδο και η διαγραμμική.

7.3 Τα Πλεονεκτήματα των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους

Οι χρησιμότητα των ΨΜΕ είναι πολύ μεγάλη και μπορούν να αναφερθούν μερικά από πλεονεκτήματα της χρήσης τους.

1. Υπολογισμός υψομέτρου αναλυτικά σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη
2. Υπολογισμός της κλίσης αναλυτικά σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη
3. Αναλυτικός υπολογισμός του προσανατολισμού της επιφάνειας του κελιού σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
4. Αναλυτική κατασκευή μηκοτομών σε οποιαδήποτε κατεύθυνση και με βάση τη σχεδίαση σε οριζοντιογραφία. Χρησιμότητα σε έργα διαμόρφωσης χώρων, υδραυλικών έργων, έργων οδοποιίας κ.α.
5. Αναλυτική κατασκευή κατά πλάτος τομών που χρησιμεύουν στην αντιπροσώπευση του εδάφους και βοηθούν στον υπολογισμό όγκου εκσκαφών από έργα εκχωματώσεων/ επιχωματώσεων.
6. Αναλυτική κατασκευή ισοϋψών καμπυλών.
7. Αναλυτική κατασκευή τρισδιάστατης προοπτικής θέασης μιας περιοχής.
8. Αναλυτική κατασκευή σκιάς σε προοπτικό ή τοπογραφικό περιοχή.
9. Καθοδήγηση μη επανδρωμένων οχημάτων και μηχανημάτων.
10. Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής ομβρίων υδάτων, μελέτη και προσδιορισμός: α) ταχύτητας και παροχής του

νερού από τη βροχόπτωση, β) της διάβρωσης του εδάφους, γ) των τοποθεσιών εναπόθεσης φερτών υλών, δ) της πλημμύρας κ.α.

11. Αναλυτικός προσδιορισμός επεμβάσεων του ανθρώπου στο τοπίο όπως είναι οι εκσκαφές για τη διαμόρφωση έργων οδοποιίας και η πλήρης αποκατάσταση τοπίου. Το ΨΜΕ μπορεί να παρουσιάσει σε τρισδιάστατη όψη (οπτικοποίηση) όλες τις παραπάνω επεμβάσεις και να απεικονίσει την εξέλιξή τους στο χρόνο μέχρι την αποκατάστασή του τοπίου πριν καν οι εργασίες κατασκευής ξεκινήσουν.

12. Σχεδιασμός πάνω στο ΨΜΕ έργων υποδομής όπως οικοδομικά, οδοποιίας, λιμενικά κλπ.

13. Ανάλυση ορατότητας σε περιπτώσεις τηλεπικοινωνιακών κεραιών.

14. Αυτοκαθοδήγηση μη επανδρωμένων επίγειων, ιπτάμενων και υποβρύχιων οχημάτων.

7.4 Η Χρησιμότητα της Ψηφιακής Σχεδίασης

Πριν από περίπου τριάντα χρόνια η μέθοδος που χρησιμοποιούνταν για την αποτύπωση περιοχών για λόγους όπως η ανάπτυξη μελετών έργων υποδομής ήταν η απλή σχεδίαση στο χαρτί με το χέρι. Η σχεδίαση σε χαρτί μπορεί μόνο να είναι δισδιάστατη με ότι αυτό συνεπάγεται και για την αποτύπωση του φυσικού, αλλά και για την ανάπτυξη του έργου και την αλληλεπίδραση με το φυσικό. Επίσης οι πληροφορίες που μπορούσαν να απεικονισθούν και να είναι έτοιμες να εξαχθούν για μετέπειτα χρήση ήταν περιορισμένες.

Αργότερα με την πρόοδο των Η/Υ κάτι μαγικό άρχισε να συμβαίνει. Εικονικές εκδοχές των στοιχείων του σχεδίου μπορούσαν να παρασταθούν ηλεκτρονικά. Μπορούσαν επίσης να απεικονισθούν και στις τρεις διαστάσεις, να εμφανίζουν και να εναλλάσσουν επιπλέον τις πληροφορίες που κάθε απαραίτητες για κάθε χρήστη.

Σήμερα αντί για τη χρήση μελανιού σε χαρτί για να απεικονιστεί ένας αγωγός, μπορεί κάποιος να δημιουργήσει στο ηλεκτρονικό του σχεδιαστικό του μοντέλο έναν 3D κύλινδρο και να έχει μαζί αποθηκευμένες πληροφορίες όπως το υλικό του αγωγού,

διάφορα δομικά χαρακτηριστικά και διάφορα υδραυλικά χαρακτηριστικά. Αυτό το έξυπνο ψηφιακό αντικείμενο, δηλαδή ο 3D αγωγός, μπορεί να εξαχθεί σε ένα υδραυλικό σχεδιαστικό πρόγραμμα για περαιτέρω υδραυλικές αναλύσεις, σε σχέση με τα πλημμυρικά δεδομένα της περιοχής που πρόκειται να τοποθετηθεί, να διαστασιοποιηθεί εκ νέου, να γίνουν προσομοιώσεις της συμπεριφοράς του μοντέλου σε καταγίδα καθώς και να γίνουν πολλές ακόμα εφαρμογές.

Έτσι λοιπόν μέσα σε τριάντα χρόνια έχουμε προχωρήσει από το μελάνι σε χαρτί στην 3D ηλεκτρονική σχεδίαση, με πρώτο το βήμα της μετάβασης από τη σχεδίαση με μολύβι στη σχεδίαση με ποντίκι, αλλά με γραμμές στην οθόνη που δε μπορούσαν να εκτυπωθούν. Σιγά σιγά η επανάσταση στο χώρο της σχεδίασης άρχισε να λαμβάνει σάρκα και οστά με κάθε νέο βήμα που γινόταν. Έτσι με συνεχείς και συχνές μικρές επαναστάσεις έχουμε φτάσει σε ένα εντελώς διαφορετικό από το αρχικό περιβάλλον σχεδίασης, το οποίο έχει πολλές δυνατότητες.

Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα του νέου τρόπου σχεδίασης είναι ότι κάθε τι που σχεδιάζει κάποιος έχει δυναμικό χαρακτήρα. Έτσι αν αλλάξει κάτι σε ένα στοιχείο του σχεδιαζόμενου έργου, τότε το ψηφιακό πρόγραμμα εκτελεί όλες τις απαραίτητες αλλαγές και σε όποιο άλλο μέρος του σχεδίου απαιτείται. Δουλεύοντας κάποιος και σχεδιάζοντας πάνω στο πρόγραμμα μπορεί εύκολα να αντιληφθεί τον χρόνο που εξοικονομεί και την απεριόριστη ευκολία σχεδίασης που έχει σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο σχεδίασης.

Αν φανταστεί κανείς ότι έχει τη δυνατότητα να «κατεβάσει» τις οδηγίες συναρμολόγησης για ένα ποδήλατο και μετά να τις φορτώσει σε ένα προσωπικό ρομπότ, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να συναρμολογήσει το ποδήλατο για τον άνθρωπο που το προγραμμάτισε, η ιδέα μοιάζει λίγο με επιστημονική φαντασία. Παρόλα αυτά κάτι αντίστοιχο για τα έργα υποδομής είναι κοινή πρακτική. Τα ψηφιακά μοντέλα που χτίζονται με προγράμματα όπως το Civil 3D φορτώνονται σε ελεγχόμενα από GPS χωματουργικά μηχανήματα. Αυτά τα τεράστια ρομπότ συγχρονίζονται μέσω GPS με την περιοχή που βρίσκονται και ξεκινούν τις εκσκαφές τους με τις διαστάσεις που παρέχονται από το 3D μοντέλο, έως ότου η πραγματική λάσπη και βράχος ταιριάζουν με το μοντέλο. Χωρίς το μοντέλο δεν μπορεί να υπάρχουν οδηγίες ελέγχου για το GPS ρομπότ.

Αν το σκεφτεί κανείς, το Civil 3D δίνει τη δυνατότητα να προσομοιάσει ένα έργο υποδομής πριν ακόμα ο ανάδοχος του έργου επιχειρήσει να το χτίσει στο πεδίο, ή ακόμα περισσότερο πριν ο κύριος του έργου αποφασίσει ή όχι την κατασκευή του. Όπως είναι λογικό είναι πολύ φθηνότερο να εκτελέσει κανείς μια σχεδιαστική εντολή CAD από το να καθαιρέσει το αποτέλεσμα της σκυροδέτησης από πολλά αυτοκίνητα μεταφοράς έτοιμου σκυροδέματος. Οι εργολάβοι έχουν πάει την προσομοίωση ακόμα ένα βήμα παρακάτω, δημιουργώντας την αλληλουχία των εργασιών για ένα έργο, την αγορά και αποθήκευση των υλικών, την χωροθέτηση του εξοπλισμού και πολλές άλλες οπτικές γωνίες που μπορούν όλες να προσομοιωθούν με διάφορα σχεδιαστικά προγράμματα της αγοράς. Αυτές οι 4Διάστατες (3Δ+ Χρόνος) ή ακόμα και 5Διάστατες (3Δ+ Χρόνος+ Κόστος) προσομοιώσεις γίνονται κοινή πρακτική σε σχεδόν την πλειονότητα της κατασκευής μεγάλων έργων υποδομής. Χωρίς το ψηφιακό μοντέλο όμως δε μπορεί να γίνει και η προσομοίωση.

Η οπτικοποίηση είναι από μονή της μία μορφή προσομοίωσης. Με σχεδιαστικά προγράμματα όπως το Civil 3D που έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας του 3Δ μοντέλου, η μεταπήδηση από στην 3D οπτικοποίηση είναι πολύ πιο σύντομη και εύκολη από ποτέ. Οι σχεδιαστές, οι μηχανικοί που επιβλέπουν μια μελέτη καθώς ακόμα και το κοινό που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν ένα έργο μπορούν να δημιουργήσουν στο μυαλό τους μέσω μιας απεικόνισης, μία πολύ καλή άποψη της μορφής του έργου που θα έχει μετά την κατασκευή του.

Χτίζοντας τα σχέδια σε ένα δυναμικό περιβάλλον δεν απαιτείται περισσότερος κόπος και χρόνος, αλλά καθώς ο σχεδιαστής αναπτύσσει όλο και πιο πολύ τις δυνατότητές του, ο επιπλέον χρόνος και κόπος γίνονται ακόμα ένα μικρότερο εμπόδιο της όλης διαδικασίας. Το αποτέλεσμα του μοντέλου είναι πολύ περισσότερο χρήσιμο, πολύ πιο πλούσιο σε πληροφορίες και πολύ πιο αξιόπιστο για τους πελάτες που αιτήθηκαν για το έργο και τους άλλους εμπλεκόμενους στη μελέτη. Όλες αυτές οι πληροφορίες που μπορεί να συνοδεύουν ένα μοντέλο, μπορεί να μην είναι σίγουρο ότι θα χρησιμοποιηθούν, αλλά αν δεν υπάρχουν καθόλου είναι σίγουρο ότι δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Επιπλέον το χτίσιμο σχεδίων σαν δυναμικά μοντέλα βελτιώνει την ποιότητα και την αποδοτικότητα της σχεδιαστικής διαδικασίας. Οι σχεδιαστές που χρησιμοποιούν σε μέγιστο βαθμό τα πλεονεκτήματα ενός δυναμικού μοντέλου, παράγουν καλύτερα

σχέδια, δημιουργώντας διάφορες επαναλήψεις και σενάρια σχεδίασης απ' αυτούς που σχεδιάζουν με τον καθιερωμένο τρόπο. Μπορούν επίσης να ανταπεξέλθουν γρήγορα σε αλλαγές στο σχέδιο, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο χρόνος και το κόστος μιας μελέτης, βελτιστοποιώντας παράλληλα το αποτέλεσμα.

Η εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων ενός δυναμικού μοντέλου είναι επίσης κάτι πρακτικό και έξυπνο από επιχειρηματική άποψη. Έτσι αν σε μια μελέτη σχεδιασμού ενός μεγάλου έργου υποδομής εμπλέκονται διάφορες ομάδες μηχανικών, υπάρχει η δυνατότητα από το Civil 3D όπως και από άλλα σχεδιαστικά προγράμματα, της αλληλεπίδρασης μεταξύ των σχεδίων των διαφορετικών ομάδων. Μπορεί δηλαδή να υπάρχει ένας δυναμικός τρόπος σχεδίασης μεταξύ διαφορετικών ομάδων σχεδιασμού (λ.χ. υδραυλικοί, συγκοινωνιακοί μηχανικοί και μηχανικοί περιβάλλοντος).

7.4 Οι Εντολές που Χρησιμοποιήθηκαν

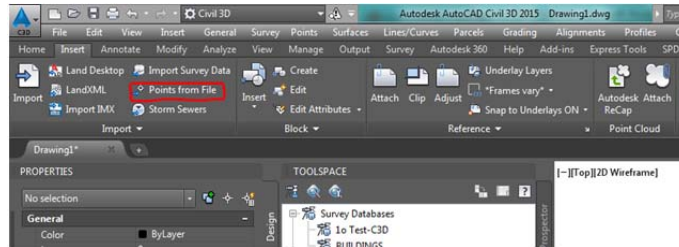
Το Civil 3D χρησιμοποιήθηκε για την πτυχιακή εργασία για να εξυπηρετήσει μόνο την τοπογραφική παρακολούθηση. Αφού έγιναν λήψεις των στοιχείων στο πεδίο, δηλαδή στήθηκε το δίκτυο της όδευσης και ελήφθησαν όλα τα σημεία λεπτομερειών, έγινε δουλειά γραφείου όπου τα στοιχεία μεταφορτώθηκαν στον Η/Υ σε μορφή txt. Εκεί είχε τελειώσει και η δουλειά του γεωδαιτικού σταθμού και ξεκινούσε η δουλειά στον υπολογιστή.

Ας αναλύσουμε λοιπόν ένα προς ένα τα βήματα με τα οποία έγινε η μεταφόρτωση των στοιχείων στο πρόγραμμα, πως έγινε η επεξεργασία και πως εξήχθησαν τα απαιτούμενα αποτελέσματα του τοπογραφικού και της ψηφιακής απεικόνισης του φυσικού εδάφους.

7.4.1 Εισαγωγή των Σημείων

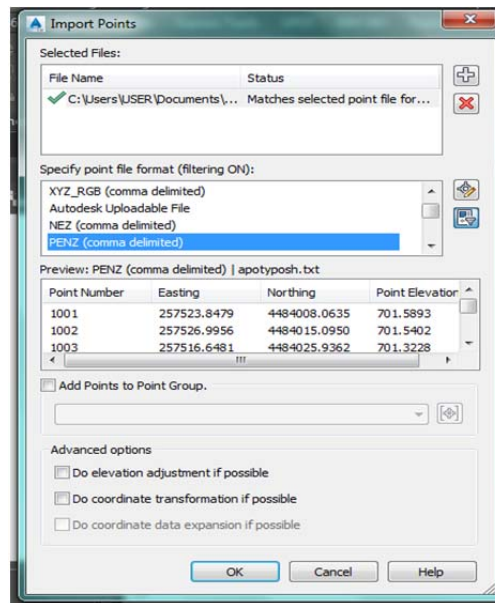
Έχοντας το πολύτιμο στοιχείο των σημείων λεπτομερειών σε μορφή .txt με τις απόλυτες συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ '87 όπως εξήχθησαν από το όργανο. Ανοίγουμε το πρόγραμμα AutoCAD Civil 3D 2015. Στην πρώτη εικόνα, εμφανίζει τι είδους εργασία επιθυμούμε να κάνουμε στο πρόγραμμα, δηλαδή να ανοίξουμε κάποιο υπάρχον αρχείο να ξεκινήσουμε νέο ή κάτι άλλο. Επιλέγουμε **New** για την επιλογή νέου αρχείου.

Πηγαίνουμε στην **καρτέλα Insert** του Ribbon και στην παλέτα Import επιλέγουμε **Import Files From File**, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.1 με το κόκκινο.



Εικόνα 7.1: Εντολή για την εισαγωγή σημείων.

Ανοίγει το παράθυρο διαλόγου Import Points όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.2 παρακάτω.



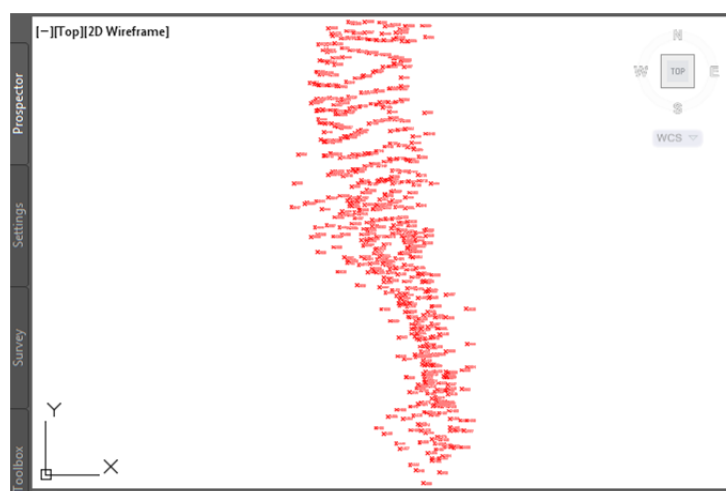
Εικόνα 7.2: Το παράθυρο διαλόγου Import Points.

Στο πάνω μέρος του παραθύρου στο τμήμα Selected Files κάνουμε την κατάλληλη περιήγηση, μέχρι να βρεθεί η θέση όπου το επιθυμητό προς εισαγωγή αρχείο είναι αποθηκευμένο. Στο αμέσως επόμενο κομμάτι του παραθύρου από κάτω, το Specify file Format, κάνουμε την επιλογή της μορφής με την οποία θα εκλάβει το πρόγραμμα τα δεδομένα. Επειδή το όργανο εξάγει τα δεδομένα σε μορφή 1. Όνομα σημείου, 2. Συντεταγμένη X (Easting), 3. Συντεταγμένη Y (Northing), 4. Υψόμετρο (Z Elevation), επιλέγουμε την αντίστοιχη μορφή για την εισαγωγή, που είναι η μορφή

PENZ. Δηλαδή point, easting, northing, point elevation ώστε να αντιστοιχισθούν οι «αριθμοί» στις σωστές συντεταγμένες. Παρατηρούμε στο preview ότι η αντιστοίχιση για την κάθε μεταβλητή έχει γίνει σωστά και πατάμε OK.

Για να εμφανίσουμε όλα τα σημεία που έχουν εισαχθεί, πηγαίνουμε στο μενού View=> Zoom => Extends, ή απλά πληκτρολογούμε στην Command Line, Z (Enter), E (Enter). Οπότε εμφανίζονται στην οθόνη όλα τα σημεία που υπάρχουν στο χώρο σχεδίασης.

Εφόσον έχουμε εισαγάγει τα σημεία, πρέπει να τα ομαδοποιήσουμε όλα μαζί σε ένα Point Group αντικείμενο, ώστε να μας δίνεται η δυνατότητα να τα χειριζόμαστε όλα μαζί. Για να το κάνουμε αυτό πάμε στην καρτέλα Prospector του Toolspace, κάνουμε **δεξί κλικ στο Point Groups** και επιλογή **New**. Στο παράθυρο διαλόγου Point Group Properties που ανοίγει, στην καρτέλα Information πληκτρολογούμε το όνομα της ομάδας σημείων που θέλουμε να δημιουργήσουμε, όπου και πληκτρολογούμε Simeia_Leptomereion. Στα πεδία Point Style επιλέγουμε τον τύπο του συμβόλου που θέλουμε να έχουν τα σημεία (το αφήνουμε στο Basic) και το Point label style επιλέγουμε την περιγραφή που θέλουμε να εμφανίζουν αυτά (βάζουμε το Point Number Only). Στην καρτέλα Include θα κάνουμε την αντιστοίχιση των σημείων στην ομάδα και θα επιλέξουμε Include All Points. Βλέπουμε ότι στην καρτέλα Point list έχουν περαστεί όλα τα σημεία και πατάμε Ok. Παρατηρούμε ότι το σύμβολο των σημείων δεν έχει αλλάξει αλλά έχει προστεθεί ο αριθμός του καθενός δίπλα, Εικόνα 7.3.



Εικόνα 7.3: Τα σημεία με τον αριθμό τους.

7.4.2 Δημιουργία Επιφάνειας και Σχεδίαση Ισοϋψών

Πριν την εξέλιξη των προγραμμάτων τοπογραφικής επεξεργασίας χρησιμοποιούσαμε τα σημεία για να απεικονίσουμε σε δύο διαστάσεις ένα τμήμα γης με το υψόμετρο – την τρίτη διάσταση- να απεικονίζεται με τις υψομετρικές καμπύλες.

Τα τοπογραφικά προγράμματα όπως το Civil 3D έχουν ένα καλύτερο στόχο, αν και έχουν τη δυνατότητα να παράγουν οριζοντιογραφία με ισοϋψείς σε δυο διαστάσεις. Ο στόχος είναι να δημιουργήσουμε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους και μία ακριβή τρισδιάστατη αναπαράσταση του εδάφους. Αυτό που μπορεί να γίνει με το 3D μοντέλο είναι ότι μπορεί να κοπεί σε φέτες, να περιστραφεί, να πέσει νερό πάνω του, να εκσκαφθεί να μπαζωθεί κ.α., όλα εικονικά.

Στο Civil 3D θα χρησιμοποιήσουμε τον αλγόριθμο Triangular Irregular Network (ακανόνιστο τριγωνικό δίκτυο) ή αλλιώς TIN. Όπως αναφέρθηκε η αναπαράσταση με γραμμές TIN και ο αλγόριθμος αυτός μπορούν να υπολογίσουν το υψόμετρο οποιουδήποτε σημείου μέσα σε ένα τρίγωνο και άρα σ' όλο το μοντέλο.

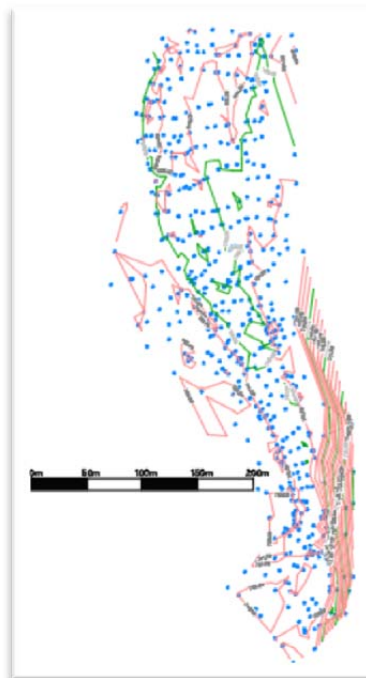
Οπότε για να συνεχίσουμε από το σημείο όπου έχουμε εισάγει τα σημεία και τα έχουμε ομαδοποιήσει πάμε να δημιουργήσουμε μία επιφάνεια TIN από αυτά. Πάμε στο Prospector, κάνουμε **δεξί κλικ στο Surfaces** και επιλέγουμε **Create Surface**. Στο παράθυρο διαλόγου που ανοίγει πληκτρολογούμε στο πεδίο Existing Ground και επιλέγουμε τον τύπο των ισοϋψών που θέλουμε να εμφανιστούν στο πεδίο Style. Επιλέγουμε Contours 2m and 10m (Design), ώστε να εμφανιστούν ισοϋψείς (αν επιλέξουμε Background αντί για Design οι ισοϋψείς παίζουν δευτερεύοντα ρόλο και δεν είναι τόσο εμφανείς) με 2μ ισοδιάσταση. Στη συνέχεια επεκτείνουμε το Surfaces πατώντας το + που έχει δίπλα και έχει αποκτήσει μορφή δέντρου. **Επεκτείνουμε** μέχρι να βρούμε στο Definition το Point Groups, κάνουμε **δεξί κλικ και Add**. Επιλέγουμε για Point group το **Simeia_Leptomereion** και **Ok**. Έτσι εμφανίζονται οι ισοϋψείς στο σχέδιο όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.4, με πράσινο οι κύριες (ανά 10m) και με κόκκινο οι δευτερεύουσες (ανά 2μ).

Το μόνο που απομένει είναι προσθέσουμε ετικέτες στις καμπύλες που θα αναγράφουν το υψόμετρο. Κάνουμε κλικ με το ποντίκι σε μια ισοϋψή και στο Ribbon που γίνεται Contextual Menu, πατάμε στα αριστερά **Add Labels** και μετά **Add Surface Labels**. Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε για Label Type το Contour Multiple και

αφήνουμε ίδιες τις ρυθμίσεις που εμφανίζονται για κύριες και δευτερεύουσες καμπύλες. Πατάμε Add και επιλέγουμε σημεία που δημιουργούν μια νοητή ευθεία πάνω στην οποία εμφανίζονται τα υψόμετρα των ισοϋψών. Αν κάποιες ετικέτες δε μας ικανοποιούν, κάνουμε κλικ σε μια απ' αυτές ώστε να επιλεγούν και μετακινούμε τη θέση τους μετακινώντας τις νοητές ευθείες.

Αν θέλουμε μπορούμε να αλλάξουμε την ισοδιάσταση των καμπυλών ώστε να γίνουν πιο πυκνές ή πιο αραιές. Για να το κάνουμε αυτό επιλέγουμε την επιφάνεια κάνοντας κλικ σε μια απ' τις ισοϋψείς, Στο Contextual που ανοίγει κάνουμε κλικ στο βελάκι κάτω απ' το Surface Properties και επιλέγουμε **Edit Surface Style**. Στο παράθυρο που ανοίγει πηγαίνουμε στην καρτέλα **Contours**, στο πεδίο Contour Intervals και αλλάζουμε είτε το **Minor** είτε το **Major Interval**, καθώς το άλλο αλλάζει αυτόματα. Επιλέγουμε να κάνουμε μια απεικόνιση με πιο πυκνές ισοϋψείς όπου οι δευτερεύουσες να είναι ανά 1μ. Πληκτρολογούμε 1 στο Minor Interval και παρατηρούμε ότι το Major άλλαξε αυτόματα σε 5μ. Πατάμε Apply, Ok και παρατηρούμε ότι οι ισοϋψείς έγινε πιο πυκνές.

Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται η υψομετρική οριζοντιογραφία και τρισδιάστατες προβολές.



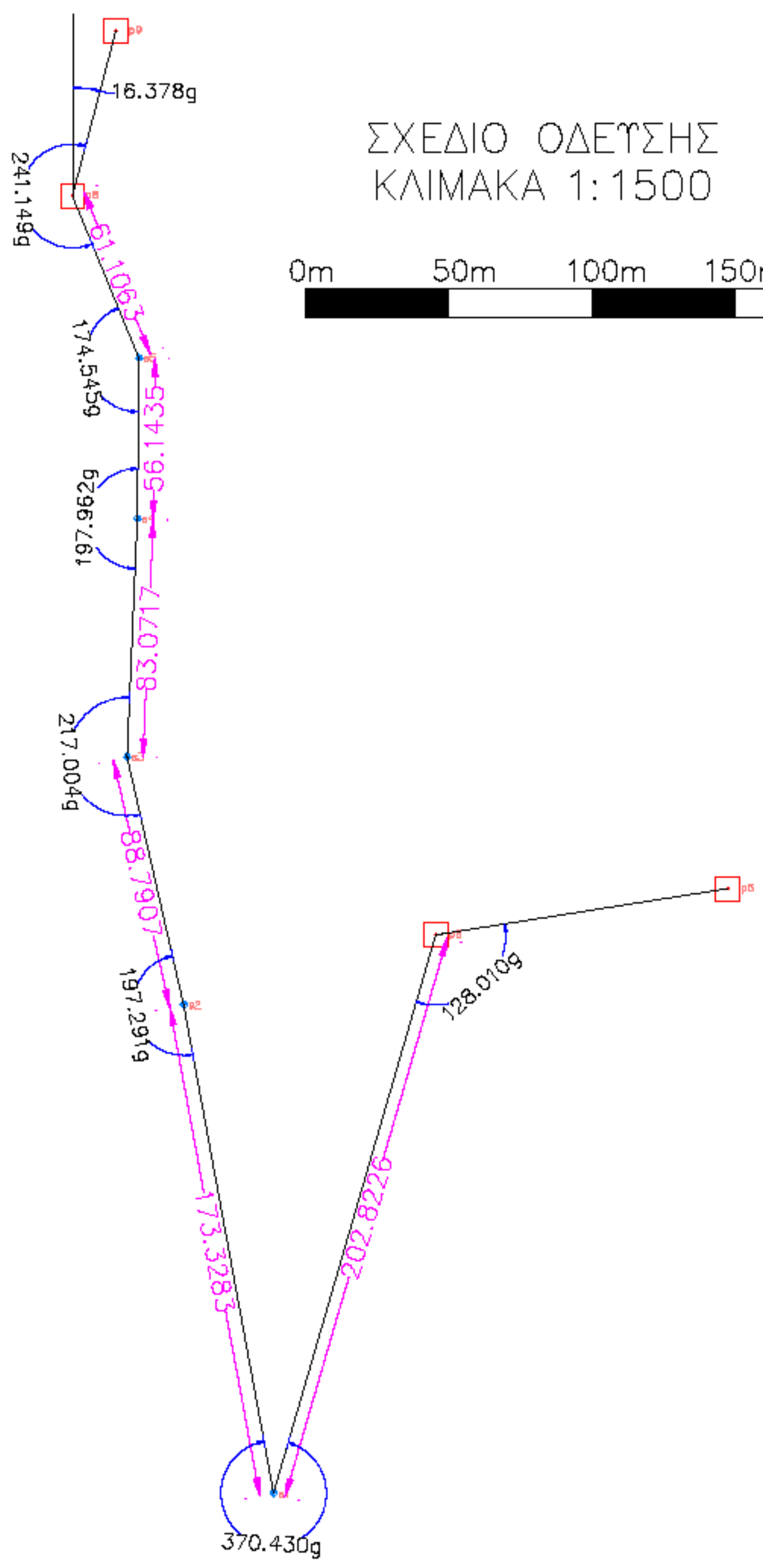
Εικόνα 7.4: Οριζοντιογραφία με ισοϋψείς που έχουν ισοδιάσταση 2μ.

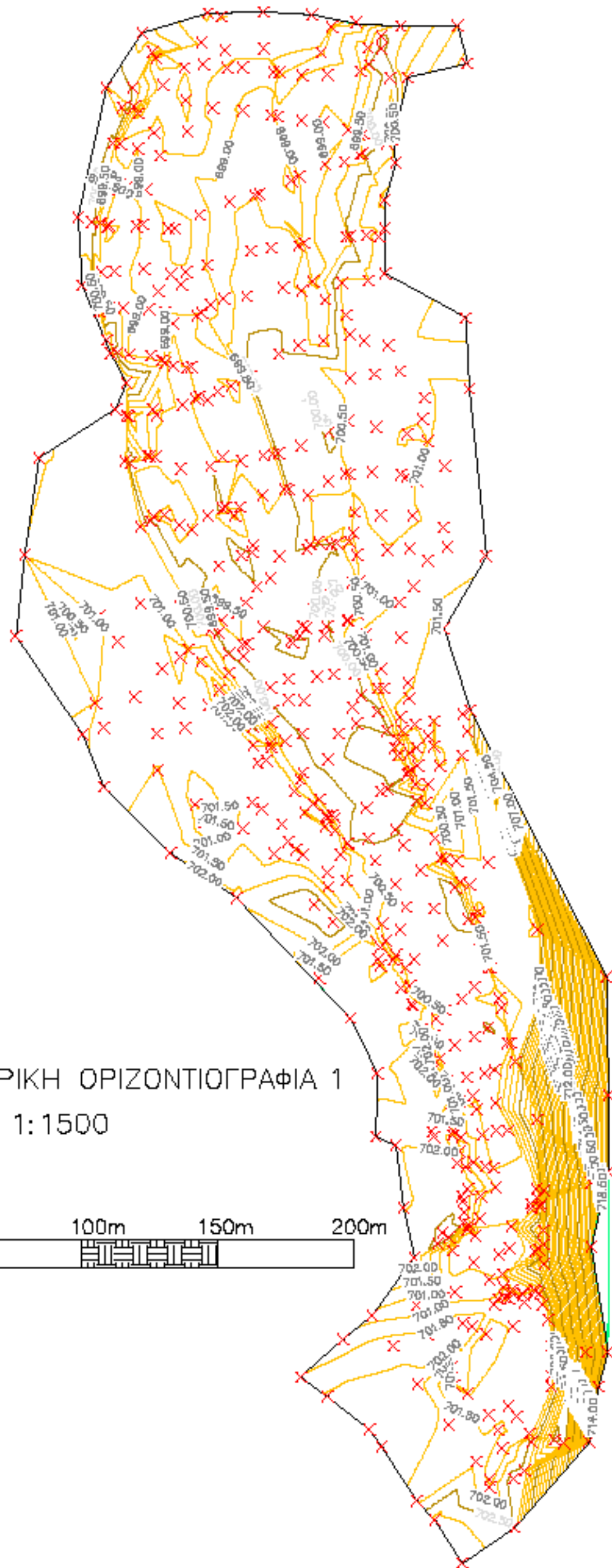
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΣΧΕΔΙΑ

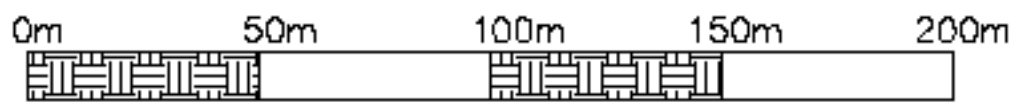


ΣΧΕΔΙΟ ΟΔΕΥΣΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1500

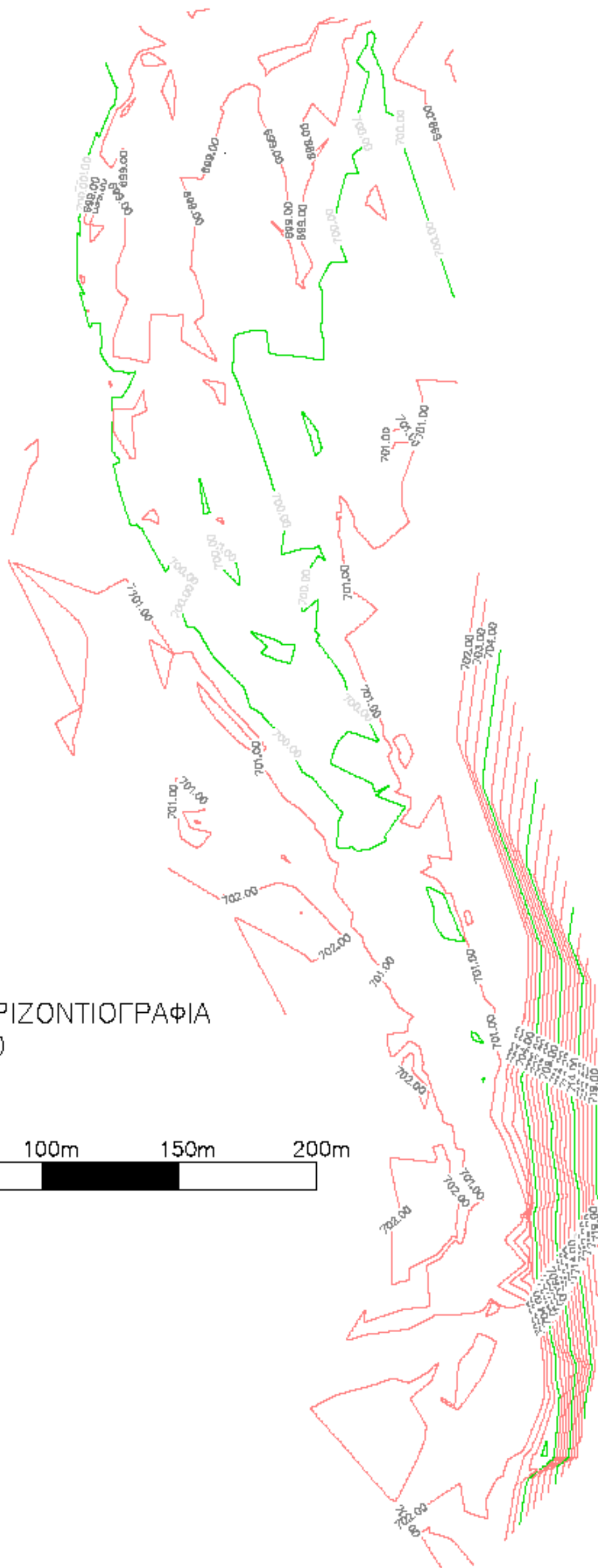
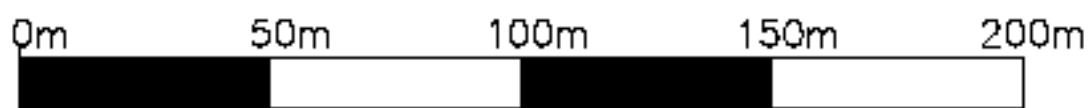


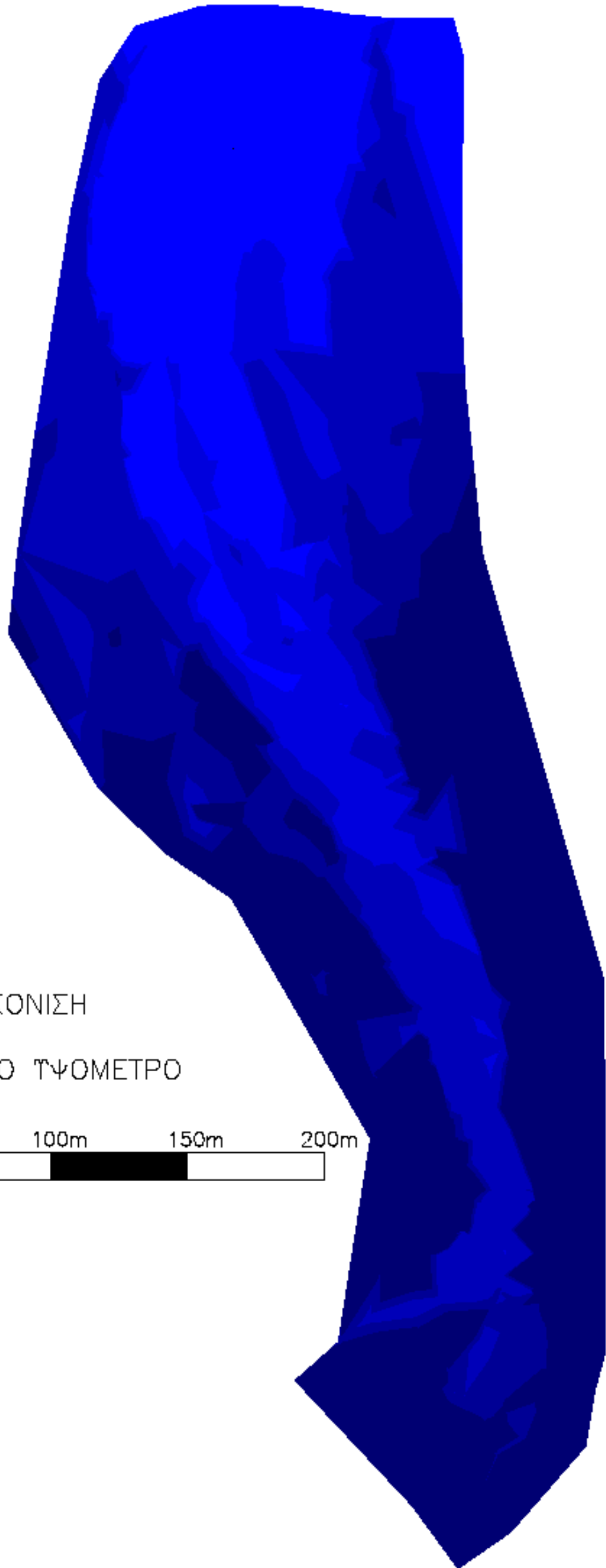


ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ 1
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1500

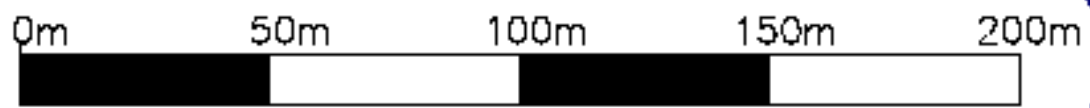


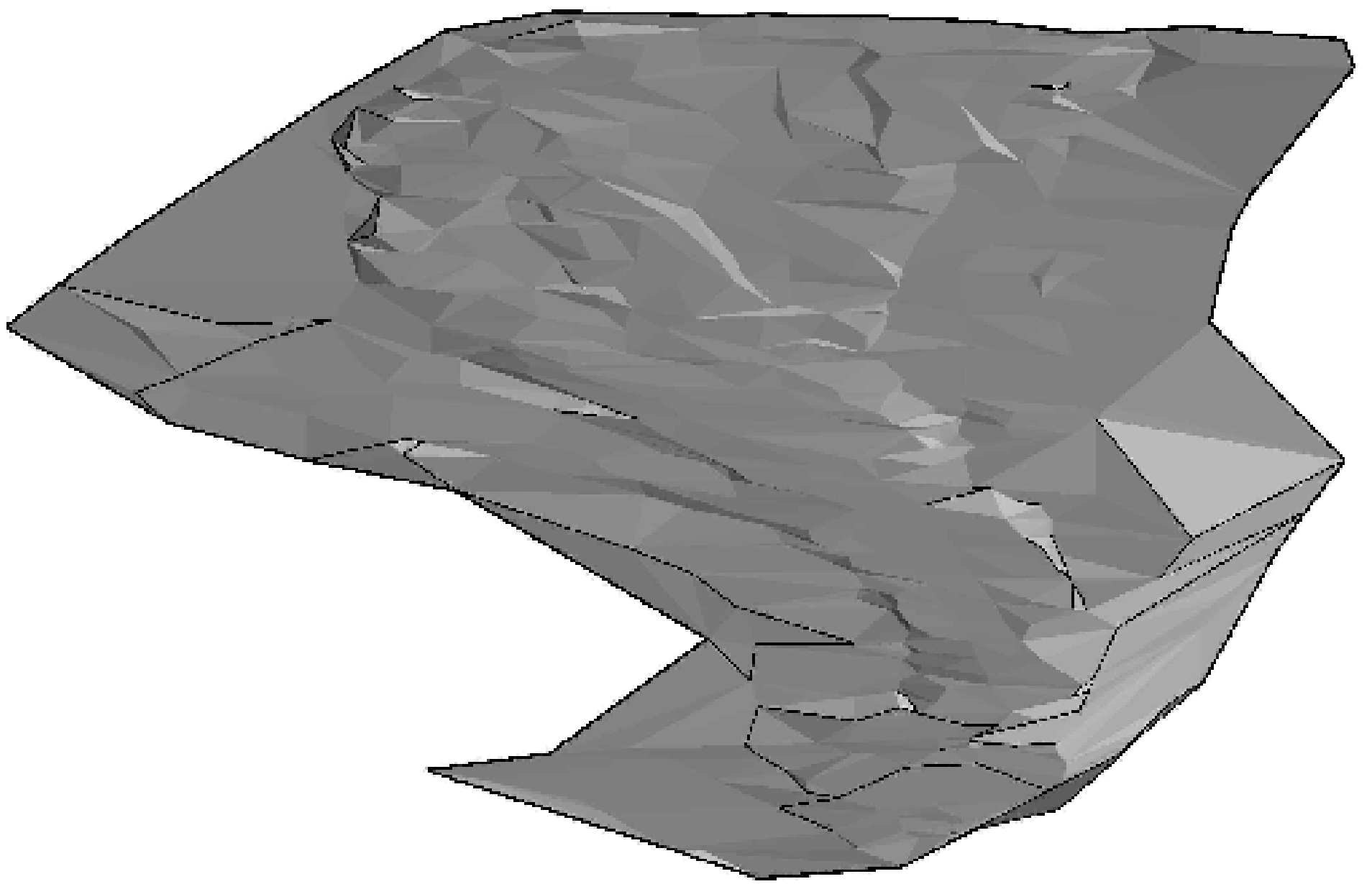
ΤΥΧΟΜΕΤΡΙΚΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:1500





ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ
ΣΚΙΑΓΡΑΦΗΣ
ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΎΨΟΜΕΤΡΟ





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΙΝΑΚΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΝ

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ

<u>Αρ.Σημ</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>Z</u>
1001,257523.8479,4484008.0635,701.5893			
1002,257526.9956,4484015.0950,701.5402			
1003,257516.6481,4484025.9362,701.3228			
1004,257523.8121,4484037.5281,701.2740			
1005,257510.9832,4484038.7227,701.2577			
1006,257523.3964,4484050.3842,701.2137			
1007,257508.6873,4484058.2960,701.0561			
1008,257506.2554,4484057.7569,700.2360			
1009,257507.9023,4484046.0918,700.3437			
1010,257504.0147,4484043.7674,700.3457			
1011,257504.7149,4484043.7200,700.3837			
1012,257495.7094,4484038.1798,699.8209			
1013,257486.8733,4484038.2858,699.7548			
1014,257484.1435,4484035.4497,700.1687			
1015,257476.3558,4484006.1582,700.1479			
1016,257472.0528,4484011.3640,700.1193			
1017,257460.8240,4484024.5442,700.4845			
1018,257453.9314,4484040.1033,700.3270			
1019,257450.4907,4484028.5287,701.6339			
1020,257457.2188,4484017.9078,702.3024			
1021,257469.3680,4484004.5643,702.5660			
1022,257475.8579,4483998.4816,702.2718			

1023,257474.3060,4483992.0978,701.3718
1024,257469.6100,4483997.4741,701.4448
1025,257453.2637,4484012.5418,701.2950
1026,257442.7885,4484030.0233,700.8481
1027,257452.0662,4484046.0027,699.6739
1028,257454.3560,4484050.0085,699.3196
1029,257456.9699,4484039.2147,699.8177
1030,257466.0728,4484030.3739,699.7151
1031,257476.0389,4484019.0652,699.7778
1032,257488.2868,4484014.2571,699.7931
1033,257496.7574,4484041.2968,699.9715
1034,257489.2397,4484040.8798,699.6725
1035,257483.3778,4484036.4903,700.1185
1036,257473.3444,4484041.3620,699.9977
1037,257466.8138,4484050.2731,699.8521
1038,257475.9124,4484059.3178,699.8275
1039,257470.7591,4484056.1344,699.9514
1040,257469.2987,4484069.0420,699.8470
1041,257465.4515,4484067.6038,700.2179
1042,257456.9532,4484063.7142,699.7002
1043,257447.1462,4484077.3076,699.5505
1044,257452.7739,4484082.4763,699.7319
1045,257458.3454,4484085.0634,700.1178
1046,257459.5384,4484085.4580,699.4962
1048,257453.9268,4484100.5183,699.9660
1049,257442.9354,4484099.7970,699.7173
1050,257433.6261,4484104.0989,699.5865
1051,257431.5242,4484104.4000,698.9940
1052,257434.2524,4484119.3714,699.4620
1053,257432.5666,4484121.4105,698.6950
1054,257443.4440,4484123.2501,699.7743
1055,257448.2122,4484125.6384,699.7078
1056,257449.7441,4484126.3221,699.1205
1057,257446.7024,4484137.2488,699.1894
1058,257444.9105,4484136.7651,699.7467
1059,257440.2243,4484137.3703,699.7974
1060,257437.1853,4484138.6610,699.3715
1061,257436.0075,4484139.5652,698.9099
1062,257436.7024,4484153.2485,698.9847

1063,257440.1739,4484153.2778,699.3809
1065,257448.8008,4484155.9770,699.0193
1066,257443.1635,4484167.4826,698.7598
1067,257434.5823,4484165.1201,698.7810
1068,257477.2765,4483957.8149,701.2631
1069,257479.9354,4483968.6223,701.1491
1070,257484.9020,4483980.8609,701.0776
1071,257486.8184,4483985.2747,700.6298
1072,257487.9741,4483987.6242,700.1703
1073,257496.4955,4483971.8857,700.9829
1074,257499.5569,4483970.8679,700.1334
1075,257499.6127,4483966.3617,701.2268
1076,257504.4123,4483961.7571,700.0136
1077,257465.8482,4483967.0412,701.3118
1078,257469.2496,4483976.7246,701.2553
1079,257471.2807,4483991.0703,701.4314
1080,257476.1094,4483996.8707,700.9791
1081,257481.3605,4483999.2639,700.0981
1082,257434.4106,4483988.6253,701.5259
1083,257444.5427,4484004.1197,701.2243
1084,257442.0131,4484013.3107,701.1151
1085,257434.1885,4484002.0779,701.1746
1086,257414.6012,4484004.2329,701.2464
1087,257426.0403,4484015.5408,701.0875
1088,257435.9839,4484025.8612,701.1613
1089,257445.6275,4484033.0881,700.9995
1090,257455.0215,4484042.0300,699.8258
1091,257458.1242,4484043.8592,699.3460
1092,257463.5457,4484046.4308,699.4222
1093,257460.6133,4484031.6076,699.9907
1094,257465.9090,4484034.7430,699.5353
1095,257467.4810,4484035.0900,699.6197
1096,257476.6769,4484010.4275,700.0520
1097,257482.5129,4484022.1910,699.6817
1098,257442.7376,4484052.4175,700.5948
1102,257442.3908,4484078.8608,699.1563
1103,257437.0128,4484082.5058,698.8278
1104,257433.0960,4484082.1978,699.0435
1105,257431.9367,4484080.3267,699.9842

1106,257428.0406,4484078.2119,700.6139
1107,257430.4951,4484104.4951,698.8867
1108,257418.9970,4484121.6797,700.8718
1109,257423.1094,4484119.2857,700.5662
1110,257423.9740,4484118.9443,698.2602
1111,257422.4265,4484102.4711,700.8290
1112,257424.3454,4484101.7667,699.6087
1113,257422.8394,4484131.2103,701.0160
1114,257417.0888,4484142.3202,700.8808
1115,257419.4796,4484142.5079,699.7241
1116,257424.0557,4484141.8889,698.8991
1117,257431.8846,4484141.4611,698.7662
1118,257450.6750,4484157.2291,698.8129
1119,257453.8876,4484159.9650,698.8063
1120,257458.7622,4484162.4615,699.2001
1121,257467.1866,4484163.3107,699.8645
1122,257480.6289,4484166.3541,699.8247
1123,257487.3683,4484165.0869,699.5448
1124,257491.5710,4484168.6275,698.8604
1125,257496.0896,4484162.0531,699.2125
1126,257503.6360,4484156.4088,700.7963
1128,257495.4945,4484146.6785,699.2974
1129,257486.3687,4484145.1149,699.6585
1130,257478.8326,4484141.9590,700.0955
1131,257468.6579,4484133.7953,700.1449
1132,257465.7123,4484132.3560,699.0820
1133,257461.4913,4484130.2923,698.8901
1134,257456.8322,4484128.0758,699.2617
1135,257452.8724,4484124.8408,699.0204
1136,257458.3506,4484104.0926,699.1123
1137,257465.1183,4484102.6004,699.4319
1138,257473.4844,4484104.4302,699.3535
1139,257476.9779,4484105.0281,699.4762
1140,257478.9117,4484105.3187,700.2707
1141,257487.1749,4484108.0462,700.1434
1142,257497.6859,4484113.1371,699.9610
1144,257503.5895,4484097.7876,700.0828
1145,257497.1768,4484094.9066,700.0530
1146,257489.7123,4484089.9033,700.4682

1147,257482.7488,4484091.9428,700.1367
1148,257481.2188,4484092.0128,699.5013
1149,257472.9389,4484089.6719,699.4846
1150,257464.7090,4484085.4488,699.6646
1151,257462.7413,4484082.2291,698.8746
1152,257469.4906,4484071.2426,699.7650
1153,257479.1058,4484067.3658,699.5374
1155,257489.2362,4484069.9958,699.5496
1156,257490.6563,4484071.7124,700.4597
1157,257493.6684,4484072.7381,700.5724
1158,257498.1726,4484071.7244,699.9118
1159,257500.3403,4484072.0332,700.2821
1160,257505.0732,4484072.7201,700.3707
1161,257506.0679,4484057.7024,700.2075
1162,257498.6029,4484054.2395,700.4577
1163,257498.0821,4484052.8383,699.9901
1164,257491.6009,4484047.9284,699.9421
1165,257487.5663,4484041.6501,699.5845
1166,257492.9998,4484023.0267,699.7888
1167,257499.3090,4484023.8178,699.9295
1168,257506.8295,4484024.0276,699.9000
1169,257506.1421,4484011.6604,699.7453
1170,257500.8767,4484001.9555,699.8618
1171,257496.9799,4483992.4882,699.8423
1172,257487.7852,4484002.0362,699.9675
1173,257482.5385,4484014.4877,699.7803
1174,257507.7445,4484067.8734,701.0754
1175,257518.9690,4484069.5317,701.0192
1176,257527.1639,4484070.2131,701.1565
1177,257528.2710,4484082.1755,700.9251
1178,257539.6122,4484078.0265,701.2065
1179,257541.0185,4484070.7505,701.3427
1180,257555.2486,4484067.5555,701.4463
1181,257533.6913,4484065.8555,701.2907
1182,257528.5878,4484056.3405,701.0960
1183,257516.4738,4484082.4735,700.9053
1184,257506.9815,4484083.7643,701.0729
1185,257506.3004,4484076.0754,701.1034
1186,257505.2304,4484097.5901,700.9305

1187,257513.3071,4484098.6621,700.8121
1188,257524.0692,4484097.4821,700.8226
1189,257526.2862,4484112.3994,701.0688
1190,257514.8306,4484115.0167,700.7970
1191,257504.4938,4484117.3073,700.8277
1192,257505.2827,4484132.9619,700.7890
1193,257514.3478,4484134.5784,700.7986
1194,257523.6096,4484135.5512,700.9262
1195,257519.2038,4484145.1136,700.6789
1196,257510.5188,4484146.7616,700.7851
1197,257505.1853,4484149.1500,700.7743
1198,257502.2667,4484168.0611,700.6166
1199,257511.9779,4484168.9914,700.5785
1200,257518.0451,4484171.4729,700.9389
1201,257526.1613,4484096.8411,700.5488
1202,257529.6037,4484095.2120,701.1133
1203,257540.2538,4484100.5867,701.1198
1204,257533.8811,4484109.8196,700.9925
1205,257531.8336,4484117.9250,700.9612
1206,257532.4504,4484125.9112,700.9704
1207,257516.0878,4484185.1431,700.9203
1208,257511.4683,4484185.6785,700.2932
1209,257505.2300,4484185.5935,700.2619
1210,257503.8529,4484185.0697,699.2360
1211,257488.0771,4484182.8180,698.9177
1212,257486.2803,4484181.7615,699.6807
1213,257476.0710,4484181.0380,699.7740
1214,257468.6478,4484179.8876,699.7371
1215,257452.7387,4484174.7813,699.0424
1216,257449.9367,4484193.1904,698.8253
1217,257460.8956,4484198.1971,699.4304
1218,257470.3484,4484200.4821,699.4899
1219,257471.9426,4484201.0641,699.1070
1220,257483.6635,4484205.7179,699.6423
1221,257486.7259,4484207.4816,698.8717
1222,257496.0369,4484212.0301,698.9826
1223,257503.0179,4484212.7469,699.3275
1224,257508.6885,4484215.6093,699.0727
1225,257509.9697,4484215.8295,699.8869

1226,257518.7035,4484219.6110,700.1034
1227,257521.8658,4484212.4182,700.7043
1229,257517.9706,4484198.8489,701.1681
1230,257517.9268,4484188.2621,700.6823
1231,257520.7641,4484220.8627,700.7880
1232,257517.5081,4484220.8204,700.0772
1233,257510.3664,4484223.0801,699.8724
1234,257508.7354,4484222.8774,699.0333
1235,257504.5208,4484224.6988,699.0083
1236,257495.5097,4484227.4356,699.0866
1237,257487.2953,4484228.0244,698.8130
1238,257478.6854,4484229.5390,698.7401
1239,257476.3124,4484229.9993,699.0794
1240,257465.8375,4484231.5623,699.1119
1241,257454.7129,4484232.6352,698.7250
1242,257460.0258,4484247.5130,698.5563
1243,257465.8023,4484247.5910,698.7925
1244,257477.0105,4484245.8378,698.9370
1245,257479.2405,4484245.8991,697.8853
1246,257479.2347,4484245.8800,697.8861
1247,257487.6861,4484244.7620,698.4876
1248,257497.0429,4484244.8736,698.8366
1249,257509.0392,4484246.2066,698.9710
1250,257512.2268,4484248.5599,700.0134
1251,257519.9518,4484243.6712,700.4329
1252,257526.3960,4484243.9560,698.8866
1253,257523.7224,4484262.8472,699.7112
1254,257523.7061,4484262.8638,699.7116
1255,257516.8064,4484259.0564,700.0537
1256,257516.7765,4484254.6145,700.1410
1257,257511.6813,4484254.8466,699.3886
1259,257507.4238,4484264.2805,697.8830
1260,257498.4538,4484262.5638,698.0017
1261,257491.0744,4484266.9886,698.3963
1262,257473.4589,4484268.0168,698.3594
1263,257457.9176,4484266.2710,698.5156
1264,257452.8569,4484267.5312,697.8716
1265,257450.5699,4484256.6329,698.3838
1266,257459.2608,4484253.9627,698.1739

1267,257473.4190,4484254.6164,698.1171
1268,257494.3986,4484253.0800,697.9225
1269,257451.3015,4484248.6700,698.3167
1270,257444.2206,4484247.3603,698.0179
1271,257444.7525,4484235.3802,697.8995
1272,257445.3888,4484224.0313,698.0508
1273,257432.5115,4484253.2720,699.7554
1274,257433.8571,4484250.8733,697.9120
1275,257425.1329,4484240.1146,699.9421
1276,257425.9404,4484233.0995,699.4819
1277,257427.2618,4484230.6864,697.8872
1278,257421.4508,4484232.6368,700.6981
1279,257415.5168,4484240.2362,700.4910
1280,257417.8049,4484219.7394,699.9135
1281,257436.2809,4484241.1080,698.1385
1282,257433.0764,4484223.5037,698.6749
1283,257420.8170,4484219.4619,698.5905
1284,257427.0911,4484217.6172,698.9918
1285,257435.2514,4484215.1386,698.5666
1288,257430.1835,4484202.5241,698.7186
1289,257424.0339,4484204.5288,699.2522
1290,257419.9191,4484202.7605,699.1867
1291,257416.9700,4484203.1133,698.6673
1292,257414.7607,4484205.3568,699.8689
1293,257413.0375,4484206.1467,699.9155
1294,257405.0459,4484192.4809,700.3463
1295,257410.1300,4484190.6095,700.2658
1296,257413.4315,4484190.2302,698.6544
1297,257415.7868,4484188.9039,698.8453
1298,257416.6088,4484189.5258,699.2793
1299,257426.5033,4484189.0594,699.2427
1300,257428.9276,4484189.6343,698.7722
1301,257438.1935,4484188.2710,698.4310
1302,257440.7371,4484188.1052,698.0098
1303,257439.2254,4484171.4187,698.6573
1304,257444.8970,4484172.1584,698.6019
1305,257429.3581,4484173.2590,698.6719
1306,257418.5659,4484172.5777,699.3758
1307,257413.8786,4484172.1585,699.3069

1308,257411.6227,4484170.1181,698.9219
1309,257409.6976,4484168.8027,700.6068
1310,257406.5728,4484167.3459,700.6149
1311,257412.7760,4484157.6164,700.6217
1312,257415.5304,4484147.1381,700.8297
1313,257414.3019,4484157.8227,698.9579
1314,257416.4617,4484158.8338,699.3260
1315,257421.6570,4484159.0409,699.2603
1316,257431.2420,4484158.4342,698.8139
1317,257436.8127,4484157.4735,698.9148
1318,257515.3480,4484018.6656,700.7261
1319,257517.4452,4484018.7882,701.3364
1320,257526.5888,4484020.6864,701.4623
1321,257529.1074,4484005.4193,701.9019
1322,257529.6590,4483996.8488,702.5115
1323,257527.1908,4483994.9512,701.8177
1324,257524.5996,4484003.2870,701.8740
1326,257535.9100,4483997.3174,701.4838
1327,257538.1885,4483990.1438,701.4892
1328,257546.6048,4483993.9082,701.5373
1329,257548.4768,4484003.0154,701.8568
1330,257546.8255,4484009.0613,701.9160
1331,257549.3009,4484010.3851,701.9494
1332,257533.9654,4484001.2990,701.5831
1333,257536.0816,4484006.5867,701.4973
1334,257526.3316,4483986.9080,700.0338
1335,257516.3010,4483980.6860,699.7546
1337,257507.7722,4484005.7891,699.9516
1338,257509.2392,4484015.9547,699.9054
1339,257515.3499,4484010.0322,699.8664
1340,257518.8151,4484002.9426,699.8382
1341,257522.6660,4483999.7794,700.2111
1343,257522.9364,4483993.9068,700.6035
1344,257521.7553,4483996.7045,700.5095
1345,257533.8690,4483983.2682,701.7797
1346,257529.4289,4483983.5000,701.4363
1347,257527.7264,4483988.2106,701.2470
1348,257530.1121,4483990.1761,701.8509
1349,257526.5525,4483987.6806,700.2116

1350,257518.9063,4483981.5805,699.9214
1351,257511.1982,4483974.5410,699.8853
1352,257498.5165,4483972.1628,700.1857
1353,257496.9101,4483971.1605,701.0913
1354,257494.1916,4483977.8477,700.3614
1355,257491.6300,4483975.9513,701.1478
1356,257488.5539,4483973.0934,701.5295
1357,257496.1107,4483967.9168,701.5172
1358,257501.6880,4483957.4173,701.3902
1359,257504.2957,4483961.4910,700.1155
1360,257497.0169,4483950.8976,701.2092
1361,257487.7458,4483957.3397,700.9971
1362,257485.4923,4483959.2083,700.9794
1363,257482.4624,4483962.0443,701.0840
1364,257472.8408,4483974.1827,701.1316
1365,257497.1576,4483945.5144,701.3890
1366,257498.8783,4483932.4040,702.9379
1367,257492.0597,4483939.0195,703.0042
1368,257503.9744,4483947.9509,701.0030
1371,257507.1562,4483935.7190,701.2724
1372,257512.2336,4483928.1163,701.5438
1373,257517.1045,4483931.8721,700.3470
1374,257516.4821,4483923.3947,701.2960
1375,257518.5621,4483925.7419,700.3070
1376,257515.4911,4483918.8000,701.4442
1377,257516.2887,4483916.6026,701.5655
1378,257520.9193,4483918.6110,701.1571
1379,257522.1853,4483920.4688,700.1410
1380,257525.6401,4483915.6023,700.3426
1381,257523.9287,4483908.3234,701.3264
1382,257527.2920,4483909.0447,700.3783
1383,257527.7443,4483902.3823,701.4154
1384,257528.2937,4483901.8127,701.3990
1386,257531.6543,4483893.1284,700.8395
1387,257537.0281,4483897.0777,700.3283
1388,257531.4772,4483887.0638,702.1215
1389,257533.9327,4483888.1051,701.8923
1390,257531.9669,4483881.5355,702.1830
1391,257535.4405,4483877.8081,702.1427

1392,257537.9629,4483874.9553,702.1377
1393,257540.9719,4483874.1067,700.4038
1394,257538.1349,4483882.2072,700.4888
1395,257536.2667,4483890.9937,700.4508
1396,257542.4532,4483865.5861,701.2146
1397,257545.5328,4483866.5600,700.4574
1398,257550.4204,4483868.5485,700.4923
1399,257551.8137,4483863.6151,700.5186
1400,257558.7909,4483865.8903,700.3952
1402,257548.3264,4483875.4275,700.4933
1403,257554.7725,4483876.6176,700.4565
1404,257558.4398,4483878.0057,699.9866
1405,257543.7076,4483887.2623,700.4834
1406,257551.0721,4483890.2936,700.3278
1407,257555.8969,4483893.6187,699.9123
1408,257540.0825,4483900.0548,700.3668
1409,257546.2327,4483904.1842,700.3654
1410,257551.0064,4483908.6348,700.1572
1411,257528.8371,4483918.8943,700.2634
1412,257539.2887,4483925.8599,700.1373
1413,257523.7512,4483929.7770,700.2749
1414,257536.2346,4483937.6005,700.0665
1415,257525.9195,4483938.1013,700.2472
1417,257521.9459,4483946.4840,700.2051
1418,257531.4177,4483951.6410,700.0667
1419,257514.4779,4483955.3473,700.0874
1420,257524.9273,4483960.6906,700.0372
1421,257511.8704,4483963.2689,699.9762
1422,257522.1805,4483966.5782,699.9870
1423,257529.6391,4483977.3396,699.9059
1424,257533.1572,4483976.3845,701.7731
1425,257536.6402,4483963.2168,700.1958
1426,257538.6801,4483956.4255,700.1142
1427,257540.3228,4483955.7889,701.9500
1428,257544.6061,4483955.0485,701.9759
1429,257544.0213,4483945.3334,699.9352
1430,257545.9361,4483947.1389,701.9763
1431,257549.2044,4483946.3290,701.8530
1432,257548.6501,4483933.6898,699.8702

1433,257551.3427,4483934.1640,701.2990
1434,257552.4285,4483936.3113,702.0617
1435,257552.7412,4483926.1643,700.0660
1436,257553.7648,4483927.1541,701.7425
1437,257555.8867,4483915.5811,700.1506
1438,257556.9684,4483915.7021,701.7357
1439,257560.0733,4483904.4693,700.7349
1440,257560.9823,4483901.1352,700.8777
1441,257563.2200,4483887.9039,700.1592
1442,257564.5071,4483888.0098,701.6882
1443,257566.1383,4483881.0179,701.6425
1444,257529.7370,4483719.1764,701.8454
1446,257536.4395,4483712.0579,703.1929
1447,257516.8244,4483739.0741,702.3997
1449,257512.2615,4483745.5329,702.4148
1450,257496.8189,4483757.6843,702.0752
1451,257487.0570,4483764.8243,701.5356
1452,257502.7467,4483778.7636,701.2293
1453,257513.4125,4483787.4006,700.8075
1454,257521.2520,4483776.2127,701.8276
1455,257530.0201,4483762.1548,702.1899
1458,257541.5312,4483747.1928,701.9327
1459,257541.5143,4483747.1972,701.9014
1460,257551.7047,4483733.6854,701.8425
1461,257556.4372,4483727.0131,701.2608
1462,257556.6844,4483724.1535,701.6302
1463,257565.3072,4483727.3707,702.8575
1464,257569.5765,4483730.3697,702.7482
1465,257572.1220,4483741.0663,702.6349
1466,257571.3029,4483744.1392,701.1476
1467,257561.2158,4483738.3699,701.1781
1468,257559.8778,4483745.2275,701.6228
1469,257566.6681,4483750.2213,701.1190
1470,257563.4756,4483753.9255,701.3040
1471,257556.3035,4483750.8335,701.2372
1472,257548.5104,4483758.7654,700.9788
1473,257543.4388,4483761.7754,700.9710
1474,257542.4276,4483768.3801,701.2245
1475,257539.3547,4483769.5601,702.1029

1476,257533.7465,4483780.2237,701.6083
1477,257529.7259,4483791.4152,700.6637
1479,257543.9105,4483796.0228,700.6573
1481,257542.8960,4483811.4619,700.2546
1482,257550.8090,4483807.1762,700.4578
1483,257556.5449,4483800.8616,700.5190
1484,257539.8057,4483794.2588,700.8246
1485,257546.8137,4483784.8085,701.8150
1486,257550.1135,4483783.4259,701.8966
1487,257555.2579,4483780.5340,700.8243
1488,257558.4722,4483791.5207,701.1869
1489,257574.9325,4483795.5520,701.4753
1490,257577.9997,4483785.9770,701.2739
1491,257565.2544,4483783.4143,701.0474
1492,257579.1714,4483776.3011,701.1865
1493,257579.4057,4483765.3067,701.3226
1494,257579.0264,4483761.3400,701.3708
1495,257575.9859,4483791.4070,701.0964
1496,257569.3576,4483792.2364,701.2528
1497,257568.7513,4483795.7205,700.2528
1498,257572.7943,4483796.9924,700.5237
1499,257573.3073,4483796.4726,701.2464
1500,257568.8935,4483795.0552,701.1765
1501,257564.6953,4483795.7971,701.1379
1502,257564.9406,4483796.8760,700.4435
1503,257563.6243,4483793.6206,701.1386
1504,257562.2605,4483794.0721,700.4441
1506,257559.5943,4483793.4966,701.1352
1507,257561.7605,4483797.9388,701.0645
1508,257561.3628,4483802.5641,700.3814
1509,257559.8958,4483810.0229,700.3803
1510,257551.3950,4483816.8846,700.3559
1511,257548.3021,4483819.2011,700.6125
1512,257563.7464,4483812.2709,700.0780
1513,257564.5995,4483820.1977,700.4294
1514,257552.8619,4483823.1733,700.6745
1515,257553.3475,4483831.3214,701.0333
1516,257558.7884,4483834.8452,700.9170
1518,257563.4122,4483855.7494,700.1206

1519,257559.0793,4483855.6376,700.3246
1520,257553.9550,4483854.1833,700.5182
1521,257546.2160,4483853.1850,701.2044
1522,257542.6897,4483859.4142,701.4840
1523,257543.3813,4483855.4968,701.4652
1524,257543.1894,4483854.0791,702.2015
1525,257545.5499,4483848.1060,702.1893
1526,257544.8155,4483843.7199,702.2402
1527,257547.8933,4483842.2843,701.6141
1528,257550.6178,4483843.8252,701.0694
1529,257555.0355,4483842.5620,700.6944
1530,257557.8256,4483841.8840,700.4789
1531,257548.5520,4483834.1830,702.3481
1532,257546.2358,4483831.4455,702.3978
1533,257546.8277,4483829.3859,702.4082
1534,257547.2632,4483825.3400,702.3619
1535,257546.9194,4483821.8202,702.4471
1536,257539.1244,4483818.0835,702.6128
1537,257541.7571,4483816.3329,702.6508
1538,257537.4864,4483813.9792,702.5715
1539,257548.9127,4483820.8404,702.0155
1540,257573.3026,4483811.2439,700.7944
1541,257574.5462,4483811.8623,701.5491
1542,257576.2538,4483813.7096,703.9694
1543,257571.9471,4483826.9439,700.6794
1544,257571.6867,4483828.5945,700.6361
1545,257574.9911,4483827.5092,702.0685
1546,257575.5329,4483828.6438,704.1169
1547,257576.2308,4483818.7727,703.9198
1548,257576.6666,4483806.6224,704.0396
1549,257574.3459,4483830.9708,700.5807
1550,257573.8683,4483834.3259,700.9912
1551,257576.4556,4483833.6161,703.5573
1552,257576.7193,4483833.5139,704.0207
1601,257546.4640,4483696.1990,703.2800
1602,257565.6570,4483709.4430,702.6300
1603,257580.1930,4483741.7720,705.1200
1604,257583.8280,4483740.4610,704.8400
1605,257593.1060,4483740.9630,713.2900

1606,257585.8180,4483762.0640,704.6200
1607,257596.4990,4483761.3510,715.7500
1608,257591.8450,4483774.0600,709.4900
1609,257599.9760,4483774.1680,716.5700
1610,257528.8730,4483808.9850,702.3900
1611,257524.7870,4483827.4350,701.9500
1612,257593.8460,4483812.7600,715.5600
1613,257593.7730,4483836.4520,715.1600
1614,257600.1270,4483840.4850,720.3000
1615,257535.2510,4483855.2170,701.7500
1616,257536.0890,4483853.1920,701.7300
1617,257522.0460,4483850.2510,701.9700
1618,257514.5370,4483853.4390,701.8400
1619,257524.7870,4483827.4350,701.9500
1620,257574.1440,4483859.7140,704.2400
1622,257600.2060,4483868.7940,720.1800
1623,257515.2470,4483876.8280,701.2400
1624,257505.2130,4483897.1610,701.3500
1625,257599.3910,4483912.3020,718.0600
1626,257573.7400,4483901.4810,702.0100
1627,257574.2230,4483929.8880,701.4500
1628,257493.9950,4483911.8850,701.2100
1629,257463.5280,4483941.4440,702.1300
1630,257556.1470,4483954.4560,701.7300
1631,257451.4330,4483969.1360,700.6600
1632,257439.2490,4483958.0700,701.9700
1633,257414.6030,4483982.3300,701.2300
1635,257454.1160,4483971.7210,702.0500
1636,257451.4200,4483973.4400,701.9400
1637,257448.4380,4483975.9070,700.8300
1638,257406.8460,4484001.6260,700.9100
1639,257411.6850,4484013.2370,701.0000
1641,257539.6650,4484040.7450,701.6300
1642,257419.8720,4484035.8410,701.3000
1643,257428.0920,4484050.0880,701.2200
1644,257413.0030,4484045.6420,701.1600
1645,257401.6680,4484043.3640,700.3500
1646,257399.4170,4484042.7930,700.9600
1647,257382.2620,4484038.0520,701.4300

1648,257548.9690,4484129.2140,701.1000
1649,257385.4000,4484067.7920,700.9900
1650,257390.6430,4484103.4900,701.0300
1651,257547.6280,4484155.2680,700.2000
1652,257428.5720,4484260.2130,699.2600
1653,257548.3140,4484249.0640,697.8100
1654,257544.6990,4484263.0450,698.4900

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ





Βιβλιογραφία

Βιβλία

1. Βακαλφώτης Κ. (2005), *Μαθήματα Τοπογραφίας*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Α.Τ.Ε.Ι.Θ.
2. Κοφίτσας Ι. (1989), *Στοιχεία Τοπογραφίας*, Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.
3. Λάμπρου Ε. και Πανταζής Γ. (2010), *Εφαρμοσμένη Γεωδεσία*, Αθήνα: Εκδόσεις Ζήτη.
4. Χατζόπουλος Ι. (2012), *Γεωχωροπληροφορική Τοπογραφία*, Μυτιλήνη: Εκδόσεις Τζίολα.
5. Κάππος Γ. (2008), *Δουλέψτε με το AutoCAD 2009*, Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Ηλεκτρονικές Πηγές

1. Chappell E. (2014), *AutoCAD Civil 3D 2015 ESSENTIALS*, Indianapolis (USA): Publisher SYBEX
2. Autodesk (2010), *AutoCAD Civil 3D 2010 User's Guide*, Publisher Autodesk
3. Εγχειρίδιο Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού GeoMax Totalstation ZTS600 Series / ZTS 605 LR.
4. Εγχειρίδιο Χρήση Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού Leica TPS400 Series, Publisher Leica Geosystems.
5. Google Maps