



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Τμήμα Γεωγραφίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ,
ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΜΑΝΤΑΜΑΔΟΥ, ΛΕΣΒΟΥ”**

ΒΑΧΤΣΑΒΑΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: ΚΑΒΡΟΥΔΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ,

ΒΑΪΤΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Σουλακέλλη Νικόλαο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα καθώς και για την σημαντική βοήθεια του στη διεκπεραίωση της εργασίας αυτής.

Ευχαριστώ, επίσης, τον κ. Καβρουδάκη Δημήτριο καθώς και τον κ. Βαΐτη Μιχαήλ που δεχτηκαν να συμμετέχουν στην επιτροπής αξιολόγησης της εργασίας μου αλλά και την εμπείρια που μου μετέφεραν μέσω της διδασκαλίας τους.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον κ. Τάταρη και τον κ. Κωνσταντίνου, οι οποίοι με τις πολύτιμες συμβουλές και γνώσεις τους συνέβαλαν θετικά στην ολοκλήρωση της εργασίας

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και στους φίλους μου για την συνεχή ενθάρρυνση και υποστήριξή τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ).....	6
1.1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΓΣΠ.....	7
1.2. GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM).....	7
1.2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ GPS.....	8
1.3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ (ΓΕΝΙΚΑ).....	8
1.4 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΕΓΣΑ '87.....	9
1.5 ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ (ΓΕΝΙΚΑ).....	9
1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	10
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	11
2.1. Ν. ΛΕΣΒΟΥ.....	11
2.2. ΜΑΝΤΑΜΑΔΟΣ.....	12
2.3. ΔΙΚΤΥΟ ΛΕΣΒΟΥ.....	13
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	14
3.1. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	15
3.1.1. ΣΧΕΔΙΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΝΤΑΜΑΔΟΥ.....	15
3.1.2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕ GOOGLE EARTH.....	17
3.1.3. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕ GPS.....	18
3.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	21
3.2.1. ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ.....	21
3.2.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ QGIS.....	24
3.2.3. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΗ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΩΝ.....	26
3.2.4. ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	30
3.2.5. ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΥΛΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	32
3.2.6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	38
3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	42
3.3.1. ΒΑΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	42
3.3.2. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	43
3.3.3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	45
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	50
4.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	51
4.2. ΜΕΤΕΠΕΙΤΑ ΕΞΕΛΙΞΗ.....	52
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	53

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η χαρτογράφηση και η τρισδιάστατη οπτικοποίηση (3D) του σχεδίου χαμηλής τάσης ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής του Μανταμάδου, Λέσβου, με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) και πιο συγκεκριμένα με το λογισμικό QGIS. Για την υλοποίηση τους, αρχικά, έγινε καταγραφή των στύλων στο πεδίο, με τη χρήση GPS, καθώς και χρήση του σχεδίου χαμηλής τάσης ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής, κλίμακας 1:1.000, το οποίο προέρχεται από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. Λέσβου. Στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση του δικτύου καθώς και προσθήκη στοιχείων και πληροφοριών σχετικά με αυτό. Για την τρισδιάστατη απεικόνιση (3D), δημιουργήθηκε το “Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους” ή αλλιώς “DEM” του χωριού με τη χρήση δεδομένων, τα οποία προέκυψαν από την καταγραφή μέσω GPS και έπειτα με την βοήθεια φωτογραφιών από δορυφόρο, έγινε ψηφιοποίηση των κτιρίων καθώς και του οδικού δικτύου του οικισμού. Τα αποτελέσματα της εργασίας αποτελούν ο χάρτης με το σχέδιο ηλεκτροδότησης του Μανταμάδου και η τρισδιάστατη προβολή του σε συνδυασμό με το ανάγλυφο και το ανθρωπογενές περιβάλλον της περιοχής.

ABSTRACT

This thesis presents the mapping and the 3D visualization of the low voltage power plan of the Mantamados area of Lesvos using Geographical Information Systems (GIS) and more specifically with the QGIS software. Firstly, for their implementation, it was recorded pillars using GPS as well as the use of the region's low-power original power plan which has a scale of 1:1.000 which originates from the electricity company. Afterwards, the electrical network was digitized and was added data and information about it. For the 3D visualization, it was created the DEM (Digital Elevation Model) of the area using data captured by the GPS record and then by satellite photographs it was digitized the buildings and the road network of the settlement. The results of the work are the map of low voltage power plan of the Mantamados and the 3D visualization projection, combined with the relief and the anthropogenic environment of the area.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ)

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) αποτελούν μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών μηχανημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον.^[1] Κάθε στοιχείο του χώρου αντιστοιχεί σε χωρικά δεδομένα και περιγραφικά. Τα χωρικά δεδομένα προσδιορίζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στοιχείου, όπως θέση, σχήμα, διαστάσεις, ενώ τα περιγραφικά αναφέρονται σε χαρακτηριστικά, που έχει ένα συγκεκριμένο στοιχείο στο χώρο.

Στη σημερινή εποχή, με τη βοήθεια της τεχνολογίας, τα ΓΣΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλούς τομείς, άλλωστε σχεδόν όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες και αποφάσεις εμπεριέχουν και μια γεωγραφική διάσταση. Τα οφέλη, τα οποία προκύπτουν με την χρήση των ΓΣΠ, είναι σημαντικά γιατί δίνουν απαντήσεις σε προβλήματα διαχείρισης του χώρου. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν στον χρήστη είναι:

- 1) η καλύτερη συντήρηση των γεωχωρικών δεδομένων,
- 2) η ευκολία σε επιδιορθώσεις δεδομένων σε σχέση με παλαιότερες μεθόδους,
- 3) η δυνατότητα να λαμβάνει αντικειμενικότερες αποφάσεις
- 4) η δυνατότητα να αναλύει και να απεικονίζει τα γεωχωρικά δεδομένα
- 5) το σημαντικό χρονικό και οικονομικό κέρδος

Μερικοί από τους τομείς, στους οποίους τα ΓΣΠ μπορούν να εφαρμοστούν είναι:

- 1) η διαχείριση υπηρεσιών ΟΤΑ όπως δίκτυο ύδρευσης, αποχέτευσης, επικοινωνιών καθώς και ηλεκτρισμού, το οποίο αναλύεται στη παρόν εργασία
- 2) η διαχείριση περιβαλλοντικών και φυσικών πόρων
- 3) η διαχείριση κυκλοφοριακών προβλημάτων
- 4) η διαχείριση λεκανών απορροής και υδάτινων πόρων
- 5) το κτηματολόγιο και συστήματα πληροφοριών γης
- 6) τα Συστήματα ανάπτυξης και διαχείρισης χαρτογραφικού υλικού σε εθνική κλίμακα

- 7) η ανάλυση γεωχωρικών πληροφοριών για να χρησιμοποιηθούν από εκείνους που παίρνουν αποφάσεις
- 8) η διαχείριση πολεοδομικών εφαρμογών
- 9) η εφαρμογή σε κλάδους. όπως αρχαιολογία, γεωλογία, γεωργία κ.α.^[2]

1.1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΓΣΠ

Από τις αρχές της δεκαετίας του '60 τα ΓΣΠ έκαναν για πρώτη φορά την εμφάνιση τους. Οι συνεχείς προσπάθειες των ανθρώπων για την συστηματική ταξινόμηση τη γήινης επιφάνειας οδήγησε στη δημιουργία τους. Βέβαια, την περίοδο εκείνη, η ανάπτυξη ηλεκτρονικών υπολογιστών βρισκόταν σε αρχικό στάδιο, έτσι χρησιμοποιούνταν κυρίως από κυβερνητικούς οργανισμούς και πανεπιστήμια για να ικανοποιούν συγκεκριμένες ανάγκες. Αργότερα, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και η ανάπτυξη της τοπολογίας, συνέβαλλαν στην βελτίωση των ΓΣΠ. Παράλληλα με την μείωση του κόστους των Η/Υ αλλά και των λογισμικών, η χρήση τους πλέον ήταν πιο προσβάσιμη. Από τα μέσα της δεκαετίας του '90 έως και σήμερα, τα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται από όλο και περισσότερους χρήστες ανά τον κόσμο. Η γρήγορη εξάπλωση του διαδικτύου έπαιξε επίσης καθοριστικό ρόλο καθώς μετέτρεψε σε πραγματικότητα, την ανάγκη για την ύπαρξη χωρικών δεδομένων. Τέλος, με την ανάπτυξη εφαρμογών χαρτογράφησης μέσω διαδικτύου, όπως του Google Earth, δόθηκε η δυνατότητα να γίνεται χρήση και προβολή χωρικών δεδομένων σε απλούς χρήστες Η/Υ, χωρίς να διαθέτουν ιδιαίτερες γνώσεις ΓΣΠ.^[1]

1.2. GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

Για την διεκπεραίωση της εργασίας έπρεπε να καταγραφούν δεδομένα από το πεδίο με τη χρήση συσκευής GPS. Το GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης, πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από 32 δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά στο διάστημα. Το σύστημα αυτό επιτρέπει στον χρήστη να προσδιορίζει η θέση του, μέσω συντεταγμένων, τον χρόνο και την ταχύτητα με την οποία κινείται, σε οποιοδήποτε σημείο στην επιφάνειας της γης ή πάνω από αυτήν καθώς και στο κοντινό διάστημα. Το σύστημα μπορεί και λειτουργεί ανά πάσα χρονική στιγμή χωρίς να επηρεάζεται από καιρικές συνθήκες.^[3]

1.2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ GPS

Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε για στρατιωτική χρήση και άνηκε στο αμερικάνικο Υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Το 1970 βρισκόταν σε αναπτυξιακό στάδιο, ενώ από το 1980 και έπειτα άρχισε να εξελίσσεται με μεγαλύτερους ρυθμούς. Απαιτήθηκαν αρκετές δεκαετίες, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ιδιαίτερα ακριβές και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό. Πλέον υπάρχουν 32 δορυφόροι, παρόλο που απαιτούνται 24 για την παγκόσμια κάλυψη, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος αποπροσανατολισμού από κάποιο χρήστη.^[4]

1.3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ (ΓΕΝΙΚΑ)

Η οπτικοποίηση είναι ένας ευρέως διαδεδομένος, σήμερα, τρόπος παρουσίασης 3D πληροφοριών σε διάφορους τομείς της επιστήμης και τεχνολογίας (τοπογραφία, οδοποιία, αρχιτεκτονική, χωροταξία, αλλά ακόμα και ιατρικές ή βιομηχανικές εφαρμογές). Οι περιπτώσεις, που είναι πλησιέστερα στο αντικείμενο του μηχανικού, αφορούν κυρίως αναπαραστάσεις ψηφιακών μοντέλων εδάφους, αστικών περιοχών, αρχιτεκτονικών σχεδίων και μελλοντικών αρχιτεκτονικών εφαρμογών (ανέγερση νέων κτιρίων, αναπλάσεις, αναπαλαιώσεις κ.λπ.), αλλά οι χρήσεις της αφορούν και την παραγωγή άλλων προϊόντων, πχ. σε προσομοιώσεις πτήσεων για την εκπαίδευση πιλότων. Ειδικότερα όσον αφορά την Χαρτογραφία, ένας από τους βασικούς στόχους της είναι η όσο το δυνατόν πιο κατανοητή στον άνθρωπο απεικόνιση του φυσικού ανάγλυφου. Η οπτικοποίησή διευκολύνει την αντίληψη της μορφολογίας του, ενώ παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα να συνδυάζει την δυνατότητα άντλησης όλων των πληροφοριών (ποσοτικές, ποιοτικές, θεματικές) που μπορούν να εξαχθούν από έναν δισδιάστατο χάρτη με την ρεαλιστική αναπαράσταση της περιοχής που απεικονίζεται.^[8]

1.4 ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΕΓΣΑ '87

Προβολικό σύστημα είναι η απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο. ΕΓΣΑ'87 είναι ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα από το 1990. Σύστημα αναφοράς στη Γεωδαισία αποτελεί εκείνο το πλαίσιο παραμέτρων και συστημάτων συντεταγμένων που συνδέεται με μία συγκεκριμένη περιοχή ή με ένα συγκεκριμένο χώρο ή και με ολόκληρη τη γη και ως προς το οποίο καθορίζονται οι θέσεις σημείων και αντικειμένων της φυσικής γήινης επιφάνειας και μελετάται η κίνηση και δυναμική συμπεριφορά τους με τον χρόνο.^[7]

1.5 ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ (ΓΕΝΙΚΑ)

Ως Γεωαναφορά (Georeference) ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία προσδίδονται πραγματικές γεωγραφικές συντεταγμένες επιθυμητού συστήματος αναφοράς συντεταγμένων σε μία ψηφιακή εικόνα που έχει προέλθει από σάρωση ενός αναλογικού χάρτη ή μίας αεροφωτογραφίας σε συσκευή σαρωτή (scanner). Η εικόνα που προκύπτει εφαρμόζοντας την παραπάνω μεθοδολογία ονομάζεται γεωαναφερόμενη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή χαρτογραφικών πληροφοριών σε διανυσματική μορφή με την διαδικασία της ψηφιοποίησης σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ή να συνδυαστεί με ήδη υπάρχοντα ψηφιακά γεωαναφερόμενα δεδομένα για την δημιουργία χαρτοσύνθεσης ή την γεωγραφική ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων, με προϋπόθεση την ύπαρξη ενός κοινού συστήματος γεωγραφικής αναφοράς.

1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

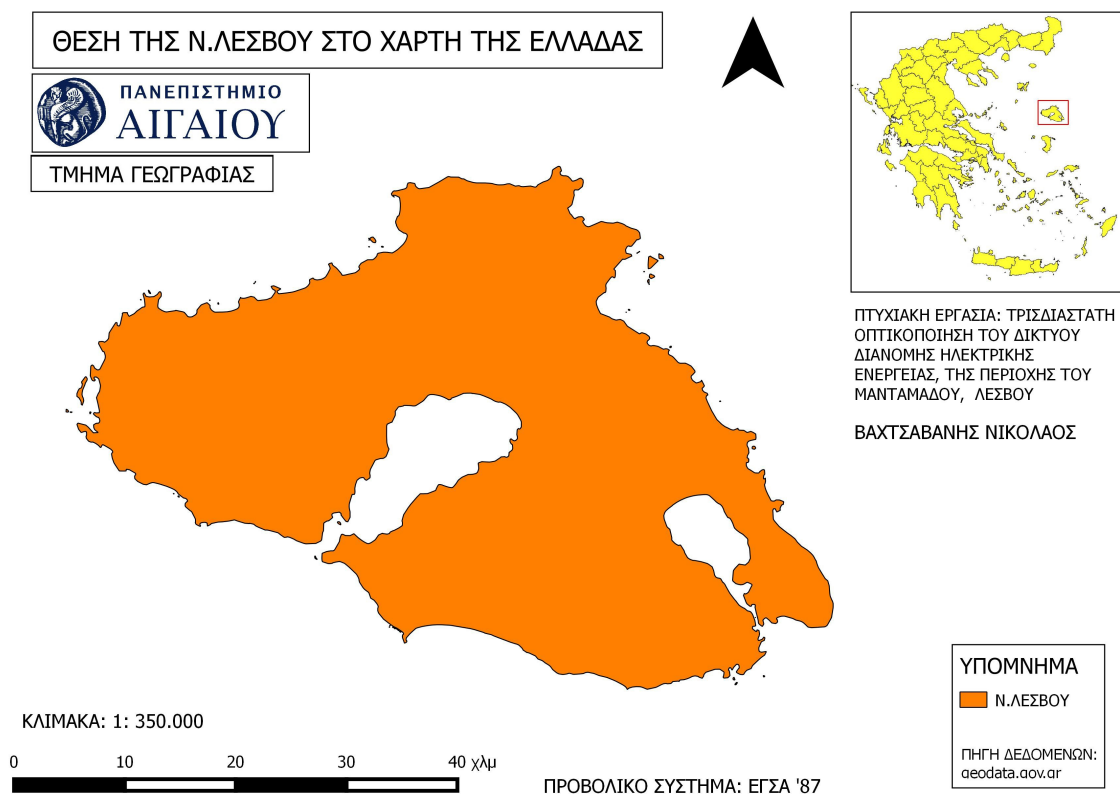
Σκοπός της εργασίας είναι η χαρτογράφηση και η τρισδιάστατη οπτικοποίηση του δικτύου χαμηλής τάσης ηλεκτρικής ενέργειας της περιοχής του Μανταμάδου με την χρήση των ΓΣΠ. Η παρόν εργασία αποτελεί ένα μέρος της συνολικής προσπάθειας που γίνεται στα πλαίσια συνεργασίας του εργαστηρίου Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής, του τμήματος Γεωγραφίας, του Πανεπιστήμιου Αιγαίου, με τον Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε.) Λέσβου, που έχει ως στόχο τον εκσυγχρονισμό των σχεδίων, για ακριβέστερη και ευκολότερη καταχώρηση, διαχείριση, αναθεώρηση και αποτύπωση των δεδομένων για κάθε περιοχή του νησιού. Για την υλοποίηση της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν το σχέδιο δικτύου χαμηλής τάσης ηλεκτρικής ενέργειας του Μανταμάδου, το οποίο είναι σε κλίμακα 1:1.000, μία "έξυπνη" κινητή συσκευή που υποστηρίζει GPS, το λογισμικό OSM Tracker καθώς και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, με τα λογισμικά QGIS και Google Earth.

Η εργασία είναι χωρισμένη σε κεφάλαια. Αρχικά αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με την περιοχή μελέτης και τα δεδομένα, τα οποία δοθήκαν για την κατασκευή του σχεδίου. Στο τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνεται η μεθοδολογία, η οποία ακολουθήθηκε για την προβολή του σχεδίου δικτύου χαμηλής τάσης της περιοχής. Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζεται το τελικό σχέδιο καθώς και η τρισδιάστατη οπτικοποίηση του. Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο, αναγράφονται τα συμπεράσματα και μερικές προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη και εξέλιξη. Επίσης, εμπεριέχονται τα προβλήματα – εμπόδια, τα οποία αντιμετωπίστηκαν καθώς και την επίλυση τους

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1. Ν. ΛΕΣΒΟΥ

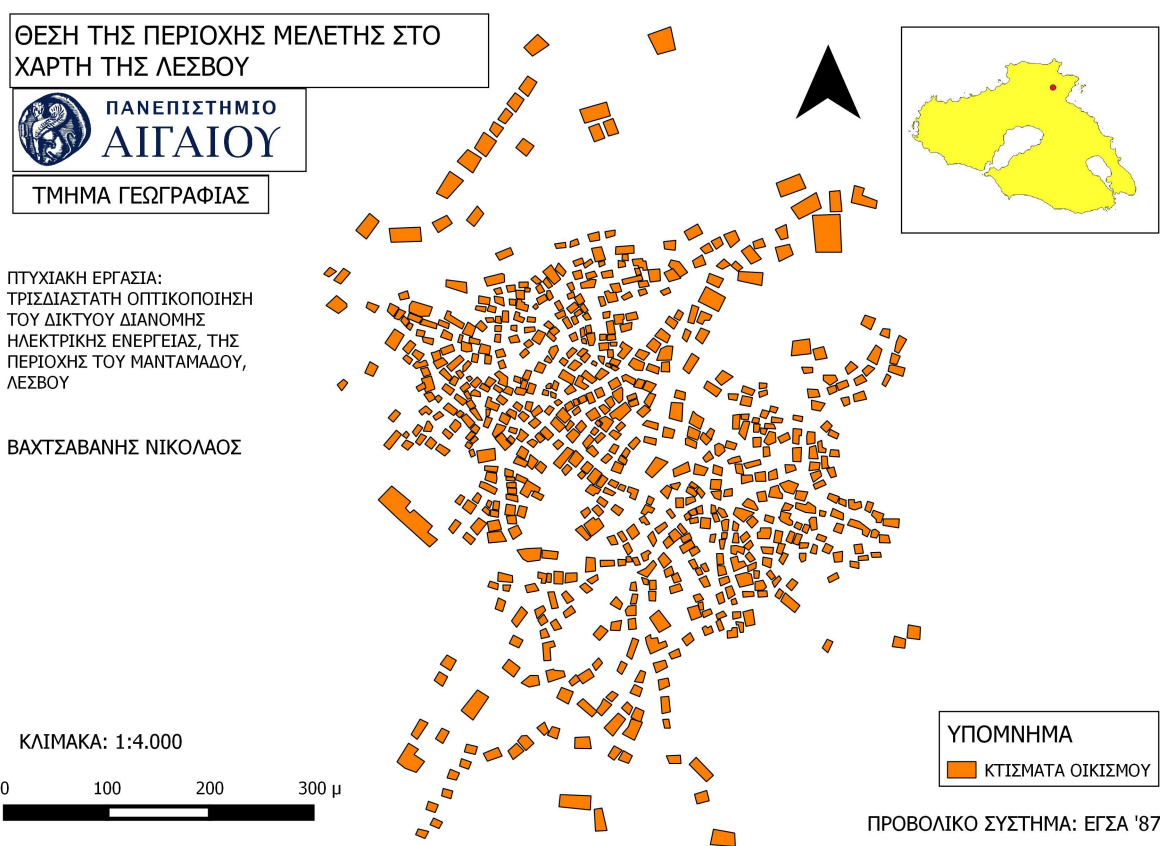
Η νήσος Λέσβου βρίσκεται στο βορειοανατολικό Αιγαίο. Η έκταση του ανέρχεται στα 1.630 χλμ² αποτελώντας ένα από τα μεγαλύτερα νησιά στο Αιγαίο, μετά την Κρήτη και την Εύβοια. Το ανάγλυφο της Λέσβου είναι σχετικά ορεινό με δυο υψηλότερες κορυφές το όρος Λεπέτυμνος, που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νησιού, με υψόμετρο 968 μέτρα και το όρος Όλυμπος, το οποίο είναι νοτιότερα, στα 967 μέτρα. Επίσης, υπάρχουν και μερικές πεδινές περιοχές με κυριότερες αυτές της Καλλονής, του Πολιχνίτου και της Γέρας. Η Λέσβος διαθέτει πλούσια βλάστηση και θεωρείται ως το νησί του Αιγαίου με τη μεγαλύτερη δασοκάλυψη. Διαθέτει, επίσης, μοναδικό πλούτο γεωλογικών μνημείων και τοπίων φυσικού κάλλους, οικοτόπων και πολιτιστικών μνημείων, τα οποία συνέβαλαν στην αναγνώριση και ένταξή της στο Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων της UNESCO. Στο δυτικό τμήμα της δεσπόζει το Απολιθωμένο Δάσος, ένα μοναδικό τεκμήριο της γεωλογικής ιστορίας, το οποίο έχει κηρυχθεί «Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης». (lesvosgeopark.gr)



Χάρτης 1: Στον χάρτη απεικονίζεται η θέση της Ν. Λέσβου, στον χάρτη της Ελλάδας

2.2. ΜΑΝΤΑΜΑΔΟΣ

Η περιοχή μελέτης, της εργασίας, αποτελεί το χωριό Μανταμάδος, όπου βρίσκεται στο βόρειο-ανατολικό τμήμα της Λέσβου (Χάρτης 1), με γεωγραφικό μήκος $26^{\circ} 20' 10''$ Α και γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 18' 36''$ Β. Το χωριό απέχει 34,9 χλμ βόρεια από την πρωτεύουσα του νησιού, τη Μυτιλήνη. Η έκταση του καλύπτει περίπου 60 εκτάρια και έχει 941 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Ο Μανταμάδος μαζί με τα χωριά Κάπη, Πελόπη και Κλειώ αποτελούσαν τον Δήμο Μανταμάδου την περίοδο από το 1999 έως το 2010. Με την διοικητική διαίρεση του 2011 και το Σχέδιο Καλλικράτης, εντάχθηκε στο διευρυμένο Δήμο Λέσβου, της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου. Ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου Λέσβου, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, φτάνει τους 86.436 κατοίκους, ενώ από αυτούς στη δημοτική ενότητα Μανταμάδου κατοικούν μόλις 2.447. (ΕΛΣΤΑΤ)



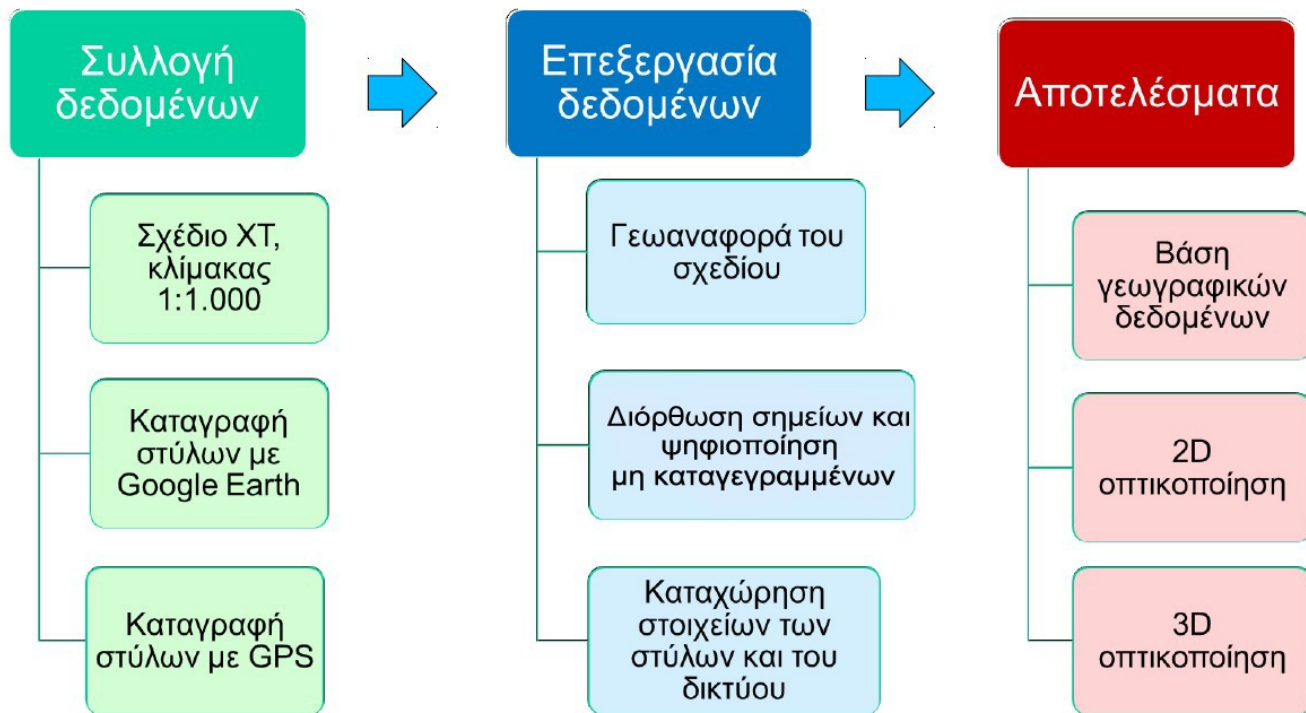
Χάρτης 2: Στον χάρτη απεικονίζεται η θέση του οικισμού του Μανταμάδου στον χάρτη της Ν. Λέσβου

2.3. ΔΙΚΤΥΟ ΛΕΣΒΟΥ

Για την ηλεκτροδότηση του νησιού έχει κατασκευαστεί αυτόνομος σταθμός, με μηχανές εσωτερικής καύσης, καθώς δεν συνδέεται με το εθνικό δίκτυο μεταφοράς ενέργειας. Το δίκτυο της Λέσβου αποτελείται από 13 γραμμές μέσης τάσης 20kV και μιας υψηλής τάσης 60kV. Οι 5 από τις γραμμές της μέσης τάσης, μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα στην Μυτιλήνη, διότι έχει την μεγαλύτερη ζήτηση, ενώ άλλες δυο τροφοδοτούν τα χωριά και τις περιοχές γύρω από αυτήν. Η γραμμή υψηλής τάσης ξεκινάει από τον υποσταθμό ανύψωσης στη Μυτιλήνη και καταλήγει στον υποσταθμό της Καλλονής όπου εκεί μετατρέπεται το ηλεκτρικό ρεύμα από 66 kV σε 20 kV. Ο υποσταθμός αυτός διανέμει την ηλεκτρική ενέργεια στα χωριά και τους οικισμούς, που βρίσκονται στο δυτικό και βόρειο τμήμα του νησιού, συμπεριλαμβανομένου και του Μανταμάδου. Επιπροσθέτως υπάρχουν και άλλες δύο ακόμα γραμμές, που μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πάρκα της Άντισσας και του Τέρπανδρου. Επίσης υπάρχει υποβρύχιο δίκτυο στον Κόλπο της Γέρας που ενώνει Λουτρά με Πέραμα και από το Σίγρι προς το νησί Νισιώπη που βρίσκεται απέναντι. ^[6]

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη παρούσα πτυχιακή εργασία συνοψίζεται στο παρακάτω σχήμα. Τα κύρια στάδια που την αποτελούν είναι η συλλογή των δεδομένων, η επεξεργασία τους και τέλος τα αποτελέσματα.



Σχήμα 1: Στο σχήμα παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση της εργασίας

3.1. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1.1. ΣΧΕΔΙΟ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΑΝΤΑΜΑΔΟΥ

Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης ηλεκτρικού ρεύματος της περιοχής του Μανταμάδου, το οποίο χρησιμοποιείται από το Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. (Σχέδιο 1). Το σχέδιο αυτό απεικονίζει τις θέσεις των στύλων της Δ.Ε.Η., έτσι όπως είναι χωροθετημένες στην περιοχή μελέτης. Οι στύλοι χωρίζονται σε κατηγορίες οι οποίες αντιστοιχούν στους υποσταθμούς, στους ξύλινους και στους τσιμεντένιους στύλους. Κοντά σε κάθε σημείο, το οποίο συμβολίζει και ένα στύλο, υπάρχει και ένα τεταρτημόριο το οποίο περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της κάθε κολώνας. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- 1) το ύψος, το βάθος και ο τύπος της κάθε κολώνας (πάνω αριστερά),
- 2) ο εξοπλισμός που έχει ο κάθε στύλος (κάτω αριστερά),
- 3) ο τύπος του επιτόνου (πάνω δεξιά) και
- 4) τη γείωση (κάτω δεξιά).

Η επιλογή για την χωροθέτηση των στύλων και των χαρακτηριστικών, που θα έχει, γίνεται μετά από μελέτη, όπου λαμβάνονται υπόψη πολλά κριτήρια. Μερικά από αυτά αφορούν στην μορφολογία της περιοχής (πχ. κλίση του εδάφους), όπως επίσης και λόγω της ευκολότερης πρόσβασης, για την επιδιόρθωση κάποιας βλάβης, το οδικό δίκτυο μιας περιοχής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό στη χωροθέτηση.

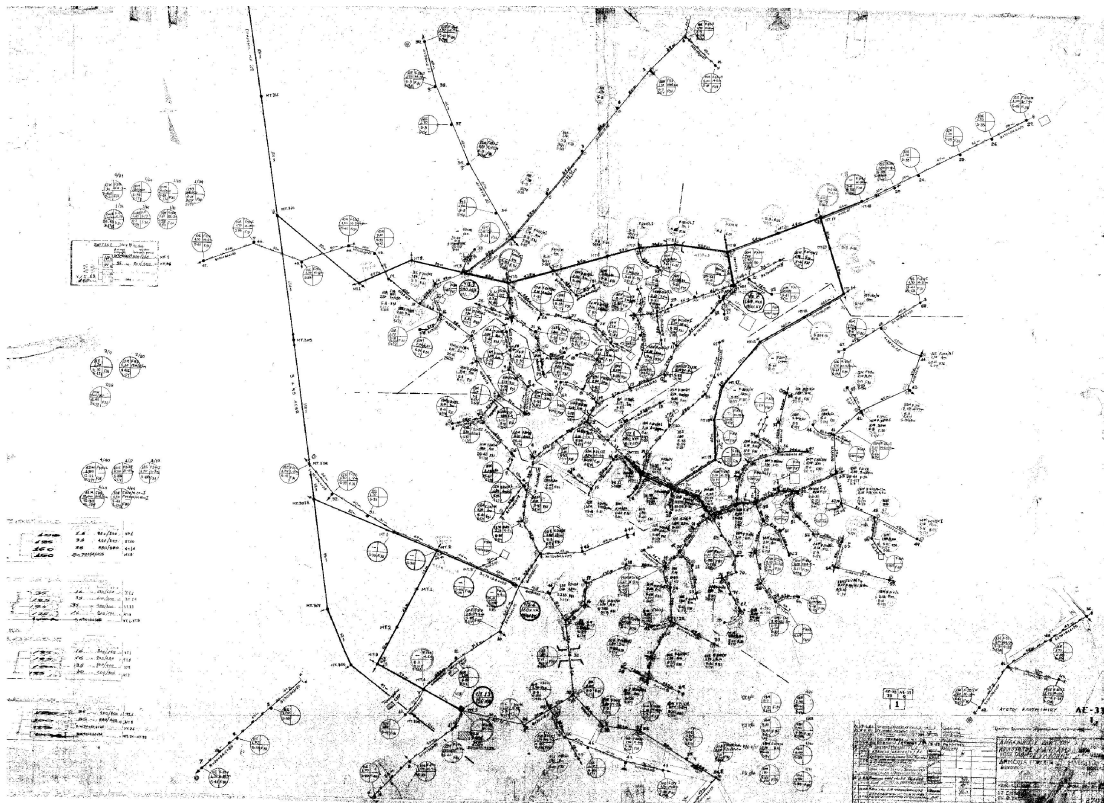
Οι μαύρες γραμμές στο σχέδιο συμβολίζουν το εναέριο δίκτυο διανομής της περιοχής. Τα δίκτυα αυτά είναι γραμμές μέσης και χαμηλής τάσης και κατηγοριοποιούνται στο σχέδιο με πιο έντονη και πιο λεπτή γραμμή αντίστοιχα. Τα δίκτυα μέσης τάσης μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια σε τάση 20 kV σε υποσταθμούς (Υ/ Σ), οι οποίοι μετατρέπουν τα 20 kV σε 220 V. Στη συνέχεια μέσω των δικτύων χαμηλής τάσης και συγκεκριμένων αναχωρήσεων (διαδρομών), μεταφέρεται το ηλεκτρικό ρεύμα στα σπίτια. Τα παραπάνω δίκτυα χρησιμοποιούν υλικά, τα οποία έχουν εξαιρετικές ιδιότητες ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Τα υλικά αυτά αποτελούν ο χαλκός και το αλουμίνιο. Ο χαλκός ξεκίνησε να χρησιμοποιείται στα πρώτα δίκτυα διανομής, αλλά λόγω του μεγάλου κόστους και του ειδικού βάρους,

έχει περιστείλει η χρήση του και έχει αντικατασταθεί από το αλουμίνιο. Το αλουμίνιο παρά την μικρότερη αγωγιμότητα, σε σχέση με τον χαλκό, είναι πιο ελαφρύ και πιο οικονομικό. Παρ' όλα αυτά ο χαλκός συνεχίζεται να χρησιμοποιείται, ως αγωγός, κυρίως σε παραθαλάσσιες περιοχές και σε περιοχές με υψηλά ποσοστά υγρασίας, λόγω της μεγαλύτερης αντοχής που παρουσιάζει στη διάβρωση σε αντίθεση με το αλουμίνιο.

Οι τύποι αγωγών χαμηλής τάσης είναι:

- 1) Αγωγοί Αλουμινίου (Al): 16mm^2 , 35mm^2 , 50mm^2 , 70mm^2
- 2) Αγωγοί Χαλκού (Cu) διατουμών: 16mm^2 , 35mm^2 , 50mm^2 , 70mm^2
- 3) Συνεστραμμένα καλώδια: $3 \times 70 \text{ mm}^2$ (Al) + $54,6 \text{ mm}^2$ AAAC + 25mm^2 Al ^[5]

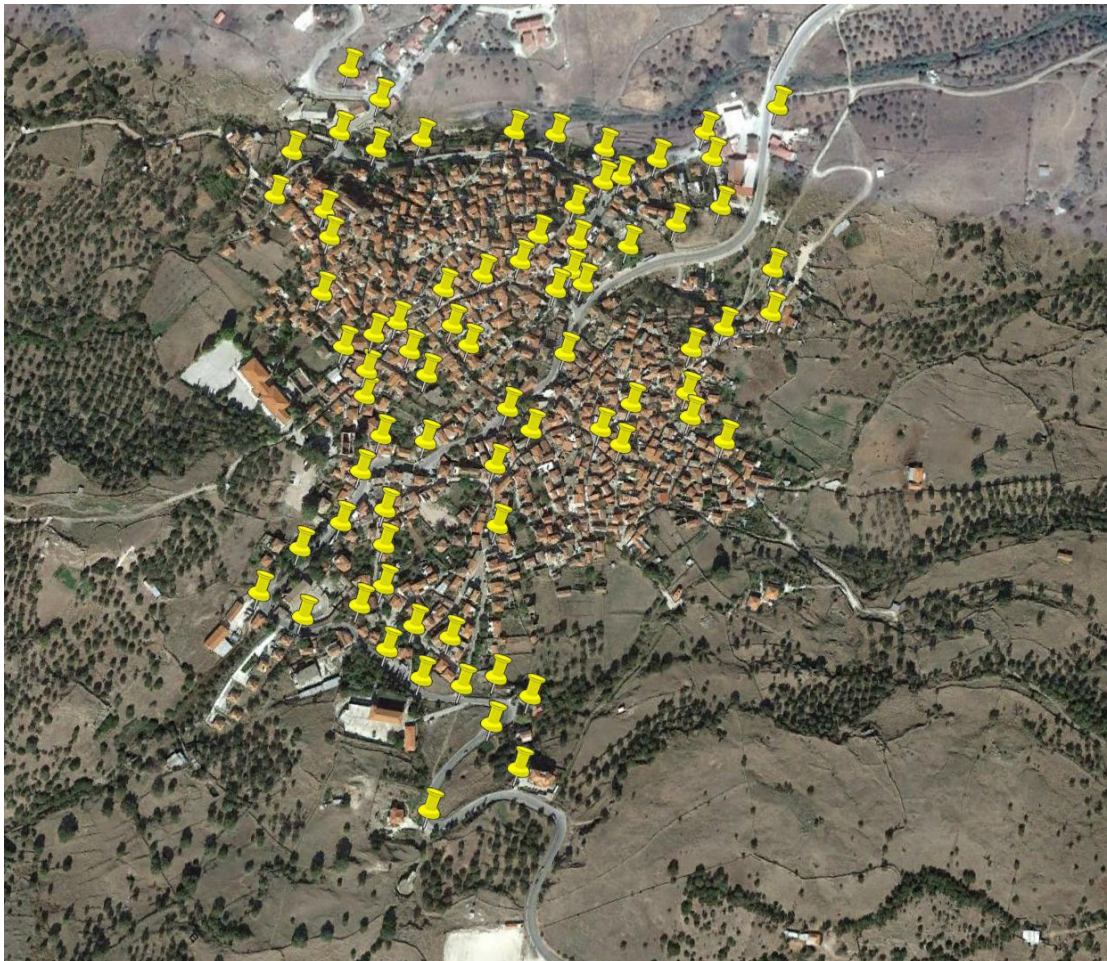
Κάθε γραμμή, η οποία ξεκινάει από έναν Υ/Σ αποτελεί και μια αναχώρηση. Η αναχώρηση καθορίζει τη διαδρομή, την οποία ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα, για την ηλεκτροδότηση μιας συγκεκριμένης περιοχής. Όταν συναντιούνται δυο αναχωρήσεις χωρίζονται με τομή, η οποία συμβολίζεται με αγκύλη ή αγκύλες] [. Σε περίπτωση βλάβης ενός Υ/Σ, η τομή αυτή “ανοίγει” δημιουργώντας μια γέφυρα με σκοπό την τροφοδότηση των σπιτιών, τα οποία ανήκουν στον Υ/Σ με την βλάβη, από άλλους Υ/Σ.



Σχέδιο 1: Το αρχικό σχέδιο του δικτύου χαμηλής τάσης του Μανταμάδου.

3.1.2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕ GOOGLE EARTH

Μέσα από το λογισμικό Google Earth έγινε εντοπισμός και καταγραφή ορισμένων στύλων με την τοποθέτηση πινεζών όπως φαίνεται στην εικόνα (Εικόνα 1). Ο εντοπισμός των στύλων έγινε με τη παρατήρηση φωτογραφιών από δορυφόρο και μέσω του εργαλείου Street view, το οποίο επιτρέπει την προβολή πανοραμικών φωτογραφιών κατά μήκος του οδικού δικτύου. Η λειτουργία αυτή στον οικισμό του Μανταμάδου καλύπτει μόνο το κύριο οδικό δίκτυο καθώς και ένα μέρος του δευτερεύοντος

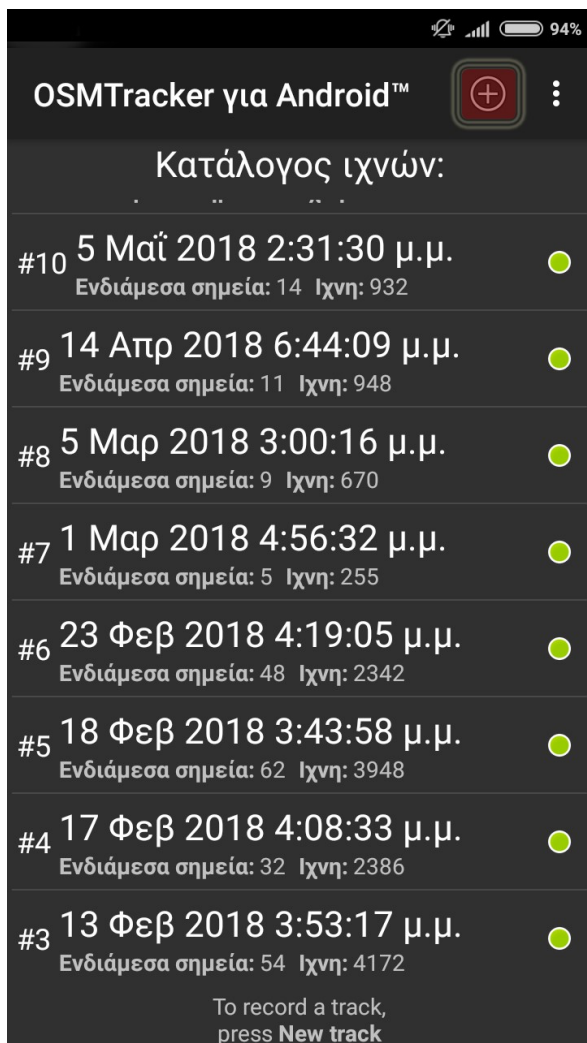


Εικόνα 1: Στην εικόνα παρουσιάζονται οι θέσεις των στύλων στον οικισμό του Μανταμάδου

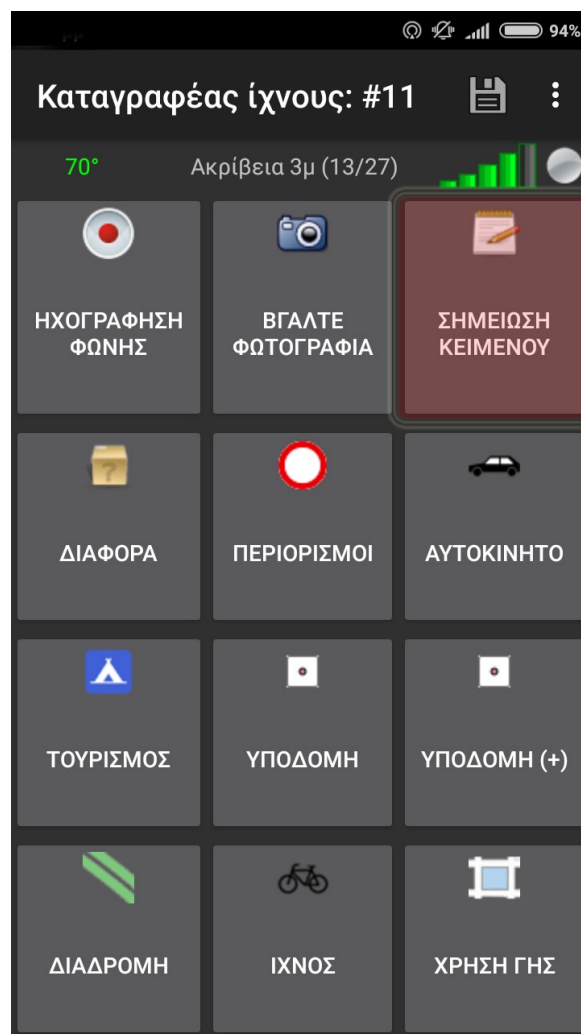
3.1.3. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕ GPS

Για να καταστεί εφικτή, η καταγραφή όλων των στύλων της περιοχής θα χρειαστεί να γίνει μετάβαση στο πεδίο και με την χρήση GPS να καταχωρηθούν οι συντεταγμένες καθώς και μια κωδική ονομασία διαφορετική για κάθε στύλο. Η συλλογή των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση μιας συσκευής GPS ή μιας "έξυπνης" κινητής συσκευής, η οποία υποστηρίζει GPS. Στη συγκεκριμένη εργασία, η καταγραφή πραγματοποιήθηκε με τη χρήση κινητής συσκευής και μιας εφαρμογής. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται "OSM Tracker" και υπάρχει δωρεάν στο διαδίκτυο. Το OSM Tracker αποτελεί ένα εργαλείο, το οποίο επιτρέπει τη καταγραφή σημειακών ή γραμμικών γεωχωρικών δεδομένων μέσω δορυφόρων. Ακόμη, έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει κείμενο και να καταγράφει ήχο ή εικόνα. Για την καταγραφή των στύλων, πραγματοποιήθηκε μία προεργασία, για την διαδρομή που θα ακολουθούταν, προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία της καταγραφής, σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα. Η προεργασία αυτή απαιτεί πλήρη κατανόηση της περιοχής, όπως στενών και μονοπατιών, τα οποία δεν υπάρχουν σε χάρτες (πχ Google maps), για την γρηγορότερη προσέγγιση των τοποθεσιών. Παράλληλα με την καταγραφή των σημείων, τραβήχτηκαν και φωτογραφίες ως μια επιπλέον πληροφορία για την θέση του κάθε στύλου. Τα εγγεγραμμένα σημεία εξάγονται με μορφή GPX, ενώ οι φωτογραφίες σε μορφή JPEG. Οι φωτογραφίες, επίσης, μετονομάστηκαν, η καθεμία, με την κωδική ονομασία, την οποία δόθηκε σε κάθε στύλο από την εφαρμογή. (Εικόνες 2, 3, 4, 5)

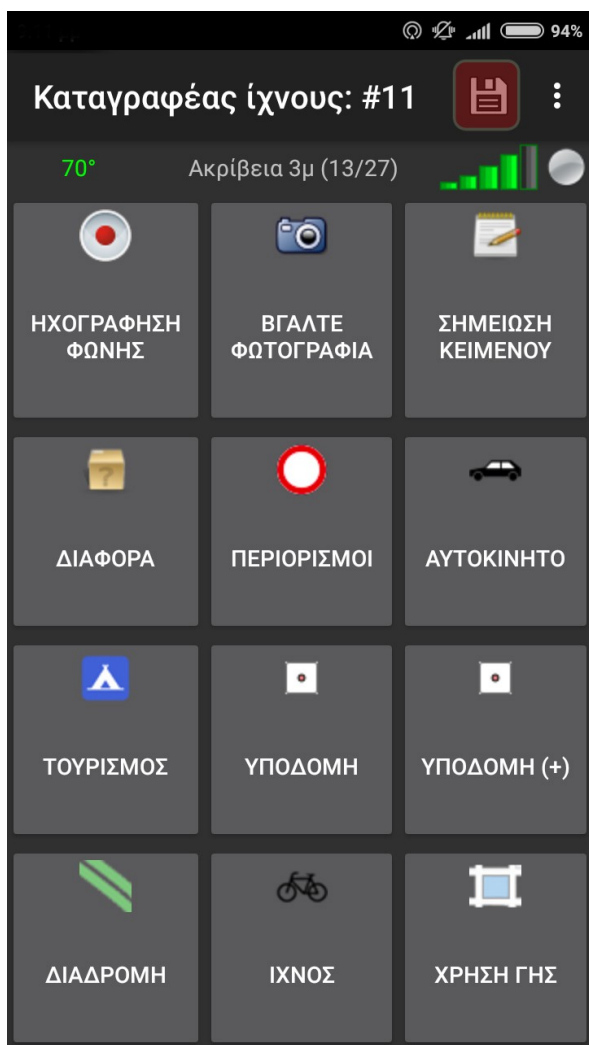
Αρχικά, επιλέγοντας την κόκκινη περιοχή γίνεται έναρξη της καταγραφής (Εικόνα 2) και στη συνέχεια με την επιλογή "ΣΗΜΕΙΩΣΗ ΚΕΙΜΕΝΟΥ" γίνεται καταγραφή ενός σημείου δίνοντας μια κωδική ονομασία (Εικόνα 3). Αφού ολοκληρωθεί η καταγραφή με πάτημα στην κόκκινη περιοχή γίνεται αποθήκευση. (Εικόνα 4). Τέλος με πάτημα στην επιλογή "Εξαγωγή ως GPX" γίνεται αποθήκευση της καταγραφής με τη μορφή GPX.(Εικόνα 5)



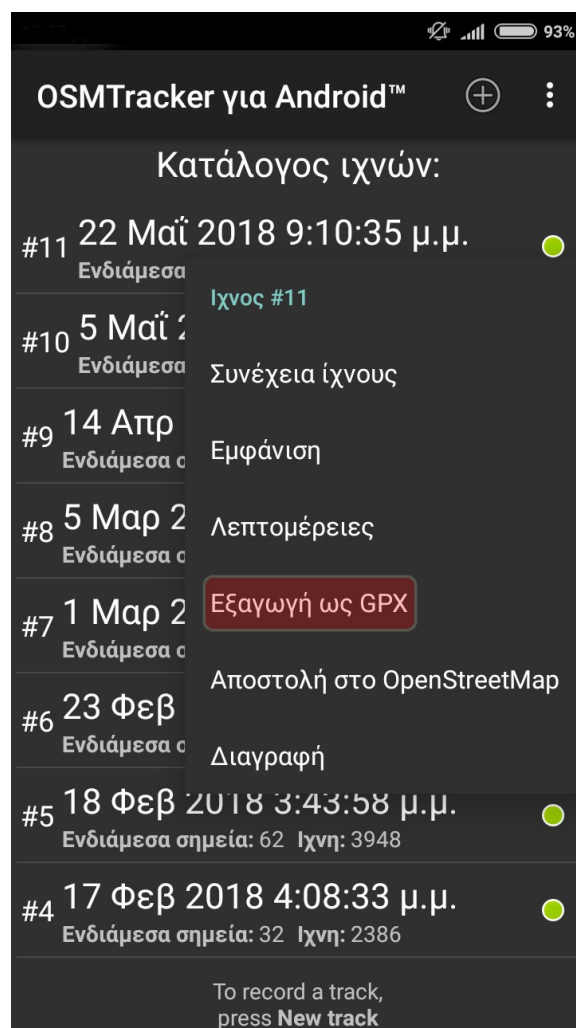
Εικόνα 2: Έναρξη της καταγραφής.



Εικόνα 3: Καταγραφή σημείου



Εικόνα 4: Ολοκλήρωση της καταγραφής

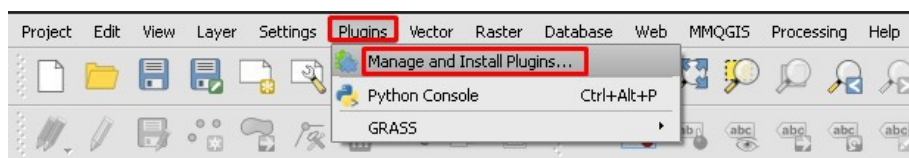


Εικόνα 5: Αποθήκευση της καταγραφής σε μορφή GPX.

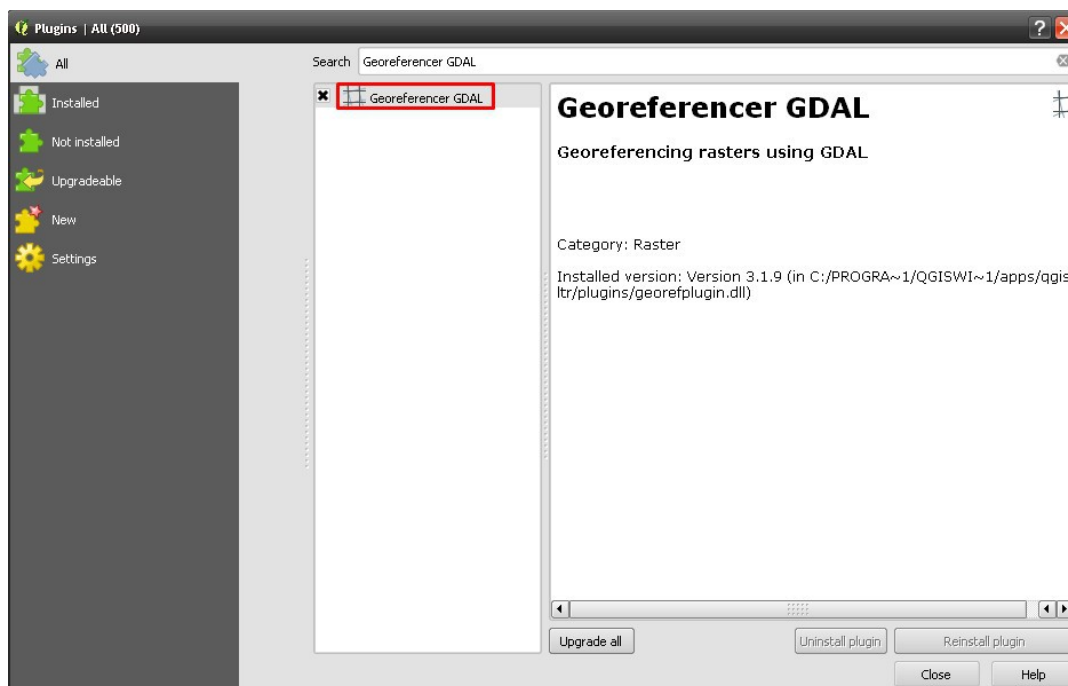
3.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.2.1. ΓΕΩΑΝΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ

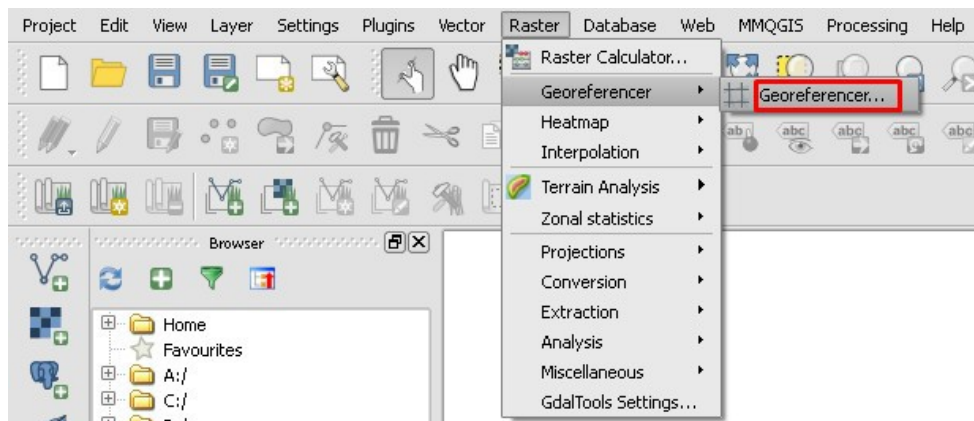
Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε γεωαναφορά του σχεδίου ηλεκτροδότησης του Μανταμάδου (Σχέδιο 1). Αρχικά έγινε ενσωμάτωση του plugin “Georeferencer GDAL” στο QGIS (Εικόνες 6, 7) και, μέσα από αυτό, έγινε εισαγωγή του σχεδίου, σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87. (Εικόνα 8, 9, 10) Επίσης έγινε εισαγωγή του shape file των σημείων που καταγράφηκαν μέσω GPS στο λογισμικό. Στη συνέχεια, μέσω του εργαλείου “Add point” επιλέχθηκαν 4 σημεία από το σχέδιο, στο shape file. Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν σε 4 στύλους, οι οποίοι αναγνωρίστηκαν από το σχέδιο, στο shape file, της καταγραφής με GPS. Με την επιλογή “Start georeferencing” ξεκινάει η γεωαναφορά του σχεδίου (Εικόνες 11, 12, 13). Το αποτέλεσμα της γεωαναφοράς παρουσιάζεται στον Χάρτη 3.



Εικόνα 6: Εντολές για την εισαγωγή Plugin



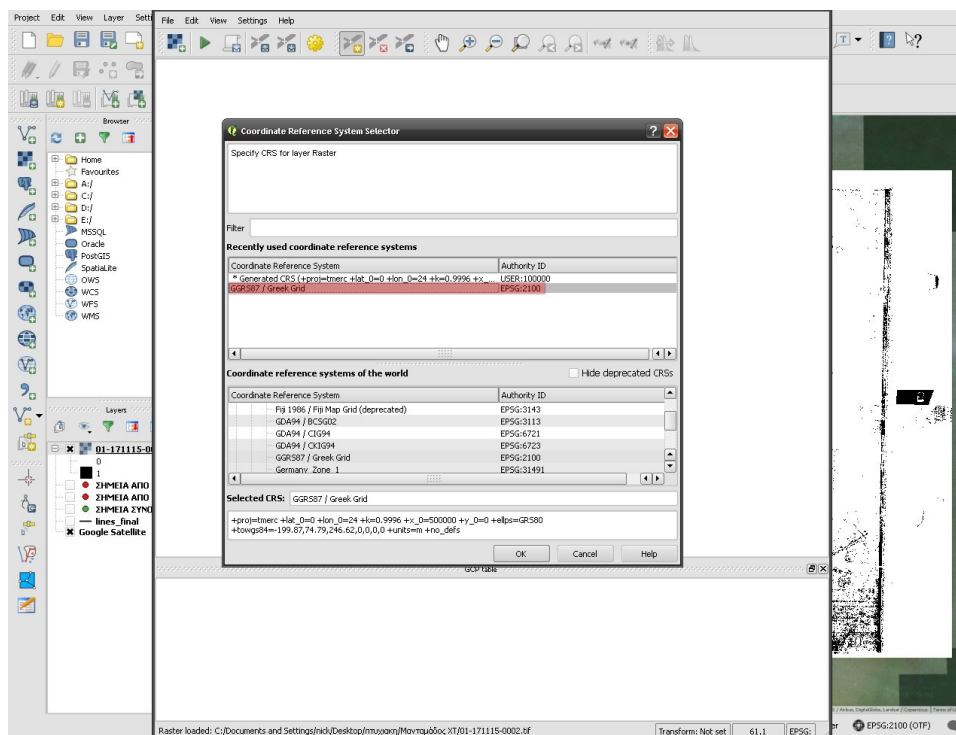
Εικόνα 7: Ενσωμάτωση του plugin “Georeferencer GDAL” στο QGIS



Εικόνα 8: Ενεργοποίηση του plugin “Georeferencer GDAL”



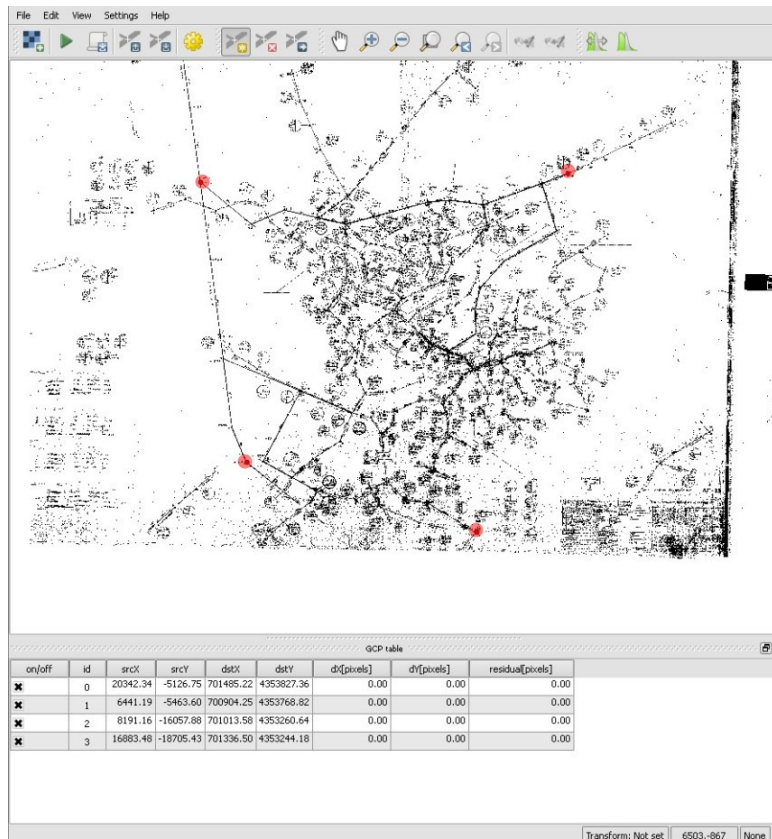
Εικόνα 9: Εισαγωγή του σχεδίου στο plugin “Georeferencer GDAL”



Εικόνα 10: Ορισμός προβολικού συστήματος σε ΕΓΣΑ '87



Εικόνα 11: Εντολή για την επιλογή σημείων για γεωαναφορά



Εικόνα 12: Τα 4 σημεία που επιλέχθηκαν για την γεωαναφορά

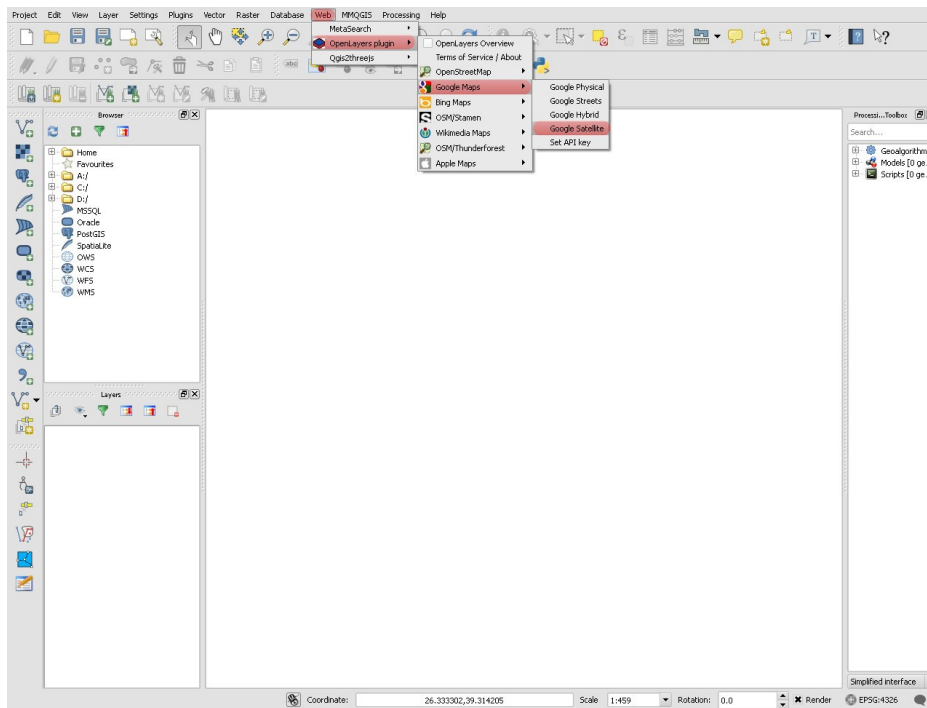


Εικόνα 13: Εντολή για την έναρξη της γεωαναφοράς

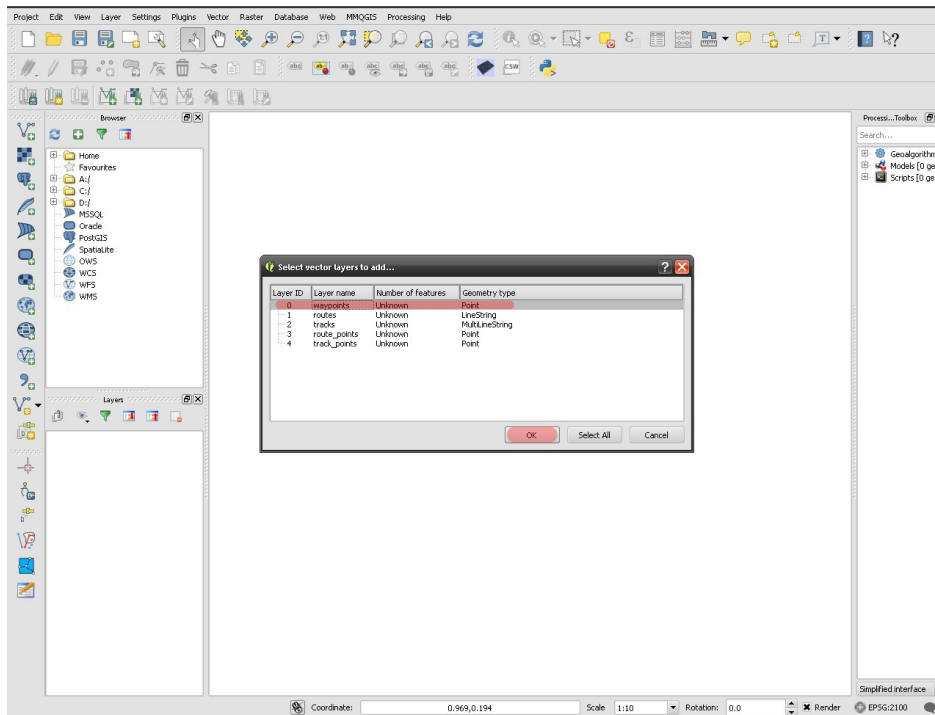
3.2.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ QGIS

Μετά την ολοκλήρωση της καταγραφής, τα δεδομένα εισήχθησαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (ΗΥ) και ανοίχθηκαν μέσω του λογισμικού QGIS.

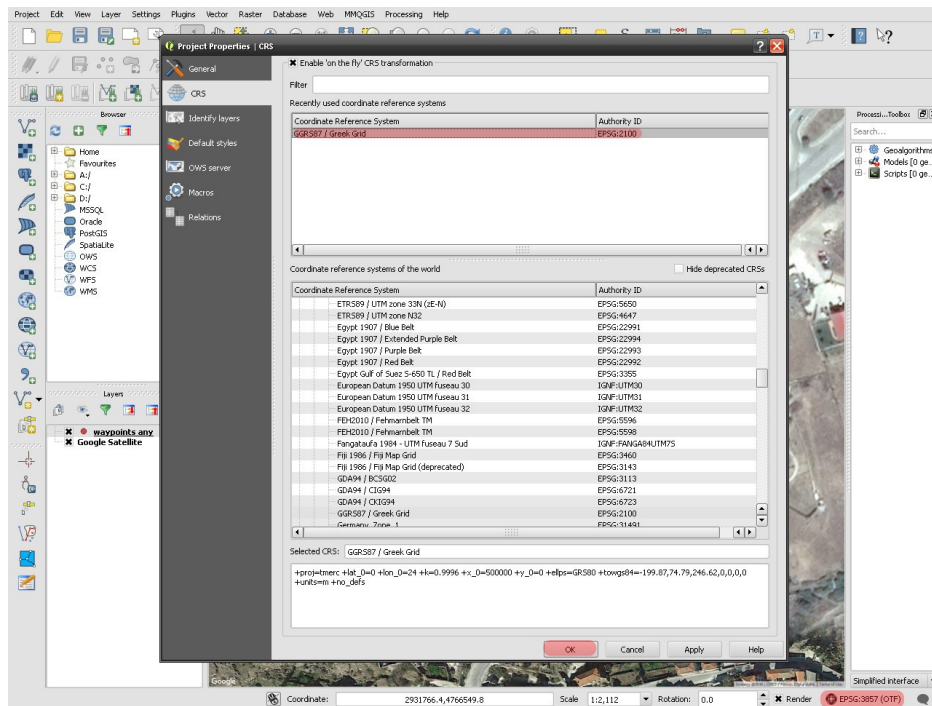
Αρχικά, στο QGIS, έγινε ενσωμάτωση του plugin “OpenLayer plugin”, το οποίο περιέχει φωτογραφίες της Google από δορυφόρο. (Εικόνα 14) Στη συνέχεια έγινε η εισαγωγή των αρχείων GPX και εμφανίστηκαν τα σημεία, πάνω από την περιοχή μελέτης, σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ '87. (Εικόνα 15, 16)



Εικόνα 14: Εισαγωγή φωτογραφιών Google Earth στο QGIS.



Εικόνα 15: Εισαγωγή GPX αρχείου στο QGIS.



Εικόνα 16: Επιλογή του προβολικού συστήματος σε ΕΓΣΑ '87.

3.2.3. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΘΕΣΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΗ ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΩΝ

Το αρχικό αποτέλεσμα της καταγραφής δεν ήταν αρκετά ικανοποιητικό, διότι οι στύλοι, οι οποίοι ήταν χωροθετημένοι στο πεδίο, είχαν απόκλιση από τα σημεία που είχαν καταγραφεί. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την ακριβή καταγραφή μέσω GPS. Οι κύριοι παράγοντες έχουν σχέση με τη τοπογραφία της περιοχής, τον αριθμό των δορυφόρων, που βρίσκονται την συγκεκριμένη ώρα της καταγραφής, αλλά και το ύψος των κτιρίων. Η σωστότερη εφαρμογή για την πιο ακριβή καταγραφή αποτελεί ο συνδυασμός της φωτογραφίας από δορυφόρο, της επίγνωσης του πεδίου, της καταγραφής των σημείων με GPS, στη περιοχή μελέτης καθώς και τη λήψη φωτογραφιών των στύλων ξεχωριστά, διότι δίνει πολλές πληροφορίες για την τοποθεσία του. Η διαδικασία της διόρθωσης της θέσης των σημείων ήταν αρκετά χρονοβόρα λόγω το μεγάλο αριθμό πλήθους τους, αλλά και καθώς έπρεπε να ληφθούν υπόψη όλες οι προηγούμενοι παράμετροι, για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. (Εικόνα 17)

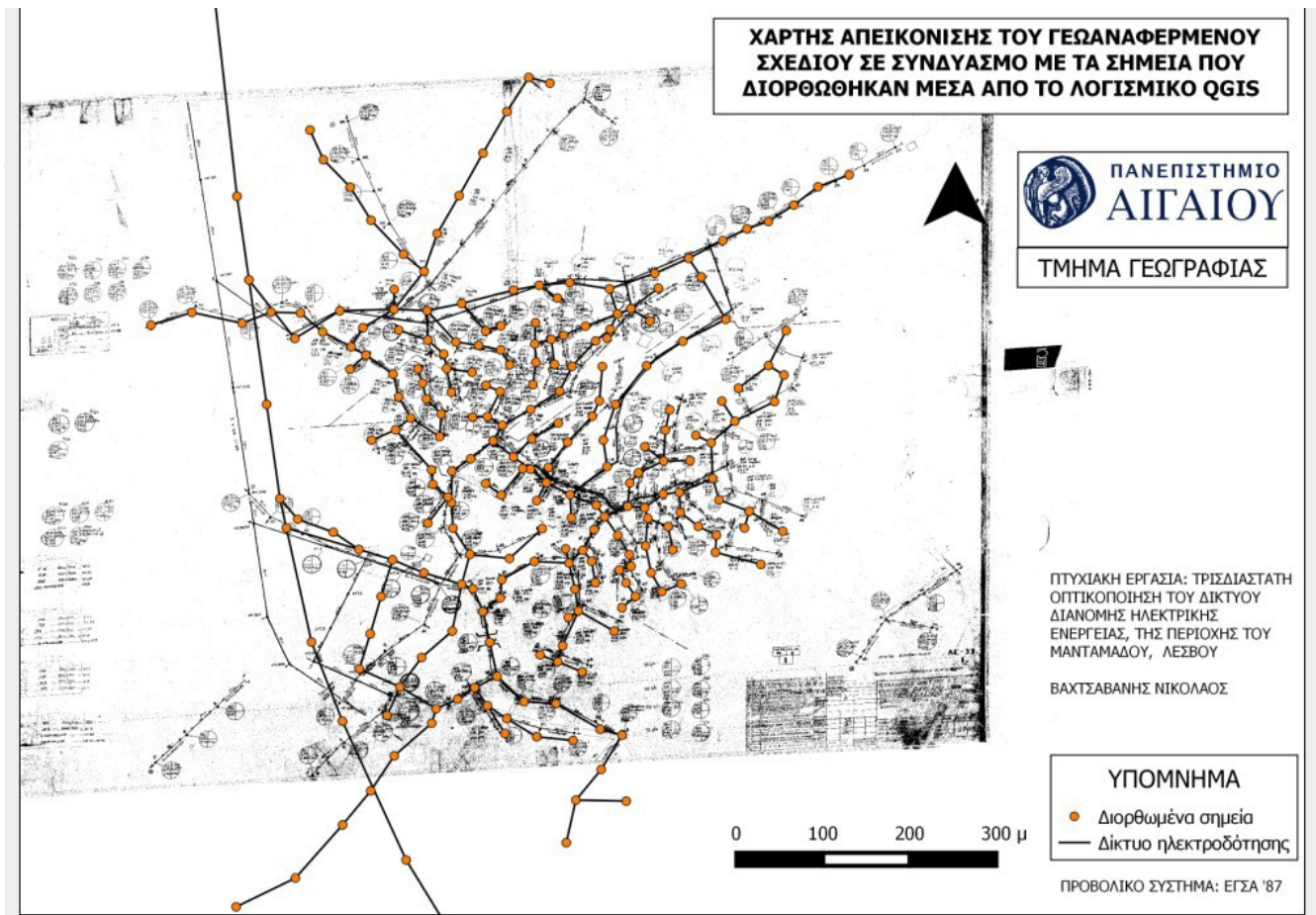


Εικόνα 17: Οι εντολές *Toggle Editing* και *Move feature(s)* για να ξεκινήσει η μετακίνηση σημείων

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση νέων σημείων, τα οποία δεν είχαν συμπεριληφθεί στην καταγραφή με GPS. Αυτά τα σημεία - κολώνες είχαν τοποθετηθεί σε δύσβατη ή περιφραγμένη περιοχή με αποτέλεσμα η προσέγγισή τους να είναι αδύνατη. Η ψηφιοποίησή τους έγινε μετά από προσεχτική παρατήρηση του σχεδίου καθώς και δορυφορικών εικόνων (Google Earth). (Εικόνα 18)

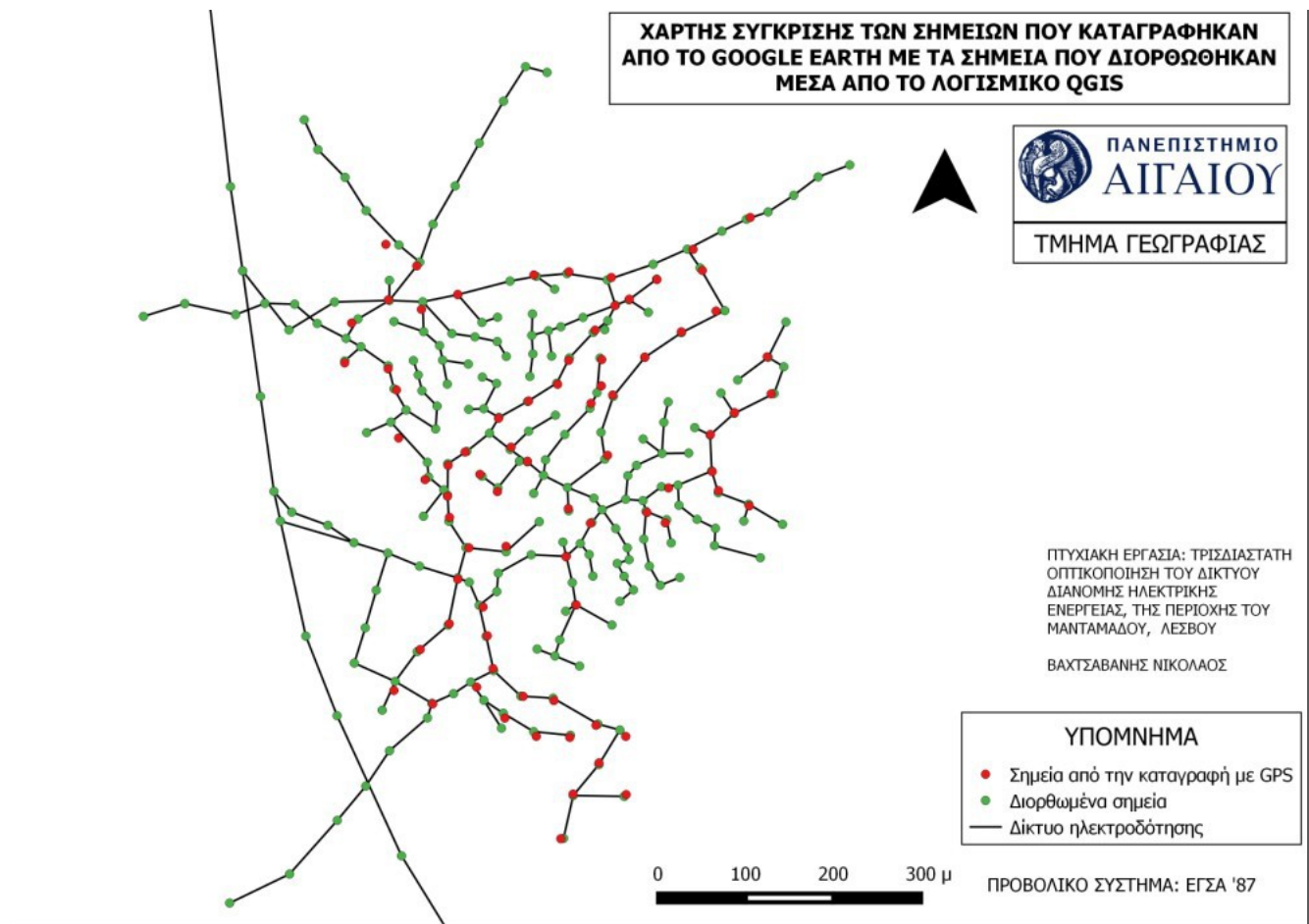


Εικόνα 18: Οι εντολές *Toggle Editing* και *Add feature(s)* για να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση σημείων



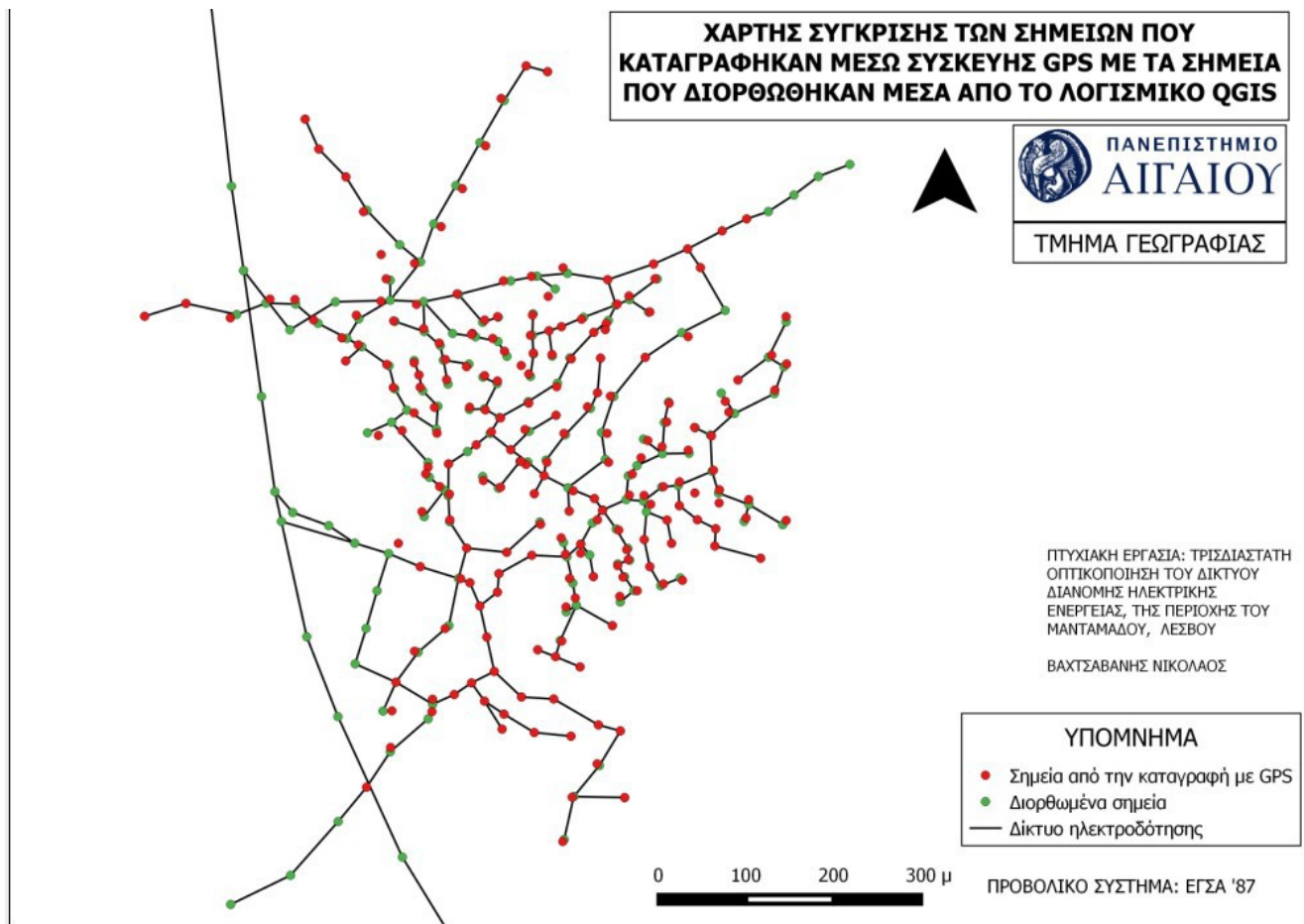
Χάρτης 3: Στο χάρτη απεικονίζεται το γεωαναφερμένο το σχέδιο σε συνδυασμό με τα διορθωμένα σημεία.

Στον παραπάνω χάρτη (Χάρτης 3) απεικονίζεται το γεωαναφερμένο το σχέδιο σε συνδυασμό με τα διορθωμένα σημεία. Παρατηρείται πως το σχέδιο έχει υποστεί παραμόρφωση διότι το δίκτυο του σχεδίου δεν συμπίπτει με αυτό που έχει ψηφιοποιηθεί στο λογισμικό QGIS. Η παραμόρφωση έχει δημιουργηθεί λόγω παλαιότητας και άλλων παραγόντων όπως η υγρασία.



Χάρτης 4: Στο χάρτη γίνεται σύγκριση των σημείων που καταγράφηκαν μέσω του Google Earth, με τα διορθωμένα σημεία.

Στον παραπάνω χάρτη (Χάρτης 4) γίνεται σύγκριση μεταξύ των σημείων που καταγράφηκαν μέσω του Google Earth, που διακρίνονται με κόκκινο χρώμα, με τα διορθωμένα σημεία, τα οποία φαίνονται με πράσινο χρώμα. Παρατηρείται πως η καταγραφή μέσω του Google Earth είναι ελλιπής καθώς πολλά σημεία δεν έχουν καταγραφεί διότι ήταν αδύνατος ο εντοπισμός τους.



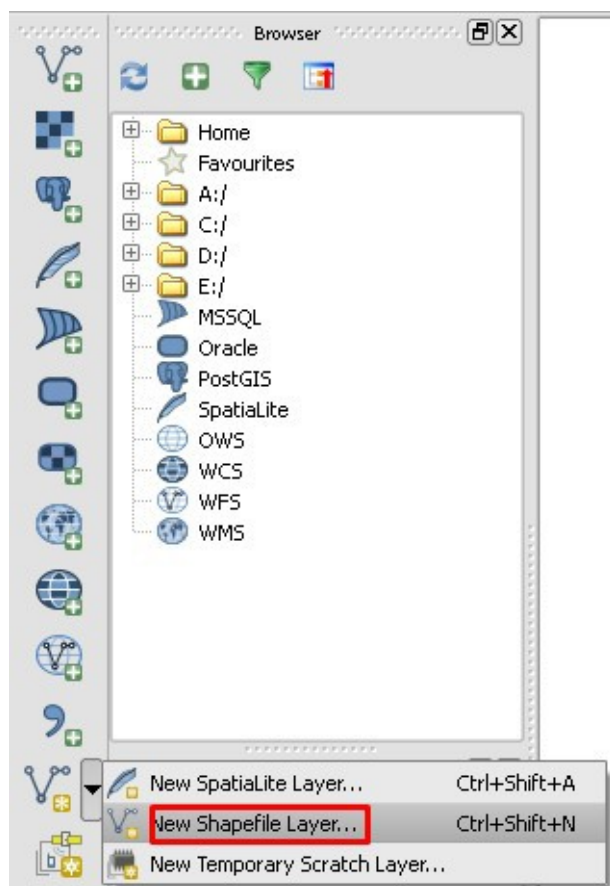
Χάρτης 5: Στο χάρτη γίνεται σύγκριση των σημείων που καταγράφηκαν μέσω συσκευής GPS, με τα διορθωμένα σημεία

Στον παραπάνω χάρτη (Χάρτης 5) γίνεται σύγκριση μεταξύ των σημείων που καταγράφηκαν μέσω GPS, τα οποία διακρίνονται με κόκκινο χρώμα και των διορθωμένων σημείων που φαίνονται με πράσινο χρώμα. Παρατηρείται πως η καταγραφή με τη χρήση συσκευής GPS, καλύπτει σχεδόν όλο το δίκτυο. Το μόνο μειονέκτημα εδώ αποτελεί η απόκλιση, η οποία φαίνεται σε μερικά σημεία.

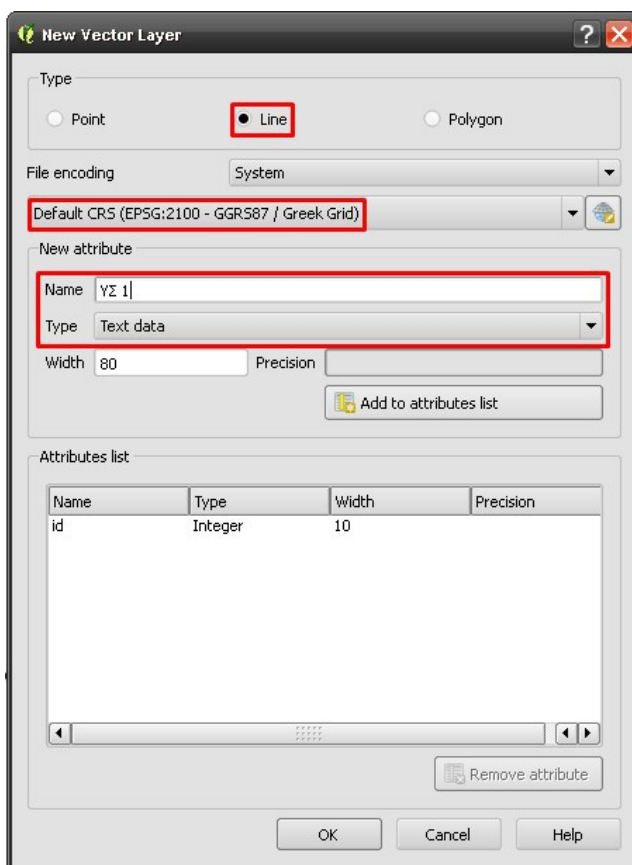
3.2.4. ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Για την δημιουργία ενός νέου γραμμικού επιπέδου, έγινε ψηφιοποίηση του δικτύου με βάση του σχεδίου καθώς και φωτογραφιών, που τραβήχτηκαν από την καταγραφή στο πεδίο. Η ψηφιοποίηση έγινε σε δύο στάδια. (Εικόνες 20, 21)

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση, σύμφωνα με το σχέδιο, ενώ αργότερα διαφοροποιήθηκαν οι γραμμές αναλόγως την τάση (πχ μέσης ή χαμηλής τάσης). και των αναχωρήσεων.

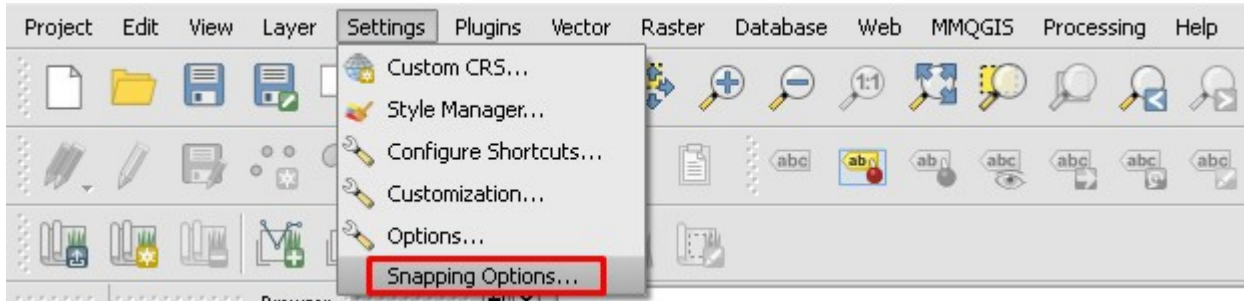


Εικόνα 21: Επιλογή "New Shapefile Layer..." για την δημιουργία νέου Shapefile



Εικόνα 20: Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την δημιουργία του νέου γραμμικού επιπέδου

Έπειτα έγινε ενεργοποίηση του εργαλείου Snapping, το οποίο εξασφαλίζει ότι η γραμμή - δίκτυο διέρχεται ακριβώς από το σημείο – κολώνα. (Εικόνες 22, 23)



Εικόνα 22: Εντολή για την εισαγωγή στις ρυθμίσεις του Snapping



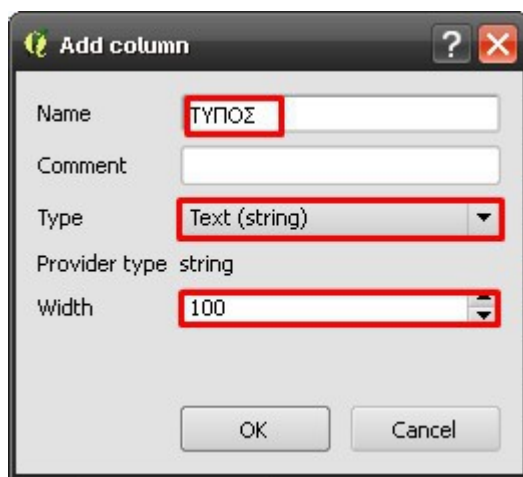
Εικόνα 23: Οι ρυθμίσεις που επιλέχθηκαν στο εργαλείο Snapping

3.2.5. ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΥΛΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της ψηφιοποίησης έγινε καταχώρηση των στοιχείων. Αρχικά στο “Attribute table” του shape file των σημείων, δημιουργήθηκαν πέντε νέες στήλες. Η πρώτη διαχωρίζει τους στύλους σε Υποσταθμούς και απλούς στύλους. Στις υπόλοιπες έγινε καταχώρηση των στοιχείων των στύλων σύμφωνα με το σχέδιο και τα δεδομένα που αναγράφονταν σε κάθε τεταρτημόριο (ύψος, εξοπλισμός, τύπος, γείωση). (Εικόνες 24, 25)





Εικόνα 24: Οι εντολές *Toggle editing* και *New Column* για την δημιουργία των νέων στήλων

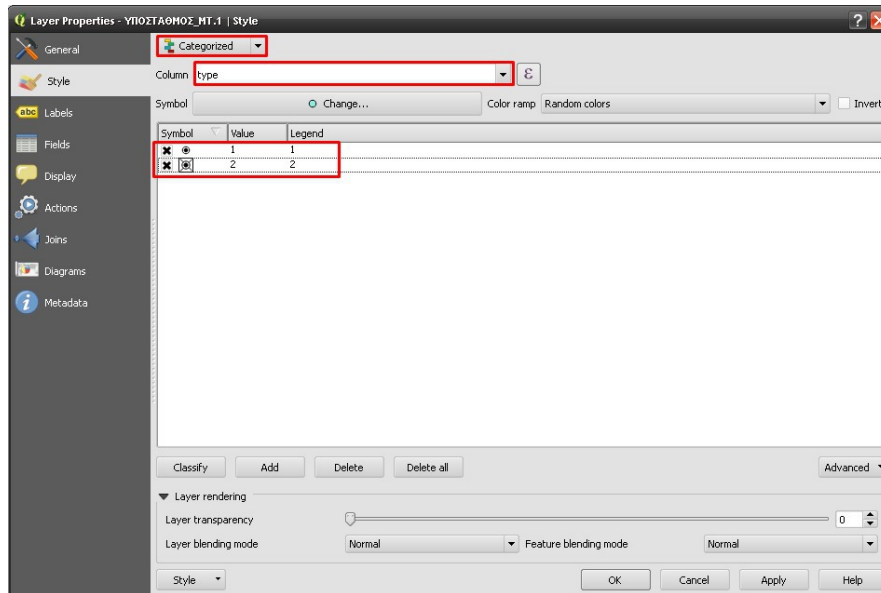


Εικόνα 25: Οι επιλογές για την δημιουργία της στήλης

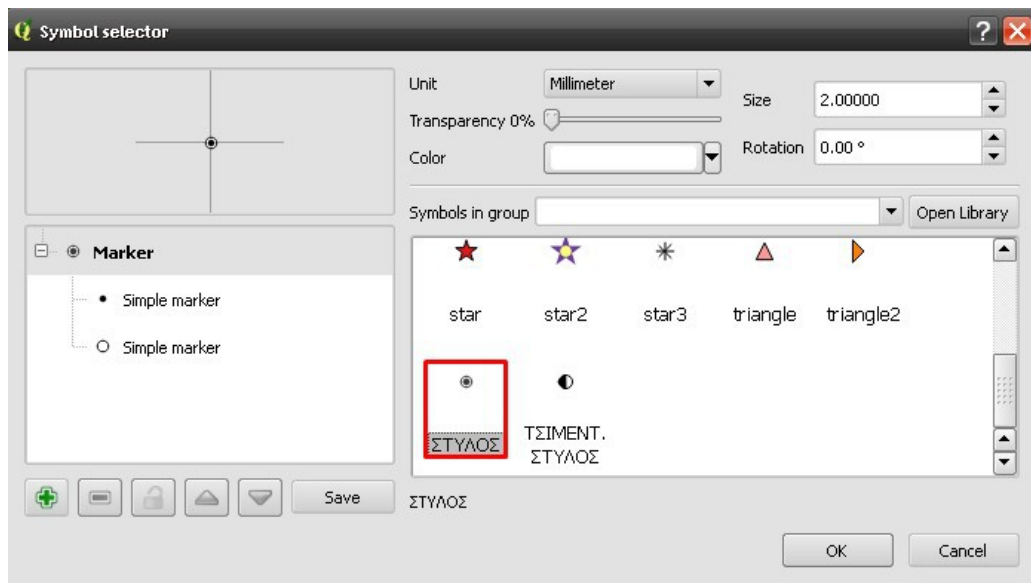
Επίσης, στο “Attribute Table” του shape file του δικτύου δημιουργήθηκαν δυο στήλες. Στην μια καταχωρήθηκαν οι αποστάσεις μεταξύ των κολώνων ενώ στην άλλη καταχωρήθηκαν οι τύποι καλωδίων που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Μετά έγινε κατηγοριοποίηση των στύλων σε υποσταθμούς και απλούς στύλους, σύμφωνα με το σχέδιο. Από τις ρυθμίσεις του shape file των σημείων, επιλέχθηκε το Categorized και στη συνέχεια η στήλη, η οποία διαχωρίζει τους στύλους. Τέλος έγινε επιλογή των συμβόλων, οι υποσταθμοί συμβολίστηκαν με  ενώ οι στύλοι με 

(Εικόνα 26, 27)

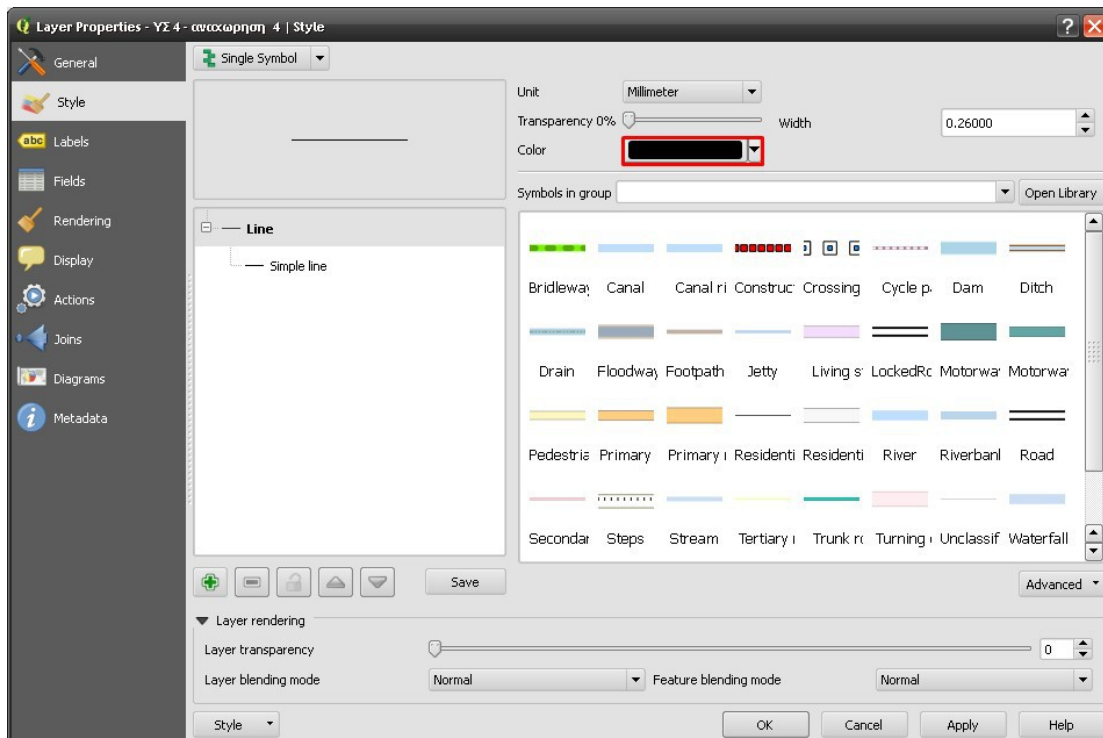


Εικόνα 26: Οι επιλογές που έγιναν για την κατηγοριοποίηση των στύλων

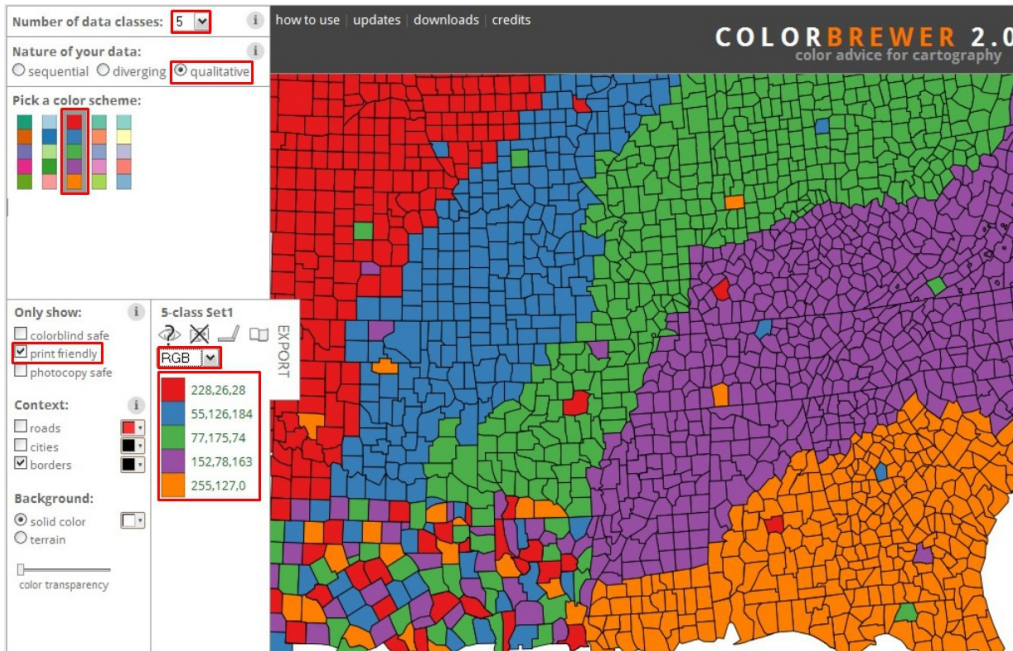


Εικόνα 27: Επιλογή συμβολισμού για στύλο και υποσταθμό

Στη συνέχεια έγινε κατηγοριοποίηση του δικτύου σε μέσης και χαμηλής τάσης. Το δίκτυο της μέσης τάσης συμβολίστηκε με μαύρο χρώμα. Η χαμηλή τάση διαχωρίστηκε σε αναχωρήσεις ανά υποσταθμό και συμβολίστηκε με αποχρώσεις με βάση συγκεκριμένη παλέτα, από το "Colorbrewer". (Εικόνα 21) Το "Colorbrewer" είναι μία ιστοσελίδα, η οποία επιλέγει χρωματικές παλέτες με αποχρώσεις, οι οποίες θεωρούνται κατάλληλες για θεματικούς χάρτες. Από τις ρυθμίσεις του shape file του δικτύου γίνεται η επιλογή της απόχρωσης. (Εικόνα 20)



Εικόνα 28: Επιλογή απόχρωσης του δικτύου

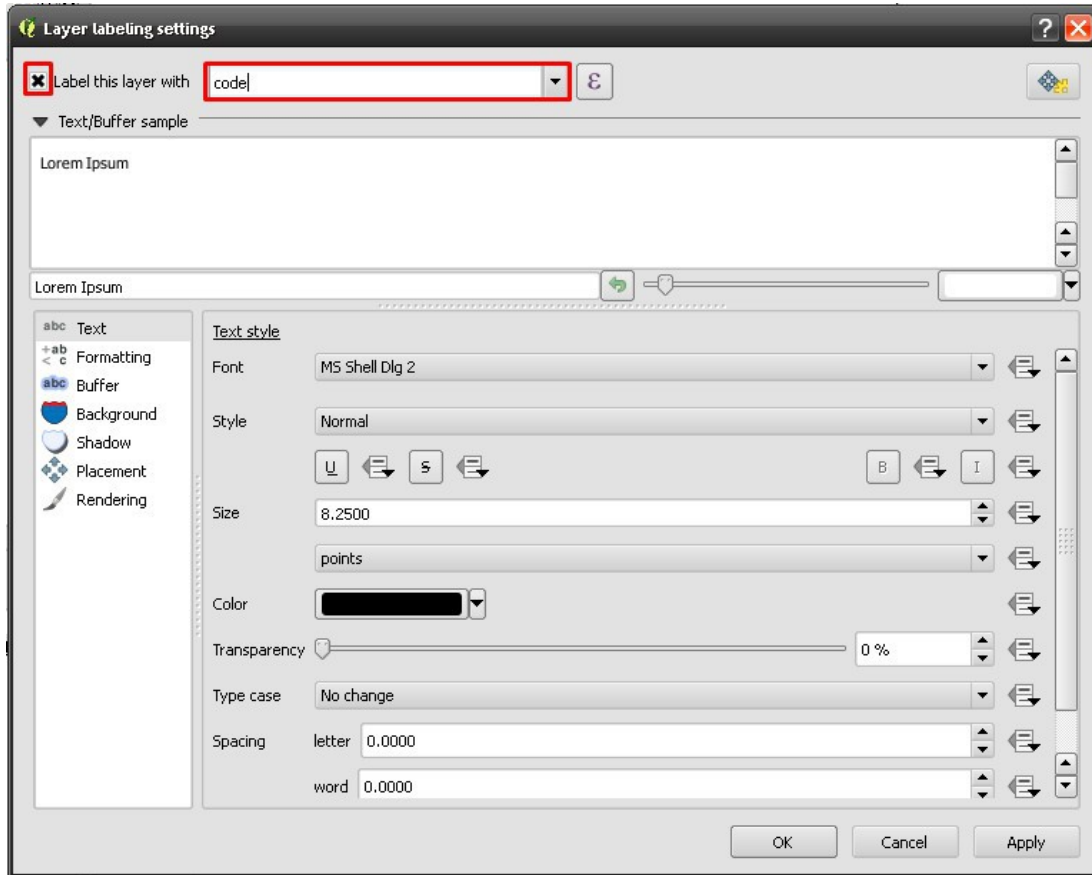


Εικόνα 29: Οι εντολές που δόθηκαν για την επιλογή παλέτας στο "Colorbrewer"

Για να μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει το χάρτη, θα πρέπει να εμπεριέχονται πληροφορίες για το κάθε στοιχείο, το οποίο διακρίνεται. Για να εμφανιστούν, λοιπόν, αυτές οι πληροφορίες, οι οποίες καταχωρίστηκαν προηγουμένως μέσω του "Attribute Table", θα χρειαστεί να γίνει προσθήκη ετικετών. Οι ετικέτες εμφανίζονται δίπλα ή κοντά σε κάθε σημείο ή γραμμή και δίνουν μια πληροφορία για το κάθε ένα. Με την επιλογή "Layer Labeling Options" (Εικόνα 30) γίνεται δυνατή η απεικόνιση ετικετών, επιλέγοντας μια στήλη, στη οποία είχε γίνει καταχώρηση (πχ code) (Εικόνα 31). Με το που ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, εμφανίζεται η κωδική ονομασία δίπλα σε κάθε στύλο.



Εικόνα 30: Με την εντολή "Label Labeling Options" εμφανίζονται οι επιλογές για τις ετικέτες

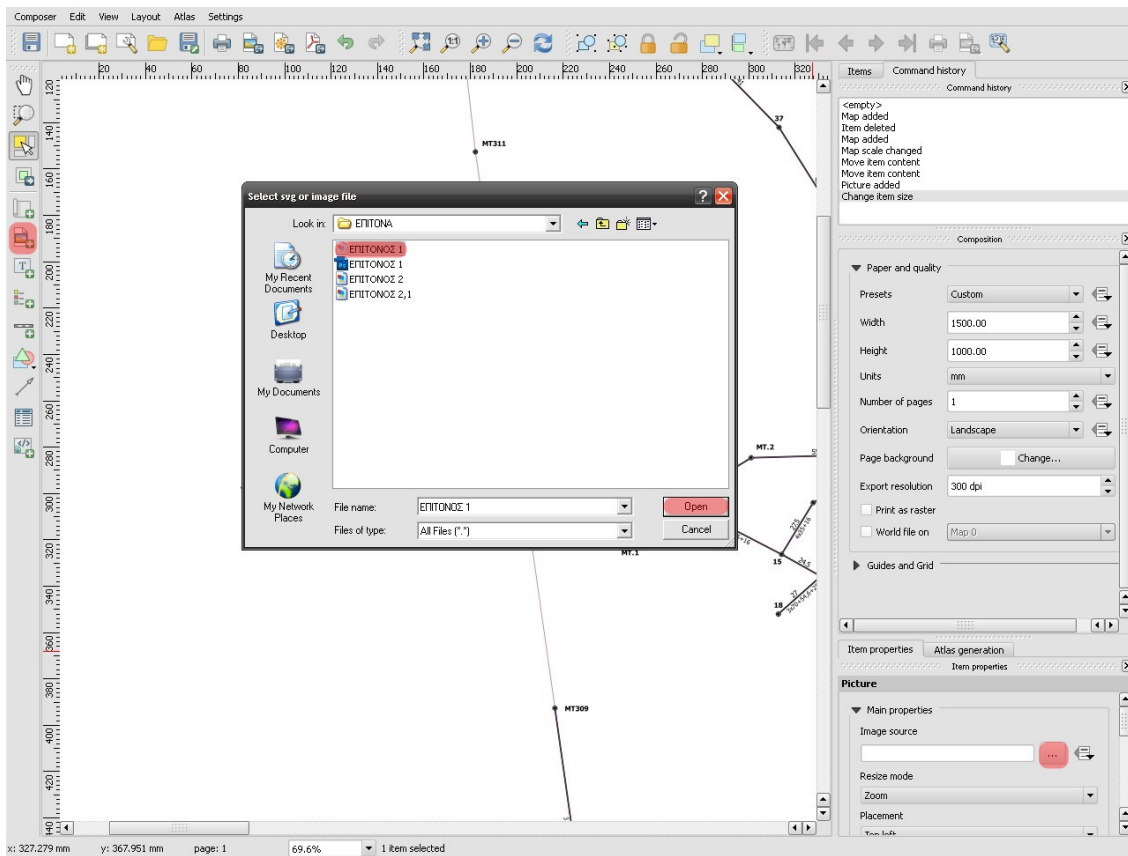


Εικόνα 31: Οι επιλογές για την εμφάνιση ετικετών

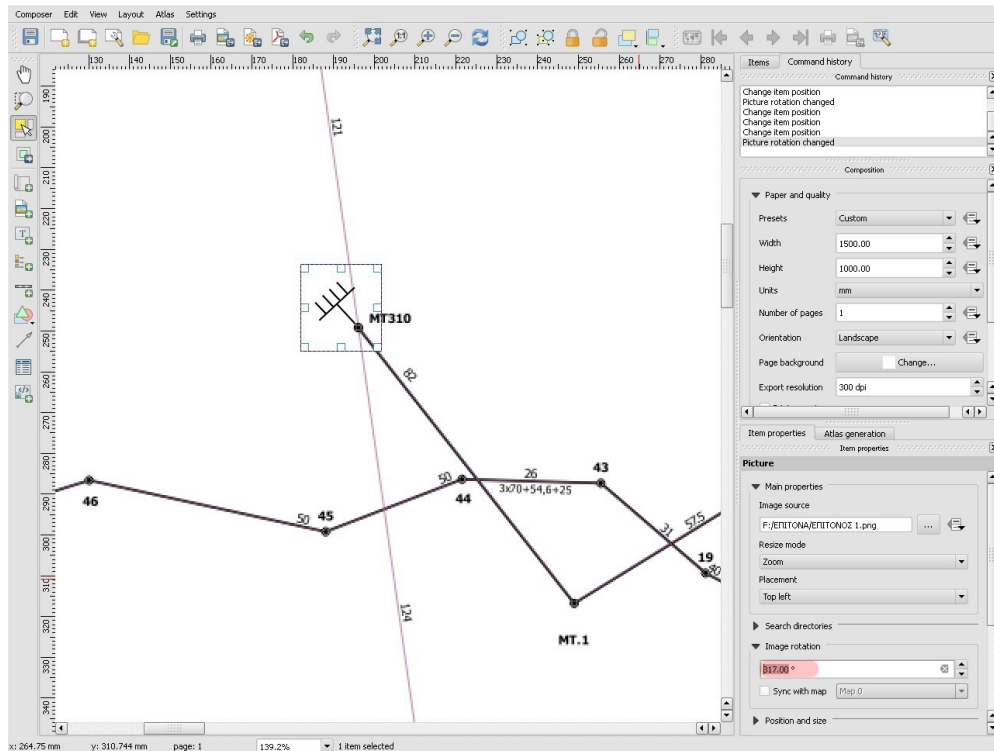
Τέλος, οι τομές και τα επίτονα προστέθηκαν με μορφή εικόνας στο "Composer". Το "Composer" είναι μια λειτουργία στο λογισμικό QGIS, μέσω της οποίας γίνεται εξαγωγή του χάρτη, σε μορφή JPEG, TIFF ή άλλη μορφή ψηφιακής απεικόνισης. Με αυτή λειτουργία γίνεται η επιλογή των διαστάσεων και της ανάλυσης που θα έχει ο χάρτης. Επίσης δίνεται η δυνατότητα να συμπεριλάβουμε βασικές πληροφορίες του χάρτη, όπως κλίμακα, υπόμνημα, τίτλο κλπ. Ακόμη μπορεί κανείς να εισάγει, να μετακινήσει και να περιστρέψει οποιαδήποτε εικόνα θέλει να απεικονίζεται στο χάρτη. Μέσω της τελευταίας δυνατότητας λοιπόν υλοποιήθηκε η προσθήκη των τομών και των επιτόνων. (Εικόνες 32, 33, 34)



Εικόνα 32: Με την επιλογή "New Print Composer" ανοίγει το Composer



Εικόνα 33: Με την επιλογή "Add image" γίνεται εισαγωγή εικόνας.



Εικόνα 34: Περιestroφή και μετακίνηση του συμβόλου, ώστε να τοποθετηθεί στο επιθυμητό σημείο.

3.2.6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ

Για την σχεδίαση της τρισδιάστατης προβολής θα πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί το DEM (Digital Elevation Model) ή αλλιώς "Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους" της περιοχής μελέτης. Ένα Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους αποτελείται από πλήθος υψομετρικών σημείων σε κανονική η μή διάταξη καθώς και γραμμές ασυνέχειας και αλλαγής κλίσεων (brake lines), οι οποίες αποδίδουν τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και τις ανωμαλίες του εδάφους όπως όρια δρόμων, περιγράμματα κτιρίων, όρια υδάτινων επιφανειών, εκχώματα ή επιχώματα, απότομες πτώσεις εδάφους κλπ. (arcgis.com)

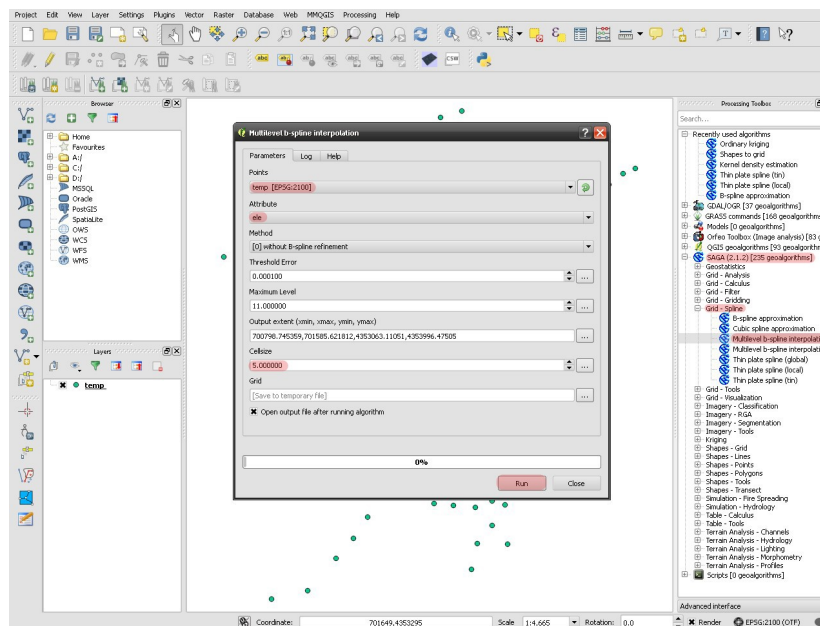
Για την δημιουργία του DEM χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος "b - Spline". Η "b - Spline" είναι μια

μέθοδος χωρικής παρεμβολής, που παράγει μια εκτιμώμενη επιφάνεια, χρησιμοποιώντας μια μαθηματική συνάρτηση, που ελαχιστοποιεί τη συνολική καμπυλότητα της επιφάνειας, με αποτέλεσμα μια ομαλή επιφάνεια που περνά ακριβώς μέσα από ένα σύνολο σημείων, με τιμές Z. (pro-arcgis.com) Το σύνολο σημείων, που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εργασία, ήταν οι στύλοι, οι οποίοι καταγράφηκαν μέσω GPS στο πεδίο. Με την καταγραφή του κάθε σημείου, η εφαρμογή καταχωρούσε τις συντεταγμένες καθώς και το υψόμετρο, που βρίσκεται. Οι τιμές της στήλης με το υψόμετρο, χρησιμοποιήθηκαν ως τιμές Z.

Επίσης, με την χρήση φωτογραφιών από δορυφόρο (Google maps) και του εργαλείου Street View, πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση των κτιρίων του χωριού. Μέσω αυτών των εφαρμογών αντλήθηκαν πληροφορίες σχετικά με τη τοποθεσία, το σχήμα και το ύψος τους.

Για την τρισδιάστατη προβολή του σχεδίου χρησιμοποιήθηκε το Plugin "Qgis2threejs" μέσα από το λογισμικό QGIS. Μέσω του εργαλείου αυτού γίνεται επιλογή του DEM, το οποίο δημιουργήθηκε, των στύλων, του δικτύου και των κτιρίων. Μέσω του λογισμικού αυτού δίνεται η δυνατότητα προσθήκης τρισδιάστατων συμβόλων για ένα πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα.

Από το "Processing Toolbox" γίνεται επιλογή του "Multilevel b-spline interpolation". Μετά έγινε επιλογή του Shape file των στύλων, καθώς και της στήλης με τις τιμές των υψομέτρων. Με την επιλογή "Run" εμφανίζεται το DEM. (Εικόνα 35)

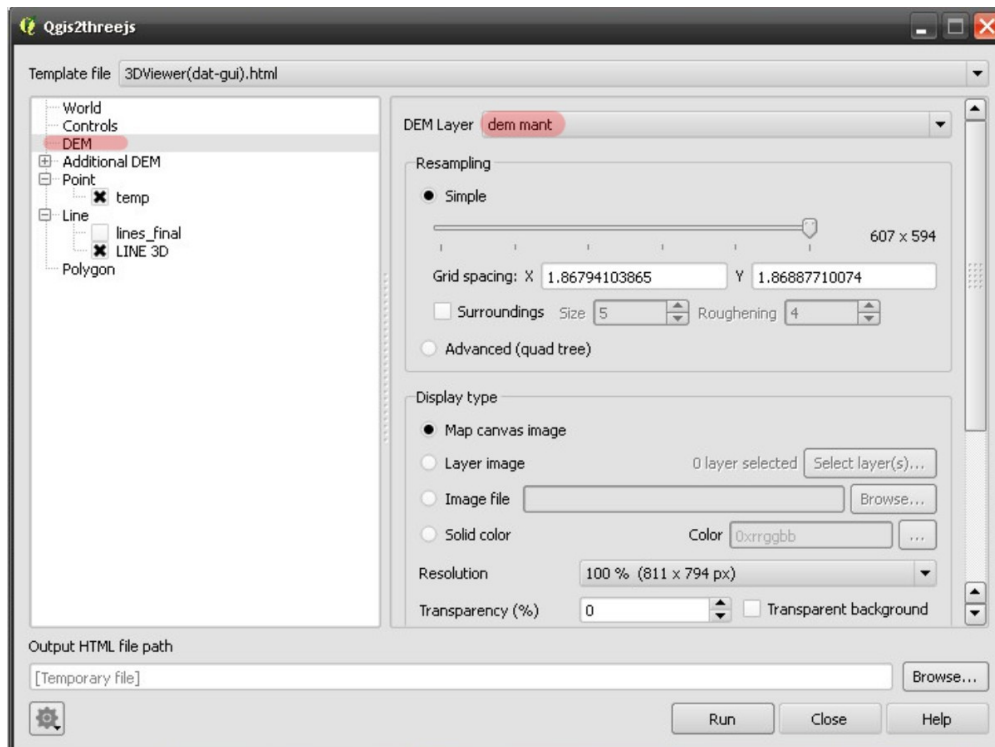


Εικόνα 35: Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την δημιουργία του DEM

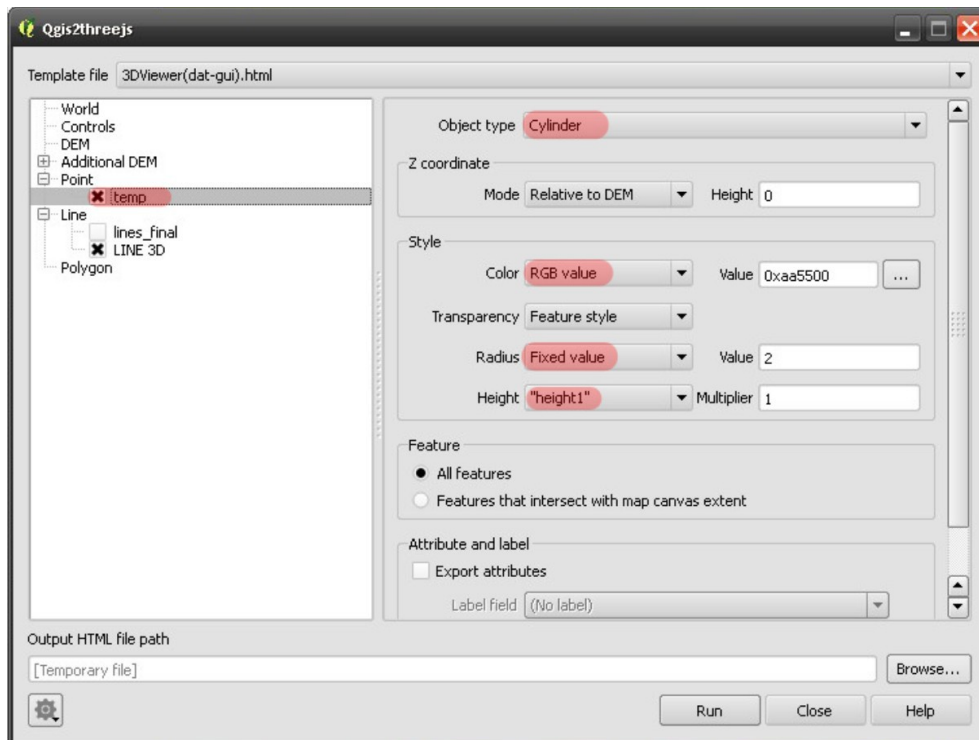


Εικόνα 36: Η εντολή "Qgis2threejs", εμφανίζει τις επιλογές για την δημιουργία της τρισδιάστατης απεικόνισης

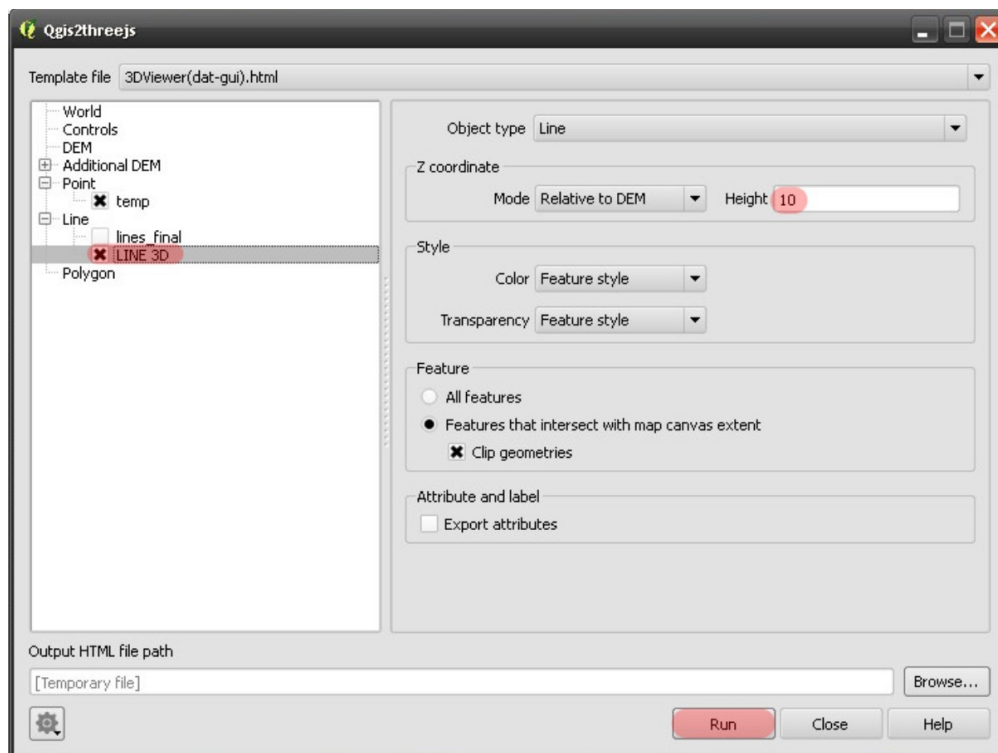
Στη συνέχεια μέσω του plugin "Qgis2threejs", έγινε επιλογή του DEM και των σημείων. Για τα σημεία έγιναν επιλογές για το σχήμα, το χρώμα, το μέγεθος και το ύψος που θα εμφανίζονται. Τέλος, έγινε προσθήκη του δικτύου και επιλογής του ύψους όπου θα εμφανίζεται. Με την επιλογή "Run" εμφανίζεται η τρισδιάστατη προβολή. (Εικόνες 36, 37, 38, 39)



Εικόνα 37: Επιλογή του DEM



Εικόνα 38: Επιλογή σχήματος, χρώματος, μεγέθους και ύψος των στύλων

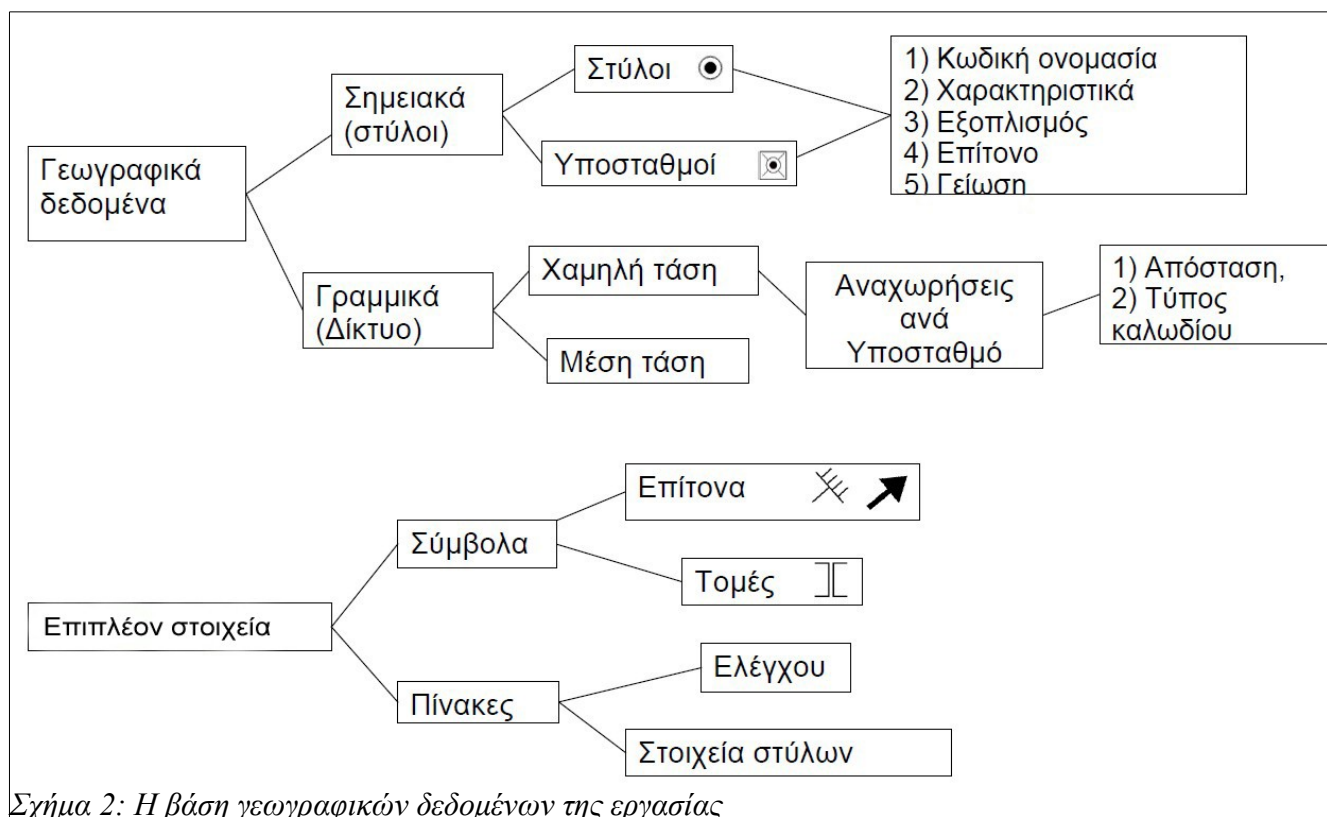


Εικόνα 39: Επιλογή ύψους του δικτύου

3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των δεδομένων έγινε εξαγωγή των αποτελεσμάτων, τα οποία αποτελούν, η βάση των γεωγραφικών δεδομένων, η δισδιάστατη και η τρισδιάστατη οπτικοποίηση του σχεδίου ηλεκτροδότησης της περιοχής του Μανταμάδου.

3.3.1. ΒΑΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



Σχήμα 2: Η βάση γεωγραφικών δεδομένων της εργασίας

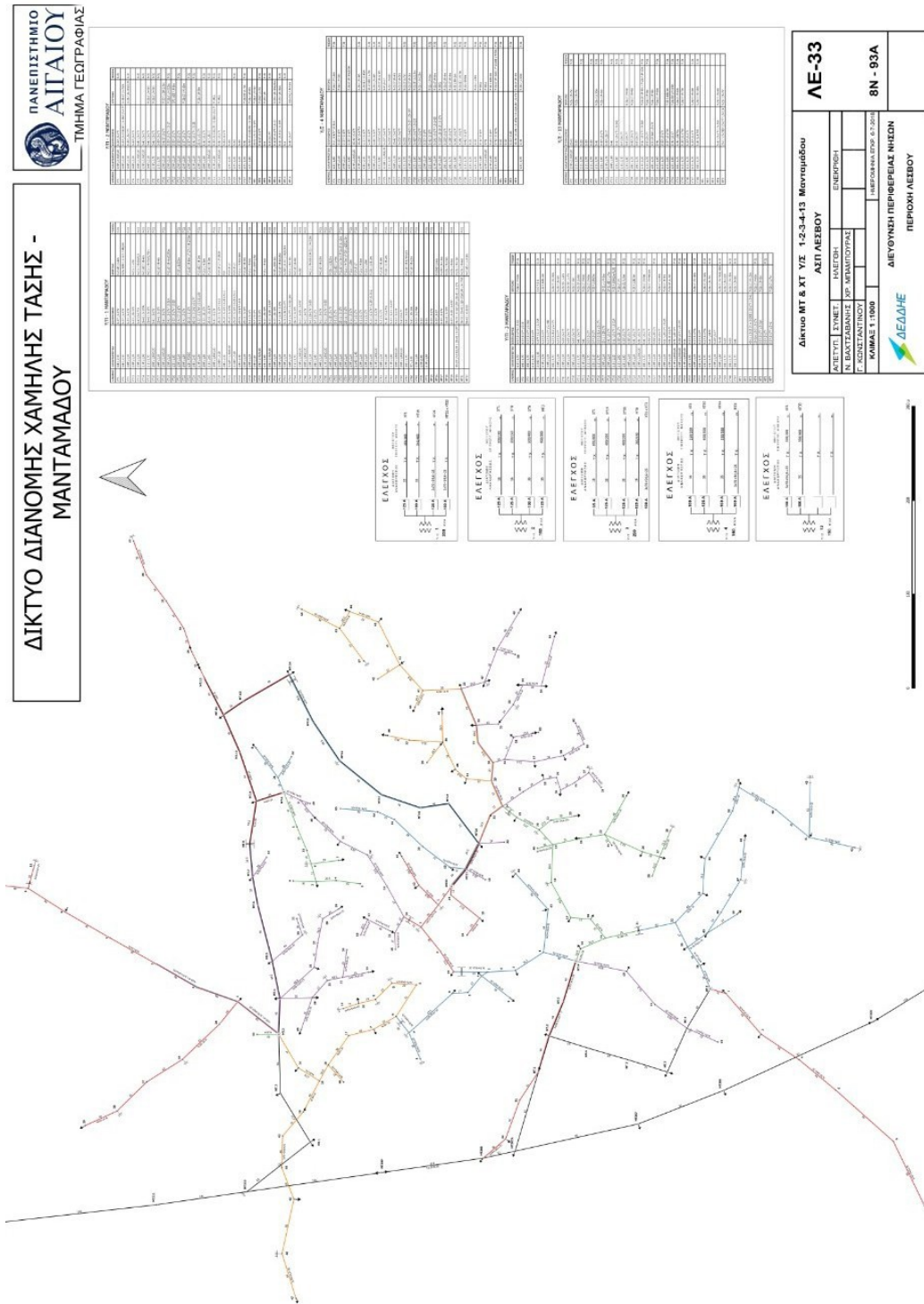
Η βάση δεδομένων της εργασίας αποτελείται από σημειακά και γραμμικά γεωγραφικά δεδομένα, Τα σημειακά δεδομένα, που είναι οι στύλοι, χωρίζονται σε στύλους (απλούς) και Υ/Σ και στη συνέχεια γίνεται καταχώρηση 1) της κωδικής ονομασίας, 2) των χαρακτηριστικών, 3) του εξοπλισμού, 4) του επίτονου και 5) της γείωσης.

Επίσης έγινε προσθήκη και των άλλων στοιχείων, τα οποία συναποτελούν τα σύμβολα και οι πίνακες. Τα σύμβολα χωρίζονται σε επίτονα και τομές, ενώ οι πίνακες, σε ελέγχου και στοιχεία στύλων.

3.3.2. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζεται το σχέδιο του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης ηλεκτρικής ενέργειας του Μανταμάδου Λέσβου, σε κλίμακα 1:1.000. (Χάρτης 6)

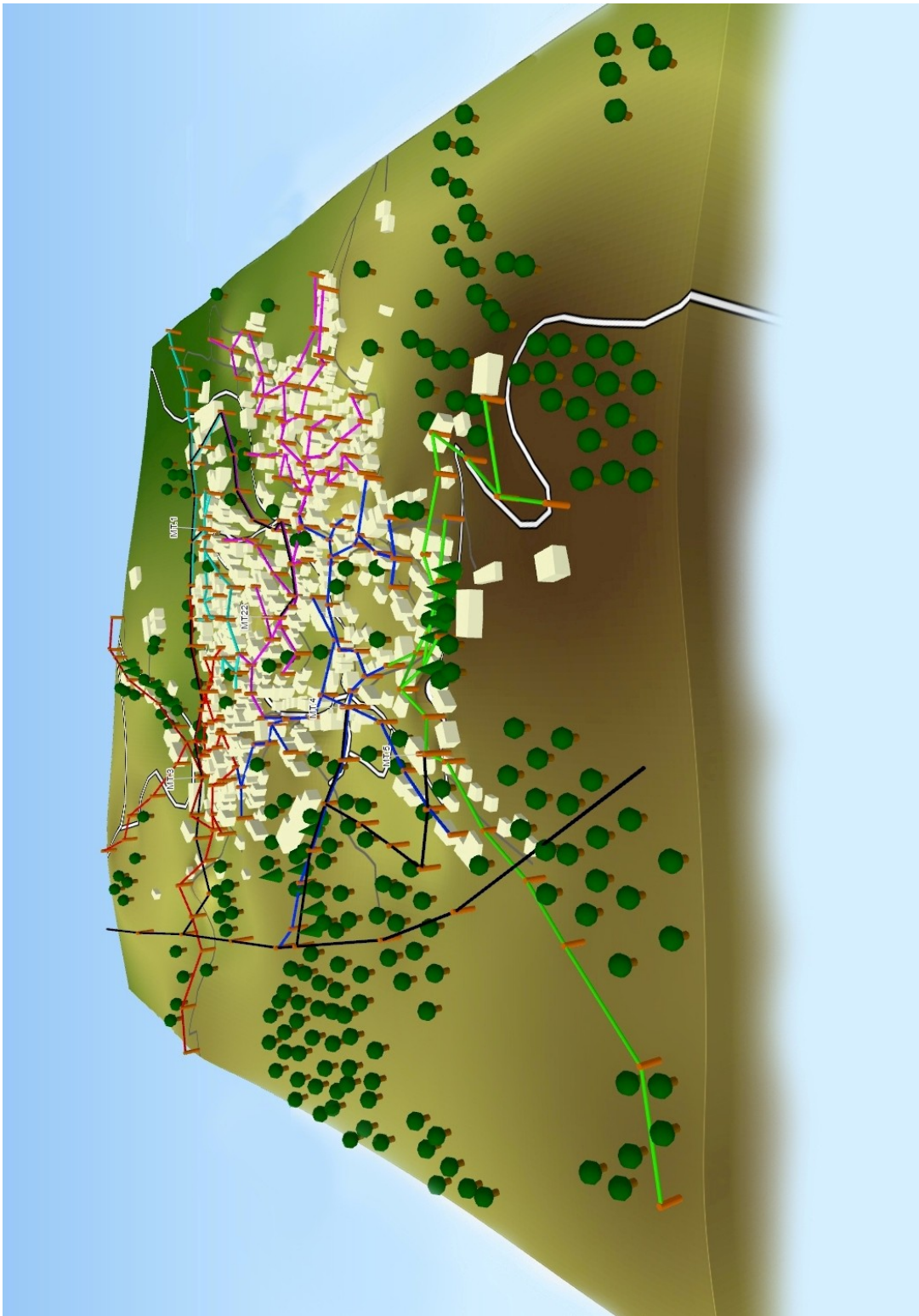
Όπως διακρίνεται και στο σχέδιο, τα σημεία αντιστοιχούν στους στύλους και οι γραμμές στο δίκτυο. Κοντά σε κάθε σημείο έχει τοποθετηθεί η κωδική ονομασία του κάθε στύλου και στις γραμμές, πληροφορίες για τη απόσταση και τον τύπο καλωδίου. Κάθε διαφορετικό χρώμα υποδηλώνει και μια αναχώρηση δικτύου ενώ με μαύρο διακρίνεται το δίκτυο της μέσης τάσης. Στο σχέδιο επίσης διακρίνονται, τα επίτονα και οι τομές με τα αντίστοιχα σύμβολα. Δεξιά στο χάρτη υπάρχουν πίνακες, οι οποίοι περιέχουν τα στοιχεία - πληροφορίες του κάθε στύλου σε αριθμητική σειρά. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν ο αριθμός, που υποδηλώνει κωδική ονομασία του στύλου, τα χαρακτηριστικά του (ύψος, τύπος και βάθος), τον εξοπλισμό, το επίτονο και η γείωση.



Χάρτης 6: Στο χάρτη παρουσιάζεται το σχέδιο δικτύου διανομής χαμηλής τάσης ηλεκτρικής ενέργειας του Μανταμάδου Λέσβου

3.3.3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

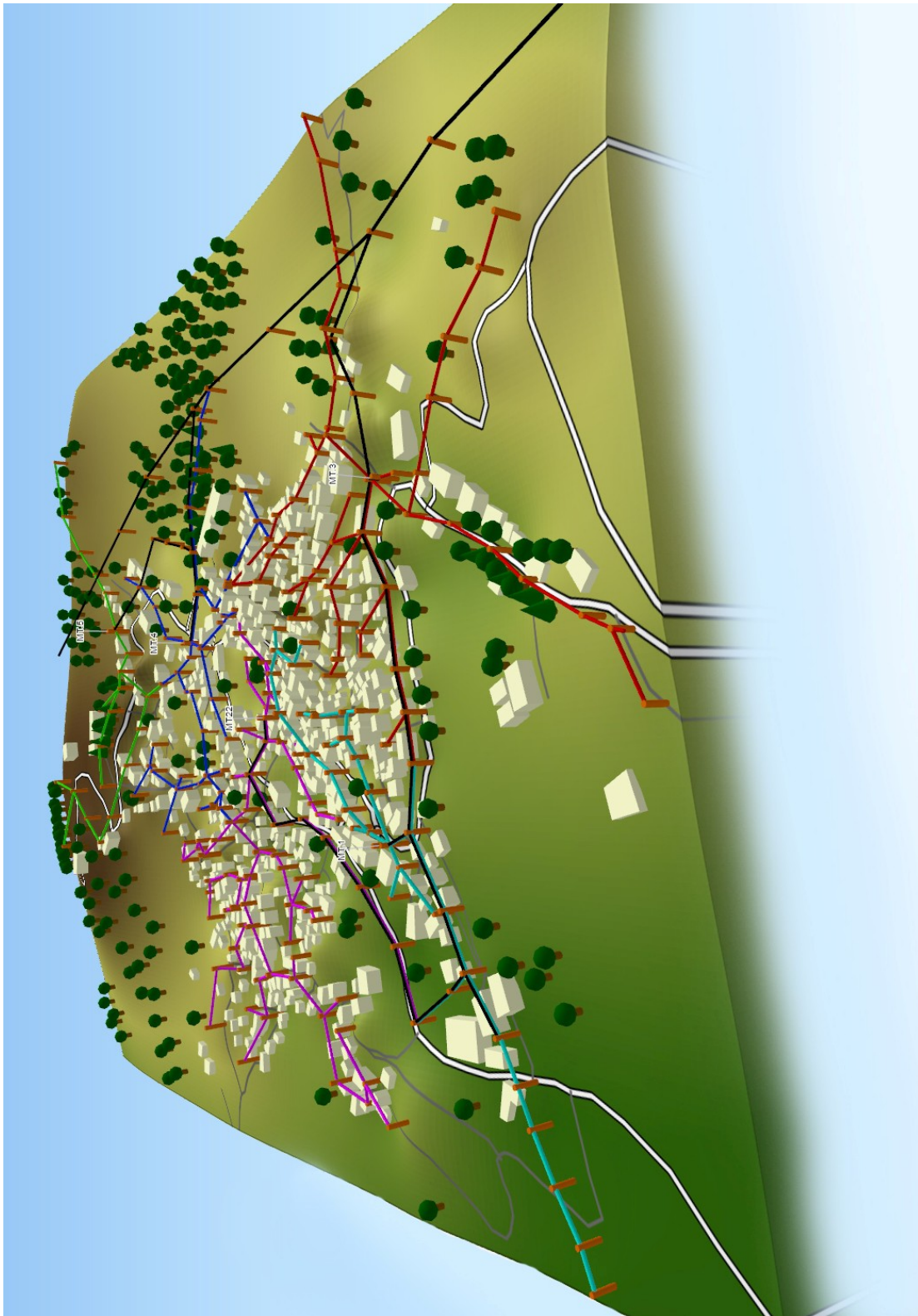
Παρακάτω παρατίθενται εικόνες από την τρισδιάστατη οπτικοποίηση του σχεδίου του ηλεκτρικού δικτύου του οικισμού του Μανταμάδου. Οι στύλοι παρουσιάζονται σε κυλινδρικό σχήμα, καφέ χρώματος ενώ οι υποσταθμοί απεικονίζονται με το αντίστοιχο σχήμα καθώς και με ετικέτα με την κωδική ονομασία του. Το δίκτυο εδώ είναι χωρισμένο ανά υποσταθμό. Το κάθε διαφορετικό χρώμα συμβολίζει και τον υποσταθμό στον οποίο ανήκει. Τα δίκτυα που ανήκουν στον Υποσταθμό 1 (MT 22) συμβολίζονται με μαντζέντα, αυτά που ανήκουν στον Υποσταθμό 2 (MT 1) με ανοιχτό μπλε χρώμα, ο Υποσταθμός 3 (MT 3) με κόκκινο, ο Υποσταθμός 4 (MT 4) με μπλε και ο Υποσταθμός 13 (MT 5) με πράσινο. Τέλος το δίκτυο της μέσης τάσης απεικονίζεται με μαύρο χρώμα. Επίσης διακρίνονται τα κτίρια του χωριού με λευκό χρώμα καθώς και το οδικό δίκτυο, το οποίο είναι χωρισμένο σε κύριο με λευκή έντονη διαγράμμιση και δευτερέων με λεπτότερη διαγράμμιση γκρίζου χρώματος. Η πρώτη εικόνα είναι προσανατολισμένη στο Βορρά (Εικόνα 40), η δεύτερη στη Δύση (Εικόνα 41), η τρίτη στο Νότο (Εικόνα 42) και τέταρτη στην Ανατολή (Εικόνα 43).



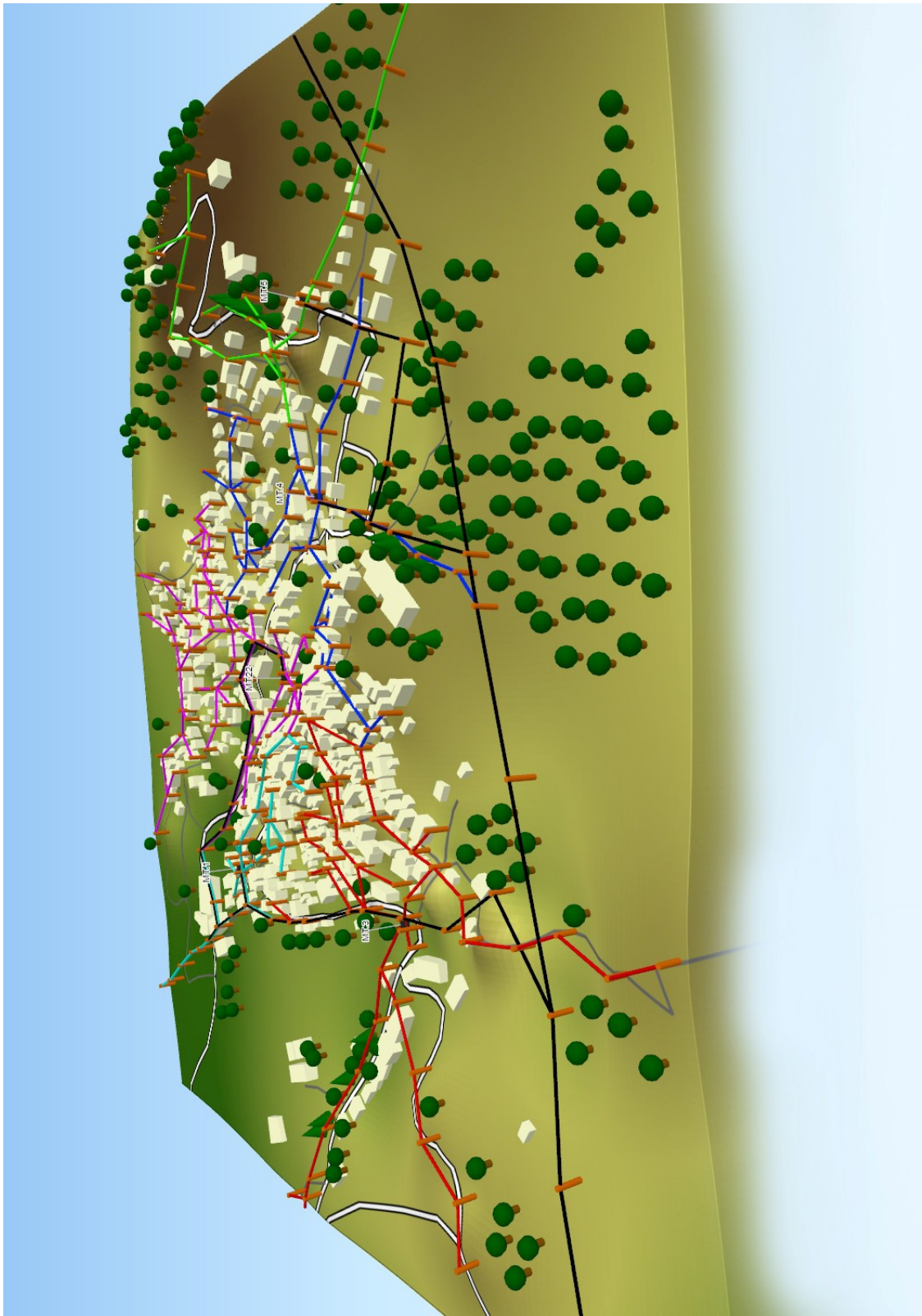
Εικόνα 40: Η τρισδιάστατη προβολή του δικτύου ηλεκτροδότησης του Μανταμάδου προσανατολισμένη προς το Βορρά.



Εικόνα 41: Η τρισδιάστατη προβολή του δικτύου ηλεκτροδότησης του Μανταμάδου προσανατολισμένη προς τη Δύση



Εικόνα 42: Η τρισδιάστατη προβολή του δικτύου ηλεκτροδότησης του Μανταμάδου προσανατολισμένη προς το Νότο



Εικόνα 43: Η τρισδιάστατη προβολή του δικτύου ηλεκτροδότησης του Μανταμάδου προσανατολισμένη προς την Ανατολή

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, έχει χαρτογραφηθεί νέο σχέδιο και η τρισδιάστατη οπτικοποίηση του, το οποίο αποτυπώνει το δίκτυο χαμηλής τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος της περιοχής του Μανταμάδου. Το αποτέλεσμα της εργασίας αυτής, έχει πολλά οφέλη για τους τεχνικούς άλλα και όσους σχετίζονται άμεσα με αυτό.

Αρχικά, το σχέδιο είναι πιο κατανοητό, καθώς τα στοιχεία εμφανίζονται καταχωρημένα σε πίνακα με χαρακτήρες, πληκτρολογημένους σε Η\Υ, ώστε να διακρίνονται με ευκολία, σε αντίθεση με το αρχικό στο οποίο ήταν χειρόγραφα. Τα σημεία βρίσκονται στην πραγματική τους θέση και έτσι μπορούν να κατατοπίζονται στο χώρο με ακρίβεια. Επίσης, το σχέδιο υπάρχει, σε ψηφιακή μορφή και μπορεί να μελετηθεί από οποιαδήποτε "έξυπνη" κινητή συσκευή, σε οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες.

Με την δημιουργία αυτού του σχεδίου, η αναθεώρηση και η διόρθωση κάποιου τμήματος του, μπορεί να πραγματοποιηθεί πολύ πιο εύκολα και γρήγορα μέσω κατάλληλου προγράμματος σε Η\Υ. Η διαδικασία αυτή με τον παραδοσιακό τρόπο, θα ήταν πολύ πιο χρονοβόρα και χωρίς μεγάλα περιθώρια λάθους.

Μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης δίνεται στον παρατηρητή, η δυνατότητα να μπορεί να περιηγηθεί σε οποιοδήποτε σημείο θελήσει. Επιπλέον μπορεί να δει, από διάφορες οπτικές γωνίες, αυτό για το οποίο ενδιαφέρεται, σχηματίζοντας μια πιο ολοκληρωμένη άποψη. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση, προβάλλονται περισσότερες λεπτομέρειες από ένα απλό χάρτη ή σχέδιο, με αποτέλεσμα να δίνονται απαντήσεις σε σημαντικές αποφάσεις που θα χρειαστεί, πιθανώς, να παρθούν στο μέλλον.

4.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Κατά την διάρκεια ενασχόλησης με την εργασία, συναντήθηκαν αρκετά, εμπόδια τα οποία ξεπεράστηκαν σχετικά εύκολα. Υπήρχαν όμως και προβλήματα, τα οποία χρειάστηκε περισσότερο χρονικό διάστημα, ώστε να λυθούν. Μια από τις κύριες δυσκολίες, ήταν η επεξεργασία των σημείων στον υπολογιστή. Τα σημεία, τα οποία καταγραφθήκαν μέσω του GPS, είχαν απόκλιση από τις πραγματικές θέσεις τους. Επίσης άλλα σημεία βρισκόντουσαν σε δύσβατη περιοχή, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η προσέγγιση τους και η καταγραφή να πραγματοποιείται ή από απόσταση ή μέσω του λογισμικού.

Η μετακίνησή αλλά και η ψηφιοποίηση νέων σημείων, στην ακριβή τοποθεσία μέσα από το λογισμικό QGIS, ήταν αρκετά περίπλοκη και χρονοβόρα. Για την λύση του ζητήματος αυτού χρειάστηκε προσεκτική παρατήρηση των φωτογραφιών που τραβήχτηκαν στο πεδίο, καθώς και των φωτογραφιών από δορυφόρο.

Ένα άλλο πρόβλημα, το οποίο αντιμετωπίστηκε, ήταν η διαδικασία κατά την οποία έπρεπε να περαστούν τα στοιχεία - πληροφορίες από το αρχικό σχέδιο στο "Attribute table" των σημειακών και γραμμικών στοιχείων. Το σχέδιο, το οποίο δόθηκε από το ΔΕΔΔΗΕ, είχε γίνει εξαγωγή από σαρωτή από το πρωτότυπο, καθώς έπρεπε να μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή. Με τη σάρωση ένα μέρος της ανάλυσης του αρχείου χάνεται στο εξαγόμενο αρχείο, με αποτέλεσμα σε κάποια σημεία, να μην ήταν δυνατή η ανάγνωση ορισμένων στοιχείων. Η δυσκολία αυτή ξεπεράστηκε με μερικές συναντήσεις με τον κ. Κωνσταντίνου, ο οποίος εργάζεται στα γραφεία της ΔΕΔΔΗΕ Λέσβου. Με την πολύτιμη βοήθεια του λύθηκε οποιαδήποτε απορία, σχετικά με το σχέδιο, είχε δημιουργηθεί.

4.2. ΜΕΤΕΠΕΙΤΑ ΕΞΕΛΙΞΗ

Τέλος, όσον αφορά την μελλοντική εξέλιξη, μπορούν να γίνουν πολλές ενέργειες, για περαιτέρω βελτίωση, όπως η δημιουργία μιας εφαρμογής, η οποία θα είναι συμβατή με κινητές συσκευές με λογισμικό “Android”. Η εφαρμογή, αυτή, θα περιλαμβάνει σχέδια δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας από όλες τις περιοχές και οικισμούς του νησιού. Ανοίγοντας την εφαρμογή, η αρχική σελίδα θα μπορούσε να περιλαμβάνει το δίκτυο μέσης και υψηλής τάσης της Λέσβου και από πίσω να εμφανίζεται ο χάρτης του νησιού με τους οικισμούς σε τρισδιάστατη μορφή. Με μια κίνηση ο χρήστης θα έχει την δυνατότητα να επιλέγει τον οικισμό που εκείνος επιθυμεί, και θα εμφανίζεται το σχέδιο χαμηλής τάσης της επιλεγμένης περιοχής. Επιπλέον θα περιλαμβάνει τα στοιχεία και φωτογραφία του κάθε στύλου, με ένα πάτημα στο σημείο - στύλο που εκείνος θελήσει. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να διαθέτει, ακόμη και ένα εργαλείο, το οποίο θα χρησιμοποιεί το οδικό δίκτυο της κάθε περιοχής και μέσω GPS, να υπολογίζεται την συντομότερη διαδρομή από το σημείο που βρίσκεται ο χρήστης, στο επιθυμητό σημείο.

Η χρήση αυτής της εφαρμογής θα έχει πολλά πλεονεκτήματα, καθώς ο χρήστης εύκολα και γρήγορα θα έχει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται, σε μια συσκευή χωρίς να πρέπει να έχει μαζί του, το μεγάλο, σχέδιο δικτύου, το οποίο σε ακραίες καιρικές συνθήκες, θα είναι δύσκολο στην μεταφορά και στην χρήση του. Το επίτευμα αυτό θα είναι σημαντική βελτίωση στον τομέα της μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, ο οποίος σχετίζεται άμεσα με ένα από τα πολυτιμότερα αγαθά στη σημερινή εποχή για τον καθένα, το ηλεκτρικό ρεύμα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλακάκης Ν. 2012. “ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ”. Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Αθήνα (σελ. 3, 11-14)
- [2] Χατζόπουλος Ι., 2012. “ΓΕΩΧΩΡΟΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ”. Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ. (σελ.299-300)
- [3] Φωτίου Α., Πικριδάς Χ., 2012. “GPS και ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ”. Εκδόσεις ΖΗΤΗ. Θεσσαλονίκη (σελ. 19)
- [4] Φουτσιτζης Χ., 2016. “Από τον εξάντα στο G.P.S. Ιστορική αναδρομή των συστημάτων πλοήγησης”. ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (σελ.13-14)
- [5] Πηξαρας Σ., 2005. “ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ”. ΤΕΙ Καβάλας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, τμήμα Ηλεκτρολογίας. (σελ. 12-15)
- [6] Μαλκακης Σ., 2014. “ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΛΕΣΒΟ”. ΤΕΙ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε. Καβάλα (σελ. 45-47)
- [7] Μπιλλήρης, Χ. 2007. “Εισαγωγή στην Γεωδαισία”. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π., (σελ.57)
- [8] Άγα Ε., Γκανιάτσα Ε., Καρράς Γ., Μπιτζιλέκη Χ., Νάκος Β. “ΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ 3D ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ”. Τομέας Τοπογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- ΕΛΣΤΑΤ (statistics.gr)
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (rae.gr)
- ArcGIS for Desktop ([pro - arcgis.com](http://pro-arcgis.com))
- Google Earth (google.com/intl/el/earth/)
- Γεωπάρκο Λέσβου (lesvosgeopark.gr)