



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ
ΓΡΑΜΜΗΣ ΒΟΛΟΣ-ΠΑΛΑΙΟΦΑΡΣΑΛΑ**

Κίμων Παπαδόπουλος

Επιβλέποντες: Νίκος Ηλιού, Γιώργος Καλιαμπέτσος, Παναγιώτης Λεμονάκης

Βόλος, Ιούλιος 2023

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932 Άρθρο 202 Παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Νικόλαος Ηλιού

(Επιβλέπων) Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Γεώργιος Καλιαμπέτσος

Επιστημονικός Συνεργάτης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς

Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των προπτυχιακών μου σπουδών στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ολοκληρώθηκε την άνοιξη του 2023.

Η ενασχόληση με το θέμα και η μελέτη που ακολούθησε υπήρξαν για μένα πλούσια πηγή γνώσεων, σημαντικών για την έναρξη μιας επαγγελματικής καριέρας, την οποία ονειρεύεται κάθε νέος και νέα με τη λήψη του πρώτου του πτυχίου. Οφείλω, ωστόσο, να ομολογήσω ότι η ολοκλήρωση της μελέτης κατέστη εν τέλει χρονοβόρα εργασία, καθώς απαιτούσε ακρίβεια και προσοχή στην παρατήρηση του αντικειμένου μελέτης.

Θέλω στο σημείο αυτό να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους και όλες που με συμπαράσταθηκαν στο πρώτο δύσκολο και πρωτόγνωρο για μένα έργο της εκπόνησης και συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Βασικά, θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα Νικόλαο Ηλιού, καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη συμπαράστασή του και τις εύστοχες παρεμβάσεις του. ευχαριστώ, επίσης, τους συνεπιβλέποντες Γιώργο Καλιαμπέτσο, Επιστημονικό συνεργάτη Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και τον Παναγιώτη Λεμονάκη, για τη βοήθεια, την καθοδήγηση, τις υποδείξεις και, γενικότερα, την υποστήριξή τους στη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους/ες τους/τις διδάσκοντες/ουσες του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών που, άλλοτε άμεσα και άλλοτε έμμεσα, με συμπαράσταθηκαν και με συμβούλευσαν με τις πολύτιμες επιστημονικές τους γνώσεις, ο/η καθένας/καθεμιά στον αντικείμενό του/της και από τη διδακτική βαθμίδα όπου ανήκε.

Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τον πατέρα μου, χάρη στον οποίο πορεύτηκα με ασφάλεια όλα τα χρόνια των σπουδών μου. Ασκώντας εδώ και πολλά χρόνια το επάγγελμα του Αρχιτέκτονα, είχε την υπομονή να προπορεύεται, να ανοίγει τον δρόμο και να προλειαίνει το έδαφος για να βαδίσω και εγώ ξοπίσω του. Με υπομονή αλλά και με χαρά με έβλεπε να εξελίσσομαι και να πλησιάζω το όνειρό του να γίνω καλύτερος από αυτόν. Σ' αυτήν την προσπάθεια έδωσε το μεγάλο παρόν και η μητέρα μου, που ήταν πάντοτε παρούσα με το χαμόγελό της και τα αστεία της στις φουρτούνες μου. Τους ευχαριστώ θερμά και τους δύο.

Βόλος, Ιούλιος 2023

Κίμων Παπαδόπουλος

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

ΒΟΛΟΣ - ΠΑΛΑΙΟΦΑΡΣΑΛΑ

Κίμων Παπαδόπουλος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2023

Επιβλέπον Καθηγητής: Νικόλαος Ηλιού, Καθηγητής Οδοποιίας

Περίληψη

Το τρένο ως μέσο μεταφοράς αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του Ευρωπαϊκού πολιτισμού εδώ και αιώνες. Πρόκειται για ένα ασφαλές, αποτελεσματικό και αξιόπιστο μέσο μεταφοράς ανθρώπων και αγαθών σε μεγάλες αποστάσεις. Στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια κάποιες από τις γραμμές έχουν αφαιρεθεί αχρησιμοποίητες ή υπολειπόμενες και με το πρόσφατο δυστύχημα στα Τέμπη έχουν έρθει στην επιφάνεια προβλήματα που φανερώνουν ότι υπάρχει αρκετός χώρος βελτίωσης.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με την αξιολόγηση της σιδηροδρομικής γραμμής Βόλος – Παλαιοφάρσαλα, μία γραμμή που έχει σταματήσει τη λειτουργία της εδώ και 20 χρόνια, γεγονός που είχε δυσανασχετήσει τους πολίτες του Βόλου και των γύρω περιοχών. Και πιο συγκεκριμένα με το κομμάτι Παλαιοφάρσαλα – Κόκκινα (α' μέρος), καθώς το υπόλοιπο κομμάτι είναι μέρος μίας δεύτερης εργασίας (β' μέρος). Επίσης, πραγματοποιείται βελτιστοποίηση της υφιστάμενης χάραξης, αποτυπώνοντάς την με την μεγαλύτερη δυνατή λεπτομέρεια και υπολογίζοντας εκ νέου τα χαρακτηριστικά της, σύμφωνα με τους σύγχρονους κανονισμούς του ΕΛΟΤ.

Αρχικά, γίνεται μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε για την καλύτερη κατανόηση των κανονισμών και εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Έπειτα, χωροθετείται η περιοχή μελέτης και ερευνάται το πρόβλημα που δημιούργησε στην ευρύτερη περιοχή η παύση λειτουργίας της γραμμής.

Στην συνέχεια, με τη χρήση του προγράμματος **Google Earth** συλλέγουμε τις συντεταγμένες της περιοχής μελέτης ώστε να δημιουργήσουμε το μοντέλο εδάφους. Μετά, με τη χρήση του προγράμματος **Anadelta Tessera** γίνονται η αποτύπωση της σιδηροδρομικής γραμμής με τη βοήθεια εικόνας δορυφόρου και οι εκ νέου υπολογισμοί για την βελτιστοποίηση της χάραξης. Και εισάγοντας το μοντέλο εδάφους έγινε η μηκοτομή και κατ' επέκταση υπολογίσαμε την ερυθρά. Τέλος, από τις διατομές προκύπτουν οι ποσότητες που χρειάζονται και έτσι γίνεται ο προϋπολογισμός και η κοστολόγηση του έργου.

ASSESSMENT OF THE RAILWAY LINE

VOLOS – PALEOFARSALA

Kimon Papadopoulos

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2023

Supervisor: Nikolaos Eliou, Professor of Road Construction

Abstract

The train as a means of transport has been an integral part of European culture for centuries. It is a safe, efficient and reliable means of transporting people and goods over long distances. In our country in recent years some of the lines have been left unused or underused and the recent accident in Tempe has brought to light problems that show that there is plenty of room for improvement.

In this thesis we will deal with the evaluation of the railway line Volos - Paleofarsala, a line that has been out of service for 20 years, a fact that had been resented by the citizens of Volos and the surrounding areas. More specifically, the Paleofarsala - Kokkina section (part 1), as the rest of the section is part of a second work (part 2). Also, an optimization of the existing layout is carried out by mapping it in the greatest possible detail and recalculating its characteristics, according to the modern ELOT regulations.

First, a review of the literature used for a better understanding of the regulations and the preparation of the thesis is carried out. Then, the study area is located and the problem created in the area by the line shutdown is investigated.

Then, using **Google Earth** software, we collect the coordinates of the study area to create the terrain model. Then, using the **Anadelta Tessera** program, the railway line is mapped using satellite imagery and recalculations are made to optimize the layout. And by introducing the terrain model, the topography was made and consequently the red line was calculated. Finally, from the cross sections the quantities needed are derived and thus the budget and costing of the project is done.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας	1
1.1.1 Γενικά.....	1
1.1.2 Η Ιστορία του ελληνικού σιδηροδρόμου.....	2
1.1.3 Ο Θεσσαλικός σιδηρόδρομος Βόλος – Παλαιοφάρσαλα – Καλαμπάκα	7
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	10
1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας	10
Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	12
2.1 Γενικά	12
2.2 Οριζοντιογραφία	13
2.2.1 Ακτίνες Καμπυλότητας και Ταχύτητες	13
2.2.2 Υπερυψώσεις.....	15
2.2.3 Οριζόντιες Συναρμογές	16
2.3 Μηκοτομή	24
2.3.1 Κατακόρυφες Συναρμογές	24
2.3.2 Μέγιστη κατά μήκος κλίση	27
Κεφάλαιο 3 Επεξήγηση Σκεπτικού	28
Κεφάλαιο 4 Τεχνική Περιγραφή	32
4.1 Λίγα λόγια για τη γραμμή	32
4.2 Περιοχή Μελέτης: Παλαιοφάρσαλα – Κόκκινα	32
4.1 Μέθοδος αποτύπωσης από το Google Earth	33
4.2 Anadelta Tessera	39
4.2.1 Μοντέλο Εδάφους.....	39
4.2.2 Χάραξη στην οριζοντιογραφία.....	41
4.2.3 Διορθώσεις Οριζοντιογραφίας	44
4.2.4 Χάραξη στη Μηκοτομή.....	63
Κεφάλαιο 5 Προμέτρηση Υλικών – Προϋπολογισμός	66
5.1 Γενικά	66
5.2 Προμέτρηση Υλικών	66
5.3 Προϋπολογισμός	72
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα	74
6.1 Γενικά	74
Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία	76
Κεφάλαιο 8 Παραρτήματα	78

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1-1: Οι ελληνικές σιδηροδρομικές εταιρείες 1882-1920	3
Πίνακας 2-1: Ζεύγη μέγιστης και ελάχιστης ταχύτητας (Ν.ΚΕ.Γ. 2000).....	14
Πίνακας 2-2: Ζεύγη μέγιστης ταχύτητας και ελάχιστης ακτίνας καμπύλης συναρμογής. (Ν.ΚΕ.Γ. 2000)	25
Πίνακας 2-3: Μήκος l κατακόρυφων συναρμογών. (ΠΕΤΕΠ:07-01-01-10)	26
Πίνακας 8-1: Μετατροπή Συντεταγμένων σε ΕΓΣΑ 87	78
Πίνακας 8-2: Στοιχεία Κορυφών Πολυγωνικής.....	79
Πίνακας 8-3: Πίνακας Διατομών Α'	80
Πίνακας 8-4: Πίνακας Διατομών Β'	81
Πίνακας 8-5: Πίνακας Διατομών Γ'	82
Πίνακας 8-6: Πίνακας Διατομών Δ'	83
Πίνακας 8-7: Ιδιότητες Σιδηροδρόμου	84
Πίνακας 8-8: Έλεγχος κατά μήκος κλίσης.....	85
Πίνακας 8-9: Έλεγχος στα σημεία αλλαγής κλίσης.....	86
Πίνακας 8-10: Προϋπολογισμός Έργου(ανά τρ. μ.)	88

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2-1: α) Κυβική παραβολή β) Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κυβικής καμπύλης συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (Πυργίδης Χ., 2009)	16
Σχήμα 2-2: Παραβολική συναρμογή μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (για $L \leq 3,5$) (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)	17
Σχήμα 2-3: Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο συνεχόμενων κυκλικών καμπύλων (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)	18
Σχήμα 2-4: Πρανές Υπερύψωσης	19
Σχήμα 2-5: Διάγραμμα Καμπυλότητας και Υπερυψώσεων (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)	20
Σχήμα 2-6: Διάγραμμα Καμπυλότητας και Υπερυψώσεων Ομόστροφων Διαδοχικών Καμπυλών (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)	20
Σχήμα 2-7: Διάγραμμα Καμπυλότητας και Υπερυψώσεων Αντίστροφων Καμπυλών (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)	21
Σχήμα 2-8: Συναρμογή Μηκοτομής	25
Σχήμα 2-9: Κατακόρυφη συναρμογή διαφορετικών κλίσεων	26
Σχήμα 3-1: Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο συνεχόμενων κυκλικών καμπύλων, με μικρή ενδιάμεση ευθυγραμμία (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)	28
Σχήμα 3-2: Σημείο ασυνέχειας μεταξύ δύο παραβολικών συναρμογών (Ηλιού 2012)	29

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας

1.1.1 Γενικά

Η ανάπτυξη σύγχρονης υποδομής για την παροχή σιδηροδρομικών μεταφορικών υπηρεσιών, ώστε το εθνικό σιδηροδρομικό δίκτυο να συμβαδίζει και να αποτελεί τμήμα των διευρωπαϊκών δικτύων, αποτέλεσε όραμα του Οργανισμού Σιδηροδρόμων Ελλάδος (ΟΣΕ), ενός ομίλου *«εταιρειών παροχής υπηρεσιών διαχείρισης, ανάπτυξης, συντήρησης και εκμετάλλευσης της Εθνικής Σιδηροδρομικής Υποδομής καθώς και εκτέλεσης αναπτυξιακών έργων υποδομής που συνήθως αναθέτει στην θυγατρική του ΕΡΓΟΣΕ»* (ΟΣΕ, 2018:12). Στο Επιχειρησιακό Σχέδιο 2018-2022 προαναγγέλλεται πως ο στόχος του ΟΣΕ είναι η αναδιάρθρωση και ο εκσυγχρονισμός του σε οικονομικό, θεσμικό και λειτουργικό επίπεδο. Σύμφωνα με την Έκθεση Πεπραγμένων Έτους 2018 (ΟΣΕ, 2018) εντός του έτους 2018 ολοκληρώθηκε η αναβάθμιση της Σιδηροδρομικής Γραμμής, αποβάθρων και τεχνικών στη μετρική γραμμή προαστιακού Σιδηροδρόμου Πατρών και συντελέστηκε η ενίσχυση της θεμελίωσης των βάθρων της Σιδηροδρομικής Γέφυρας Γαλλικού Ποταμού στη Γραμμή Θεσσαλονίκη-Ειδομένη. Μεταξύ άλλων ο ΟΣΕ περιλαμβάνει οργανωτικές μονάδες, όπως λ.χ. Διευθύνσεις Συντήρησης Γραμμής, Συντήρησης Ηλεκτρομηχανολογικών Συστημάτων & Ηλεκτροκίνησης και Υποστήριξης Σιδηροδρομικού Έργου Βορείου Ελλάδος.

Ωστόσο, το ζήτημα της «αξιολόγησης» παραμένει πρώτιστο σε κάθε τομέα της ανθρώπινης δράσης, επομένως και στο ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο. Στο πλαίσιο αυτού του προβληματισμού, εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία, της οποίας ο τίτλος είναι «Αξιολόγηση της Σιδηροδρομικής Γραμμής: Βόλος - Παλαιοφάρσαλα».

Το αντικείμενό της είναι η αξιολόγηση της σιδηροδρομικής γραμμής Βόλος – Παλαιοφάρσαλα, που αποτελεί μέρος της ευρύτερης γραμμής που ενώνει τον Βόλο με την πόλη της Καλαμπάκας. Μελετάται η υφιστάμενη χάραξη και τα όποια προβλήματα της και πραγματοποιείται εκ νέου μελέτη για τη βελτιστοποίηση και εκμετάλλευση αυτής.

1.1.2 Η Ιστορία του ελληνικού σιδηροδρόμου

Σκοπός της ενότητας αυτής είναι μια σύντομη αναφορά στην ιστορία των ελληνικών σιδηροδρόμων. Το ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο αναπτύχθηκε σταδιακά και σε μάκρος χρόνου με πρωτοβουλία ξένων ιδιωτικών εταιρειών. Για την περιγραφή αυτή προκρίνεται η εξιστόρηση των σχετικών γεγονότων και αποφάσεων κατά χρονολογική σειρά. Ο τρόπος αυτός θεωρείται πιο δόκιμος και αποτελεσματικός, τόσο στον συγγραφέα αυτής της προπτυχιακής εργασίας όσο και στον αναγνώστη/στριά της.

1.1.2.1 Ο σιδηρόδρομος στην Ελλάδα τον 19^ο αιώνα

Η αρχή της ιστορίας των ελληνικών σιδηροδρόμων εντοπίζεται στην αρχή του νεοσύστατου ελληνικού κράτους, το 1830. Από τότε μέχρι το 1835 οι εργασίες αφορούσαν τον σχεδιασμό για την κατασκευή της σιδηροδρομικής γραμμής Αθήνας – Πειραιά. Οι εργασίες κατασκευής άρχισαν πολύ αργότερα, το 1857, όταν υπογράφηκε σύμβαση κατασκευής με τέσσερις διαφορετικές εταιρείες. Χρειάστηκαν 12 χρόνια εργασιών, ως το 1869, για να ολοκληρωθεί το έργο της γραμμής Αθήνα Πειραιά μήκους 8,8 χιλιομέτρων. Η πρώτη γραμμή, λοιπόν, λειτούργησε στην Ελλάδα τον Φεβρουάριο του 1869 και οι τερματικοί σταθμοί της ήταν οι σημερινοί του Ηλεκτρικού σιδηροδρόμου στο Θησείο και στο λιμάνι του Πειραιά (Παπαγιαννάκης 1990).

Το 1895 έχουμε επέκταση της γραμμής μέχρι και την Ομόνοια, ενώ το 1904 έγινε ηλεκτροκίνητη με τρίτη τροχιά και τότε δημιουργήθηκε η γραμμή 1 του μετρό της Αθήνας.

Η σκέψη για τη δημιουργία ενός σιδηροδρομικού δικτύου ήταν αποτέλεσμα της κοινωνικής και οικονομικής κατάστασης της Ελλάδας στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Να σημειωθεί ότι η δημιουργία σιδηροδρομικού δικτύου στην Ελλάδα καθυστέρησε σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Μια κοινωνία με καθαρά αγροτικό χαρακτήρα, με μικρές αγροτικές πόλεις σε ρόλο οικονομικών εμπορικών κέντρων με τα χωριά που τις περιέβαλλαν είχε ελάχιστες οδούς (Τσουκαλάς, 1977). Ένα σιδηροδρομικό δίκτυο θα κάλυπτε στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό τις επικοινωνιακές ανάγκες των κατοίκων και στο εσωτερικό της χώρας και στο εξωτερικό.

Το όραμα να γίνει η Ελλάδα επικοινωνιακός κόμβος μεταξύ Ευρώπης, Ινδίας και Ασίας άρχισε να υλοποιεί ο πρωθυπουργός Αλέξανδρος Κουμουνδούρος με την υπογραφή τεσσάρων συμβάσεων κατασκευής σιδηροδρομικών γραμμών κανονικού εύρους 1.435 χιλιοστών το 1881 (Παπαγιαννάκης 1990, Μιχαλά 2015).

Τις συμβάσεις, όμως αυτές, ακύρωσε το 1882 ο επόμενος πρωθυπουργός Χαρίλαος Τρικούπης και τις αντικατέστησε με τέσσερις δικές του, καθώς το όραμά του ήταν διαφορετικό από του προκατόχου του, ήθελε να κάνει το σιδηροδρομικό δίκτυο της χώρας μέσο εσωτερικής ανάπτυξης της χώρας. Οι βλέψεις του περιορίζονταν στην ανάπτυξη εσωτερικού σιδηροδρομικού δικτύου εύρους 1000 χιλιοστών και έκτασης 417 χιλιομέτρων. Το μετρικό εύρος ήταν προτιμητέο γιατί το κόστος ήταν χαμηλότερο από ό,τι ήταν η κανονικού εύρους 1.435 χιλιοστών, η οποία έχει το πλεονέκτημα της ταχύτητας και της δυνατότητας μεταφοράς μεγάλου όγκου φορτίων, σε ταχύτητα και δυνατότητα μεταφοράς μεγάλου όγκου φορτίων, αλλά υπήρχε μεγάλος κίνδυνος να

καταστεί ανέφικτη η κατασκευή της για ποικίλους οικονομικούς λόγους (Παπαγιαννάκης 1990). Στο σχέδιο αυτό συμπεριλαμβανόταν η Πελοπόννησος και ένα ξεχωριστό δίκτυο στη Θεσσαλία για τη σύνδεση του λιμανιού του Βόλου και της πόλης της Καλαμπάκας.

Το 1885 εγκαινιάστηκε μια άλλη γραμμή, συνδέοντας την Αθήνα με το Στροφύλι Κηφισιάς, μέσω διακλάδωσης από τους Αγίους Αναργύρους προς το Λαύριο και στην Ανατολική Αττική μέσω Χαλανδρίου, Παιανίας, Κορωπίου και Μαρκοπούλου που τη λειτουργούσαν οι Σιδηρόδρομοι Αττικής. Τότε κατασκευάστηκε και στρατηγικής σημασίας κεντρική γραμμή Αθήνας – Λάρισας – Συνόρων, λίγο μετά την κοιλάδα των Τεμπών, προς τα τότε ελληνοτουρκικά σύνορα (400 χλμ βόρεια της Αθήνας), η οποία είχε προγραμματιστεί με ευρωπαϊκές προδιαγραφές και γι' αυτό κατασκευάστηκε με κανονικό εύρος 1.435 χιλιοστών. Οι εργασίες ολοκλήρωσης του έργου διήρκεσαν 25 χρόνια, ενώ ο Τρικούπης υπολόγιζε 5 χρόνια. Λόγοι οικονομικοί, στρατιωτικών κινητοποιήσεων και κερδοσκοπίας ήταν κάποιοι από τους ανασταλτικούς παράγοντες που επιβράδυναν την ολοκλήρωση του έργου έως το 1909 (Παπαγιαννάκης, 1990).

1.1.2.2 Ο σιδηρόδρομος στην Ελλάδα τον 20^ο αιώνα.

Όταν με τους Βαλκανικούς Πολέμους του 1912-1913 απελευθερώθηκε η Μακεδονία, τα σιδηροδρομικά δίκτυα της περιοχής υπήχθησαν στην ελληνική επικράτεια.

Κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου 1914-1918, κατασκευάζεται η ενωτική γραμμή Παπούλι-Κατερίνη-Πλατύ. Το 1918 έχουμε την ολοκλήρωση της γραμμής από Αθήνα έως Θεσσαλονίκη μήκους 507 χιλιομέτρων με κανονικό εύρος. Το 1920 η χώρα συνδέεται με τα μεγάλα δίκτυα του εξωτερικού, με την κυκλοφορία της ταχείας αμαξοστοιχίας Simplon Orient Express, Αθήνα-Παρίσι (Ζαρταλούδης κ.α. 1997). Συγκεντρωτικά, οι ελληνικές σιδηροδρομικές εταιρείες το χρονικό διάστημα 1882-1920 έχουν προχωρήσει τα έργα τους ως εξής:

Πίνακας 1-1: Οι ελληνικές σιδηροδρομικές εταιρείες 1882-1920

Εταιρεία	Περίοδος	Μήκος δικτύου σε χιλιόμετρα
Σ.Θ Σιδηρόδρομος Θεσσαλίας	1882- 1953	230
Σ.Π.Α.Π. Σιδηρόδρομοι Πειραιώς-Αθηνών-Πελοποννήσου	1882-1962	750
Σ.Α. Σιδηρόδρομοι Αττικής	1882-1929	76
Σ.Π.Κ Σιδηρόδρομος Πύργος-Κατακόλου	1883-1951	13
Σ.Β.Α.Ε. Σιδηρόδρομοι Βορειοδυτικής Ελλάδος	1890-1953	64
Ε.Ε.Σ. Εταιρεία Ελληνικών Σιδηροδρόμων	1901-1920	441

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Δηλαδή, στις αρχές του 20ού αιώνα 6 ιδιωτικές εταιρίες είχαν το δικαίωμα εκμετάλλευσης και διαχείρισης του υπεραστικού σιδηροδρομικού δικτύου, συνολικού μήκους 1.574 χλμ, οι οποίες είχαν πολλά οικονομικά προβλήματα και επέβαλαν την κρατική παρέμβαση για τη διατήρησή τους. Η κρατικοποίηση του σιδηροδρομικού δικτύου από τη εποχή εκείνη θεωρούνταν η καλύτερη λύση για την αντιμετώπιση των σχετικών προβλημάτων.

Το 1920 ιδρύεται η Σ.Ε.Κ., η δημόσια εταιρία των Σιδηροδρόμων Ελληνικού Κράτους (Σ.Ε.Κ.) στην οποία υπάγονται όλες οι σιδηροδρομικές εταιρίες, με τελευταία την εταιρεία των Σ.Π.Α.Π. (Σιδηρόδρομοι Πειραιώς - Αθηνών - Πελοποννήσου) το 1962, την οποία η Σ.Ε.Κ. θεωρούσε μη κερδοφόρα και εφάρμοζε την πολιτική περικοπών (Ζαρταλούδης κ.α. 1997, Μιχαλά 2015).

Η Σ.Ε.Κ. μετεξελίχθηκε στον Ο.Σ.Ε., τον Οργανισμό Σιδηροδρόμων Ελλάδος με Νομοθετικό Διάταγμα 674/1970. Πρόκειται για όμιλο εταιριών παροχής υπηρεσιών, διαχείρισης και εκμετάλλευσης της ελληνικής σιδηροδρομικής υποδομής, και εκτέλεσης των αναπτυξιακών έργων υποδομής, μιας και έπρεπε να διαχειριστεί το παλιό δίκτυο του προηγούμενου αιώνα, αφού οι σιδηρόδρομοί του ελληνικού κράτους κινούνταν ακόμη στις ράγες της εποχής του Χαριλάου Τρικούπη. Ο οργανισμός ανήκει 100% στο Ελληνικό Δημόσιο (Μιχαλά 2015).

Από το 1950 οι σιδηροδρομικές μεταφορές ακολουθούν πτωτική πορεία, ώστε μέχρι και τις μέρες ακόμα να είναι ένας ισχυρά ελλειμματικός οργανισμός (Τσέκερης & Τσούμα 2010, Μιχαλά 2015).

Το 1981 η Ελλάδα αποτελεί πλέον μέρος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία εφαρμόζει ένα πλαίσιο στρατηγικών για βιώσιμη και έξυπνη κινητικότητα και εισαγάγει μεταρρυθμίσεις για την εξυγίανση και εκσυγχρονισμό του δικτύου, με στόχο την αναβίωση της χρήσης των τρένων ως κυρίαρχων μεταφορικών μέσων. Μάλιστα, μέχρι σήμερα έχει εκδώσει 4 «Σιδηροδρομικά Πακέτα», με τα οποία φροντίζει τον καθορισμό του τεχνολογικού και θεσμικού πλαισίου της απελευθέρωσης της αγοράς των ευρωπαϊκών σιδηροδρόμων. Ο Ο.Σ.Ε. υποχρεώνεται να βιώσει αυτές τις μεταρρυθμίσεις (Τσέκερης & Τσούμα, 2010).

Το 1996 συστήθηκε η ΕΡΓΟΣΕ, ως θυγατρική εταιρεία υπεύθυνη για την εκπόνηση μελετών και για την προμήθεια υλικών, με στόχο να αναλάβει τη διαχείριση των έργων του Επενδυτικού Προγράμματος του Οργανισμού και ιδιαίτερα εκείνων που συγχρηματοδοτούνται από Προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (<https://www.ergose.gr/>).

1.1.2.3 Ο σιδηρόδρομος στην Ελλάδα τον 21^ο αιώνα.

Το 2001 ιδρύθηκε η ΓΑΙΑΟΣΕ, η οποία δραστηριοποιείται στη διαχείριση, αξιοποίηση και ανάπτυξη της σιδηροδρομικής ακίνητης περιουσίας (εκτάσεις και κτίρια) και του σιδηροδρομικού τροχαίου υλικού. (<https://gr.linkedin.com/company/gaiaose>).

Η εφαρμογή των οδηγιών της Ε. Ε. στην Ελλάδα αρχίζει το 2005 με την ενσωμάτωση του 1ου Σιδηροδρομικού πακέτου στο ελληνικό δίκαιο με το Π.Δ. 41/2005. Τότε δημιουργούνται θυγατρικές εταιρείες, στις οποίες μεταβιβάζονται οι επιχειρηματικές δραστηριότητες του ΟΣΕ, οποίος μετατρέπεται πλέον σε όμιλο επιχειρήσεων (ΟΣΕ, 2005). Πρόκειται για την ΤΡΑΙΝΟΣΕ (την 1η Ιουλίου 2022 μετονομάστηκε σε Hellenic Train), με αρμοδιότητα την εκμετάλλευση του δικτύου και την εκτέλεση του μεταφορικού έργου επιβατών και εμπορευμάτων, και τον Ε.ΔΙ.Σ.Υ. (Εθνικός Διαχειριστής Σιδηροδρομικής Υποδομής) με κύριο έργο τη διαχείριση και συντήρηση της σιδηροδρομικής, καθώς και την είσπραξη των εκμετάλλευσης από τις σιδηροδρομικές εταιρείες που τη χρησιμοποιούν.

Το 2008, η ΤΡΑΙΝΟΣΕ ανεξαρτητοποιήθηκε από τον Όμιλο Ο.Σ.Ε. και οι μετοχές του μεταβιβάστηκαν στο Ελληνικό Δημόσιο, ενώ ο Ε.ΔΙ.Σ.Υ. συγχωνεύτηκε από τον Ο.Σ.Ε.

Το 2010, ο νόμος 32 3981/2010 συνέβαλλε στην οικονομική εξυγίανση του ΟΣΕ και στη συμπίρευσή του με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες, και τελικά στην επιχειρηματική ανάπτυξη του ελληνικού σιδηροδρόμου (<https://www.naftemporiki.gr/story/263478>).

Το 2013 οι μετοχές της ΓΑΙΑΟΣΕ μεταβιβάστηκαν στο Ελληνικό Δημόσιο, και έπαυσε να αποτελεί μέρος του Ομίλου Ο.Σ.Ε.

Σήμερα, στον τομέα των ελληνικών σιδηροδρόμων υπάρχουν οι εξής φορείς:

1. Η ανεξάρτητη Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων (ΡΑΣ), η οποία συστάθηκε με το ν.3891/2010 (Α'188) με κύριο σκοπό τη στήριξη του ανοίγματος της αγοράς σιδηροδρομικών μεταφορών στον ανταγωνισμό. Εποπτεύει και ελέγχει την σιδηροδρομική αγορά ώστε να λειτουργεί υπό καθεστώς ελεύθερου ανταγωνισμού, χορηγεί άδειες σε σιδηροδρομικές επιχειρήσεις και τις ανακαλεί όπως προβλέπεται από τη νομοθεσία (Ν 4408/2016), εποπτεύει και ελέγχει τις σιδηροδρομικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, εξετάζει καταγγελίες επιβατών για παραβίαση των διατάξεων του Κανονισμού (ΕΚ) 1371/2007, σχετικά με τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των επιβατών σιδηροδρομικών γραμμών και ασκεί τις αρμοδιότητες της Αρχής Ασφάλειας Σιδηροδρομικών Μεταφορών (<https://ras-el.gr/>).

2. Ο ΟΣΕ Α.Ε., που συνεχίζει να αποτελεί τον Διαχειριστή της Σιδηροδρομικής Υποδομής στην ελληνική επικράτεια. Διαχειρίζεται, συντηρεί, λειτουργεί, εκσυγχρονίζει και επεκτείνει ένα σιδηροδρομικό δίκτυο πλέον των 2.200χλμ. κατά μήκος της χώρας (<https://ose.gr/>).

3. Η ανώνυμη εταιρεία ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε., η οποία ιδρύθηκε την 19.12.2005, αποτέλεσε κατά τη σύστασή της θυγατρική εταιρεία της ΟΣΕ Α.Ε. σε ποσοστό 100%. Από την

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1.2007 ανέλαβε τη λειτουργία και εκμετάλλευση όλων των μεταφορών (επιβατικών, εμπορευματικών, κλπ). Λειτουργώντας έκτοτε ως πλήρως ανεξάρτητη εταιρεία με ξεχωριστή διοίκηση και οργάνωση, σύμφωνα και με τις επιταγές της Κοινοτικής νομοθεσίας. Τον Ιούλιο του 2007 ολοκληρώθηκε η διαδικασία συγχώνευσης με απορρόφηση από την ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε. της εταιρίας ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ Α.Ε. (η οποία διαχειριζόταν τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο της Αθήνας), προσθέτοντας στο αντικείμενό της και τη διαχείριση και λειτουργία των προαστιακών γραμμών. Τον Δεκέμβριο του 2008 η ΟΣΕ Α.Ε. μεταβίβασε το σύνολο των μετοχών που κατείχε επί του μετοχικού κεφαλαίου της ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε. στο Ελληνικό Δημόσιο. Τον Απρίλιο του 2013 μεταβιβάστηκε και περιήλθε το σύνολο των μετοχών της ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε. κατά πλήρη κυριότητα στο ΤΑΜΕΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΣΙΟΥ (ΤΑΙΠΕΔ), κυριότητας του Ελληνικού Δημοσίου και, έκτοτε, το ΤΑΙΠΕΔ ήταν ο μοναδικός μέτοχος της εταιρείας. Στις 18 Ιανουαρίου 2017 υπεγράφη, από τον Διευθύνοντα Σύμβουλο του ΤΑΙΠΕΔ και τον Διευθύνοντα Σύμβουλο της Ferrovie dello Stato Italiane Group (FSI), η σύμβαση πώλησης του 100% της ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε στην FSI. Στις 14 Σεπτεμβρίου 2017 ολοκληρώθηκε η πώληση και μεταβίβαση του 100% των μετοχών της ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε. στην FSI και εντάχθηκε στον ιταλικό όμιλο. Η εταιρεία, πλέον υπό την επωνυμία HELLENIC TRAIN, διοικείται από πενταμελές Διοικητικό Συμβούλιο. Η HELLENIC TRAIN είναι ο βασικός πάροχος (μέχρι και σήμερα ο μοναδικός) σιδηροδρομικής μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων. Παρέχει τις σιδηροδρομικές υπηρεσίες χρησιμοποιώντας το δίκτυο και την εν γένει σιδηροδρομική υποδομή η οποία ανήκει στον ΟΣΕ (καταβάλλοντας τα αντίστοιχα τέλη πρόσβασης δικτύου). Η Εταιρεία υπάγεται στη Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων (ΡΑΣ) η οποία ιδρύθηκε το 2010 (<https://www.hellenictrain.gr/etaireia>).

4. Η ΓΑΙΑΟΣΕ Α.Ε., η οποία έχει ιδρυθεί με την υπ' αριθμ. Φ25/74398/5420/00/3-10-2001 απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών και λειτουργεί χάριν του δημοσίου συμφέροντος σύμφωνα με τους κανόνες της Ιδιωτικής Οικονομίας. Με το ν. 3891/2010, η ΓΑΙΑΟΣΕ ανέλαβε κατ' αποκλειστικότητα τη διοίκηση, διαχείριση και εμπορική εκμετάλλευση της ακίνητης περιουσίας του ΟΣΕ (<https://www.gaiuose.com/nomiko-plesio/>).

5. Η ΣΤΑ.ΣΥ. Α.Ε. (Σταθερές Συγκοινωνίες Α.Ε.), η οποία συστάθηκε στις 17 Ιουνίου 2011 (ΦΕΚ 1454), με τη συγχώνευση των εταιρειών μέσων σταθερής τροχιάς, που καλύπτει συγκοινωνιακά το μεγαλύτερο μέρος του Λεκανοπεδίου της Αττικής. Η εταιρεία ανέλαβε τη λειτουργία όλων των αστικών μέσων σταθερής τροχιάς της περιοχής Αθήνας-Πειραιά, συμπεριελήφθησαν ο Ηλεκτρικός Σιδηρόδρομος Αθηνών Πειραιώς (Η.Σ.Α.Π), η Αττικό Μετρό Εταιρεία Λειτουργίας (Α.Μ.Ε.Λ) και η ΤΡΑΜ Α.Ε. Η συνένωση των 3 εταιρειών έχει ως πρωτεύοντα στόχο την εξοικονόμηση πόρων και την επιβεβλημένη συμπληρωματικότητα των μέσων σταθερής τροχιάς (<https://stasy.gr/>).

Το σιδηροδρομικό δίκτυο της χώρας χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες: ενεργό, υπό κατασκευή, ενεργό σε προσωρινή αναστολή λειτουργίας (επισήμως, λόγω της κακής κατάστασης των γραμμών) και καταργημένο δίκτυο. Το σημερινό δίκτυο ανέρχεται σε **2.552 χλμ. (γραμμές σε εκμετάλλευση), εκ των οποίων το 70% αφορά γραμμή κανονικού εύρους (1435 χιλιοστά)** (<https://ose.gr/>).

Το σιδηροδρομικό δυστύχημα στα Τέμπη, το οποίο συνέβη στις 28 Φεβρουαρίου 2023 κοντά στον οικισμό του Ευαγγελισμού Λάρισας και αφορούσε στη σφοδρή, μετωπική σύγκρουση μιας επιβατικής αμαξοστοιχίας της εταιρείας Hellenic Train με μια εμπορική αμαξοστοιχία, άνοιξε το ζήτημα της ποιότητας παροχής ποιότητας στον τομέα των σιδηροδρόμων και του εκσυγχρονισμού του.

1.1.3 Ο Θεσσαλικός σιδηρόδρομος Βόλος – Παλαιοφάρσαλα – Καλαμπάκα

Όπως αναφέρθηκε, οι κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες που επικρατούσαν στην ελληνική επικράτεια απαιτούσαν την εύρεση ενός αξιόπιστου και αποτελεσματικού μέσου μεταφοράς και επικοινωνίας και αυτό ήταν ο σιδηρόδρομος. Ανάλογα, ο κάμπος της Θεσσαλίας αποτελούσε εθνική πηγή γεωργικών προϊόντων. Είχαν αναπτυχθεί σημαντικές αγορές στις πόλεις της Θεσσαλίας, όπως ο Βόλος, η Λάρισα, η Καρδίτσα, τα Τρίκαλα, οι Σοφάδες και η Καλαμπάκα. Ο Βόλος, μάλιστα, ήταν και βιομηχανικό κέντρο και σημαντικό λιμάνι. Μεταξύ αυτών των αγορών δημιουργήθηκαν σχέσεις εμπορικές που απαιτούσαν τη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών. Για την ικανοποίηση αυτών των αναγκών η πολιτική σκέψη στρέφεται στην ανάπτυξη σιδηροδρομικού δικτύου στην περιοχή. Ο Χαρίλαος Τρικούπης ενέταξε τη δημιουργία του σιδηροδρομικού δικτύου στις άμεσες προτεραιότητές του. Το δίκτυο ξεκινούσε από τον Βόλο, έφτανε στο Βελεστίνο και από εκεί διακλαδωνόταν προς δύο περιοχές. Η μία γραμμή κατευθυνόταν στη Λάρισα και η άλλη διερχόταν από τα Φάρσαλα και την Καρδίτσα, συνέχιζε προς τα Τρίκαλα και κατέληγε στην Καλαμπάκα (Ανδρουλιδάκης, 1995, Καργιώτης, 2012, Γιαννούλας, 2022). Το 1881 ξεκίνησε η κατασκευή της γραμμής Βόλου – Λάρισας, η οποία ολοκληρώθηκε το 1886.

Αναλυτικότερα, η σύμβαση για την κατασκευή της γραμμής Βόλου – Λάρισας υπογράφηκε το 1881 από τον τότε πρωθυπουργό Αλέξανδρο Κουμουνδούρο και προέβλεπε κατασκευή γραμμής 60 χλμ. Μετρικού εύρους. Ωστόσο, η πολιτική αστάθεια της εποχής ήταν η αιτία της βραδυπορίας των εργασιών (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Το 1882 υπογράφηκε μία νέα σύμβαση από τον νέο πρωθυπουργό Χαρίλαο Τρικούπη, η οποία προέβλεπε την επέκταση της γραμμής Βόλου – Βελεστίνου – Λάρισας, προς τη γραμμή Βελεστίνο – Φάρσαλα – Καρδίτσα – Τρίκαλα – Καλαμπάκα. Το ίδιο έτος, 1882, ιδρύεται η εταιρεία Σιδηροδρόμων Θεσσαλίας με γενικό διευθυντή τον Ιταλό μηχανικό Ευαρίστο ντε Κίρικο και οι εργασίες προχωρούν με γοργό ρυθμό. Το λιμάνι του Βόλου εξυπηρετεί σε υπερθετικό βαθμό τις εργασίες, γιατί εκεί φτάνουν όλα τα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

απαιτούμενα για την κατασκευή της γραμμής από το εξωτερικό (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Το 1884 αρχίζει η γραμμή Βελεστίνου – Φαρσάλων απόστασης 57.8 χλμ. Το 1886 ολοκληρώνεται η γραμμή Σοφάδες – Καρδίτσα 16 χλμ και το 1887 η γραμμή φτάνει στην Καλαμπάκα που είναι και το τελικό όριο (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Στην πορεία των χρόνων από το 1886 και εξής ο ρόλος της γραμμής αναπτύσσεται, αναλαμβάνοντας συνεχώς νέα καθήκοντα. Από τη μεταφορά επιβατών και αγαθών από και προς το λιμάνι του Βόλου τα έτη 1886-1887, το 1900 αναλαμβάνει την αλληλογραφία, το 1897 στη διάρκεια του ελληνοτουρκικού πολέμου αναλαμβάνει τη μεταφορά στρατευμάτων, τραυματιών, νεκρών και εφοδίων προς τον Ελληνικό Στρατό, ακόμα και σίτιση των προσφύγων του πολέμου στους σταθμούς του σιδηροδρομικού δικτύου (Γιαννούλας, 2022). Δυστυχώς, η έκβαση του πολέμου ήταν υπέρ των Τούρκων και η προέλαση των τουρκικών στρατευμάτων υπήρξε καταστροφική για το δίκτυο και το τροχαίο υλικό. Στον Βόλο, μάλιστα, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, τη διεύθυνση ανέλαβε Τούρκος διευθυντής (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Το μετρικό εύρος της γραμμής αντικαταστάθηκε σταδιακά από γραμμή κανονικού εύρους: ενώ η γραμμή Αθήνας - Λάρισας άρχισε να αποκτά κανονικό εύρος ήδη από το 1908, η γραμμή Λάρισας – Βόλου απέκτησε μόλις το 1960, με αποτέλεσμα τα τραίνα από Αθήνα ή Θεσσαλονίκη να πηγαίνουν κατευθείαν στον Βόλο. Το 1980 αρχίζουν και οι προκατασκευαστικές εργασίες αντικατάστασης της μετρικής γραμμής Παλαιοφαρσάλου – Καλαμπάκας, όπως η διαμόρφωση της υποδομής σε καινούργια σημεία χάραξης, κατασκευή διαφόρων τεχνικών, απαλλοτριώσεις όπου ήταν απαραίτητο κ.α., οι οποίες διήρκησαν μέχρι το 1998. Από το 1998 και έπειτα υπήρξε ένα διάστημα αναστολής της κυκλοφορίας της γραμμής όπου έγινε και η αντικατάσταση της μετρικής γραμμής από γραμμή κανονικού εύρους, η οποία ολοκληρώνεται το 2001. Αντίστοιχα σχέδια διαπλάτυνσης για τη γραμμή Παλαιοφαρσάλου – Βελεστίνου δεν υπήρχαν (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997, Γιαννούλας, 2022).

Αναφορικά με την κατασκευή του έργου, δεν υπήρχαν ιδιαίτερα κατασκευαστικά προβλήματα λόγω του πεδινού εδάφους. Μόνο στην περιοχή του Βελεστίνου χρειάστηκε να γίνουν κάποιες χωματουργικές εργασίες, αλλά ήταν ελάχιστες, αφού η προβλεπόμενη ταχύτητα ήταν μόλις 40 χλμ την ώρα και δεν έδινε τη δυνατότητα για μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας. Για τον λόγο αυτόν δημιουργήθηκαν και οφιοειδείς διαδρομές. Να σημειωθεί ότι η ταχύτητα αυξήθηκε το 1888 από 25 χλμ την ώρα, λόγω του νέου τροχαίου υλικού που παραλήφθηκε. Επίσης, το κύριο πρόβλημα αφορούσε τις περιοχές που είχαν ποτάμια, όπως α) στην περιοχή Σιτοχωρίου και Φαρσάλων με τον ποταμό Ενιπέα β) στους Σοφάδες με τον ποταμό Ονόχωνο γ) στους Στεφανοσαΐους (Δροσερό) με τον ποταμό Πηνεϊό και δ) και στην περιοχή πριν την Καλαμπάκα με τον ποταμό Ληθαίο. Ο αριθμός των γεφυρών φτάνει στις εννέα (9), με μεγαλύτερη αυτή στον Πηνεϊό ποταμό (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Και ενώ η γραμμή Βόλου – Λάρισας διατρέχει πεδινό έδαφος, η γραμμή Βελεστίνου – Φαρσάλων παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ανωφέρεια (300/00) και μέσω καμπυλών φτάνει σε υψόμετρο 229μ. Στο Αερινό υπάρχει μόνο ένα τρίγωνο αναστροφής για την ατμάμαξα που βοηθούσε τα τρένα από το Βελεστίνο προς τα Φάρσαλα να καλύψουν την ανωφέρεια με μεγαλύτερη ευκολία. Στο Ρήγαιο, επίσης, που ήταν ο ψηλότερος σταθμός (προς τα Φάρσαλα), έφτανε βιομηχανική γραμμή 600 χιλιοστών, η οποία κατέληγε σε ράμπα φόρτωσης παράλληλη με την κύρια γραμμή. Λίγο πριν τα Φάρσαλα μια παρακαμπτήριο γραμμή οδηγούσε σε ένα λατομείο από το οποίο γινόταν η τροφοδότηση της γραμμής με σκύρα (χαλίκια). Στο σημείο «ενωτικό», όπου ενώνεται το θεσσαλικό δίκτυο με τη γραμμή Αθήνας – Θεσσαλονίκης, υπάρχει παρακαμπτήρια γραμμή κανονικού πλάτους, ερχόμενη από τον Παλαιοφάρσαλο για μεταφορτώσεις εμπορευμάτων. Δυνατότητα μεταβίβασης επιβατών υπάρχει στον Σταυρό, όπου δύο γραμμές τέμνονται με ανισόπεδη γέφυρα, κάτω από την οποία υπήρχε και δεύτερη γραμμή για διασταυρώσεις. Όταν αυτή η γραμμή καταργήθηκε, από το ίδιο σημείο ξεκινούσε μία άλλη που οδηγούσε στον σταθμό του Παλαιοφάρσαλου. Στον σταθμό αυτόν υπάρχουν δύο γραμμές με κοινή αποβάθρα μεταβίβασης (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Σχετικά με το βάρος που μπορούσαν να σηκώσουν οι γραμμές, αυτές, στρωμένες με σιδηροτροχιές 21, 25 κιλών ανά τρέχον μέτρο, είχανε προδιαγραφές για βάρη 11 τόνων ανά άξονα (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Το δίκτυο διέθετε μηχανοστάσια και αμαξοστάσια. Το μηχανοστάσιο της Λάρισας και Καλαμπάκας δεχόταν δύο ατμομηχανές, ενώ του Βελεστίνου και της Καρδίτσας μία. Στα άκρα των γραμμών υπάρχουν και αμαξοστάσια: στον Βόλο χωρητικότητας εννέα οχημάτων, ενώ στην Λάρισα και Καλαμπάκα τεσσάρων οχημάτων. Σε όλους του σταθμούς υπήρχαν μεγάλες ράμπες φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων, που μαρτυρούν την εμπορική κίνηση των περιοχών της εποχής. Όλοι, επίσης, οι σταθμοί διέθεταν αποθήκες εμπορευμάτων. Το δίκτυο διέθετε 52 επιβατικά οχήματα και δύο οχήματα επισήμων: άλλο για τον βασιλέα και άλλο για τον εκάστοτε πρωθυπουργό και τη διοίκηση του δικτύου. Όλα τα οχήματα ήταν διαξονικά και με δύο εξώστες στα άκρα τους για την άνοδο και κάθοδο των επιβατών. Τα εμπορικά ήταν και ανοιχτές και κλειστές αμαξοστοιχίες, κλούβες για τη μεταφορά ζώων και βοηθητικά για τη μεταφορά υγρών (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Η λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου εξαρτιόταν από τις πολιτικές συνθήκες της εποχής και την οικονομική κατάσταση. Σχετικά με τη διάρκεια του ταξιδιού, το 1889 η διαδρομή Βόλου – Καλαμπάκας διαρκούσε πάνω από επτά ώρες, ενώ το 1914 έξι, το 1969 4.13' ώρες, το 1983 3.51' ώρες και το 1997 3.31' ώρες με αυτοκινητάμαξες πλέον (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

Μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα γινόταν λόγος μόνο για ατμάμαξες, ενώ το 1952, στο πλαίσιο των γερμανικών πολεμικών αποζημιώσεων, το θεσσαλικό δίκτυο απέκτησε 6 γερμανικές ατμάμαξες με εστίες καύσεως πετρελαίου, ενώ στο πλαίσιο των ιταλικών αποζημιώσεων αυτοκινητάμαξες του εργοστασίου Ernesto Breda, με 72 καθίσματα και κυλικείο, χωρίς βαγόνι α' και β' θέσεων, παρά μόνο ένα ξύλινο ρυμουλκούμενο βαγόνι τέτοιων θέσεων. Την ίδια περίοδο στο ίδιο πλαίσιο πολεμικής αποζημίωσης δόθηκαν

από την Ιταλία 27 τετραξονικές φορτάμαξες. Σημειώνεται ότι οι Σιδηρόδρομοι Θεσσαλίας ανήκαν σε ιδιώτες και το 1955 κρατικοποιήθηκαν και συγχωνεύτηκαν με τους Σ.Ε.Κ. Το 1978 αποσύρθηκαν οι διαξονικές αμαξοστοιχίες και το 1991 κυκλοφόρησαν νέες αυτοκινητάμαξες κατασκευής MAN/Ελληνικών Ναυπηγείων (Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου, 1997).

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση και αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης της σιδηροδρομικής γραμμής, αλλά και η εκ νέου ολοκληρωμένη μελέτη χάραξης της σιδηροδρομικής γραμμής που πραγματοποιήθηκε, να αποτελέσουν ένα πρώτο βήμα για την εκσυγχρόνιση και επαναχρησιμοποίηση της γραμμής Βόλος – Παλαιοφάρσαλα. Στόχος είναι η αφύπνιση της πολιτικής κοινότητας για το σκοπό αυτό.

1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται η **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναλύουμε το θεωρητικό υπόβαθρο που ήταν απαραίτητο για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Ειδικότερα, επεξηγούνται οι μαθηματικοί τύποι που χρησιμοποιήθηκαν και γίνεται αναλυτική επεξήγηση των κανονισμών που ισχύουν σύμφωνα με τον Ν.Κ.Ε.Γ.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** περιγράφεται, το **σκεπτικό** που μας οδήγησε σε μία διαφορετική προσέγγιση που επιλέξαμε να ακολουθήσουμε όσον αφορά την οριζοντιογραφική συναρμογή. Καθώς χρησιμοποιήσαμε την κλωθοειδή καμπύλη ως οριζοντιογραφική συναρμογή, έναντι της παραβολικής όπως ορίζεται από τον κανονισμό.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται η **τεχνική περιγραφή** της εργασίας. Περιγράφονται με τη σειρά οι ενέργειες που έγιναν για την επίτευξη του στόχου της εργασίας, που είναι η σιδηροδρομική χάραξη-βελτιστοποίηση της γραμμής. Έγινε χρήση του προγράμματος **Anadelta Tessera**, όπου αποτέλεσε το βασικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση της εργασίας και μέσω αυτού πραγματοποιήθηκαν οι περισσότεροι σχεδιασμοί και υπολογισμοί που ήταν απαραίτητοι.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιλαμβάνονται η **προμέτρηση** των υλικών και ο συνολικός **προϋπολογισμός** του έργου. Μέσω των διατομών υπολογίζουμε τις ποσότητες που απαιτούνται για την υλοποίηση του έργου ανά τρέχον μέτρο. Έπειτα γνωρίζοντας τις ποσότητες αυτές, με βοήθεια ως πρότυπο προϋπολογισμό από σιδηροδρομική μελέτη του ΟΣΕ, μπορέσαμε και υπολογίσαμε το συνολικό κόστος του έργου.

Στο **έκτο κεφάλαιο** δίνονται τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από τη μελέτη αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Στο **τελευταίο παράρτημα** παρουσιάζονται σημαντικοί πίνακες που ενισχύουν την κατανόηση της μελέτης που πραγματοποιήσαμε. Οι πίνακες αυτοί περιλαμβάνουν αριθμητικούς υπολογισμούς που έγιναν με τη βοήθεια του Excel, στοιχεία σχετικά με τον σιδηρόδρομο από το περιβάλλον του Anadelta Tessera, πίνακες που

αναπαρίστανται σε μεγαλύτερη κλίμακα για καλύτερη αναγνωσιμότητα και κάποιοι επαναληπτικοί υπολογισμοί.

Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφέρουμε τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Θα αναλύσουμε το θεωρητικό υπόβαθρο που χρειάστηκε να μελετήσουμε ώστε να κατανοήσουμε εις βάθος το αντικείμενο που επρόκειτο να ασχοληθούμε σε αυτή τη διπλωματική εργασία. Γίνεται ανάλυση των κανονισμών που ισχύουν για τη σιδηροδρομική χάραξη, αναλύονται οι μαθηματικοί τύποι και αναφέρονται οι τροποποιήσεις που γίνονται σε αυτούς αναλόγως τη περίπτωση και το πρόβλημα που καλούμαστε να λύσουμε κάθε φορά, όπως ορίζει ο κανονισμός. Αυτή η ανάλυση διευκολύνει τόσο τον έμπειρο ερευνητή όσο και τον αναγνώστη που δεν είναι εξοικειωμένος με τον τομέα, επιτρέποντας τους να παρακολουθήσουν πιο άνετα την λογική ροή της εργασίας.

2.2 Οριζοντιογραφία

2.2.1 Ακτίνες Καμπυλότητας και Ταχύτητες

Οι καμπύλες στην οριζοντιογραφία εκφράζονται με την ακτίνα καμπυλότητας, όπου συμβολίζεται με R_c (m). Η επιλογή της βέλτιστης ακτίνας καμπυλότητας είναι πολύ σημαντική διότι μέσω αυτής εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία ενός σιδηροδρομικού δικτύου. Όσο μικρότερη είναι τόσο περισσότερα προβλήματα δημιουργούνται κατά την διέλευση των συρμών. Η επιλογή της R_c γίνεται εξετάζοντας την φυσική και γεωμετρική συμπεριφορά του οχήματος.

Ως προς τη φυσική συμπεριφορά του οχήματος για την επιτρεπόμενη ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας ισχύουν οι τύποι:

$$R_{cmin} = \frac{11,8V_{max}^2}{U_{max} + I_{max}} \quad (2.1)$$

$$R_{cmin} = \frac{11,8(V_{max}^2 - V_{min}^2)}{U_{max} + I_{max}} \quad (2.2)$$

Από τους τύπους διαλέγουμε τη μεγαλύτερη τιμή του R_c που προκύπτει.

Ως προς τη γεωμετρική συμπεριφορά, έπειτα από τον παραπάνω υπολογισμό της R_{cmin} , στα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων συνήθως, πρέπει να ελεγχθεί αν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των φορείων του τραίνου που θα κυκλοφορεί στη γραμμή επιτρέπουν την καλή εγγραφή των βαγονιών για τις ακτίνες καμπυλότητας που επιλέξαμε. Είναι δηλαδή ο έλεγχος στη "πράξη" όπως θα μπορούσαμε να πούμε μετά από τον υπολογιστικό έλεγχο.

Σύμφωνα με τον **Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής (ΝΚΕΓ)** εφαρμόζοντας στις παραπάνω σχέσεις τις τιμές που ισχύουν για το Ελληνικό Σιδηροδρομικό Δίκτυο προκύπτει η απλοποιημένη μορφή των σχέσεων:

$$R_{cmin} = \frac{11,8V_{μεγ}^2}{265} = 0,045V_{μεγ}^2 \quad (2.3)$$

$$R_{cmin} = \frac{11,8}{205} (V_{μεγ}^2 - 80^2) \quad (2.4)$$

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Επομένως, σε μία σιδηροδρομική χάραξη αφού ορίσουμε την μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα του συρμού ($V_{μεγ}$), θα προκύψει μέσω των τύπων η ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας. Οι συνδυασμοί ταχυτήτων που ορίζονται από το κανονισμό φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2-1: Ζεύγη μέγιστης και ελάχιστης ταχύτητας (Ν.ΚΕ.Γ. 2000)

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ		ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ
α	$V_{μεγ} \leq 100 \text{ km/h}$	$V_{ελ} = 60 \text{ km/h}$
β	$100 < V_{μεγ} \leq 140 \text{ km/h}$	$V_{ελ} = 70 \text{ km/h}$
γ	$140 < V_{μεγ} \leq 200 \text{ km/h}$	$V_{ελ} = 80 \text{ km/h}$

Ο τύπος υπολογισμού της ελάχιστης ακτίνας καμπυλότητας (2.3) , ισχύει για τους συνδυασμούς α-β των μέγιστων και ελάχιστων ταχυτήτων και για τον συνδυασμό γ μόνο για $V_{μεγ} \leq 170 \text{ km/h}$. Ενώ ο τύπος (2.4) ισχύει για $170 < V_{μεγ} \leq 200 \text{ km/h}$.

Στη περίπτωση υφιστάμενης χάραξης, που δεν υπάρχουν όμως άλλοι περιορισμοί, πχ λόγω της κλίσεως του πρανούς υπερύψωσης ή της κατά μήκος κλίσης που έχει η γραμμή κ.α., μπορεί να υπολογισθεί η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να κυκλοφορήσει ο συρμός πάνω στη γραμμή μέσω του τύπου:

$$V_{μεγ} = \sqrt{\frac{265R}{11,8}} = 4,74\sqrt{R} \quad (2.5)$$

Ο τύπος (2.5) ισχύει για τους συνδυασμούς ταχυτήτων α-β. Ισχύει επίσης, και για τον συνδυασμό γ αλλά μόνο για $R \leq 1250 \text{ m}$. Ενώ για ακτίνες $R > 1250 \text{ m}$ ισχύει ο τύπος :

$$V_{μεγ} = \sqrt{\frac{205R}{11,8} + 80^2} \quad (2.6)$$

2.2.2 Υπερυψώσεις

Στα ευθύγραμμα τμήματα της γραμμής η επιφάνεια της κύλισης των σιδηροτροχιών είναι στο ίδιο ύψος. Στα καμπύλα τμήματα αυτό δεν είναι εφικτό διότι ασκείται στο συρμό φυγόκεντρη δύναμη. Έτσι, για να περιορισθεί η δράση της, υπερυψώνουμε την εξωτερική τροχιοσειρά ώστε η οριζόντια συνιστώσα της δύναμης του βάρους να αντιτάσσεται στη φυγόκεντρη δύναμη.

Η κανονική υπερύψωση ή υπερύψωση γραμμής h (mm) που επιλέγεται είναι μία ενδιάμεση τιμή μεταξύ της θεωρητικής υπερύψωσης που αντιστοιχεί στα πιο γρήγορα τρένα ($U_{\theta_{\max}}$) και στα πιο αργά τρένα ($U_{\theta_{\min}}$). Η υπερύψωση θα πρέπει να παρέχει ασφαλή κυκλοφορία, δυνατότητα παραμονής στις καμπύλες χωρίς τον κίνδυνο ανατροπής και την δυναμική άνεση των επιβατών. Πρέπει πάντα να είναι μικρότερη της $U_{\theta_{\max}}$ και η μέγιστη τιμή που μπορεί να φτάσει σύμφωνα με τον ΝΚΕΓ είναι:

$$h_{\max} = 160 \text{ mm}$$

Ο τύπος υπολογισμού της υπερύψωσης είναι:

$$h = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_{\mu\epsilon\gamma}^2}{R} = \frac{7,12V_{\mu\epsilon\gamma}^2}{R} \quad (2.7)$$

Οι τιμές της υπερύψωσης που προκύπτουν από τον υπολογισμό μπορούν να στρογγυλευτούν είτε προς τα πάνω, είτε προς τα κάτω, εξαρτάται από τον αν θέλουμε να ευνοήσουμε τα αργά ή γρήγορα τρένα.

Επίσης, για τις καμπύλες όπου δεν μπορεί να εφαρμοστεί η τιμή της υπερύψωσης που προκύπτει από τον τύπο (2.7) για οποιοδήποτε λόγο, μπορεί να εφαρμοστεί μικρότερη υπερύψωση, αλλά πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με τη τιμή της υπερύψωσης που δίνει ο τύπος:

$$h = \frac{11,8V_{\mu\epsilon\gamma}^2}{R} - 105 \quad (2.8)$$

Στη περίπτωση που προκύψει αρνητική τιμή (μη αποδεκτό) βάζουμε μηδενική υπερύψωση.

2.2.3 Οριζόντιες Συναρμογές

Στην οριζοντιογραφία η μετάβαση από την ευθυγραμμία σε μία κυκλική καμπύλη ή από μία κυκλική καμπύλη σε μία ομόστροφη κυκλική καμπύλη πρέπει να γίνεται ομαλά, ώστε να αυξάνονται σταδιακά οι εγκάρσιες επιταχύνσεις και να μην ενοχλούνται οι επιβάτες. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται η καμπύλη συναρμογής, ένα τόξο μεταβλητής ακτίνας που μέσω αυτού μεταβάλλεται γραμμικά η καμπυλότητα της γραμμής και γίνεται ομαλά η μετάβαση από την ευθυγραμμία στην κυκλική καμπύλη.

Η καμπύλη συναρμογής έχει μορφή παραβολής και συνήθως εφαρμόζεται η κυβική παραβολή της μορφής:

$$Y = Kx^3 \quad (2.9)$$

μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η κλωθοειδής καμπύλη που χρησιμοποιείται και στην οδοποιία, όπως και παραβολή τετάρτου ή και μεγαλύτερου βαθμού.

Ο σταθερός συντελεστής K του τύπου (2.9) ορίζεται διαφορετικά ανάλογα με τη περίπτωση.

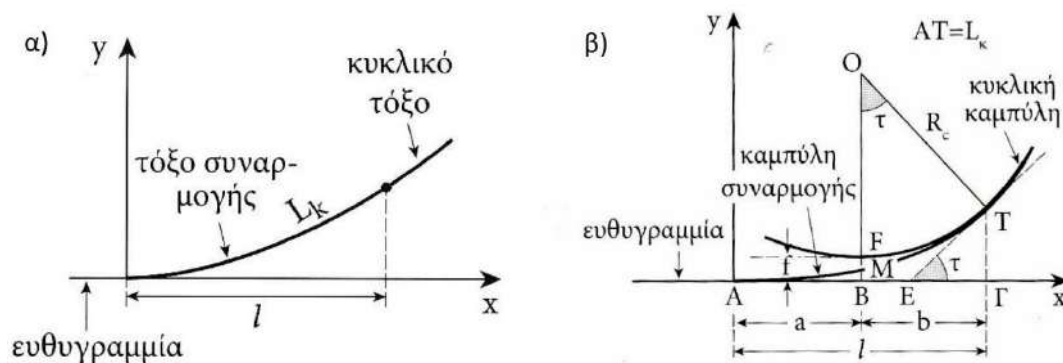
Στην περίπτωση σύνδεσης ευθυγραμμίας με κυκλική καμπύλη ο συντελεστής K έχει τη μορφή:

$$K = \frac{1}{6lR_c \text{ συν}^3 \tau} \quad (2.10)$$

l : η προβολή στην ευθυγραμμία του μήκους L_k της καμπύλης συναρμογής ($l=L_k$).

Η εξίσωση της καμπύλης συναρμογής γίνεται:

$$Y = \frac{X^3}{6lR_c \text{ συν}^3 \tau} \quad (2.11)$$

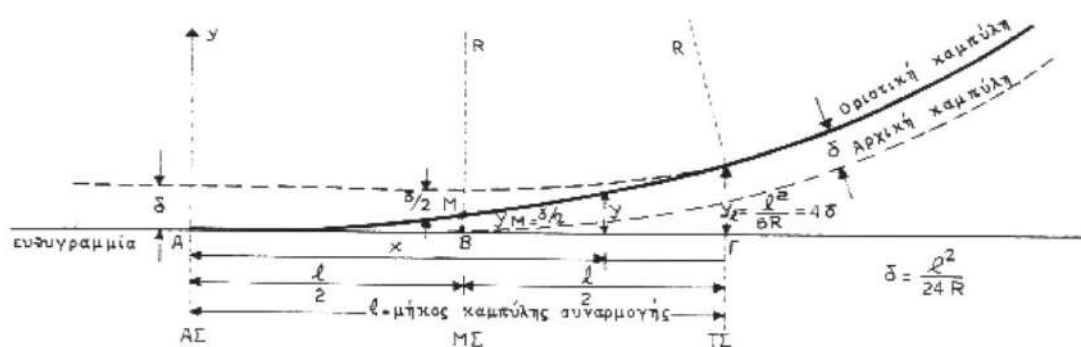


Σχήμα 2-1: α) Κυβική παραβολή β) Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κυβικής καμπύλης συναρμογής μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (Πυργίδης X., 2009)

Η απόσταση f στο Σχήμα 2-1 ονομάζεται εκτροπή και είναι η απόσταση που πρέπει να υποχωρήσει ο κύκλος από την εφαπτομένη του για να δημιουργηθεί το τόξο συναρμογής. Ο τύπος (2.11) ισχύει για τη περίπτωση που το μήκος της καμπύλης συναρμογής είναι μεγάλο, δηλαδή για $L_k > \frac{R_c}{3,5}$.

Στη περίπτωση μικρού μήκους συναρμογής, δηλαδή για $L_k \leq \frac{R_c}{3,5}$, χρησιμοποιείται η απλοποιημένη μορφή του τύπου:

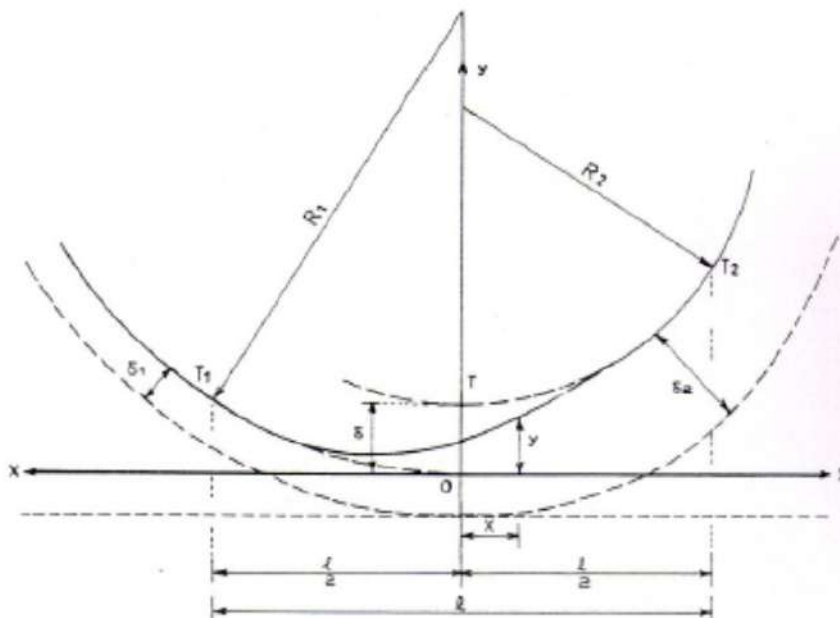
$$Y = \frac{x^3}{6R_c l} \quad (2.12)$$



Σχήμα 2-2: Παραβολική συναρμογή μεταξύ ευθυγραμμίας και κυκλικής καμπύλης (για $L \leq 3,5$) (N.K.E.Γ. 2000)

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στην περίπτωση σύνδεσης δύο ομόστροφων κυκλικών καμπύλων, που έχουν ακτίνες R_1 και R_2 (με $R_1 > R_2$) και με αντίστοιχα τόξα συναρμογής μήκους L_1 και L_2 , με προβολές l_1 και l_2 και εκτροπές δ_1 και δ_2 , η συναρμογή της παραβολής ορίζεται από δύο εξισώσεις :



Σχήμα 2-3: Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο συνεχόμενων κυκλικών καμπύλων (N.K.E.Γ. 2000)

Από την πλευρά της καμπύλης R_1 :

$$Y = \frac{X^2}{2R_1} + \frac{\delta}{2} - \frac{1}{6l\rho} \left[\left(\frac{l}{2} \right)^3 - \left(\frac{l}{2} - x \right)^3 \right] \quad (2.13)$$

Από την πλευρά της καμπύλης R_2 :

$$Y = \frac{X^2}{2R_2} + \frac{\delta}{2} - \frac{1}{6l\rho} \left[\left(\frac{l}{2} \right)^3 - \left(\frac{l}{2} - x \right)^3 \right] \quad (2.14)$$

Όπου η μετατόπιση

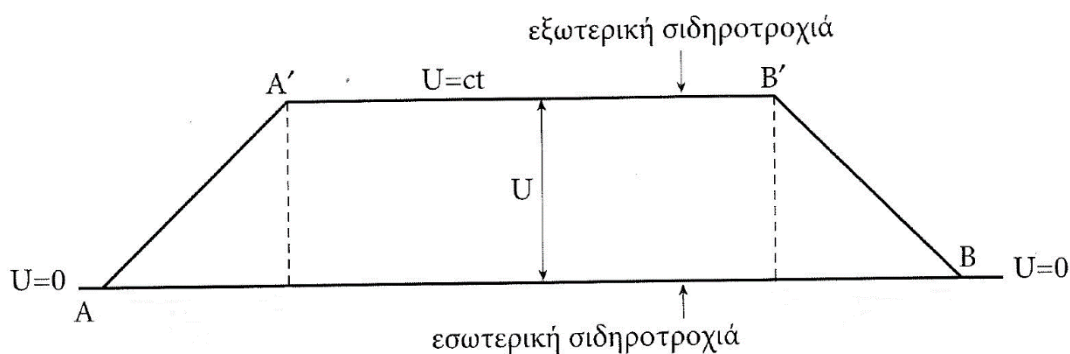
$$\delta = \delta_2 - \delta_1 = \frac{l_2^2}{24R_2} - \frac{l_1^2}{24R_1} \quad (2.15)$$

Επίσης, για τα ρ και l

$$\rho = \frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}, \quad l = \sqrt{24\rho\delta} \quad (2.16)$$

Μεταξύ ευθυγραμμίας-καμπύλης εξίσου σημαντική είναι και η ομαλή μετάβαση από τα σημεία μηδενικής υπερύψωσης (ευθυγραμμία), στα σημεία με σταθερή υπερύψωση (καμπύλη). Δηλαδή, για την ομαλή κίνηση του συρμού, η υπερύψωση πρέπει να αρχίζει από το σημείο που αρχίζει και η παραβολική συναρμογή, να αυξάνεται γραμμικά μέχρι να σταθεροποιηθεί μέσα στο κυκλικό τόξο και μετά αντίστοιχα να μειωθεί μέχρι την εκμηδένισή της, στο τέλος της παραβολικής συναρμογής. (Βλέπε Σχήμα 2-5)

Η ομαλή μετάβαση από την μηδενική υπερύψωση στην σταθερή υπερύψωση πραγματοποιείται με ευθύγραμμο **πρανές υπερύψωσης**. (Βλέπε Σχήμα 2-4)



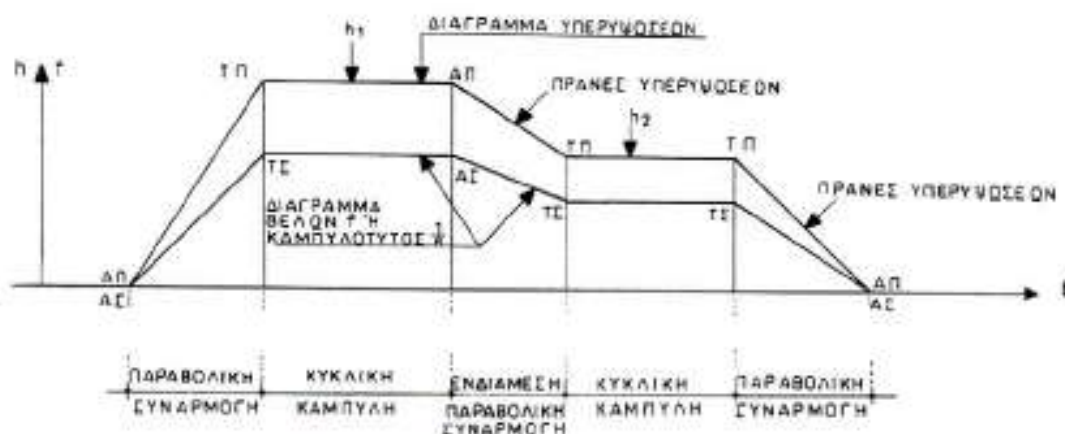
Σχήμα 2-4: Πρανές Υπερύψωσης



A.Π = άρχή πρανούς υπερυψώσεως
 T.Π = τέλος πρανούς υπερυψώσεως
 A.Σ = άρχή παραβολικής συναρμογής
 T.Σ = τέλος παραβολικής συναρμογής

Σχήμα 2-5: Διάγραμμα Καμπυλότητας και Υπερυψώσεων (N.K.E.Γ. 2000)

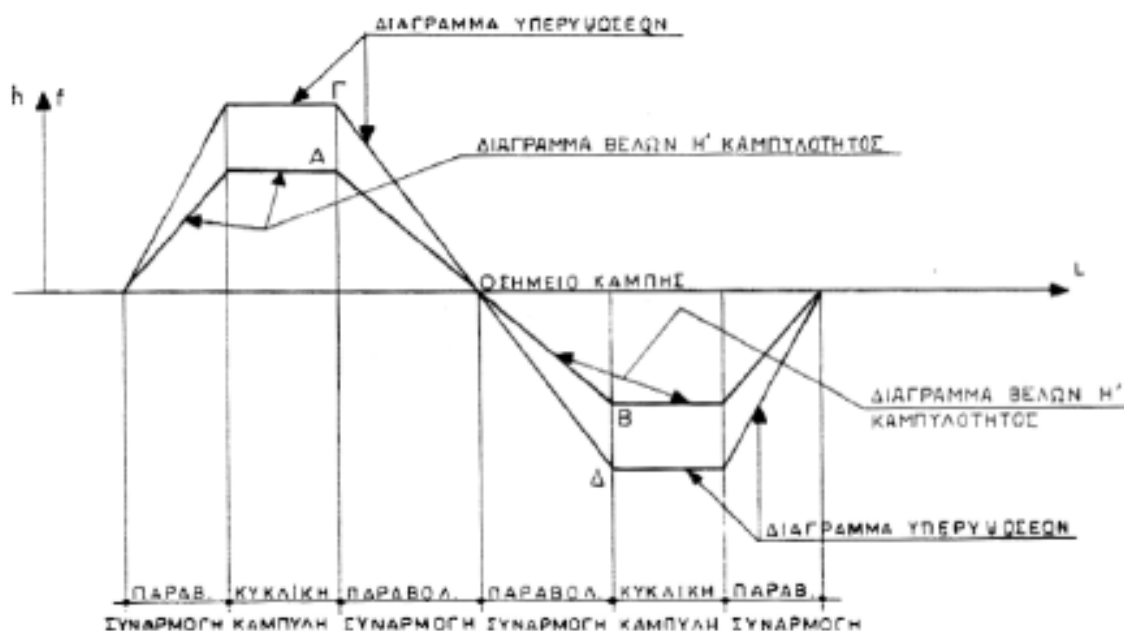
Κατά τη σύνδεση δύο ομόστροφων καμπύλων R_1 και R_2 και υπερυψώσεις h_1 και h_2 αντίστοιχα, η παραβολική συναρμογή θα ξεκινάει από την υπερύψωση h_1 και θα καταλήγει γραμμικά μέχρι την υπερύψωση h_2 .



Σχήμα 2-6: Διάγραμμα Καμπυλότητας και Υπερυψώσεων Ομόστροφων Διαδοχικών Καμπυλών (N.K.E.Γ. 2000)

Κατά τη σύνδεση δύο αντίστροφων καμπύλων πρέπει να παρεμβάλλεται ευθύγραμμο τμήμα τουλάχιστον 30 μέτρων διότι οι ανωμαλίες που προκαλούνται από την είσοδο-έξοδο από τις παραβολικές συναρμογές δεν αποσβένονται αμέσως.

Στη περίπτωση που δεν είναι δυνατή η παρεμβολή του ευθύγραμμου τμήματος τότε παραλείπεται και οι δύο συναρμογές θα έχουν κοινή αρχή και η μεταβολή της καμπυλότητας θα είναι η ίδια σε όλο το μήκος των δύο συναρμογών, όπως θα πρέπει επίσης και η υπερύψωση να μεταβάλλεται ομαλά και να μηδενίζεται στην κοινή αρχή αυτών.



Σχήμα 2-7: Διάγραμμα Καμπυλότητας και Υπερύψωσης Αντίστροφων Καμπυλών (Ν.Κ.Ε.Γ. 2000)

Η κλίση του πρανούς υπερύψωσης ισούται με τη μεταβολή της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους και συμβολίζεται με i :

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta L} \text{ (mm/m)} \quad (2.17)$$

Πρέπει πάντα

$$i \leq \frac{144}{V_{\mu\epsilon\gamma}} \text{ (mm/m)} \quad (2.18)$$

Επίσης αν προκύψει,

$$i > i_{\mu\epsilon\gamma} = 2.5 \text{ mm/m} \quad (2.19)$$

τότε παίρνουμε

$$i = i_{\mu\epsilon\gamma} = 2.5 \text{ mm/m} \quad (2.20)$$

Γενικότερα η κλίση του πρανούς πρέπει να είναι μικρή, διότι αντίθετα κατά τη διάρκεια που το φορείο διανύει το μήκος της συναρμογής, οι τέσσερις τροχοί του φορείου δεν θα βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με αποτέλεσμα το βάρος να κατανέμεται ανομοιόμορφα και να υπάρχει σοβαρός κίνδυνος εκτροχιασμού. Τέλος, τα πρανή υπερύψωσης πρέπει να βρίσκονται έξω από συσκευές γραμμής.

Όσον αναφορά τον προσδιορισμό του ελάχιστου μήκους του τόξου συναρμογής $L_{\epsilon\lambda}$, σύμφωνα με τον ΝΚΕΓ, θα λαμβάνεται υπόψη μόνο η οριακή τιμή της μεταβολής της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους διότι δίνει τα δυσμενέστερα αποτελέσματα. Τα παραπάνω ισχύουν μόνο όταν η υπερύψωση που θα εφαρμοστεί, έχει υπολογιστεί σύμφωνα με τον τύπο (2.7) που αναφέραμε στην αρχή του κεφαλαίου.

$$h = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_{\mu\epsilon\gamma}^2}{R} = \frac{7,12V_{\mu\epsilon\gamma}^2}{R} \quad (2.7)$$

Διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

1^η Περίπτωση : Σύνδεση ευθυγραμμίας με καμπύλη ακτίνας R και υπερύψωσης h

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{h \cdot V_{\mu\epsilon\gamma}}{144} \quad (2.21) \text{ για } V \geq 57,6 \text{ km/h}$$

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{h}{2,5} \quad (2.22) \text{ για } V \leq 57,6 \text{ km/h}$$

2^η Περίπτωση : Σύνδεση δύο συνεχόμενων, ομόστροφων καμπυλών με ακτίνες R_1 και R_2 και υπερυψώσεις h_1 και h_2 αντίστοιχα

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{(h_2 - h_1) \cdot V_{\mu\epsilon\gamma}}{144} \quad (2.23) \text{ για } V \geq 57,6 \text{ km/h}$$

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{h_2 - h_1}{2,5} \quad (2.24) \text{ για } V \leq 57,6 \text{ km/h}$$

Αν η υπερύψωση που θα εφαρμοστεί, έχει υπολογιστεί σύμφωνα με τον τύπο (2.8) που αναφέραμε:

$$h = \frac{11,8V_{\mu\epsilon\gamma}^2}{R} - 105 \quad (2.8)$$

Τότε για τον υπολογισμό του $L_{\epsilon\lambda}$, εκτός από την οριακή τιμή μεταβολής της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους, θα λαμβάνεται υπόψη και η οριακή τιμή μεταβολής της ανεπάρκειας υπερύψωσης.

Διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

1^η Περίπτωση : Σύνδεση ευθυγραμμίας με καμπύλη ακτίνας R , υπερύψωσης h και ανεπάρκεια υπερύψωσης α .

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{h \cdot V_{\mu\epsilon\gamma}}{144} \quad (2.25)$$

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{\alpha \cdot V_{\mu\epsilon\gamma}}{216} \quad (2.26)$$

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{h}{2,5} \quad (2.27)$$

Για $L_{\epsilon\lambda}$ θα επιλέξουμε την μεγαλύτερη τιμή που προκύπτει από τους τρεις παραπάνω τύπους.

2^η Περίπτωση : Σύνδεση δύο συνεχόμενων, ομόστροφων καμπυλών με ακτίνες R_1 και R_2 , υπερυψώσεις h_1 και h_2 και ανεπάρκειες υπερύψωσης α_1 και α_2 αντίστοιχα.

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{(h_2 - h_1)V}{144} \quad (2.28)$$

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1)V}{216} \quad (2.29)$$

Για $L_{\epsilon\lambda}$ θα επιλέξουμε την μεγαλύτερη τιμή που προκύπτει από τους δύο παραπάνω τύπους.

2.3 Μηκοτομή

2.3.1 Κατακόρυφες Συναρμογές

Στην μηκοτομή τα τμήματα της ερυθράς με διαφορετικές κλίσεις συναρμίζονται με κυκλικά τόξα συναρμογής ακτίνας R_v . Η ακτίνα καμπυλότητας R_v , επηρεάζεται όπως και στην οριζοντιογραφία, από την ταχύτητα κίνησης V του συρμού. Η ακτίνα καμπυλότητας πρέπει να μπορεί να εξασφαλίσει γι' αυτήν την ταχύτητα:

- **Την καλή ορατότητα.** Δηλαδή, ένα άτομο καθήμενο στη γραμμή (ύψος ματιών 50 πόντους πάνω από την επιφάνεια κύλισης), πρέπει να αντιλαμβάνεται τα φώτα ενός αντίθετα κινούμενου με τη μέγιστη ταχύτητα συρμού, 30 δευτερόλεπτα πριν τη διέλευσή του από το σημείο αυτό.
- **Τη συνεχή επαφή τροχών-καμπύλων.** Στις κυρτές καμπύλες, αν η κατακόρυφη επιτάχυνση γ_v είναι πολύ μεγάλη, το βάρος του οχήματος κατανέμεται άνισα στους τροχούς με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος εκτροχιασμού. Για τις κοίλες καμπύλες δεν υπάρχει κάποιος κίνδυνος.
- **Την κατακόρυφη δυναμική άνεση των επιβατών.** Οι σχέσεις που ακολουθούν ισχύουν πάλι για τις κυρτές καμπύλες, διότι σε αυτές οι κατακόρυφες επιταχύνσεις επειδή έχουν κατεύθυνση προς τα άνω έχουν μεγαλύτερη επίδραση στο ανθρώπινο σώμα απ' ότι στην περίπτωση των κοίλων καμπύλων :

$$\gamma_v = \frac{V^2}{R_v} \leq \gamma_{Vmax} \quad (2.30)$$

$$R_{Vmin} = \frac{V^2}{\gamma_{Vmax}} \quad (2.31)$$

Συνήθως $\gamma_{vmax} = 0,05 \text{ g}$, οπότε προκύπτει:

$$R_{Vmin} = 2V^2 \quad (2.32)$$

Στις κοίλες καμπύλες μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερες κατακόρυφες επιταχύνσεις, έτσι γίνονται δεκτές αρκετά μικρότερες ακτίνες καμπυλότητας.

Για την άνεση της κυκλοφορίας και των επιβατών, πρέπει η ακτίνα καμπυλότητας να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη, και ειδικά στις κυρτές καμπύλες για τους λόγους που αναφέραμε. Σύμφωνα με τον ΝΚΕΓ ανάλογα με τη μέγιστη ταχύτητα ορίζονται και οι αντίστοιχες ελάχιστες ακτίνες καμπυλότητας

Πίνακας 2-2: Ζεύγη μέγιστης ταχύτητας και ελάχιστης ακτίνας καμπύλης συναρμογής. (Ν.ΚΕ.Γ. 2000)

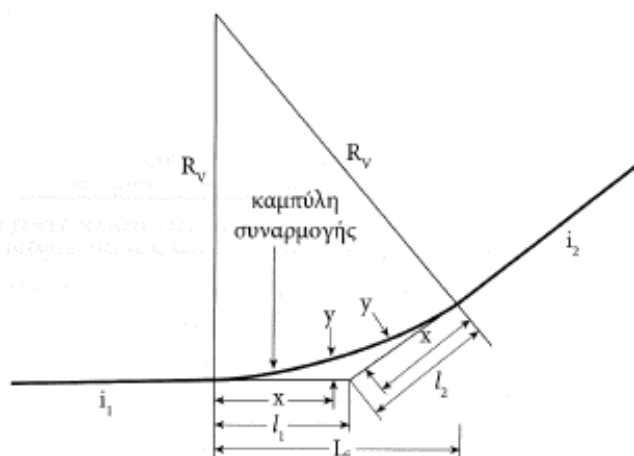
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ		ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΚΤΙΝΑ
α	$V_{\mu\epsilon\gamma} \leq 100 \text{ km/h}$	$R_{v\min} = 5000 \text{ m}$
β	$100 < V_{\mu\epsilon\gamma} \leq 150 \text{ km/h}$	$R_{v\min} = 10000 \text{ m}$
γ	$140 < V_{\mu\epsilon\gamma} \leq 200 \text{ km/h}$	$R_{v\min} = 20000 \text{ m}$

Η συναρμογή στην μηκοτομή δεν είναι πάντα απαραίτητη, αλλά μόνο όταν στα σημεία αλλαγής της κλίσης, η διαφορά των κλίσεων (για ομόρροπες) ή το άθροισμα τους (για αντίρροπες) προκύπτει μεγαλύτερο από 0,0025.

$$\Delta_i = \frac{i_1 \pm i_2}{2} > 0,0025 \quad (2.33)$$

Για τη χάραξη της κυκλικής κατακόρυφης συναρμογής, ως άξονας των x θεωρείται κάθε μία από τις αντίστοιχες συναρμοζόμενες κλίσεις και οι τεταγμένες y μετρώνται κάθετα σε αυτές και δίνονται από τον τύπο :

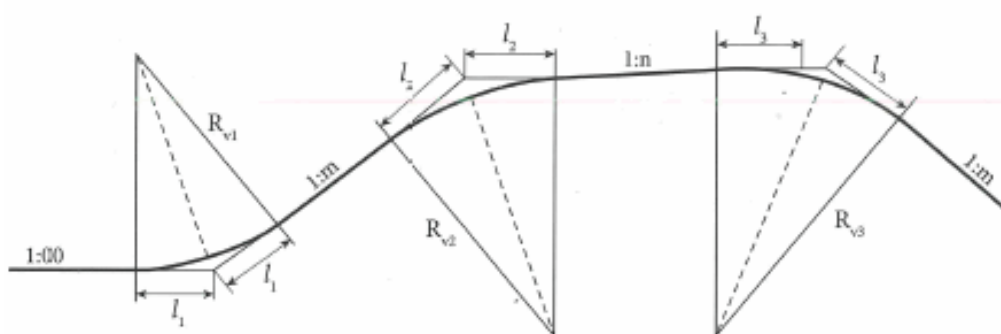
$$y = \frac{x^2}{2R_V} \quad (2.34)$$



Σχήμα 2-8: Συναρμογή Μηκοτομής

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η αρχή των τετμημένων προσδιορίζεται από το μήκος l , όπου είναι το μήκος των εφαπτόμενων των κατακόρυφων συναρμογών και δίνεται από τους τύπους του Πίνακα 2-3



Σχήμα 2-9: Κατακόρυφη συναρμογή διαφορετικών κλίσεων

Πίνακας 2-3: Μήκος l κατακόρυφων συναρμογών. (ΠΕΤΕΠ:07-01-01-10)

α. Συναρμογή, οριζοντίου τμήματος γραμμής με κεκλιμένο, κλίσεως 1:m	$l_1 = \frac{R_{v1}}{2} \cdot \frac{1}{m}$	(2.35)
β. Συναρμογή, μεταξύ ομόσημων κλίσεων 1:m και 1:n	$l_2 = \frac{R_{v2}}{2} \left\{ \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right\}$	(2.36)
γ. Συναρμογή, μεταξύ ετερόσημων κλίσεων 1:m και 1:n	$l_3 = \frac{R_{v3}}{2} \left\{ \frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right\}$	(2.37)

Η κατακόρυφη συναρμογή, πρέπει όσο είναι δυνατό να μη χρησιμοποιείται στα πρανή υπερύψωσης, διότι δεν πρέπει να γίνονται αλλαγές κλίσης εκεί όπου στην οριζοντιογραφία υπάρχουν παραβολικές συναρμογές, είναι αρκετά επικίνδυνο. Στη περίπτωση που δεν μπορεί να αποφευχθεί, πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακτίνα. Τέλος, μεταξύ δύο κατακόρυφων συναρμογών πρέπει να παραβάλλεται ευθυγραμμία τουλάχιστον 30 μέτρων.

2.3.2 Μέγιστη κατά μήκος κλίση

Ένα από τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν εντονότερα τους σύγχρονους κανονισμούς είναι οι μέγιστες κατά μήκος κλίσεις για τις σιδηροδρομικές γραμμές κανονικού εύρους. Οι επιτρεπόμενες κατά μήκος κλίσεις είναι αρκετά μικρές, οπότε ο εκάστοτε μελετητής πρέπει να είναι προσεκτικός με τις υψομετρικές διαφορές της περιοχής μελέτης, ώστε να δημιουργηθούν, όσο αυτό είναι δυνατό, λιγότερα τεχνικά έργα (πχ σήραγγες, γέφυρες κ.α.). Σύμφωνα με τον κανονισμό η μέγιστη κατά μήκος κλίση ορίζεται σε:

Ελεύθερη (εκτός σταθμών) γραμμή

- Έως 25 ‰ σε υφιστάμενες γραμμές, για ταχύτητες $v \leq 120$ km/h
- Έως 14 ‰ σε νέες γραμμές (έως 16 ‰ έπειτα από έγκριση της Δ.Γ)

Σήραγγες (νεοκατασκευαζόμενες)

- Μήκους ≤ 1000 m: ≤ 2 ‰
- Μήκους > 1000 m: ≤ 1 ‰

Σταθμοί (νεοκατασκευαζόμενοι)

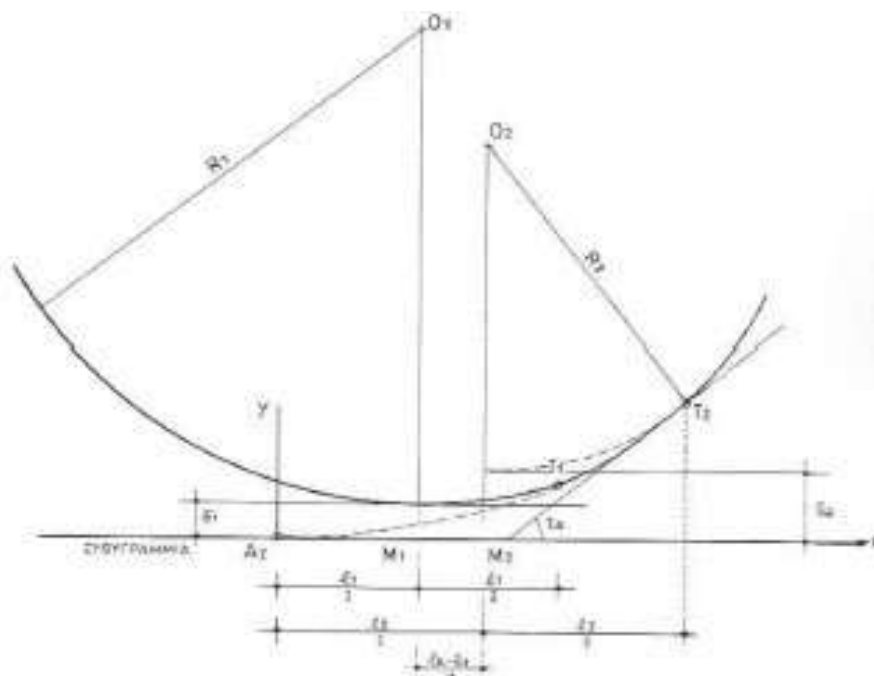
- Έως 2,5‰

Κεφάλαιο 3 Επεξήγηση Σκεπτικού

Έπειτα από την μελέτη της Διδακτορικής Διατριβής με τίτλο «Ανάπτυξη Και Βελτιστοποίηση Αλγορίθμων Για Τον Σχεδιασμό Συγκοινωνιακών Έργων» του Επιστημονικού συνεργάτη του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και επιβλέποντα αυτής της εργασίας, Γιώργου Καλιαμπέτσου, εντοπίσαμε κάποια προβλήματα που δημιουργούνται από την εφαρμογή της κυβικής παραβολής ως καμπύλης συναρμογής στην οριζοντιογραφία.

Τα προβλήματα αυτά δημιουργούνται όταν έχουμε σύνδεση δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπύλων. Επειδή η κυβική παραβολή δεν είναι η πιο κατάλληλη για την συναρμογή των δύο αυτών καμπύλων προβλέπεται από τον ΕΛΟΤ ότι:

1. Εάν η διαφορά της επιτάχυνσης μεταξύ δύο ομόστροφων, συνεχόμενων, κυκλικών καμπύλων είναι μικρότερη από $0,2 \text{ m/sec}^2$, τότε παραλείπεται η συναρμογή τους με κυκλικό τόξο.
2. Ακόμα για τη περίπτωση σύνδεσης δύο ομόστροφων κυκλικών καμπύλων, R_1 και R_2 (με $R_1 > R_2$), όπου μεταξύ το μήκος της ευθυγραμμίας που μεσολαβεί είναι μικρό. Δηλαδή, δεν αρκεί ώστε να τοποθετηθεί στη κάθε καμπύλη πλήρης η παραβολική συναρμογή (στρογγυλεύσεις, ενδιάμεσο ευθύγραμμο τμήμα 30 m), η σύνδεση των δύο καμπύλων γίνεται με τη χρήση ενιαίας παραβολικής συναρμογής T_1-T_2



Σχήμα 3-1: Παραβολική συναρμογή μεταξύ δύο συνεχόμενων κυκλικών καμπύλων, με μικρή ενδιάμεση ευθυγραμμία (N.K.E.Γ. 2000)

Οι συντεταγμένες της ενιαίας συναρμογής για $L_2 > R_2/3.5$ από τον τύπο:

$$y = \frac{x^3}{6l_2 R_2 \text{ συν}^3 \tau_2} \quad (3.1)$$

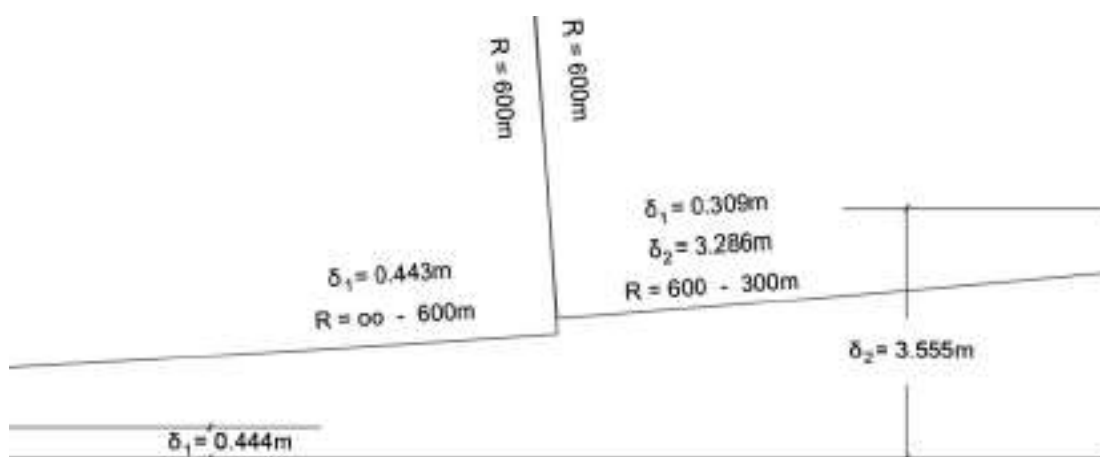
Και για $L_2 \leq R_2/3.5$ από τον τύπο :

$$y = \frac{x^3}{6l_2 R_2} \quad (3.2)$$

Σύμφωνα με την εργασία (Ηλιού 2012) χρησιμοποιείται μόνο το τελευταίο τμήμα της παραβολικής συναρμογής T1-T2 και αυτό το τμήμα εξαρτάται μόνο από την ακτίνα του δεύτερου κυκλικού τόξου.

Επίσης, σε παλαιότερη εργασία (Ηλιού 2005) έχει εξηγηθεί ότι για να χρησιμοποιηθεί μία ενιαία καμπύλη ως συναρμογή δύο ομόροπων κυκλικών τόξων που έχουν διαφορετικές ακτίνες, πρέπει να εξαρτάται από μία παράμετρο, όπως η κλωθοειδής. Στη περίπτωση μας η κυβική παραβολή της σχέσης 3.2 θα μπορούσαμε να πούμε ότι χαρακτηρίζεται από μία παράμετρο της μορφής $A=l_2 R_2$.

Η παραβολή της σχέσης 3.1 όμως δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι χαρακτηρίζεται από μία παράμετρο, αφού στη σχέση υπάρχει το $\text{συν}^3 \tau_2$ που είναι διαφορετικό στη θέση συναρμογής με το ένα ή με το άλλο κυκλικό τόξο. Δηλαδή, δύο διαδοχικές παραβολικές καμπύλες, ίδια μορφής ($A_1 = l_1 R_1 \text{ συν}^3 \tau_1$, $A_2 = l_2 R_2 \text{ συν}^3 \tau_2$) δεν συναρμόζουν μεταξύ τους.



Σχήμα 3-2: Σημείο ασυνέχειας μεταξύ δύο παραβολικών συναρμογών (Ηλιού 2012)

Κεφάλαιο 3: Επεξήγηση Σκεπτικού

Στο Σχήμα 3-2 φαίνεται η ασυνέχεια στη μεταβολή της καμπυλότητας στο σημείο μετάβασης των δύο παραβολικών συναρμογών (Ηλιού 2012) . Πριν το σημείο, παρατηρούμε μία κανονική παραβολική συναρμογή, η οποία συναρμόζει την ευθυγραμμία με το κυκλικό τόξο ακτίνας 600 mm, όπως ορίζεται και από τον ΟΣΕ. Στη συνέχεια, μετά το σημείο μετάβασης ακολουθεί η ενιαία παραβολική συναρμογή T_1-T_2 η οποία συναρμόζει το κυκλικό τόξο ακτίνας 600 mm με ένα κυκλικό τόξο 300 mm. Όμως σύμφωνα με αυτά που αναλύσαμε παραπάνω η παραβολική συναρμογή με διαφορετικό τρόπο συναρμόζει με το πρώτο κυκλικό τόξο και με διαφορετικό τρόπο με το δεύτερο. Γι' αυτό το λόγο δημιουργείται και η ασυνέχεια της μεταβολής τη καμπυλότητας που παρατηρούμε στο παραπάνω σχήμα.

Στη Διδακτορική Διατριβή του Κ. Καλιαμπέτσου τονίζεται η υπεροχή της κλωθοειδούς καμπύλης ως καμπύλη συναρμογής έναντι των άλλων ειδών συναρμογών. Η κλωθοειδής καμπύλη πετυχαίνει πλήρως την γραμμική μεταβολή της καμπυλότητας στα σημεία συναρμογής και σύμφωνα με την άποψη του συγγραφέα θα έπρεπε να χρησιμοποιείται αποκλειστικά αυτή σε όλες τις χαράξεις, πλην των χαράξεων για γραμμές υψηλών ταχυτήτων.

Αυτή η άποψη υιοθετήθηκε και σε αυτήν την διπλωματική εργασία, έπειτα από την μελέτη και κατανόηση όσων ειπώθηκαν και αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε ως οριζοντιογραφική συναρμογή την κλωθοειδή καμπύλη και όχι την παραβολική που προβλέπεται από τον ΕΛΟΤ.

Κεφάλαιο 4 Τεχνική Περιγραφή

4.1 Λίγα λόγια για τη γραμμή

Η γραμμή Παλαιοφάρσαλα – Βελεστίνο κατασκευάστηκε με πλάτος 1m εξαιτίας του μειωμένου κόστους που παρουσιάζει σε αντίθεση με του κανονικού εύρους. Το 1886 ολοκληρώθηκε η κατασκευή της. Αργότερα, το 1960 η γραμμή Λάρισα – Βόλος διαπλατύνθηκε και έγινε κανονικού εύρους (1,43 m). Το 1980 άρχισαν οι εργασίες για το τμήμα Παλαιοφάρσαλα – Καλαμπάκας. Για το τμήμα Παλαιοφάρσαλου – Βελεστίνου δεν υπήρχαν άμεσα σχέδια διαπλάτυνσης.

Έτσι, το 1999 ο ΟΣΕ πήρε την απόφαση να σταματήσει την κυκλοφορία του τμήματος. Αποκόπτεται δηλαδή ο Βόλος από την απευθείας γραμμή Αθήνα – Θεσσαλονίκη και την υπόλοιπη Θεσσαλία. Παραγκωνισμένοι οι πολίτες του Βόλου έπρεπε να ταξιδέψουν ως τη Λάρισα για να συνδεθούν με νοτιότερα σημεία της χώρας. Κάνοντας το ταξίδι τους περιττά χρονοβόρο και πιο δαπανηρό.

Το ίδιο συνέβαινε και με τις μεταφορές προϊόντων και αγαθών. Έντονες ήταν οι διαμαρτυρίες απ' την πόλη των Φαρσάλων, για την οποία κύριος πυλώνας για την αγορά αγαθών ήταν η πόλη του Βόλου. Επίσης, η προμήθεια υλικών στις γύρω περιοχές από την πόλη του Βόλου είχε γίνει τώρα πιο δύσκολη, γεγονός που είχε μεγάλο αντίκτυπο στην οικονομία της πόλης καθώς πρόκειται για μία πόλη με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα. Οι αντιδράσεις των δύο πόλεων ήταν μεγάλες αλλά και οι συνεχείς προσπάθειες της λειτουργίας της γραμμής συνεχίζονται μέχρι σήμερα.

Μετά τη κατασκευή της σιδηροδρομικής Εγνατίας και την ανάγκη της ένωσης της ηπείρου με την Θεσσαλία και την ένωση των λιμανιών υπάρχει ξανά ενδιαφέρον για την επαναλειτουργία της γραμμής. Η οποία θα συντομέψει το χρόνο του ταξιδιού και των εμπορικών μεταφορών. Κρίνεται λοιπόν αναγκαίο να εκσυγχρονιστεί η υφιστάμενη γραμμή και όχι να χαραχτεί καινούργια η οποία θα είναι πιο δαπανηρή. Το κομμάτι αυτό είναι μέρος της σύνδεσης της γραμμής Ηγουμενίτσας – Βόλος το οποίο έχει εγκριθεί απ' την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το συμβούλιο των υπουργών μεταφορών τον Οκτώβριο του 2003. Έτσι, όπως προαναφέραμε η διαδρομή Ηγουμενίτσας – Βόλου θα γίνει πιο σύντομη αλλά θα αποφορτιστεί και η γραμμή Βόλος – Λάρισα.

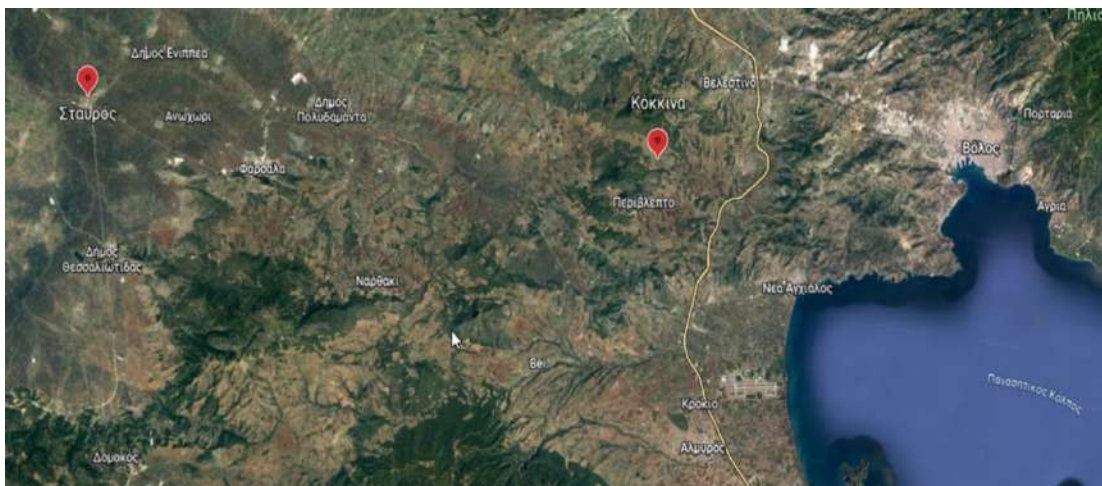
4.2 Περιοχή Μελέτης: Παλαιοφάρσαλα – Κόκκινα

Για την εξασφάλιση της καταλληλότητας του μεγέθους της διπλωματικής εργασίας, αποφασίσαμε να την διαμερίσουμε στη μέση. Συνεπώς, σε αυτήν τη διπλωματική εργασία θα εξετάσουμε το κομμάτι Παλαιοφάρσαλα – Κόκκινα (α' μέρος), μία διαδρομή μήκους 43 χιλιομέτρων, όπου αποτελεί το ένα τμήμα της γραμμής Βόλος – Παλαιοφάρσαλα. Το υπόλοιπο μισό θα εξεταστεί στα πλαίσια δεύτερης διπλωματικής εργασίας (β' μέρος).

4.1 Μέθοδος αποτύπωσης από το Google Earth

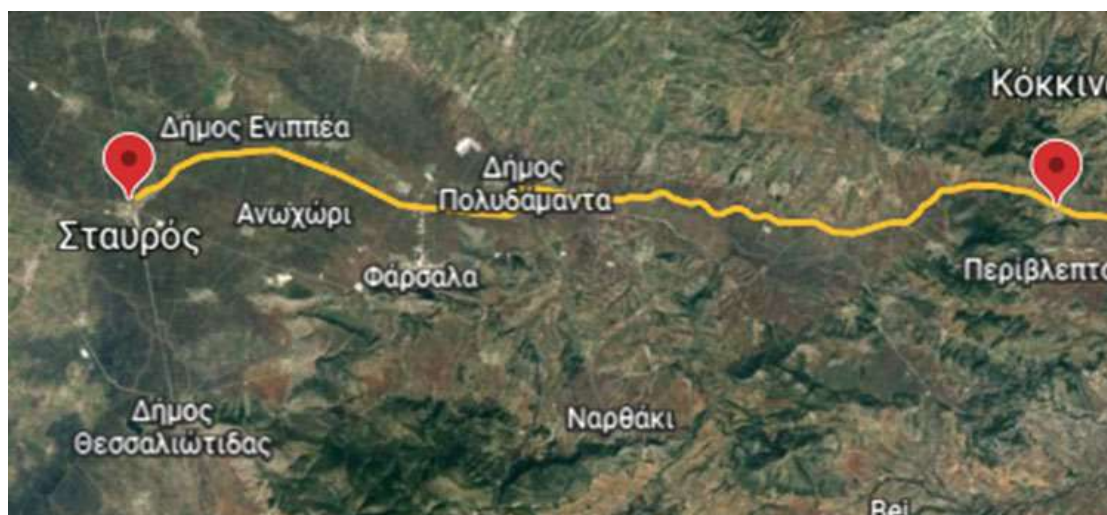
Για την εύρεση των σημείων εδάφους έγινε χρήση του Google Earth Pro.

1. Αρχικά εντοπίζουμε την περιοχή μελέτης όπου θα πάρουμε τα σημεία εδάφους.



Εικόνα 1: Περιοχή μελέτης

2. Με την εντολή “Προσθήκη Διαδρομής” παίρνουμε σημεία πάνω στην υφιστάμενη γραμμή και εκατέρωθεν αυτής όσο το δυνατόν πυκνότερα μπορούμε, ώστε να έχουμε καλύτερη αποτύπωση του εδάφους. Για αυτή τη μελέτη πήραμε συνολικά 155.000 σημεία.



Εικόνα 2: Υφιστάμενη γραμμή

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Η επόμενη εικόνα αποτελεί παράδειγμα της διαδικασίας που έγινε για να πάρουμε σημεία εδάφους εκατέρωθεν της υφιστάμενης γραμμής. Τα σημεία που αντλήσαμε από το Google Earth αποθηκεύτηκαν σε μορφή kml αρχείου.



Εικόνα 3: Σημεία Εδάφους

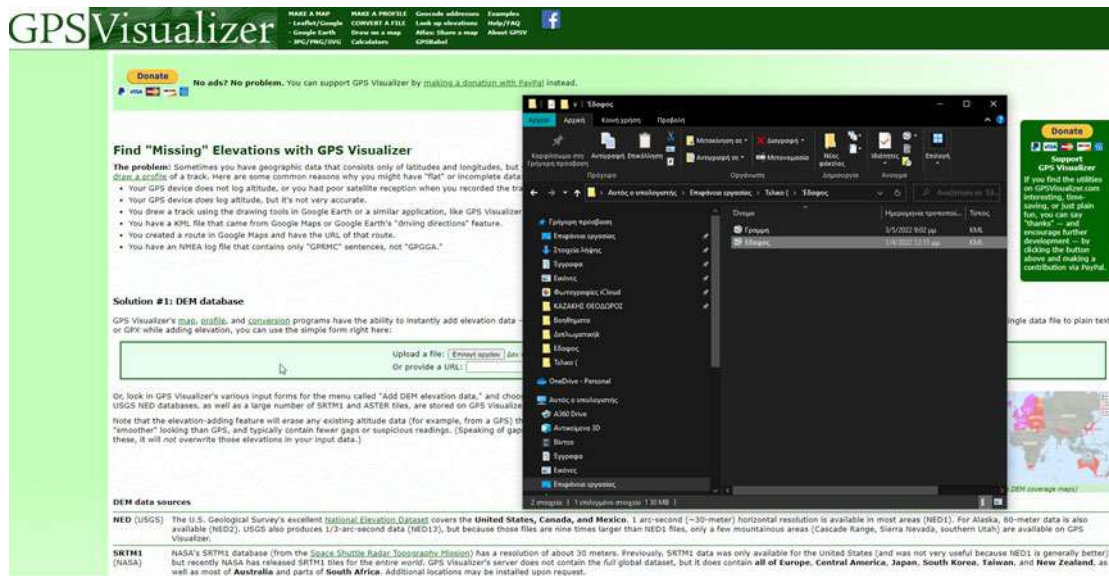
3. Στη συνέχεια εισάγουμε το αρχείο kml στη διαδικτυακή πλατφόρμα GPS VISUALISER, μία πλατφόρμα η οποία αντλεί δεδομένα από τη βάση δεδομένων της NASA. Από αυτό το πρόγραμμα θα πάρουμε τα υψόμετρα που αντιστοιχούν στα σημεία εδάφους μας.



The screenshot shows the GPS Visualizer website. The main heading is "Find 'Missing' Elevations with GPS Visualizer". Below this, there is a "The problem:" section explaining that users often have geographic data with missing altitudes. A list of reasons follows: GPS device issues, drawing tools in Google Earth, KML files from Google Maps, and incorrect file formats. A "Solution #1: DEM database" section explains that the website uses a Digital Elevation Model (DEM) database to add elevation data to GPS files. A form is provided for users to upload a file or provide a URL, with options to convert to a GPX file or download an elevation profile. A small world map is visible in the bottom right corner of the interface.

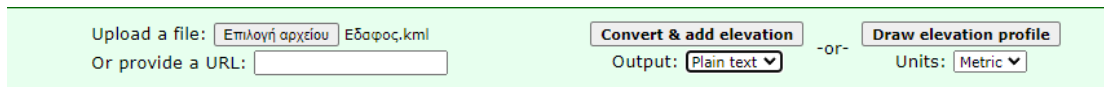
Εικόνα 4: Περιβάλλον Προγράμματος

I) Εισάγουμε το αρχείο kml που αποθηκεύσαμε νωρίτερα



Εικόνα 5: Εισαγωγή αρχείου kml

ii) Έπειτα επιλέγουμε **Output: Plain text** και το **Units : Metric**



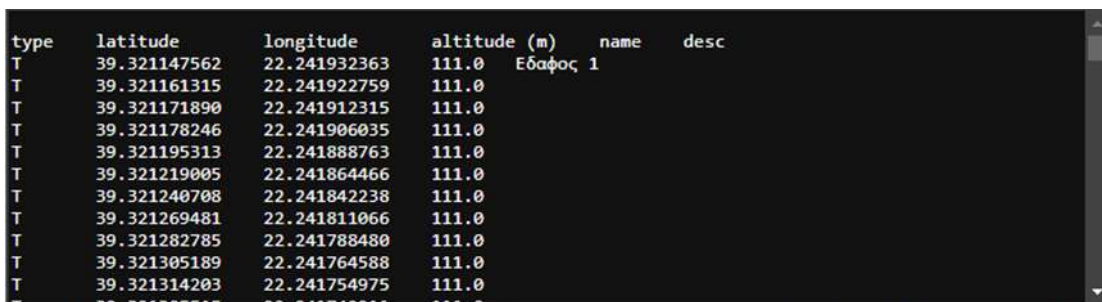
Εικόνα 6: Output-Units

iii) Επιλέγουμε την εντολή **Convert & add elevation**



Εικόνα 7: Convert & add elevation

iv) Έπειτα το πρόγραμμα εμφανίζει τις συντεταγμένες x, y, z των σημείων σε μορφή txt.



Εικόνα 8: Συντεταγμένες σημείων σε μορφή txt

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

ν) Στη συνέχεια με τη βοήθεια της διαδικτυακής πλατφόρμας Themos-sa.gr θα αλλάξουμε τη μορφή των συντεταγμένων των σημείων εδάφους και θα τις μετατρέψουμε από WGS 84 (Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα) σε ΕΓΣΑ 87, όπου είναι το Ελληνικό Σύστημα.

Πρώτα όμως πρέπει να μετατρέψουμε τις συντεταγμένες στη κατάλληλη μορφή για να τις επεξεργαστεί η πλατφόρμα. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια του Excel.

Η διαδικασία έχει ως εξής :

Εισάγουμε, το αρχείο txt των συντεταγμένων που σώσαμε προηγουμένως, στο Excel.

	A	B	C	D	E
1	type	latitude	longitude	altitude (m)	name
2	1	39.32114756	22.24193	111	Εδαφος 1
3	2	39.32116132	22.24192	111	
4	3	39.32117189	22.24191	111	
5	4	39.32117825	22.24191	111	
6	5	39.32119531	22.24189	111	
7	6	39.32121901	22.24186	111	
8	7	39.32124071	22.24184	111	
9	8	39.32126948	22.24181	111	
10	9	39.32128279	22.24179	111	
11	10	39.32130519	22.24176	111	
12	11	39.3213142	22.24175	111	
13	12	39.32132552	22.24174	111	
14	13	39.32134582	22.24172	111	
15	14	39.32136954	22.2417	111	
16	15	39.3213775	22.2417	111	
17	16	39.32138431	22.24169	111	
18	17	39.32136275	22.24171	111	
19	18	39.32135378	22.24173	111	

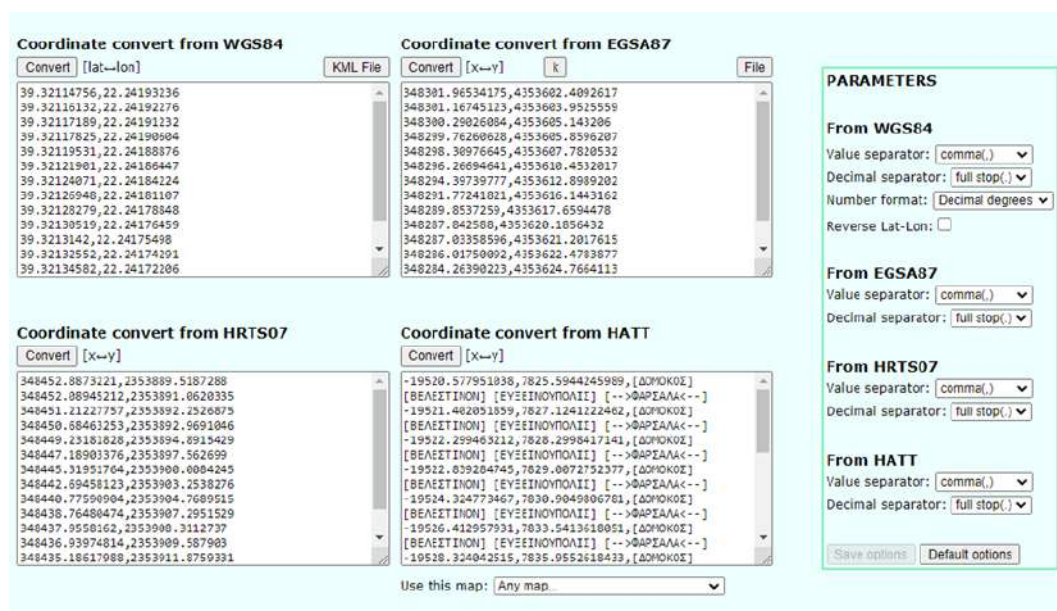
Εικόνα 9: Εισαγωγή συντεταγμένων στο Excel

Έπειτα, με την εντολή Concatenate μετατρέπουμε τις συντεταγμένες στην κατάλληλη μορφή για να τις επεξεργαστεί η πλατφόρμα στη συνέχεια. Δεν συμπεριλαμβάνουμε τα υψόμετρα σε αυτή την διαδικασία καθώς δεν χρειάζονται κάποια μετατροπή.

X,Y
39.32114756,22.24193236
39.32116132,22.24192276
39.32117189,22.24191232
39.32117825,22.24190604
39.32119531,22.24188876
39.32121901,22.24186447
39.32124071,22.24184224
39.32126948,22.24181107
39.32128279,22.24178848
39.32130519,22.24176459
39.3213142,22.24175498
39.32132552,22.24174291
39.32134582,22.24172206
39.32136954,22.24170268

Εικόνα 10: Συντεταγμένες x,y

Στη συνέχεια εισάγουμε τα υψόμετρα στην πλατφόρμα Themos για να γίνει η μετατροπή σε ΕΓΣΑ 87. Επειδή η πλατφόρμα μπορεί να μετατρέψει μέχρι 2.000 ζεύγη συντεταγμένων τη φορά, η διαδικασία επαναλήφθηκε μέχρι να μετατραπούν όλα τα σημεία εδάφους.



Εικόνα 11: Μετατροπή σε ΕΓΣΑ 87

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Τέλος, περνάμε τις συντεταγμένες που έχουν μετατραπεί στο Excel και πάλι με την εντολή Concatenate τις μετατρέπουμε στη κατάλληλη μορφή ώστε να τις εισάγουμε στο Anadelta Tessera.

X,Y (ΕΓΣΑ 87)
348301.96534175,4353602.4092617
348301.16745123,4353603.9525559
348300.29026084,4353605.143206
348299.76260628,4353605.8596207
348298.30976645,4353607.7820532
348296.26694641,4353610.4532017
348294.39739777,4353612.8989202
348291.77241821,4353616.1443162
348289.8537259,4353617.6594478
348287.842588,4353620.1856432
348287.03358596,4353621.2017615
348286.01750092,4353622.4783877
348284.26390223,4353624.7664113
348282.64441258,4353627.4315503

Εικόνα 12: Συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ 87

Συντεταγμένες
1,348301.96534175,4353602.4092617,111
2,348301.16745123,4353603.9525559,111
3,348300.29026084,4353605.143206,111
4,348299.76260628,4353605.8596207,111
5,348298.30976645,4353607.7820532,111
6,348296.26694641,4353610.4532017,111
7,348294.39739777,4353612.8989202,111
8,348291.77241821,4353616.1443162,111
9,348289.8537259,4353617.6594478,111
10,348287.842588,4353620.1856432,111
11,348287.03358596,4353621.2017615,111
12,348286.01750092,4353622.4783877,111
13,348284.26390223,4353624.7664113,111
14,348282.64441258,4353627.4315503,111

Εικόνα 13: Συντεταγμένες με υψόμετρο

Τις τελικές συντεταγμένες (Εικόνα 13: Συντεταγμένες με υψόμετρο) τις εξάγουμε σε μορφή txt ώστε να μπορέσουμε να τις εισάγουμε στο Anadelta Tessera

Έδαφος 1 - Σημειωματάριο

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια
1,	348301.96534175,	4353602.4092617,	111	
2,	348301.16745123,	4353603.9525559,	111	
3,	348300.29026084,	4353605.143206,	111	
4,	348299.76260628,	4353605.8596207,	111	
5,	348298.30976645,	4353607.7820532,	111	
6,	348296.26694641,	4353610.4532017,	111	
7,	348294.39739777,	4353612.8989202,	111	
8,	348291.77241821,	4353616.1443162,	111	
9,	348289.8537259,	4353617.6594478,	111	
10,	348287.842588,	4353620.1856432,	111	
11,	348287.03358596,	4353621.2017615,	111	
12,	348286.01750092,	4353622.4783877,	111	
13,	348284.26390223,	4353624.7664113,	111	
14,	348282.64441258,	4353627.4315503,	111	

Εικόνα 14: Συντεταγμένες σε μορφή txt

4.2 Anadelta Tessera

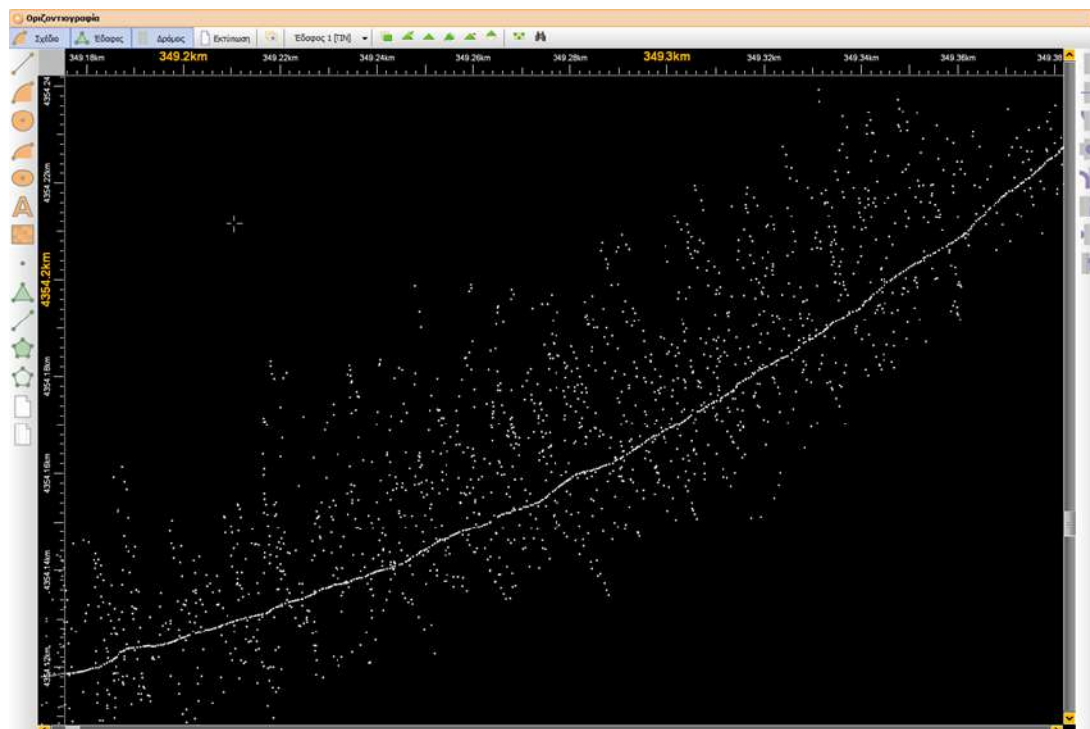
4.2.1 Μοντέλο Εδάφους

Εισάγουμε το αρχείο txt που σώσαμε παραπάνω στο Anadelta Tessera.



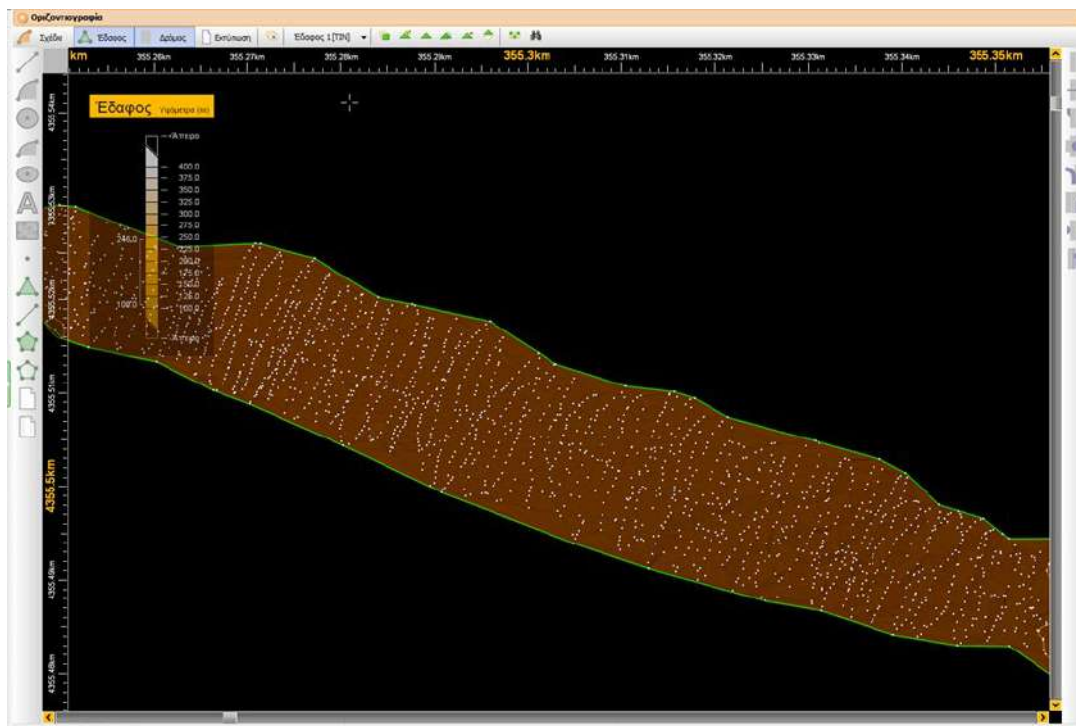
Εικόνα 15: Σημεία εδάφους στο Anadelta Tessera

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

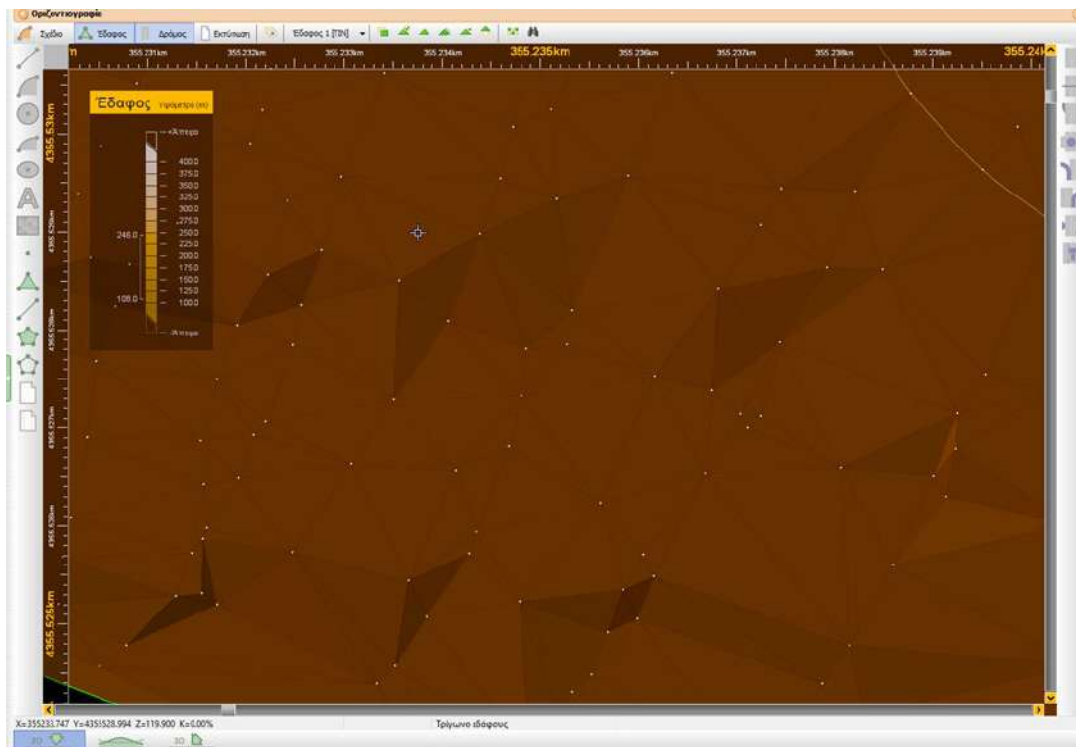


Εικόνα 17: Σημεία Εδάφους Ζουμαρισμένα

Στην Εικόνα 17 η συνεχόμενη γραμμή, είναι τα σημεία που πήραμε πάνω στην υφιστάμενη χάραξη και τα σημεία εκατέρωθεν αυτής, είναι ο περιβάλλον χώρος. Έχουμε εισάγει τόσα σημεία ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν καλύτερη απεικόνιση της πραγματικότητας γίνεται μέσω του Google Earth. Στη συνέχεια δημιουργούμε τα τρίγωνα εδάφους.



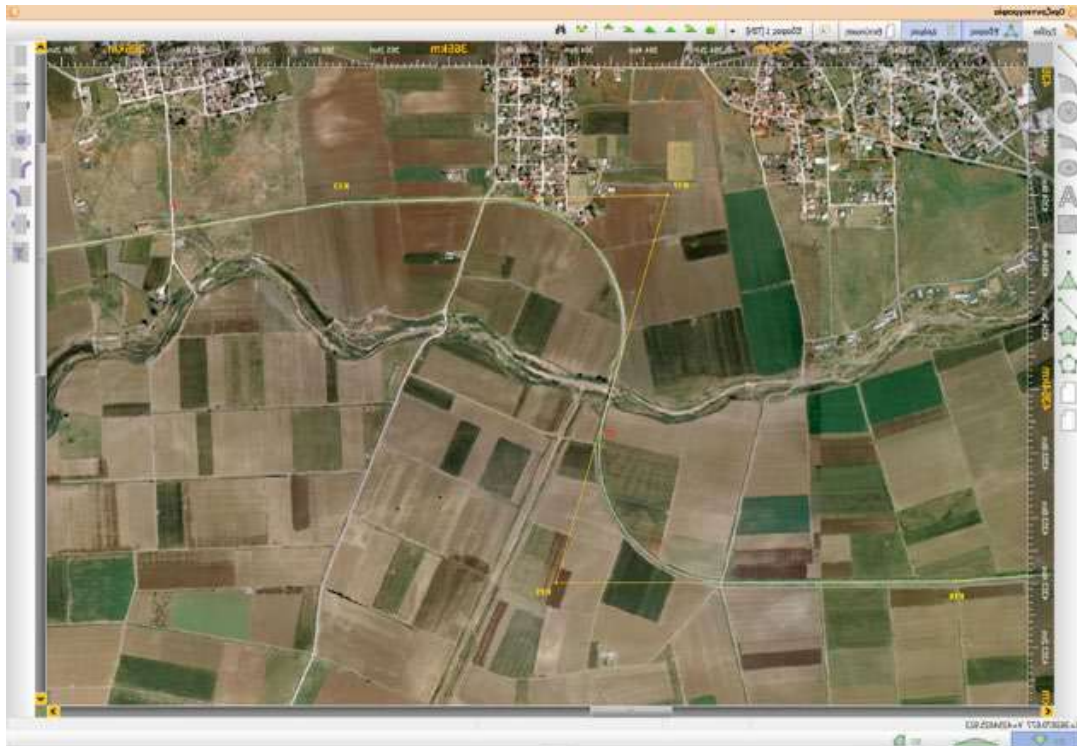
Εικόνα 16: Τρίγωνα Εδάφους



Εικόνα 18: Τρίγωνα Εδάφους

Αφού έχουμε το μοντέλο εδάφους μπορούμε να προχωρήσουμε στην αποτύπωση-χάραξη της σιδηροδρομικής γραμμής.

4.2.2 Χάραξη στην οριζοντιογραφία



Εικόνα 19: Οριζοντιογραφική Χάραξη

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Με τη βοήθεια του χάρτη του Ελληνικού Κτηματολογίου προσεγγίσαμε την υφιστάμενη χάραξη με τη μεγαλύτερη δυνατή λεπτομέρεια και έγινε η αποτύπωση της σιδηροδρομικής γραμμής. Από την αποτύπωση προέκυψαν και οι ακτίνες καμπυλότητας της οριζοντιογραφίας.

Με βάση το **Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής (ΝΚΕΓ)** έγιναν οι υπολογισμοί:

- **Μέγιστη και Ελάχιστη Ταχύτητα**

Η ελάχιστη ακτίνα της υφιστάμενης χάραξης είναι $R_{cmin} = 300$ m, γνωρίζοντας την ελάχιστη ακτίνα μπορούμε να υπολογίσουμε την $V_{μεγ}$. Σύμφωνα με τον κανονισμό για ακτίνες $R < 1250$ m, η $V_{μεγ}$ υπολογίζεται από τον τύπο (2.5) που ανέφερα στο Κεφάλαιο 2.2.1.

$$V_{μεγ} = \sqrt{\frac{265R}{11,8}} = 4,74\sqrt{R} = 4,74\sqrt{300} = 82,1 \text{ km/h} \quad (4.1)$$

Για $V_{μεγ} = 82,1 \text{ km/h} \leq 100 \text{ km/h}$ προκύπτει $V_{ελ} = 60 \text{ km/h}$, σύμφωνα με τον Πίνακα 2-1.

- **Υπερύψωση**

Για τον υπολογισμό της κανονικής υπερύψωσης που θα εφαρμοστεί στις κορυφές της οριζοντιογραφίας, για μέγιστη ταχύτητα συρμού $V_{μεγ} = 82,1 \text{ km/h}$, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$h = 7,12 \cdot \frac{V_{μεγ}^2}{R_c} = 47991,72/R_c \quad (4.2)$$

Δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να ξεπεράσουμε την τιμή της μέγιστης υπερύψωσης $h_{max} = 160 \text{ mm}$. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι υπολογισμοί

Κορυφή K₂ → R_c = 700 m

$$h_2 = 7,12 \cdot \frac{V_{\mu\epsilon\gamma}^2}{R_c} = \frac{47991,72}{700} = 68,50 \text{ mm} \rightarrow h_2 = 70 \text{ mm}$$

Κορυφή K₃ → R_c = 600 m

$$h_3 = \frac{47991,72}{600} = 79,99 \text{ mm} \rightarrow h_3 = 80 \text{ mm}$$

Όλες οι στρογγυλοποιήσεις έγιναν προς τα πάνω διότι θέλουμε να ευνοήσουμε τα πιο γρήγορα τρένα. Επίσης, προέκυψε ότι η Κορυφή 35 θα έχει μηδενική υπερύψωση γιατί υπερυψώσεις μικρότερες των 20 mm μπορούν να αγνοηθούν.

Κορυφή K₃₅ R_c = 3500 m → h₃₅ = 13,71 mm → h₃₅ = 0 mm

- **Ελάχιστο μήκος παραβολικής συναρμογής (L_{ελ})**

Για τον υπολογισμό του L_{ελ} σύμφωνα με τον κανονισμό θα λάβουμε υπόψη μόνο την οριακή τιμή της μεταβολής της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους διότι αυτή δίνει τα δυσμενέστερα αποτελέσματα. ($i \leq 144/V_{\mu\epsilon\gamma}$).

Για την περίπτωση σύνδεσης ευθυγραμμίας με καμπύλη, που συναντάται κατά κόρον στην υφιστάμενη γραμμή που μελετάμε. Και για ταχύτητα V_{μ ϵ γ} = 82,1 km/h > 52,6 km/h, τότε σύμφωνα με τον κανονισμό για αυτή τη περίπτωση ισχύει ο τύπος:

$$L_{\epsilon\lambda} = \frac{h \cdot V_{\mu\epsilon\gamma}}{144} = 0,57 \cdot h \quad (4.3) \text{ για } V \geq 57,6 \text{ km/h}$$

Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι υπολογισμοί :

Κορυφή K₂ → h₂ = 70 mm

$$L_{\epsilon\lambda 2} = \frac{h_2 \cdot V_{\mu\epsilon\gamma}}{144} = 0,57 \cdot h_2 = 39,91 \text{ m}$$

Κορυφή $K_2 \rightarrow h_3 = 80 \text{ m}$

$$L_{\varepsilon\lambda 3} = \frac{h_3 \cdot V_{\mu\epsilon\gamma}}{144} = 0,57 \cdot h_3 = 45,61 \text{ m}$$

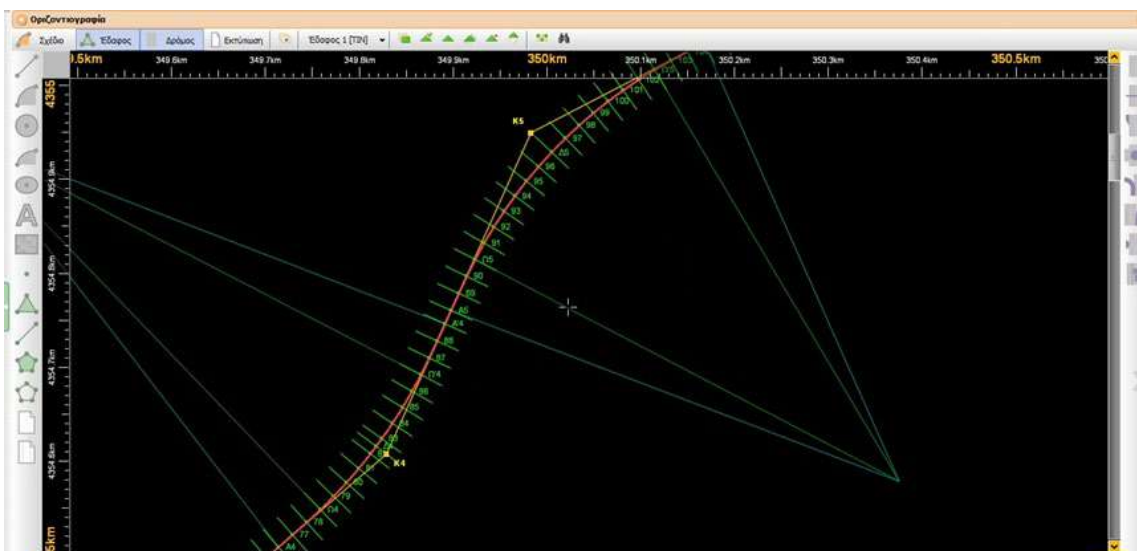
Όλοι υπολογισμοί παρουσιάζονται σε πίνακες στις τελευταίες σελίδες της διπλωματικής εργασίας.

4.2.3 Διορθώσεις Οριζοντιογραφίας

Αφού υπολογίσαμε τα ελάχιστα μήκη των τόξων συναρμογής, προχωρήσαμε στη σύγκριση αυτών με τα τόξα συναρμογής που βάλαμε προσεγγιστικά στην οριζοντιογραφία. Οπότε αλλάξαμε τα μήκη, όπου αυτά δεν τηρούσαν τις προϋποθέσεις του κανονισμού. Σε ορισμένες κορυφές αυτό δεν ήταν εφικτό να γίνει, διότι είτε είχαμε επικάλυψη κλωθοειδών καθώς αυξάναμε τα μήκη για να ξεπεράσουμε το $L_{\varepsilon\lambda}$, είτε η απόσταση των συναρμογών ήταν μικρότερη των 30 m, όπου σύμφωνα με τον κανονισμό είναι απαγορευτικό.

Σε αυτές τις περιπτώσεις αποφασίσαμε ότι πρέπει να αλλάξουμε προσέγγιση και να ενώσουμε τις συνεχόμενες κορυφές ώστε να δημιουργήσουμε συνεχόμενες καμπύλες για να λυθεί το πρόβλημα. Για να επιτευχθεί αυτό πειραματιστήκαμε με τις ακτίνες και τα μήκη συναρμογής των καμπύλων μέχρι να πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Θα μπορούσαμε να πειραματιστούμε και με την παράμετρο κλωθοειδούς για τον ίδιο σκοπό, αλλά δεν το προτιμήσαμε διότι αποτελεί ανάπτυγμα της σειράς Taylor και θα υπήρχε μεγαλύτερη πολυπλοκότητα.

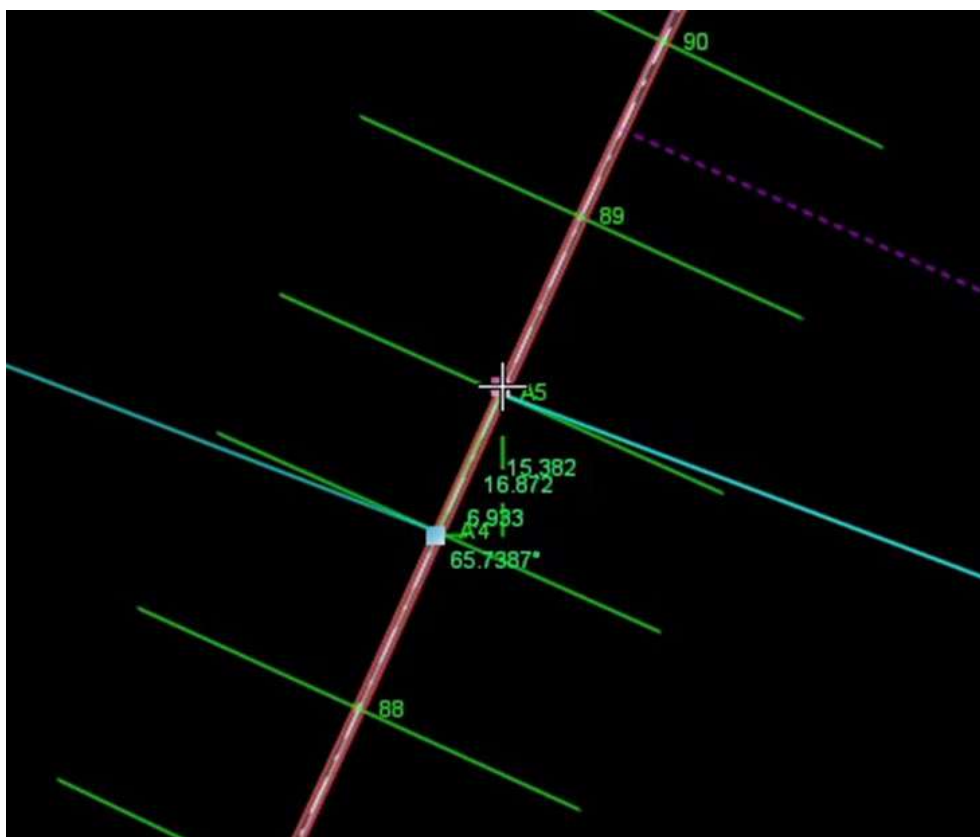
1. Ενοποίηση Κορυφών K_4 - K_5



Εικόνα 20: Αρχική Κατάσταση

Στην Εικόνα 20 βλέπουμε το πρόβλημα που δημιουργήθηκε μόλις αυξήσαμε τα μήκη των τόξων συναρμογής ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις του κανονισμού, δηλαδή την ελάχιστη απόσταση των 30 μέτρων.

Όπως βλέπουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και στην Εικόνα 21 η απόσταση μεταξύ της αρχής των τόξων συναρμογής είναι περίπου 17 m.



Εικόνα 21: Αρχική Κατάσταση (Zoom)

Αρχικά, είχαμε $R_{c4} = 550$ m και $R_{c5} = 510$ m για τις κορυφές K_4 και K_5 αντίστοιχα. Και για μήκη συναρμογής βάλαμε τα ελάχιστα για την κάθε συναρμογή, δηλαδή $L_4 = L_{ελ4} = 51,31$ m και $L_5 = L_{ελ5} = 54,16$ m.

Πειραματιζόμενοι τελικά με τις ακτίνες και τα μήκη των τόξων συναρμογής ώστε να ενώσουμε τις κορυφές καταλήξαμε:

Κορυφή K_4 : $R_c = 590$ m και $L_4 = 59,74$ m

Κορυφή K_5 : $R_c = 530$ m και $L_5 = 60$ m

Έπειτα, πρέπει να υπολογίσουμε εκ νέου τις υπερυψώσεις και τα ελάχιστα επιτρεπόμενα μήκη συναρμογής για τη κάθε καμπύλη.

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Στη περίπτωση σύνδεσης δύο αντίρροπων συνεχόμενων καμπύλων, όπως και στη περίπτωσή μας, ο τύπος υπολογισμού του $L_{ελ}$ δεν αλλάζει, αλλά πρέπει σε όλο το μήκος των συναρμογών η καμπυλότητα να είναι ίδια και η υπερύψωση να μεταβάλλεται ομοιόμορφα και να μηδενίζεται στην κοινή αρχή των δύο συναρμογών.

Κορυφή K₄ → $R_c = 590 \text{ m}$

$$h_4 = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V_{μεγ}^2}{R} = \frac{7,12 \cdot 82,1^2}{590} = 81,34 \text{ mm} \rightarrow h_4 = 85 \text{ mm}$$

Οπότε έχουμε,

$$L_{ελ4} = \frac{h_4 \cdot V_{μεγ}}{144} = 0,57 \cdot h_4 = 48,46 \text{ m}$$

Άρα,

$L_4 = 59,74 \text{ m} > L_{ελ4}$, οπότε είμαστε εντός των ορίων του κανονισμού.

Κορυφή K₅ → $R_c = 530 \text{ m}$

$$h_5 = \frac{7,12 \cdot 82,1^2}{530} = 90,55 \text{ mm} \rightarrow h_5 = 95 \text{ mm}$$

Οπότε έχουμε,

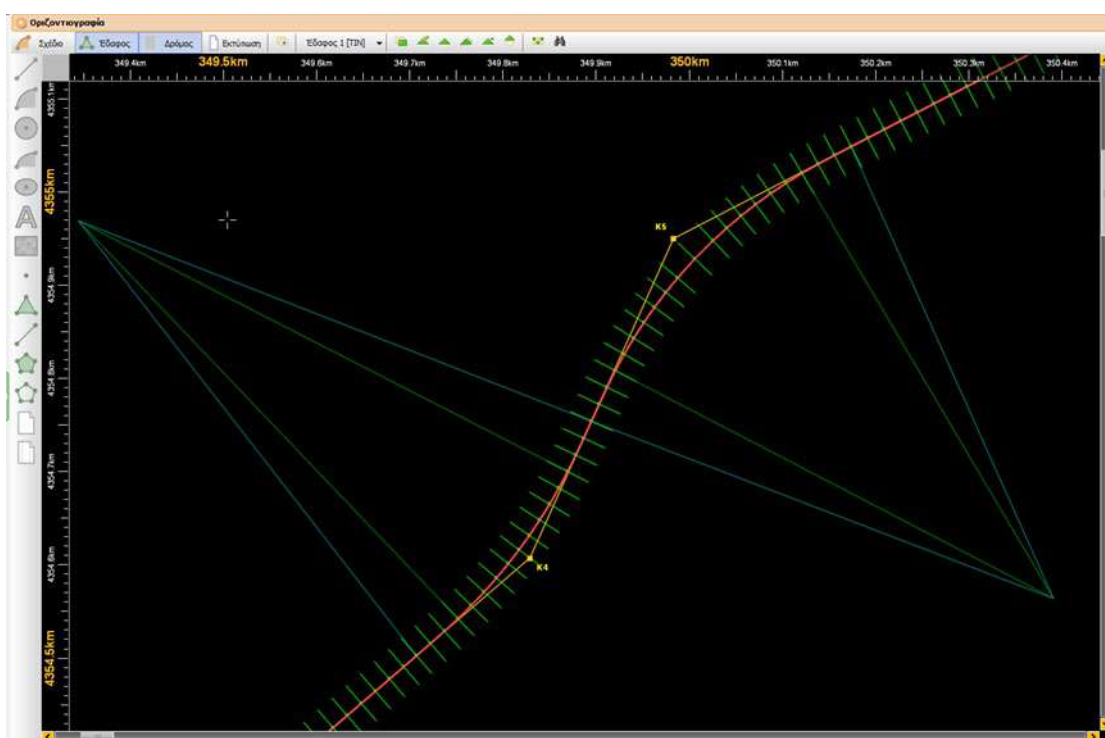
$$L_{ελ5} = 0,57 \cdot h_5 = 54,16 \text{ m}$$

Άρα,

$L_5 = 60 \text{ m} > L_{ελ5}$, οπότε και σε αυτή τη περίπτωση είμαστε εντός των ορίων του κανονισμού.



Εικόνα 22: Τελική Κατάσταση



Εικόνα 23: Τελική Κατάσταση

Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 22 και Εικόνα 23, οι συναρμογές έχουν κοινή αρχή. Δηλαδή, πλέον έχουμε δύο αντίρροπες συνεχόμενες καμπύλες. Πρέπει όμως να ελέγξουμε και τι συμβαίνει με τις υπερυψώσεις των δύο συνεχόμενων συναρμογών, όπως τονίσαμε και παραπάνω.



Εικόνα 24: Διάγραμμα Υπερυψώσεων

Στην Εικόνα 24 παρουσιάζεται το Διάγραμμα Υπερυψώσεων των δύο, συνεχόμενων αντίρροπων καμπυλών. Όπως, παρατηρούμε η υπερύψωση δεν μεταβάλλεται ομοιόμορφα από το πέρασμα της μίας συναρμογής στην άλλη. Για την K_4 έχουμε κλίση πρανούς $i_4 = 1.42 \text{ mm/m}$ και για την K_5 έχουμε $i_5 = 1.58 \text{ mm/m}$.

Σκοπός μας είναι οι δύο συναρμογές να έχουν κοινή αρχή και κλίση πρανούς. Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα πρέπει να συνεχίσουμε τον πειραματισμό με τα μήκη συναρμογής, τις ακτίνες και τις υπερυψώσεις μέχρι να πετύχουμε τα παραπάνω.

Αποφασίσαμε να δώσουμε ίδια ακτίνα στις δύο συνεχόμενες καμπύλες και κατ' επέκταση ίδια υπερύψωση, ώστε να γίνει πιο εύκολη η διαδικασία αφού θα εξαρτόμαστε μόνο από μία κοινή μεταβλητή, το μήκος συναρμογής.

Για $R_{c4} = R_{c5} = 520 \text{ m}$ προκύπτει,

$$h_4 = h_5 = \frac{7,12 \cdot 82,1^2}{520} = 92,29 \text{ mm} \rightarrow h = 95 \text{ mm}$$

Και

$$L_{\varepsilon\lambda 5} = 0,57 \cdot h = 54,16 \text{ m}$$

Τελικά καταλήξαμε,

$L_4 = 87,67 \text{ m}$ και $L_5 = 87,7 \text{ m}$ ($> L_{\varepsilon\lambda}$)



Εικόνα 25: Διορθωμένο Διάγραμμα Υπερυψώσεων

Στην Εικόνα 25 απεικονίζεται η γραμμική μεταβολή της υπερύψωσης, η οποία μεταβάλλεται ομοιόμορφα σε όλο το μήκος της συναρμογής συνδέοντας τις υπερυψώσεις h_4 και h_5 . Παρατηρούμε τη διορθωμένη κλίση πρανούς $i_4 = i_5 = 1,08 \text{ mm/m}$. Το σημείο A' ονομάζεται σημείο καμπής και είναι η κοινή αρχή των δύο συναρμογών όπου εκεί μηδενίζεται και η υπερύψωση.

Πρέπει να γίνει και ένας τελευταίος έλεγχος, που είναι η σύγκριση της κλίσης πρανούς που καταλήξαμε με την οριακή τιμή μεταβολής της υπερύψωσης ανά μονάδα μήκους $i_{μεγ}$.

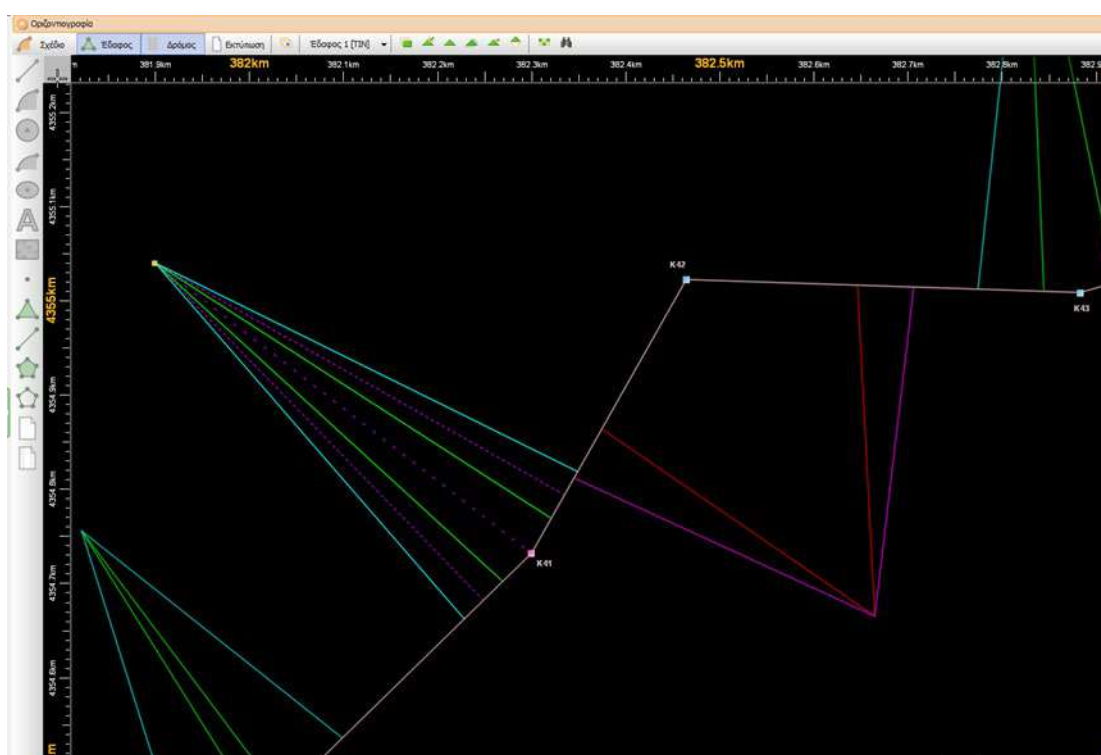
$$i_{μεγ} = \frac{144}{V_{μεγ}} = 1,75 \frac{mm}{m}$$

Άρα,

$$i_4 = i_5 = 1,08 \frac{mm}{m} < i_{μεγ}$$

Οπότε είμαστε εντός του ορίου, που ορίζει ο κανονισμός.

2. Ενοποίηση Κορυφών K₄₁-K₄₂



Εικόνα 26: Αρχική Κατάσταση

Στη περίπτωση των κορυφών K₄₁-K₄₂ όταν θέσαμε τα ελάχιστη μήκη συναρμογών που απαιτούνται είχαμε επικάλυψη κλωθοειδούς. Αρχικά, είχαμε R_{c41} = 500 m και R_{c42} = 350 m για τις κορυφές K₄₁ και K₄₂ αντίστοιχα. Και για μήκη συναρμογής L₄₁ = L_{ελ41} = 57,01 m και L₄₂ = L_{ελ42} = 79,82 m.

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Στόχος είναι με την αλλαγή των ακτινών και των μηκών συναρμογής να φέρουμε τις αρχές των συναρμογών σε πολύ μικρή απόσταση ώστε μετά το πρόγραμμα Anadelta να τις ενοποιήσει αυτόματα. Τελικά καταλήξαμε:

Κορυφή K₄₁: $R_c = 420 \text{ m}$ και $L_{41} = 73,4 \text{ m}$

Κορυφή K₄₂: $R_c = 350 \text{ m}$ και $L_{42} = 86 \text{ m}$

Επιλέξαμε να μην πειραματιστούμε με την ακτίνα της κορυφής K₄₂ διότι αποτύπωνε πολύ καλά την γραμμή και μία αλλαγή της ακτίνας θα είχε αρνητική επίπτωση.

Πρέπει να τονίσουμε ότι σε κάθε περίπτωση έπειτα από την αλλαγή των χαρακτηριστικών της κάθε καμπύλης έγινε έλεγχος αν συνεχίζει να αποτυπώνεται σωστά η υφιστάμενη σιδηροδρομική γραμμή όπως παρουσιάζεται στο χάρτη του Ελληνικού Κτηματολογίου.

Κορυφή K₄₁ → $R_c = 420 \text{ m}$

$$h_{41} = \frac{7,12 \cdot 82,1^2}{420} = 114,27 \text{ mm} \rightarrow h_{41} = 115 \text{ mm}$$

Οπότε έχουμε,

$$L_{\varepsilon\lambda 41} = 0,57 \cdot h_{41} = 65,75 \text{ m}$$

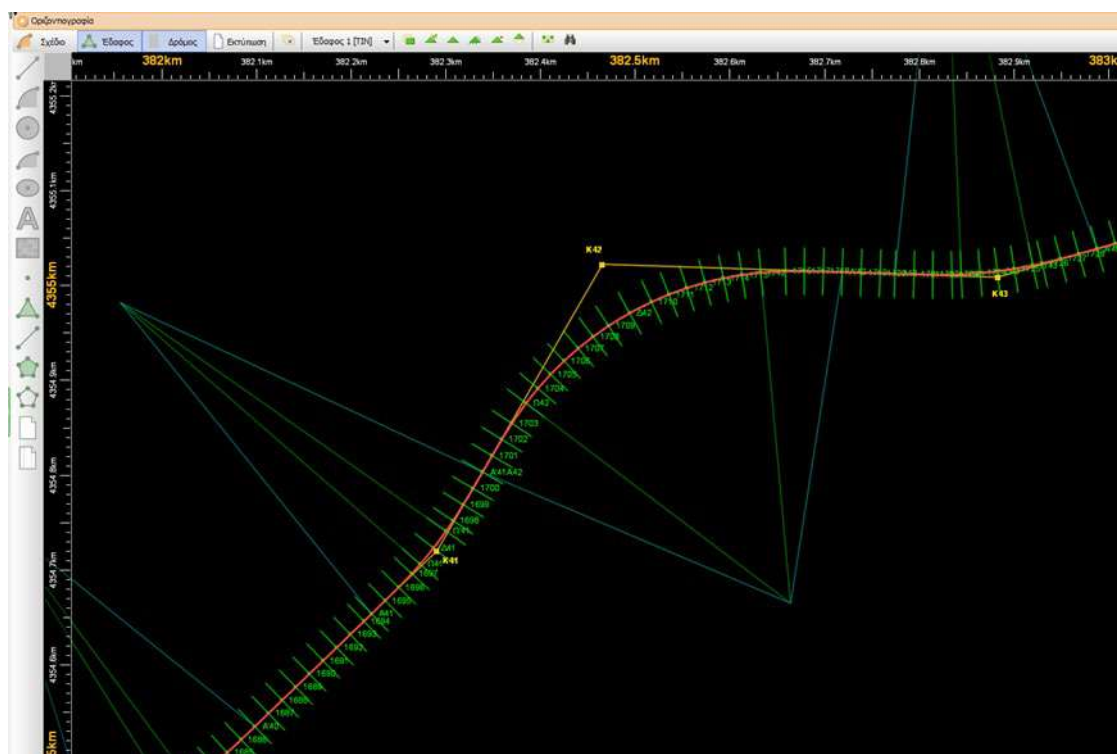
Άρα,

$L_{41} = 73,4 \text{ m} > L_{\varepsilon\lambda 41}$, οπότε εξακολουθούμε να είμαστε εντός των ορίων του κανονισμού.

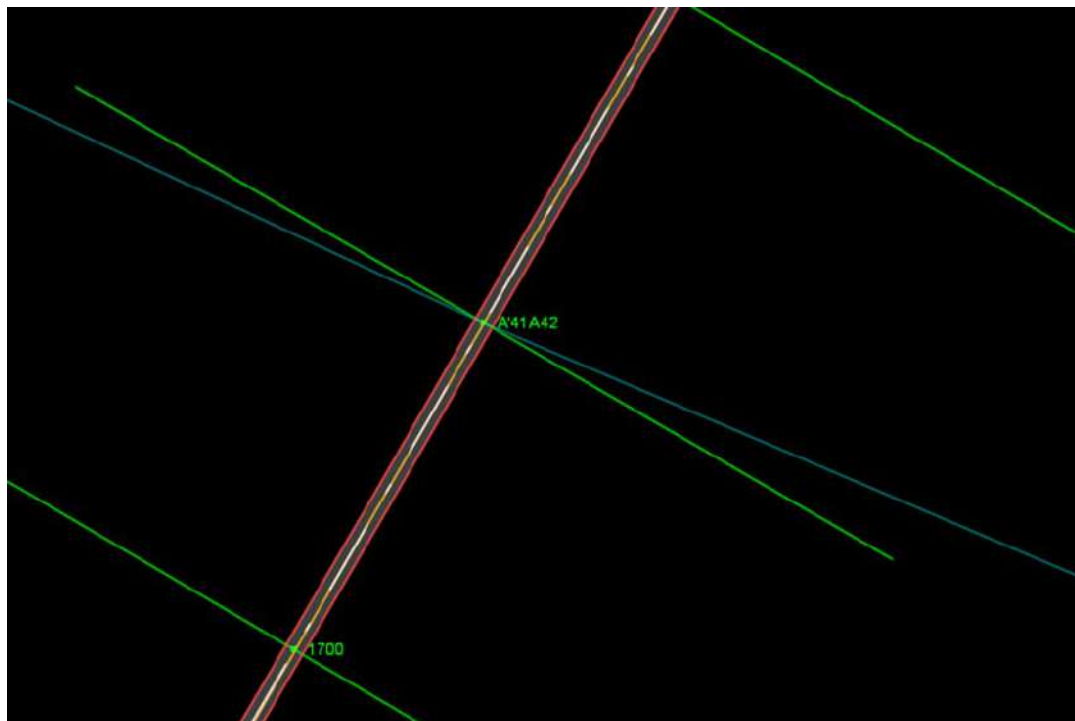
Για την κορυφή K₄₂ δεν θα αλλάξει κάποιο μέγεθος, αφού επιλέξαμε να μην μεταβάλουμε την ακτίνα.

Κορυφή K₄₂: $R_c = 350 \text{ m}$, $L_{42} = 86 \text{ m} > L_{\varepsilon\lambda 42}$ και $h_{42} = 140 \text{ mm}$

Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται το αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας, δηλαδή η ενοποίηση των κορυφών των δύο καμπυλών.

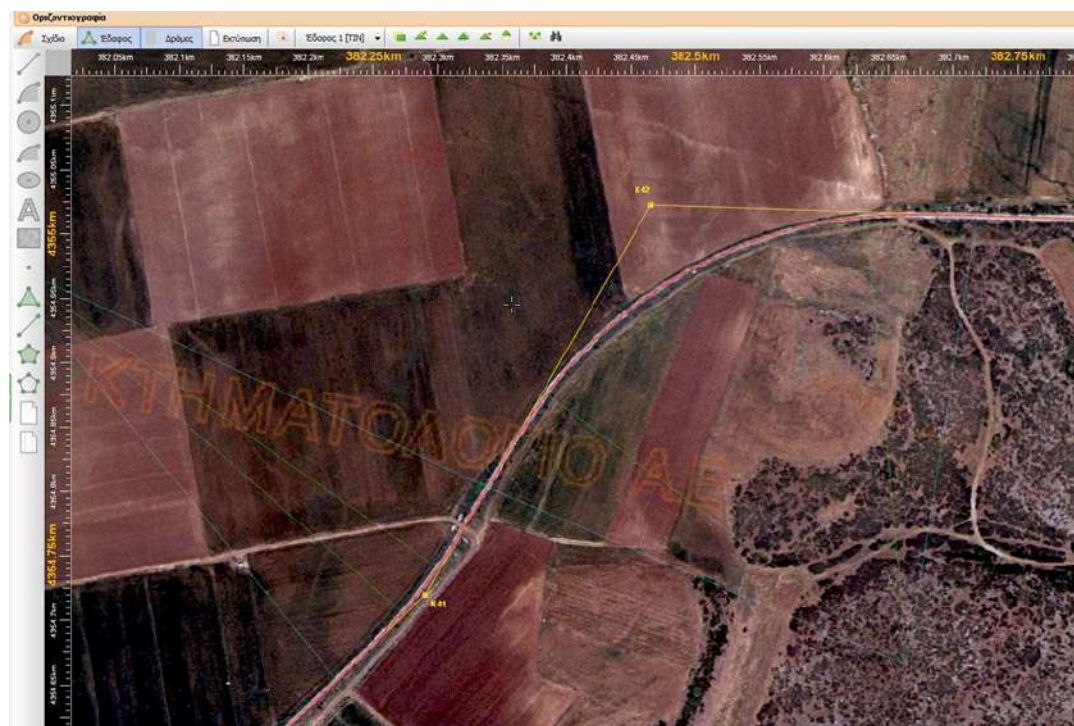


Εικόνα 27: Τελική Κατάσταση



Εικόνα 28: Τελική Κατάσταση (Zoom)

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή



Εικόνα 29: Χάρτης Κτηματολογίου

Στην Εικόνα 29 φαίνεται ότι η υφιστάμενη γραμμή συνεχίζει να αποτυπώνεται σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό έπειτα από τους υπολογισμούς μας.



Εικόνα 30: Διάγραμμα Υπερυψώσεων

Αν παρατηρήσουμε το Διάγραμμα Υπερυψώσεων (Εικόνα 30), τότε θα δούμε ότι η μεταβολή της υπερύψωσης δεν είναι ομοιόμορφη από τη μία συναρμογή στην άλλη. Άρα πρέπει να συνεχίσουμε τις αλλαγές, όπως και προηγουμένως, για να διορθωθεί το πρόβλημα. Αυτή τη φορά δε θα επιλέξουμε την ίδια μέθοδο που επιλέξαμε για την επίλυση του προβλήματος που δημιουργήθηκε κατά τη σύνδεση των κορυφών K₄-K₅, δηλαδή να έχουν οι καμπύλες ίδια ακτίνα ώστε να έχουμε μία κοινή μεταβλητή στο πρόβλημα. Έχουμε:

Κορυφή K₄₁ :

$$i_{41} = \frac{\Delta h}{\Delta L} = 0,115 \frac{m}{L_{41}}$$

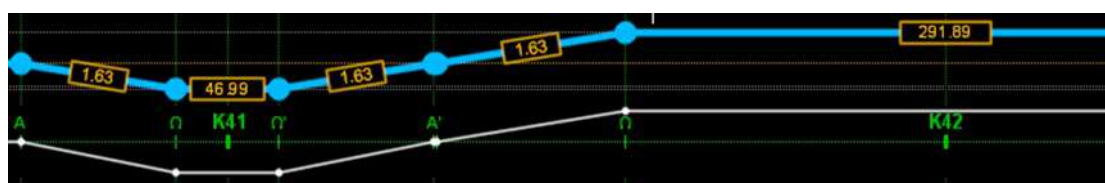
Κορυφή K₄₂:

$$i_{42} = \frac{\Delta h}{\Delta L} = 0,140 \frac{m}{L_{42}}$$

Για να έχουμε $i_{41} = i_{42}$ πρέπει,

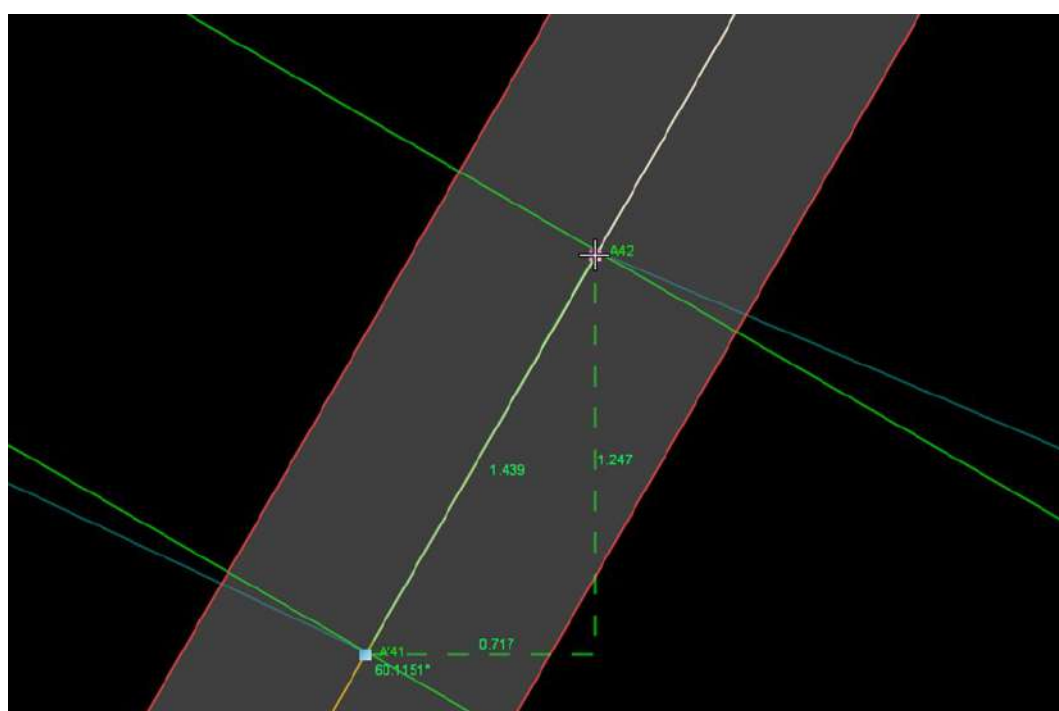
$$\frac{0,115}{L_{41}} = \frac{0,140}{L_{42}} \rightarrow \frac{L_{41}}{L_{42}} = 0,82$$

Για $L_{42} = 86 \text{ m}$, προκύπτει $L_{41} = 70,52 \text{ m}$ ($> L_{ελ41} = 65,57 \text{ m}$)



Εικόνα 31: Διάγραμμα Υπερυψώσεων

Στο πρόγραμμα θέτοντας το $L_{41} = 70,52 \text{ m}$ παρατηρούμε ότι επιτύχαμε την κοινή κλίση πρανούς των δύο συναρμογών. Όμως μικραίνοντας έτσι το μήκος της L_{41} οι συναρμογές δεν έχουν πλέον κοινή αρχή, όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 32: Διαχωρισμός Κορυφών

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Οπότε πρέπει να συνεχίσουμε τον πειραματισμό μέχρι να επιτύχουμε τους δύο κύριους στόχους μας. Συνεχίζουμε τους πειραματισμούς εκμεταλλευόμενοι τη σχέση:

$$\frac{L_{41}}{L_{42}} = 0,82 \quad (4.4)$$

1^η προσπάθεια

$$L_{42} = 87 \text{ m} \rightarrow L_{41} = 0,82 \cdot 87 = 71,34 \text{ m}$$

Δεν επιτεύχθηκαν οι στόχοι.

2^η προσπάθεια

$$L_{42} = 88 \text{ m} \rightarrow L_{41} = 72,16 \text{ m}$$

Δεν επιτεύχθηκαν οι στόχοι.

3^η προσπάθεια

$$L_{42} = 87,5 \text{ m} \rightarrow L_{41} = 71,75 \text{ m}$$

Δεν επιτεύχθηκαν οι στόχοι.

4^η προσπάθεια

$$L_{42} = 87,52 \text{ m} \rightarrow L_{41} = 71,77 \text{ m}$$

Δεν επιτεύχθηκαν οι στόχοι.

5^η προσπάθεια

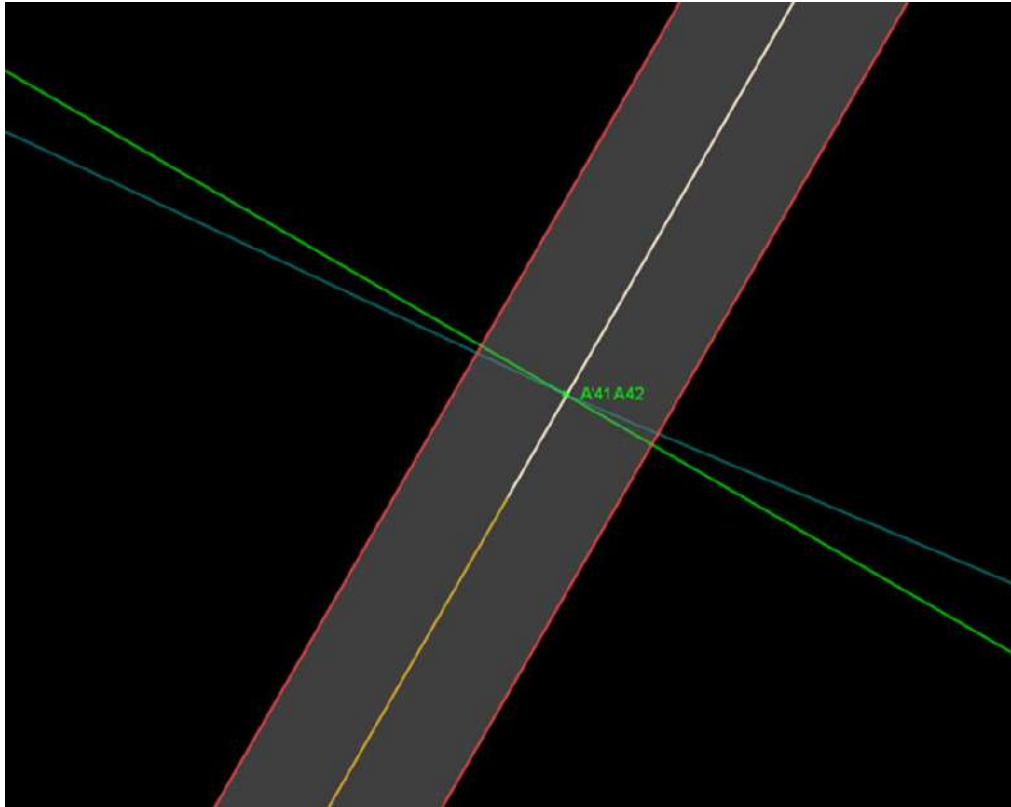
$$L_{42} = 87,56 \text{ m} \rightarrow L_{41} = 71,8 \text{ m}$$

Δεν επιτεύχθηκαν οι στόχοι.

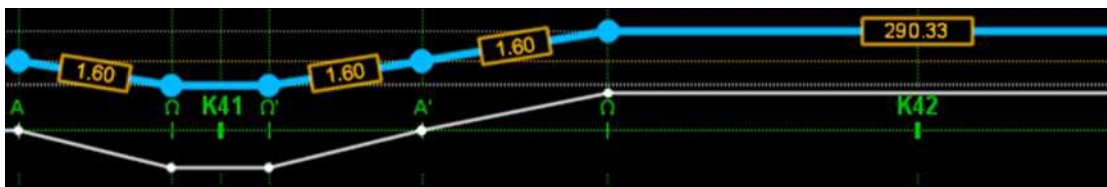
Τελικά, καταλήγουμε στις τιμές:

$$L_{41} = 71,8 \text{ m} > L_{41\epsilon\lambda} = 67,57 \text{ m}$$

$$L_{42} = 87,56 \text{ m} > L_{42\epsilon\lambda} = 79,82 \text{ m}$$



Εικόνα 33: Τελική Κατάσταση



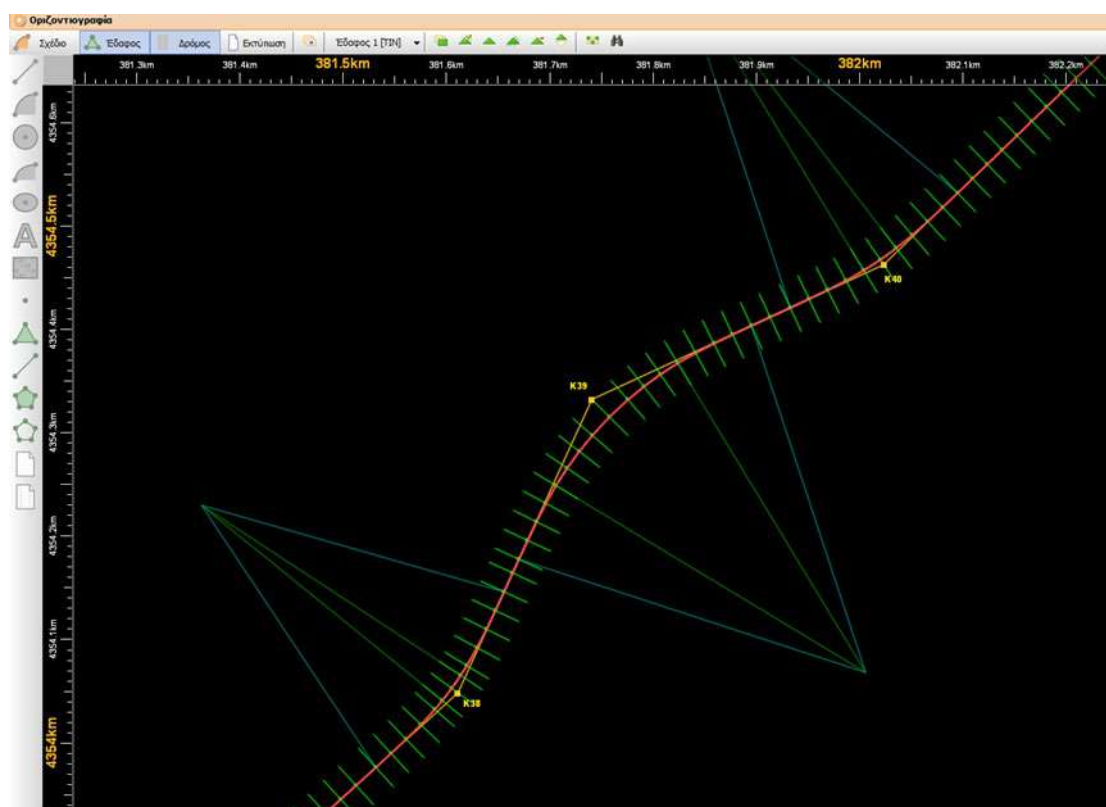
Εικόνα 34: Διορθωμένο Διάγραμμα Υπερυψώσεων

Όπως παρατηρούμε στην Εικόνα 33 και Εικόνα 34, μετά τις αλλαγές που κάναμε οι στόχοι μας επιτεύχθηκαν.

Τέλος, πρέπει να ελέγξουμε αν είμαστε εντός των ορίων του κανονισμού:

$$i_{41} = i_{42} = 1,60 \frac{mm}{m} < i_{μεγ}$$

3. Ενοποίηση Κορυφών K₃₈-K₃₉-K₄₀



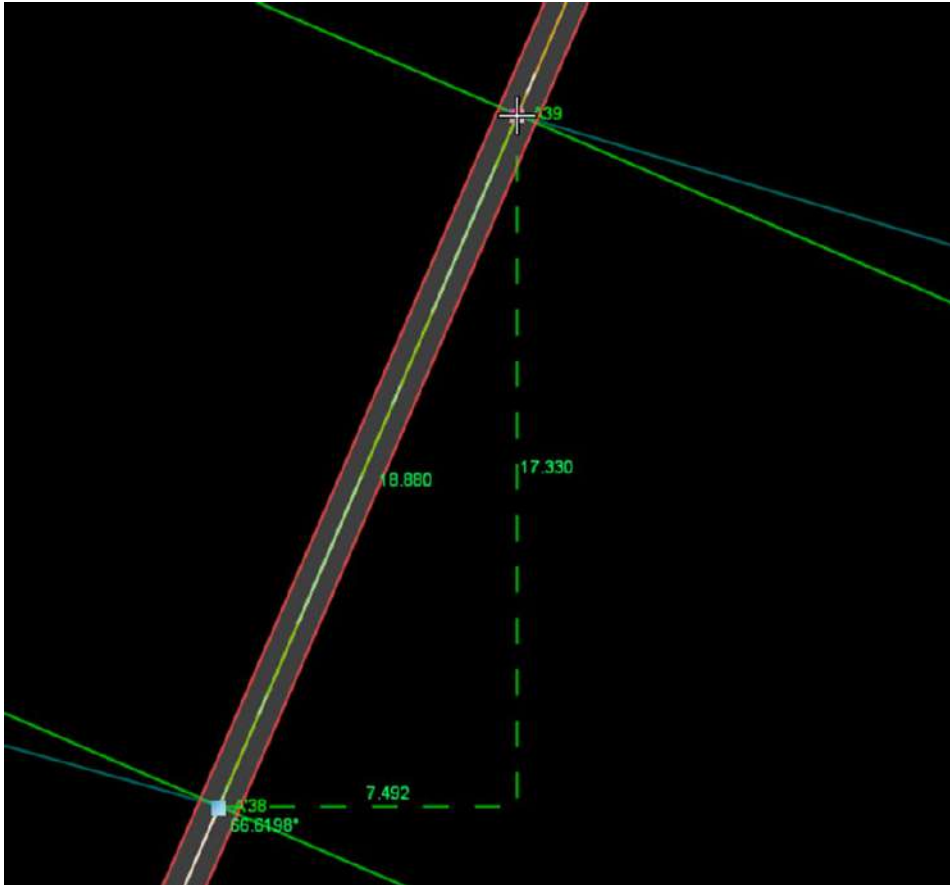
Εικόνα 35: Αρχική Κατάσταση

Στη περίπτωση της σύνδεσης των κορυφών K₃₈-K₃₉-K₄₀ όταν θέσαμε τα ελάχιστα μήκη συναρμογής, το μήκος της ευθυγραμμίας μεταξύ των συναρμογών ήταν περίπου 30 m, δηλαδή δεν υπήρχε κάποιο απαγορευτικό σύμφωνα με τον κανονισμό. Όμως, δεν ήμασταν ευχαριστημένοι με τη κατάσταση των κορυφών K₃₈ και K₄₀, όπου η ακτίνα του κύκλου ήταν αρκετά μικρή και τα μήκη συναρμογής καταλάμβαναν το μεγαλύτερο μέρος.

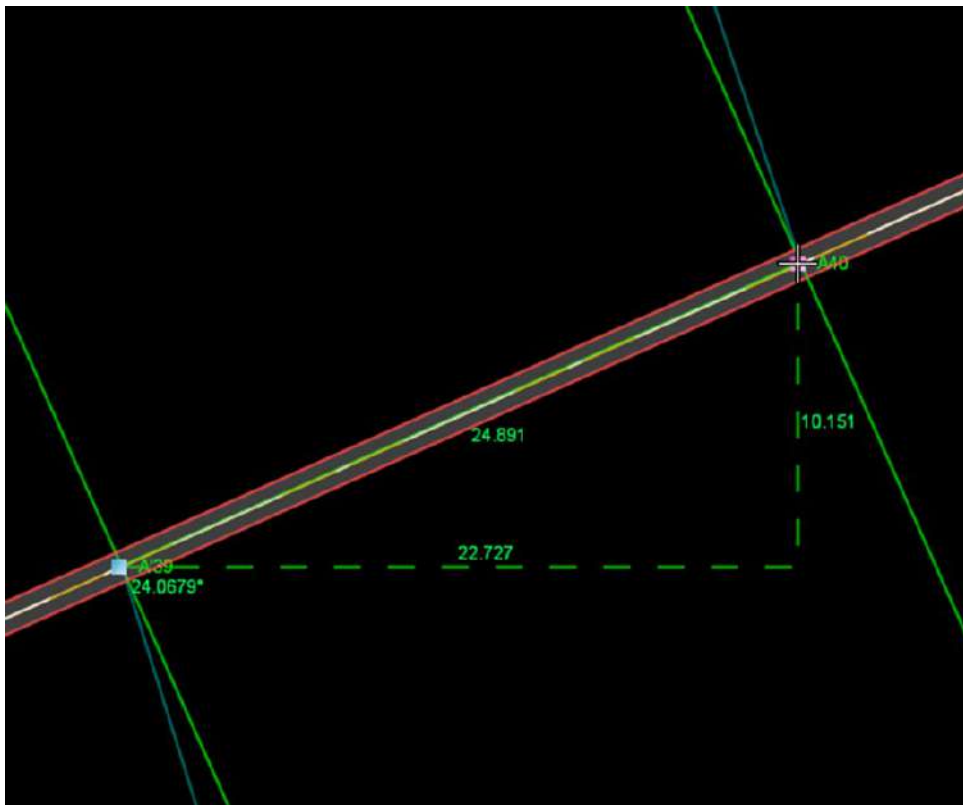
Αρχικά είχαμε $R_{c38} = 300$ m, $R_{c39} = R_{c40} = 350$ m και για μήκη συναρμογής $L_{38ελ} = 91,22$ m και $L_{39ελ} = L_{40ελ} = 79,82$ m.

Προσπαθήσαμε όσο μπορούσαμε να αποτρέψουμε το πρόβλημα, χωρίς όμως να ξεφεύγουμε από τα όρια της υφιστάμενης γραμμής. Έτσι, μεγαλώσαμε όσο ήταν δυνατό τις ακτίνες των κορυφών. Και αφού πραγματοποιήσαμε έναν επαναληπτικό έλεγχο αντιληφθήκαμε ότι δεν ήμασταν πλέον στα όρια που απαιτεί ο κανονισμός.

Μετά την αλλαγή είχαμε, $R_{c38} = 400$ m, $R_{c39} = 340$ m, $R_{c40} = 420$ m και για μήκη συναρμογής $L_{38ελ} = 68,42$ m, $L_{39ελ} = 82,67$ m και $L_{40ελ} = 65,57$ m. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται δεν ικανοποιούμε τα όρια του κανονισμού.



Εικόνα 36: K₃₈-K₃₉



Εικόνα 37: K₃₉-K₄₀

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

Έπειτα, αφού είδη είχαμε πειραματιστεί με τις ακτίνες των καμπυλών προηγουμένως, για την ενοποίηση των κορυφών των τόξων συναρμογής πειραματιστήκαμε μόνο με τα μήκη αυτών, έχοντας κατά νου ότι οι κλίσεις του πρσανούς της υπερύψωσης των τριών κορυφών θα πρέπει να είναι ίδιες σύμφωνα με τον κανονισμό.

Θέλουμε,

$$i_{38} = i_{39} = i_{40} \rightarrow \frac{h_{38}}{L_{38}} = \frac{h_{39}}{L_{39}} = \frac{h_{40}}{L_{40}}$$
$$\rightarrow \frac{0,120}{L_{38}} = \frac{0,145}{L_{39}} = \frac{0,115}{L_{40}} \quad (4.5)$$

$$0,120 \cdot L_{39} = 0,145 \cdot L_{38} \rightarrow L_{39} = 1,21 L_{38} \quad (4.6)$$

$$0,145 \cdot L_{40} = 0,115 \cdot L_{39} \rightarrow L_{40} = 0,79 L_{39} \quad (4.7)$$

Αφού έχουμε τις σχέσεις που συνδέουν τα μήκη συναρμογών μεταξύ τους, προχωράμε σε μία επαναληπτική διαδικασία μέχρι το επιθυμητό αποτέλεσμα, την ένωση των κορυφών συναρμογής.

1^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 91,22$ m

$$L_{39} = 1,21 \cdot 91,22 = 110,38$$
 m

$$L_{40} = 0,79 \cdot 91,22 = 87,2$$
 m

Επικάλυψη Κλωθοειδούς

2^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 70$ m

$$L_{39} = 84,7$$
 m

$$L_{40} = 66,91$$
 m

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

3^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 72$ m

$$L_{39} = 87,12$$
 m

$$L_{40} = 68,82$$
 m

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

4^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 70$ m

$L_{39} = 84,7$ m

$L_{40} = 66,91$ m

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

5^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 85$ m

$L_{39} = 102,85$ m

$L_{40} = 81,25$ m

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

6^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 86$ m

$L_{39} = 104,06$ m

$L_{40} = 82,21$ m

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

7^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 87$ m

$L_{39} = 105,27$ m

$L_{40} = 83,16$ m

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

8^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 88$ m

$L_{39} = 106,48$ m

$L_{40} = 84,12$ m

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

9^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 88,4 \text{ m}$

$$L_{39} = 106,96 \text{ m}$$

$$L_{40} = 84,5 \text{ m}$$

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

10^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 88,4 \text{ m}$

$$L_{39} = 106,96 \text{ m}$$

$$L_{40} = 84,5 \text{ m}$$

Εξακολουθεί να υπάρχει μήκος ευθυγραμμίας ανάμεσά τους.

11^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 88,42 \text{ m}$

$$L_{39} = 106,99 \text{ m}$$

$$L_{40} = 84,52 \text{ m}$$

Επικάλυψη Κλωθοειδούς

12^η προσπάθεια

Θέτω $L_{38} = 88,415 \text{ m}$

$$L_{39} = 106,98 \text{ m}$$

$$L_{40} = 84,515 \text{ m}$$

Σε αυτό το σημείο οι κορυφές των συναρμογών των K_{38} - K_{39} ενοποιήθηκαν.

Συνεχίζουμε λοιπόν να πειραματιζόμαστε μόνο με το L_{40} μέχρι να έρθει όσο πιο κοντά γίνεται η κορυφή της συναρμογής του, με την κορυφή της συναρμογής L_{39} . Ελέγχοντας ταυτόχρονα αν παραμένει ίδια η κλίση πρανούς.

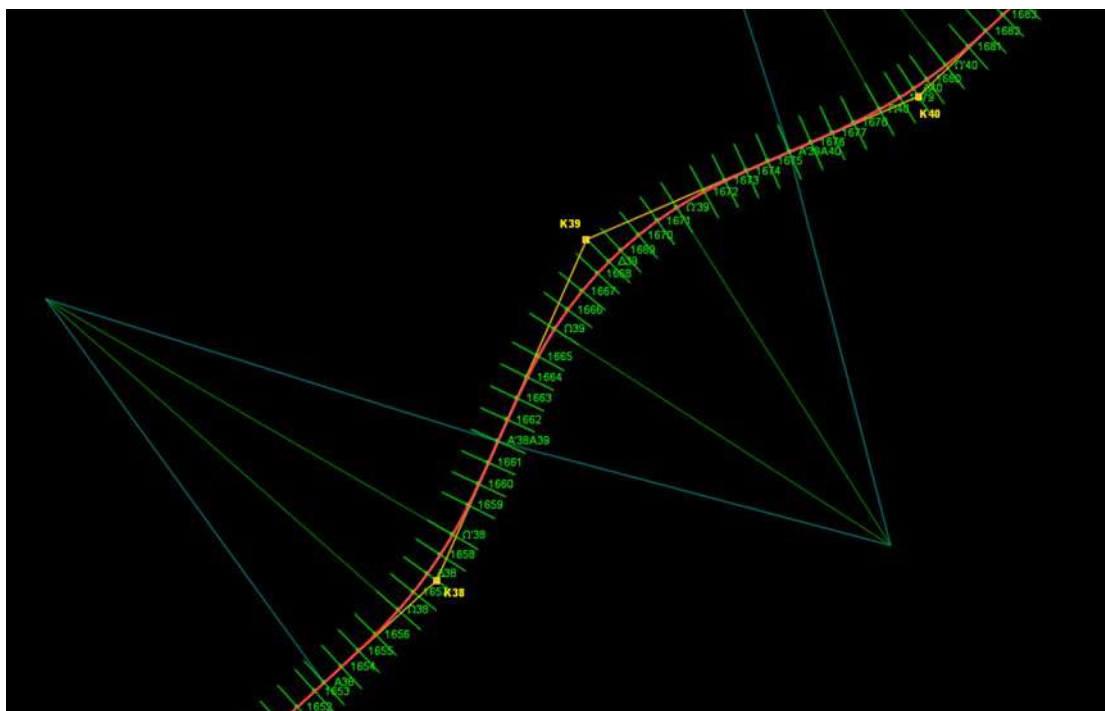
Τελικά, για να ενοποιήσουμε τις κορυφές των συναρμογών K_{39} - K_{40} και να παραμείνει η ίδια κλίση πρανούς και στις δύο, έπρεπε να μεγαλώσουμε την ακτίνα της K_{40} και τελικά να έχουμε:

Κορυφή K_{40} : $R_{c40} = 424 \text{ m}$ και $L_{40} = 84,87 \text{ m} > L_{40ελ} = 65,57 \text{ m}$

$$h_{40} = \frac{7,12 \cdot 82,1^2}{424} = 113,19 \text{ mm} \rightarrow h_{40} = 115 \text{ mm}$$

Η υπερύψωση παραμένει ίδια με πριν όταν είχαμε ακτίνα $R_{c40} = 420 \text{ m}$, άρα δεν θα επηρεαστεί η κλίση πρανούς από αυτήν την αλλαγή.

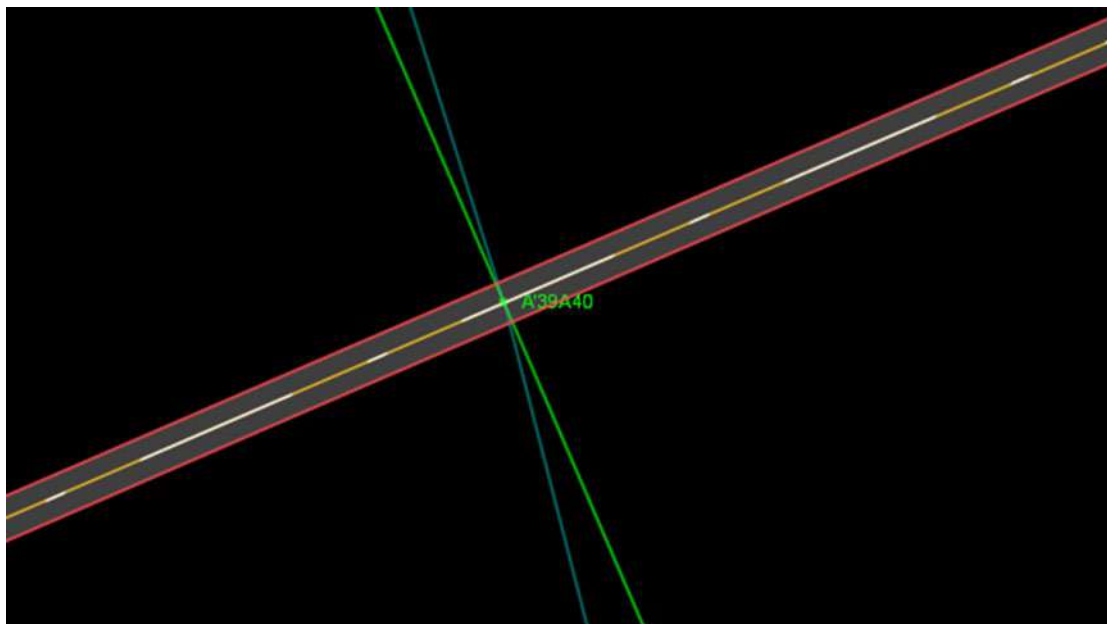
Άρα, καταφέραμε να ενοποιήσουμε τις κορυφές συναρμογών μεταξύ τους και να έχουν ίδια κλίση πρσανούς υπερέυψωσης. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται το αποτέλεσμα της διαδικασίας που προηγήθηκε.



Εικόνα 38: Τελική Κατάσταση



Εικόνα 39: K₃₈-K₃₉



Εικόνα 41: K₃₉-K₄₀



Εικόνα 40: Διάγραμμα Υπερυψώσεων

Στην Εικόνα 40 φαίνεται το Διάγραμμα Υπερυψώσεων των κορυφών K₃₈-K₃₉-K₄₀. Όπως παρατηρούμε έχουν όλες κοινή κλίση πρανούς και ίση με:

$$i = 1,36 \frac{mm}{m} < i_{μεγ}$$

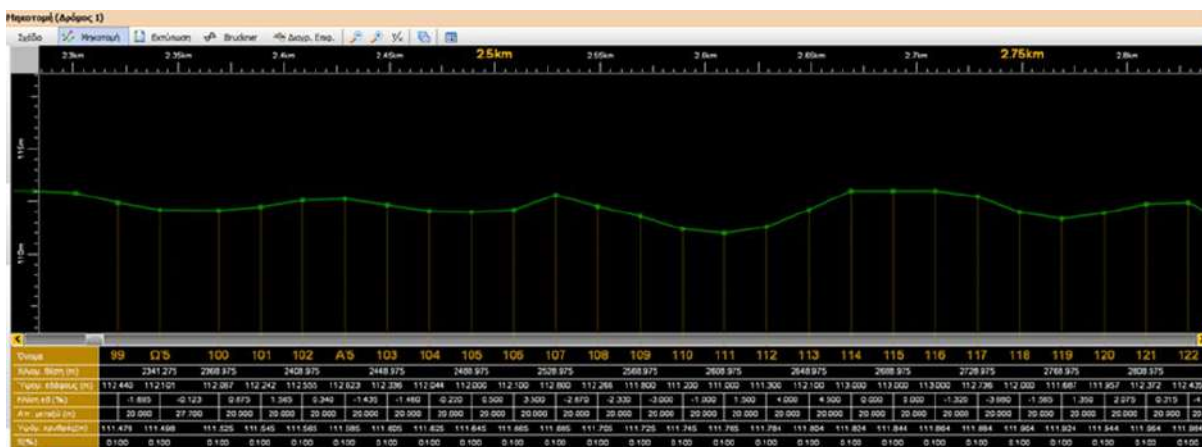
4.2.4 Χάραξη στη Μηκοτομή

Αφού έγιναν και οι παραπάνω διορθώσεις έχουμε καταλήξει πλέον στην τελική χάραξη. Το πρόγραμμα έχει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για να σχεδιάσει την μηκοτομή του εδάφους από τα στοιχεία όπου συλλέξαμε με την βοήθεια του Google Earth.



Εικόνα 42: Μηκοτομή

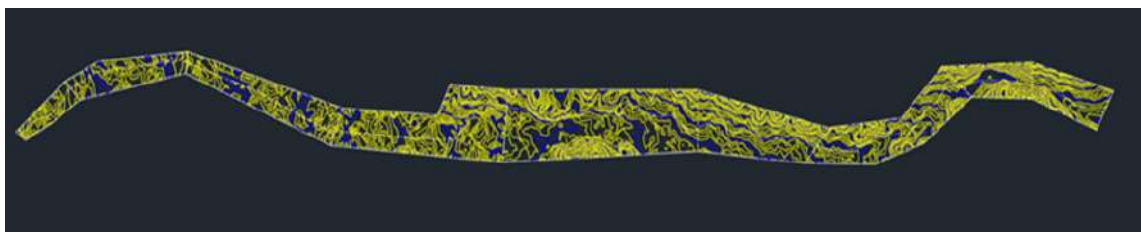
Εκ πρώτης όψεως δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την μηκοτομή, αν μεγεθύνουμε όμως την εικόνα θα παρατηρήσουμε απότομες αυξομειώσεις του ύψους του εδάφους σε όλο το μήκος της χάραξης. Γεγονός που προξενεί μεγάλη απορία, αν αναλογιστούμε ότι πρόκειται για μία υφιστάμενη σιδηροδρομική χάραξη και θα έπρεπε να υπάρχει μία ομαλή υψομετρική μεταβολή.



Εικόνα 43: Μηκοτομή (Zoom)

Κεφάλαιο 4: Τεχνική Περιγραφή

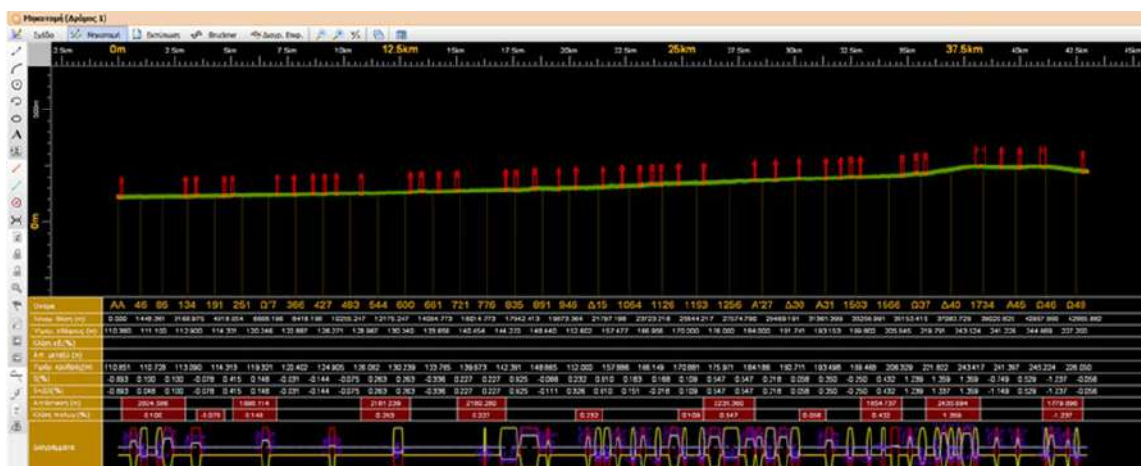
Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αποφασίσαμε να επαναλάβουμε τη διαδικασία από την αρχή, δηλαδή να πάρουμε πάλι σημεία στη περιοχή, με τη βοήθεια αυτή τη φορά του λογισμικού Plex-Earth. Μέσω του προγράμματος εντοπίσαμε την περιοχή, την επιλέξαμε και το πρόγραμμα αυτόματα μας έδωσε τα υψόμετρα και σχημάτισε ισοϋψείς καμπύλες.



Εικόνα 44: Plex-Earth

Εξαγάγαμε σε μορφή kml τα στοιχεία και τα εισαγάγαμε στο Anadelta. Δυστυχώς το πρόβλημα της απότομης μεταβολής του υψομέτρου δεν λύθηκε και σε αυτήν την περίπτωση, οπότε συνεχίσαμε από εκεί που είχαμε σταματήσει.

Έπειτα, προχωρήσαμε στην χάραξη της πολυγωνικής. Κατά τη χάραξη αυτής θέλουμε να προσεγγίζουμε όσο καλύτερα γίνεται το έδαφος. Επίσης, επειδή πρόκειται για μία σιδηροδρομική χάραξη δε θέλουμε η κατά μήκος κλίση της ελεύθερης γραμμής (εκτός σταθμού) να ξεπερνάει το 1,4%, ενώ η κατά μήκος κλίση της γραμμής εντός σταθμού μπορεί να φτάσει μέχρι 2,5%. Στην Εικόνα 45 βλέπουμε την μηκοτομή του εδάφους και την ερυθρά της γραμμής



Εικόνα 45: Μηκοτομή-Πολυγωνική

Έλεγχος της κατά μήκος κλίσης μεταξύ των κορυφών της πολυγωνικής :

Από M_1 σε M_2 : $i = 0,1 \% < 1,4 \%$

Από M_2 σε M_3 : $i = 0,6 \% < 1,4 \%$

Από M_3 σε M_4 : $i = - 0,08 \% < 1,4 \%$

Από M_4 σε M_5 : $i = 0,98 \% < 1,4 \%$

Όλοι οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στο τελευταίο παράρτημα της εργασίας.

Στην μηκοτομή, η συναρμογή στα σημεία αλλαγής κλίσης όπως είπαμε και παραπάνω, δεν είναι απαραίτητη αλλά απαιτείται μόνο όταν η διαφορά των κλίσεων (όταν είναι ομόρροπες) ή το άθροισμά τους (όταν είναι αντίρροπες) είναι μεγαλύτερο του 0,0025. Έτσι, πραγματοποιήθηκε ο παρακάτω έλεγχος :

$$\Delta_{i_{1-2}} = \frac{|i_1 \pm i_2|}{2} = \frac{|-0,0089 - 0,001|}{2} = 0,00495 > 0,0025$$

$$\Delta_{i_{2-3}} = \frac{|i_2 \pm i_3|}{2} = \frac{|0,001 - 0,006|}{2} = |0,0025| = 0,0025. \text{ Δεν απαιτείται συναρμογή}$$

$$\Delta_{i_{3-4}} = \frac{|i_3 \pm i_4|}{2} = \frac{|0,006 + 0,0008|}{2} = 0,0034 > 0,0025$$

$$\Delta_{i_{4-5}} = \frac{|i_4 \pm i_5|}{2} = \frac{|-0,0008 - 0,0098|}{2} = 0,0053 > 0,0025$$

Οι υπόλοιποι υπολογισμοί παρουσιάζονται στο τελευταίο παράρτημα της εργασίας.

Κεφάλαιο 5 Προμέτρηση Υλικών – Προϋπολογισμός

5.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα κάνουμε τις προμετρήσεις των υλικών για την κατασκευή της σιδηροδρομικής γραμμής ανά τρέχον μέτρο (τρ. μ) και θα υπολογίσουμε και το κόστος αυτής ανά τρ. μ με διαστάσεις όπως αυτές αποτυπώνονται στα σκαριφήματα παρακάτω.

5.2 Προμέτρηση Υλικών

Η σιδηροτροχιά, ο στρωτήρας και το έρμα αποτελούν την επιδομή της γραμμής και το υπόστρωμα, το γεωύφασμα, η στρώση διαμόρφωσης και η υπόβαση – φυσ. Έδαφος, την υποδομή αυτής.

Παρακάτω υπολογίζονται οι ποσότητες της **Επιδομής**: σιδηροτροχιά, στρωτήρας και έρμα.

1. **Σιδηροτροχιά** : είναι μεταλλική ειδικής κατασκευής, και μήκος όσο το μήκος της γραμμής Βόλος- Κόκκινα επί δύο φορές (Αρ. Τιμ. Στον Προϋπολογισμό ΝΑ 25). Δηλαδή, $43.000 \cdot 2 = 86.000$ m σιδηροτροχιάς.
2. **Στρωτήρας**: Οι Στρωτήρες είναι ολόσωμοι διαδοκίδες από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα (είναι αυτός που χρησιμοποιούν οι Ελληνικοί Σιδηρόδρομοι) τύπου Β70 τοποθετούνται εγκάρσια, δύο ανά τρέχων μέτρο με διαστάσεις μήκος 2,60 m και πλάτος 0,30 m (βλ. σκαρίφημα κάτοψης σχ.1) (Αρ. Τιμ. Στον Προϋπολογισμό ΝΑ 25).
Δηλαδή, $43.000/2 = 21.500$ τεμάχια στρωτήρων.
3. **Έρμα** : είναι θραυστό υλικό πέτρας Λατομείου (γρανίτης, χαλαζίας κλπ) με μεγάλη σκληρότητα και αντοχή σε θλίψη, κρούση, θραύση και διάμετρο από 30 – 55 mm.

$$\alpha = (0,44+0,76)/2 \cdot 0,21 \cdot 1,0 = 0,13 \text{ m}^3$$

$$\beta = (2,06+2,58)/2 \cdot 0,35 \cdot 1,0 = 0,81 \text{ m}^3$$

$$\gamma = (2,75 \cdot 0,10/2) \cdot 1,0 = 0,14 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{r} \text{Σύνολο} \\ \hline \end{array} = 1,08 \text{ m}^3$$

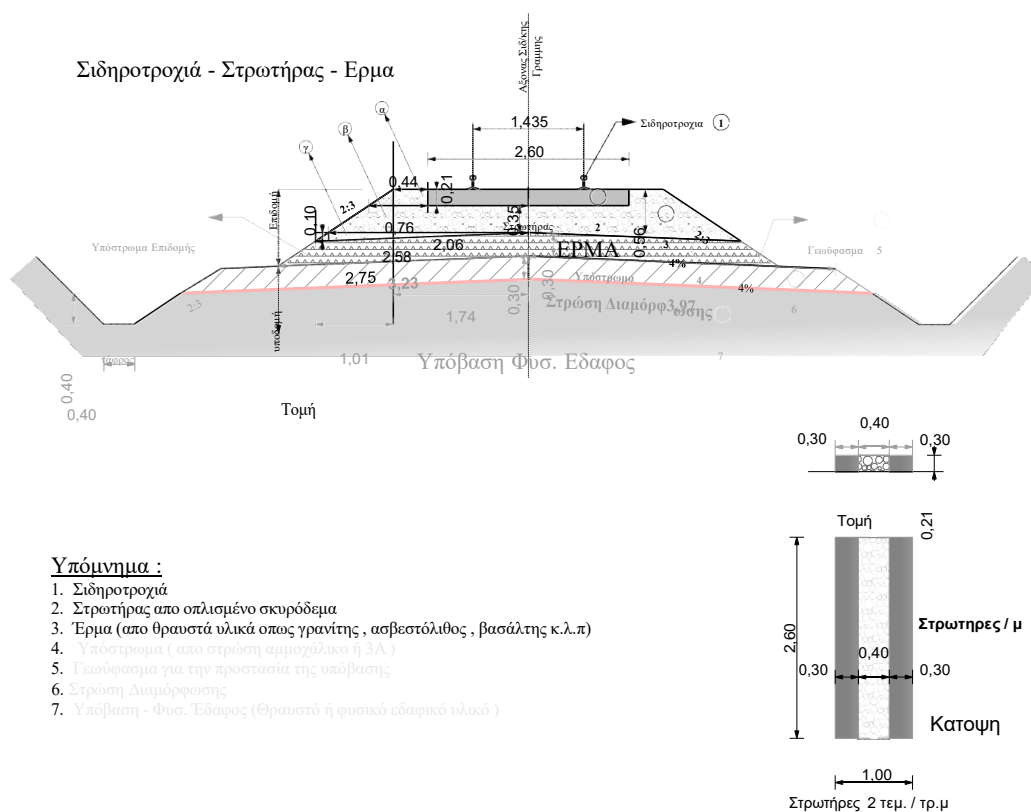
Υπολογισμός όγκου ανά τρ. μ

$$V_1 / \text{τρ. μ} = 1,08 \text{ m}^3 \cdot 2,0 = 2,16 \text{ m}^3/\text{m}$$

Έρμα μεταξύ των στρωτήρων

$$V_2 / \text{τρ. μ} = 0,40 \text{ m} \cdot 2,60 \text{ m} \cdot 0,21 \text{ m} = 0,22 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$V_{\text{ολικό}} / \text{τρ. μ} = 2,16 + 0,22 = 2,38 \text{ m}^3/\text{m} \text{ (Αρ. Τιμ. Στον Προϋπολογισμό Α18.1)}$$



Εικόνα 46: Σιδηροτροχιά – Στρωτήρας – Έρμα

Έπειτα υπολογίζονται οι ποσότητες της **Υποδομής**: υπόστρωμα, γεωϋφασμα, στρώση διαμόρφωσης και υπόβαση – φυσ. Έδαφος.

4. **Υπόστρωμα**: Τοποθετείται μεταξύ έρματος και στρώσης διαμόρφωσης, αποτελείται από αμμοχάλικο ή υλικό 3A πάχους 0,30 m και πρέπει να έχει τις παρακάτω ιδιότητες: υψηλό μέτρο ελαστικότητας, επαρκή σκληρότητα, ανθεκτικότητα στον παγετό, υδατοπερατότητα μικρότερη από τα υλικά του έρματος.

Υπολογισμός εμβαδού υποστρώματος

$$E_{Υπ.} = (2,75 + 3,23) / 2 \cdot 0,30 = 0,90 \text{ m}^2 \quad (\text{Αρ. Τιμ. Στον Προϋπολογισμό NA3})$$

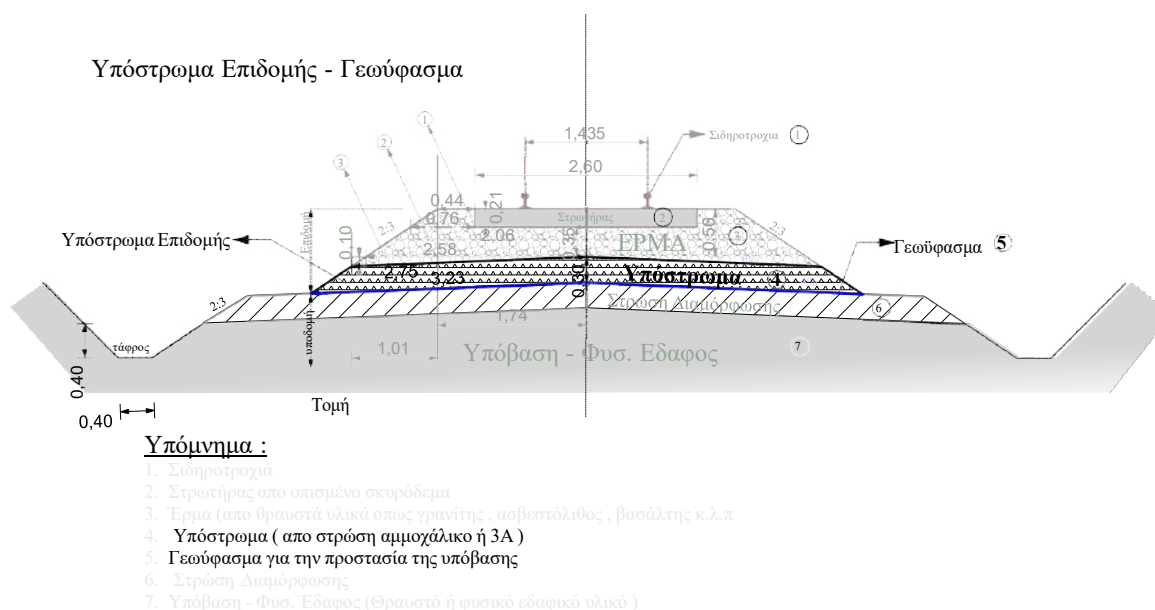
Υπολογισμός όγκου υποστρώματος

$$V / \text{τρ. μ} = 0,90 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} \cdot 2,0 = 1,80 \text{ m}^3$$

5. **Γεωϋφασμα** : Είναι διαπερατή μεμβράνη αποτελείται από συνθετικό υλικό πολυπροπυλένιο ή ίνες πολυεστέρα (υπάρχουν δύο τύποι γεωυφάσματος τα υφασμένα και τα μη υφασμένα) και τοποθετείται για την προστασία της στρώσης διαμόρφωσης και της υπόβασης, σε έδαφος υπόβασης μέτριας, χαμηλής και πολύ χαμηλής ποιότητας.

Υπολογισμός εμβαδού γεωφάσματος

$E_{\text{γεωφ/τρ.μ}} = 3,23 \text{ m} \cdot 2 \cdot 1.0 \text{ m} = 6,46 \text{ m}^2/\text{m}$ (Αρ. Τιμ. Στον Προϋπολογισμό Β-64 . 4.2)



Εικόνα 47: Υπόστρωμα Επιδομής – Γεωφάσμα

6. **Στρώση Διαμόρφωσης:** Είναι σημαντική για την διασφάλιση της καλής ποιότητας της σιδηροδρομικής γραμμής και τοποθετείται συνήθως σε μέρη όπου το έδαφος υπόβασης δεν είναι καλής ποιότητας , αποτελείται δε από υλικό άριστης ποιότητας με ομοιογένεια των χαρακτηριστικών των υλικών που την απαρτίζουν και τοποθετείται με πάχος 0,30 m και πρέπει να έχει βαθμό συμύκνωσης μεγαλύτερη από την Βάση και πρέπει να είναι σε μεγάλο βαθμό μη υδατοπερατή.

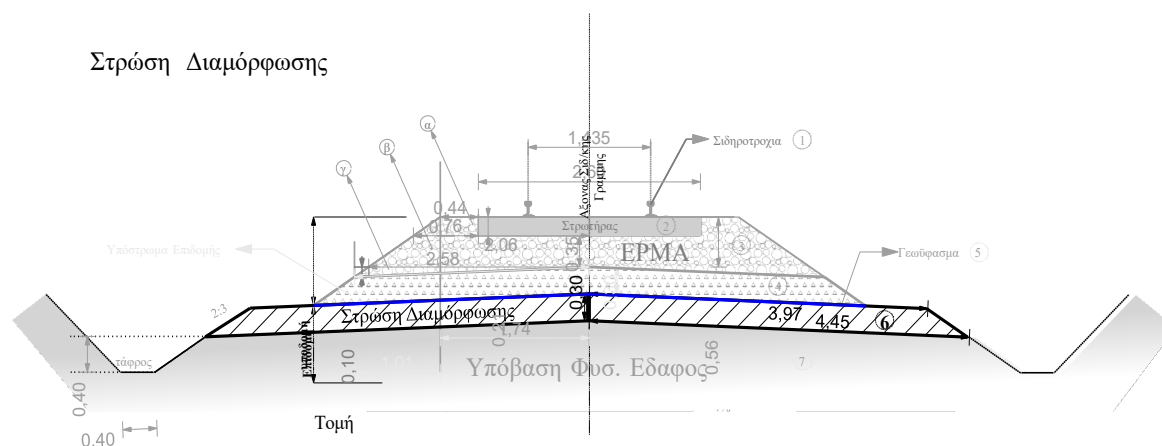
Με την χρήση της Στρώσης Διαμόρφωσης επιτυγχάνεται :

- α) Ο περιορισμός των υποχωρήσεων στο έδαφος
- β) Αύξηση της φέρουσας ικανότητας της υποδομής

Υπολογισμός όγκου στρώση διαμόρφωσης:

$$(3,97+4,45)/2 \cdot 0,30 = 1,26 \text{ m}^2 \cdot 1,0 = 1,26 \text{ m}^3 \text{ (Αρ.Τιμ. Στον Προϋπολογισμό ΝΑ3)}$$

$$V_{\text{ολικό}} / \text{τρ. μ} = 1,26 \text{ m}^3 \cdot 2 = 2,52 \text{ m}^3$$



Υπόμνημα :

1. Σιδηροτροχιά
2. Στρώτηςρας απο οπισμένο σκυρόδεμα
3. Έρμα (απο θραυστά υλικά όπως γρανίτης , ασβεστόλιθος , βασάλτης κ.λ.π
4. Υπόστρωμα (απο στρώση αμμοχάλικο ή 3Α)
5. Γεωόφρασμα για την προστασία της υπόβασης
6. Στρώση Διαμόρφωσης
7. Υπόβαση - Φυσ. Εδαφος (Θραυστό ή φυσικό εδαφικό υλικό)

Εικόνα 48: Στρώση Διαμόρφωσης

5.3 Προϋπολογισμός

Έχοντας υπολογίσει τις ποσότητες που απαιτούνται για τη κατασκευή του έργου ανά τρέχον μέτρο σύμφωνα με τις παραπάνω διατομές, προχωρήσαμε στον υπολογισμό του κόστους. Για τις εργασίες που είναι απαραίτητες να γίνουν για την πραγματοποίηση του έργου, αλλά και για τις τιμές αυτών, συμβουλευτήκαμε προϋπολογισμό έργου του ΟΣΕ όπου τον προσαρμόσαμε στις ανάγκες της δικής μας μελέτης.

Παρακάτω παρατίθεται σε φύλλο Excel ο Προϋπολογισμός κόστους της γραμμής για ένα (1) τρέχον μέτρο (τρ.μ).

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ
ΠΑΛΑΙΟΦΑΡΣΑΛΑ - ΚΟΚΚΙΝΑ

Α / Α	ΑΡ. ΤΙΜ	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝ	ΚΩΔ. ΑΝΑΘ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΜΕΛΕΤΗΣ)	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (ΕΥΡΩ)	ΔΑΠΑΝΗ	
							ΜΕΡΙΚΗ	ΟΛΙΚΗ
1η ΟΜΑΔΑ		ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ						
1	NA 2	Αποκάλυψη και διάστρωση κατά πάχος της μεμβράνης του υπαρκτού έργου της επιδομής σε κλειστή γραμμή υπό κυκλοφορία	μ2	ΟΔΟ Ν1140 2	8,90	1,22		10,86
2	NA 3	Προμήθεια επί τόπου του έργου, θραυστών επίστικτων υλικών λατομείου 13Α1 για πην κατασκευή σιδηροδρομικών επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1510	4,32	20,00		86,40
3	A-18 1	Προμήθεια επί τόπου του έργου, θραυστών υλικών κατηγορίας E1 έως E4 για την κατασκευή σιδηροδρομικών επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1510	2,38	3,95		9,40
4	B-64 4 2	Προμήθεια και κατασκευή γεωφράγματος τύπου POLYFELT TS 600 και πρόθετη αποκάλυψη	μ2	ΟΙΚ 7914	6,45	2,00		12,92
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ								119,58
5η ΟΜΑΔΑ		ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ						
5	NA 10	Αποκάλυψη, μεταφορά και απόθεση μόνης γραμμής κανονικού εύρους, εκτελούμενη εντός σταθμών	μμ	NATEO 1510 25% NATEO 2312 75%	1,00	14,00		14,00
7	NA 25	Στροφή σιδηρικής γραμμής κανονικού εύρους με σιδηροτραχίες UIC54 και φάσματος στροχιές B7D σε επιδομή με έργο	μμ	ΟΔΟ Ν2806.3.4	2,00	450,00		900,00
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ								914,00
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ :								1.033,58
ΠΡΟΣΤΙΘΕΝΤΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ ΚΑΙ ΟΦΕΛΟΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ 18%								186,04
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ :								1.219,62
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 10%								121,96
ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΟΥ :								1.341,58

Εικόνα 51: Προϋπολογισμός για 1 τρέχον μέτρο

Άρα,

Συνολικό κόστος σιδηροδρομικής γραμμής Κόκκινα-Παλαιοφάρσαλα (43km):

$$43.000 \text{ m} \cdot 1.341,58 = 57.687.940 \text{ €}$$

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

6.1 Γενικά

Σε αυτήν τη διπλωματική εργασία μελετήσαμε τη σιδηροδρομική γραμμή Παλαιοφάρσαλα – Κόκκινα, όπου αποτελεί το α' μέρος της ευρύτερης εργασίας Βόλος – Παλαιοφάρσαλα. Μελετήσαμε τα προβλήματα που δημιούργησε η διακοπή της λειτουργίας αυτής στην πόλη του Βόλου αλλά και της ευρύτερης περιοχής, θέλοντας έτσι να τονίσουμε την αναγκαιότητα επαναλειτουργίας της γραμμής. Ευελπιστούμε να αφυπνίσουμε τη πολιτική κοινότητα ώστε να λάβει δράση για την επίλυση του προβλήματος. Έπειτα συλλέξαμε δεδομένα για τη δημιουργία του μοντέλου εδάφους και προσχωρήσαμε στη χάραξη νέας σιδηροδρομικής γραμμής, στην ακριβή θέση της υφιστάμενης, τηρώντας του σύγχρονους κανονισμούς του ΕΛΟΤ και Ν.Κ.Γ.Ε και διαπλατώνοντας τη γραμμή από μετρική σε γραμμή κανονικού εύρους.

Ενώ έγινε μεγάλη προσπάθεια για την εύρεση συντεταγμένων μεγάλης ακρίβειας, για το σκοπό αυτό έγινε χρήση εκτός από του προγράμματος Google Earth έγινε χρήση και του Plex Earth, ενός ακόμα προγράμματος ίδιας λειτουργίας για την επίλυση του προβλήματος. Δυστυχώς τα δεδομένα δεν ήταν πλήρως αντιπροσωπευτικά της πραγματικής κατάστασης. Γι' αυτό το λόγο δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι πρόκειται για μία πλήρως ολοκληρωμένη μελέτη. Όμως, μπορεί κάλλιστα να αποτελέσει έναυσμα, αλλά και έναν πλήρως εμπειριστατωμένο οδηγό για τον εκάστοτε μελετητή που θα του ανατεθεί αυτή η πολύ σημαντική μελέτη, για τους λόγους που προαναφέραμε.

Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία

Ανδρουλιδάκης, Κ. (1995). Η ιστορία των σιδηροδρόμων. *Η Καθημερινή*, Κυριακή 15 Οκτωβρίου 1995. σελ. 2-31. Διαθέσιμο στο: <http://www.kathimerini.gr>

Γιαννούλας, Π. (2022). <https://artviews.gr/%CE%B7-%CE%AC%CE%B3%CE%BD%CF%89%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%83%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF%81%CE%BF%CE%B4%CF%81%CF%8C%CE%BC%CF%89%CE%BD-%CE%B8%CE%B5/>

Καργιώτης, Ν. (2012). *Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των σιδηροδρομικών υποδομών και ο κεντρικός ρόλος τους στο νέο σύστημα συνδυασμένων μεταφορών – Αξιολόγηση της σιδηροδρομικής γραμμής Ηγουμενίτσα-Ιωάννινα-Καλαμπάκα-Κοζάνη. Διπλωματική εργασία*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Σύλλογος Φίλων του Σιδηροδρόμου (1997). *Οι ελληνικοί σιδηρόδρομοι. Η διαδρομή τους από το 1869 έως σήμερα*. Αθήνα. Μίλητος.

ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε Α.Ε., Μελέτες και προϋπολογισμοί μελέτης για την κατασκευή νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής του τμήματος μεταξύ Λυκοποριάς και Δερβενίου του άξονα Κορίνθου – Πάτρας.

ΕΛΟΤΤΠ 1501-07-01-01-10:2009 Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή Χάραξη Σιδηροδρομικής Γραμμής.

Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος Γενική Διεύθυνση Υποδομής Διεύθυνση Γραμμής ‘Νέος Κανονισμός Επιδομής Γραμμής’ Νέο κωδικοποιημένο κείμενο με τροποποιήσεις – συμπληρώσεις της υπ’ αριθμ. 2467/9.2.2000 Απόφασης του ΔΣ/ΟΣΕ

Πυργίδης, Χ. (2009). *Σύστημα σιδηροδρομικών μεταφορών: υποδομή-τροχαίο υλικό-εκμετάλλευση*. Θεσσαλονίκη: εκδόσεις Ζήτη

Παπαγιαννάκης, Λ. (1990). *Οι Ελληνικοί Σιδηρόδρομοι (1882-1910). Γεωπολιτικές, οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις*. 2η έκδοση. Αθήνα. ΜΙΕΤ.

Τσουκαλάς, Κ. (1977). Δημόσια έργα. *Ιστορία του Ελληνικού Έθνους*, τ. ΙΔ', Αθήνα, Εκδοτική Αθηνών, σ. 50-52.

Μιχαλά, Α. (2015). *Τα μέσα σταθερής τροχιάς από το 19ο αιώνα έως το 1974. Ανάπτυξη λειτουργία και διαφαινόμενα αδιέξοδα*. Αθήνα. Ύψιλον.

Ζαρταλούδης Γ., Καρατόλος Γ. Κουτελίδης Δ., Φιλιππουπολίτης Α., Νάθενας Γ., Φασούλας Σ., (1997). *Οι Ελληνικοί Σιδηρόδρομοι*. Αθήνα. Εκδόσεις Μίλητος.

Τσέκερης Θ. και Τσούμα Α. (2010). *Μεταφορές και Οικονομία: Συμβολή, τάσεις και προοπτικές στην Ελλάδα με έμφαση στις χερσαίες μεταφορές*. Εκθέσεις 63-ΚΕΠΕ.

<https://www.ergose.gr/>

<https://gr.linkedin.com/company/gaiaose>

<https://www.naftemporiki.gr/story/263478>

<https://ras-el.gr/>

<https://ose.gr/>

<https://www.hellenictrain.gr/etaireia>

<https://www.gaiaose.com/nomiko-plesio/>

<https://stasy.gr/>

<https://ose.gr/>

Κεφάλαιο 8 Παραρτήματα

Πίνακας 8-1: Μετατροπή Συντεταγμένων σε ΕΓΣΑ 87

1	type	latitude	longitude	altitude (m)	name	X,Y	X,Y (ΕΓΣΑ 87)	Συντεταγμένες
2	36308	39,3375724	22,33020009	122	Ερέφος 2	39,337572401,22,33020009	355944,95396874,4355281,0870927	36308,355944,95396874,4355281,0870927,122
3	36309	39,33757636	22,33020132	122		39,337576361,22,33020132	355945,06749129,4355281,5202006	36309,355945,06749129,4355281,5202006,122
4	36310	39,33758058	22,33020117	122		39,337580581,22,33020117	355945,06604121,4355281,9925882	36310,355945,06604121,4355281,9925882,122
5	36311	39,33758495	22,33020087	122		39,337584951,22,33020087	355945,06606331,4355281,4781941	36311,355945,06606331,4355281,4781941,122
6	36312	39,33759137	22,33020058	122		39,337591371,22,33020058	355945,06607454,4355281,591632	36312,355945,06607454,4355281,591632,122
7	36313	39,33759535	22,33020297	122		39,337595351,22,33020297	355945,24882017,4355281,9294453	36313,355945,24882017,4355281,9294453,122
8	36314	39,33760168	22,33020282	122		39,337601681,22,33020282	355945,24870413,4355281,3223495	36314,355945,24870413,4355281,3223495,122
9	36315	39,33760091	22,33020272	122		39,337600911,22,33020272	355945,24859629,4355281,8024333	36315,355945,24859629,4355281,8024333,122
10	36316	39,3376111	22,33020384	122		39,337611104,22,33020384	355945,35611372,4355281,3766886	36316,355945,35611372,4355281,3766886,122
11	36317	39,33761643	22,33020372	122		39,337616426,22,330203715	355945,35608251,4355281,9075466	36317,355945,35608251,4355281,9075466,122
12	36318	39,33761963	22,33020364	122		39,337619627,22,33020369	355945,35609702,4355281,3229388	36318,355945,35609702,4355281,3229388,122
13	36319	39,33762724	22,33020335	122		39,337627238,22,330203348	355945,34662556,4355281,1681283	36319,355945,34662556,4355281,1681283,122
14	36320	39,3376304	22,33020448	122		39,337630401,22,330204476	355945,45030309,4355281,5173857	36320,355945,45030309,4355281,5173857,122
15	36321	39,33763808	22,33020416	122		39,337638083,22,330204164	355945,43919492,4355281,370489	36321,355945,43919492,4355281,370489,122
16	36322	39,33764237	22,33020525	122		39,337642371,22,33020525	355945,54158533,4355281,8445631	36322,355945,54158533,4355281,8445631,122
17	36323	39,33764891	22,33020623	122		39,337648909,22,330206228	355945,63928693,4355281,5687532	36323,355945,63928693,4355281,5687532,122
18	36324	39,337655649	22,33020842	122		39,337655649,22,330208417	355945,8424996,4355281,4068857	36324,355945,8424996,4355281,4068857,122
19	36325	39,33766036	22,33020929	122		39,337660357,22,330209291	355945,93700707,4355281,3893985	36325,355945,93700707,4355281,3893985,122
20	36326	39,33766876	22,33021036	122		39,337668758,22,33021036	355945,03816604,4355281,8761523	36326,355945,03816604,4355281,8761523,122
21	36327	39,33767746	22,33021254	122		39,337677464,22,330212537	355946,24163855,4355281,7201751	36327,355946,24163855,4355281,7201751,122
22	36328	39,33768308	22,33021335	122		39,337683078,22,330213349	355946,34033148,4355281,3494278	36328,355946,34033148,4355281,3494278,122
23	36329	39,33768857	22,33021585	122		39,337688572,22,33021585	355946,549291363,4355281,955529	36329,355946,549291363,4355281,955529,122
24	36330	39,3376951	22,33021941	122		39,337695098,22,33021941	355946,87012089,4355281,6741644	36330,355946,87012089,4355281,6741644,122
25	36331	39,33770305	22,33022395	122		39,337703047,22,330223959	355946,96821367,4355281,5548931	36331,355946,96821367,4355281,5548931,122
26	36332	39,33770963	22,33022895	122		39,337709631,22,330228948	355947,29104124,4355281,2800305	36332,355947,29104124,4355281,2800305,122
27	36333	39,33771753	22,33022621	122		39,337717533,22,330226209	355947,50211207,4355281,1531425	36333,355947,50211207,4355281,1531425,122
28	36334	39,33772208	22,33022844	122		39,337722083,22,330227321	355947,60728247,4355281,6565649	36334,355947,60728247,4355281,6565649,122
29	36335	39,33772665	22,33022846	122		39,337726646,22,330228456	355947,71273808,4355281,1612255	36335,355947,71273808,4355281,1612255,122
30	36336	39,33773005	22,33022965	122		39,337730046,22,3302296	355947,82003174,4355281,5367294	36336,355947,82003174,4355281,5367294,122
31	36337	39,33774054	22,33023049	122		39,337740536,22,330230494	355947,91889521,4355281,6995652	36337,355947,91889521,4355281,6995652,122
32	36338	39,33774503	22,33023293	122		39,33774503,22,330232927	355948,1375029,4355300,1944686	36338,355948,1375029,4355300,1944686,122
33	36339	39,33775083	22,33023403	122		39,337750834,22,330234025	355948,24403832,4355300,3868918	36339,355948,24403832,4355300,3868918,122
34	36340	39,33775518	22,33023782	122		39,337755181,22,330237824	355948,38037505,4355301,3133047	36340,355948,38037505,4355301,3133047,122
35	36341	39,33776096	22,33023888	122		39,337760964,22,330238976	355948,6915242,4355301,953111	36341,355948,6915242,4355301,953111,122
36	36342	39,33776652	22,33024276	122		39,337766524,22,330242763	355949,02301144,4355301,5643711	36342,355949,02301144,4355301,5643711,122
37	36343	39,33777223	22,33024525	122		39,337772223,22,33024525	355949,25500634,4355301,1921569	36343,355949,25500634,4355301,1921569,122
38	36344	39,33777668	22,33024646	122		39,337776679,22,330246475	355949,36800986,4355303,5745507	36344,355949,36800986,4355303,5745507,122
39	36345	39,33778129	22,33025029	122		39,33778129,22,330250292	355949,70849007,4355304,1912233	36345,355949,70849007,4355304,1912233,122
40	36346	39,33778572	22,33025415	122		39,33778572,22,330254149	355950,0499956,4355304,6767558	36346,355950,0499956,4355304,6767558,122

Κεφάλαιο 8: Παραρτήματα

Παραπάνω μπορούμε να δούμε ένα παράδειγμα της διαδικασίας που έγινε για την μετατροπή των συντεταγμένων σε ΕΓΣΑ 87. Η μετατροπή των συντεταγμένων δεν έγινε εξ ολοκλήρου στο Excel, έχουμε αναλύσει τη διαδικασία στο Κεφάλαιο 3. Παραθέτουμε την εικόνα εδώ, ώστε να έχει ο αναγνώστης καλύτερη εποπτεία της διαδικασίας που πραγματοποιήθηκε.

Πίνακας 8-2: Στοιχεία Κορυφών Πολυγωνικής

	Χ Κορυφής (m)	Υ Κορυφής (m)	Απόσταση από προηγούμενη κορυφή (m)	Γωνία ως προς προηγούμενο τμήμα (°)	Παράμετρος κλωθοσείδους	Μήκος κλωθοσείδους (m)	Εκτροπή (m)	Ακτίνα κύκλου (m)	Παράμετρος κλωθοσείδους	Μήκος κλωθοσείδους (m)	Εκτροπή (m)
K1	348302.901	4353609.220			100.000	50.000	0.521	200.000	100.000	50.000	0.521
K2	348847.505	4354031.584	689.191		187.083	50.000	0.149	700.000	187.083	50.000	0.149
K3	349295.999	4354147.771	463.299	-23.271	173.205	50.000	0.174	600.000	173.205	50.000	0.174
K4	349824.975	4354603.801	698.412	26.241	213.511	87.667	0.616	520.000	213.511	87.667	0.616
K5	349983.433	4354950.407	381.110	24.667	213.551	87.700	0.616	520.000	213.551	87.700	0.616
K6	351098.360	4355527.392	1255.378	-38.069	200.000	40.000	0.067	1000.000	200.000	40.000	0.067
K7	354167.881	4355895.459	3091.510	-20.524	180.278	50.000	0.160	650.000	180.278	50.000	0.160
K8	356960.548	4354926.720	2955.917	-25.969	244.949	25.000	0.011	2400.000	244.949	25.000	0.011
K9	359603.165	4353692.470	2916.641	-5.904	200.000	40.000	0.067	1000.000	200.000	40.000	0.067
K10	363432.574	4353405.452	3840.150	20.749	214.476	46.000	0.088	1000.000	214.476	46.000	0.088
K11	364671.108	4353400.451	1238.544	4.055	167.332	70.000	0.510	400.000	167.332	70.000	0.510
K12	364324.954	4354600.565	1249.039	106.321	167.332	70.000	0.510	400.000	167.332	70.000	0.510
K13	365332.694	4354578.891	1007.973	-107.321	187.083	50.000	0.149	700.000	187.083	50.000	0.149
K14	367068.357	4354299.899	1757.943	-7.900	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K15	367450.924	4354069.448	446.615	-21.932	187.083	70.000	0.408	500.000	187.083	70.000	0.408
K16	367857.693	4354011.047	410.940	22.894	183.303	70.000	0.425	480.000	183.303	70.000	0.425
K17	368317.225	4354169.953	486.231	27.246	187.083	70.000	0.408	500.000	187.083	70.000	0.408
K18	368994.694	4354191.477	677.811	-17.256	167.332	70.000	0.510	400.000	167.332	70.000	0.510
K19	369397.569	4354345.180	431.199	19.063	173.494	70.000	0.475	430.000	173.494	70.000	0.475
K20	370067.071	4354304.675	670.726	-24.345	167.332	70.000	0.510	400.000	167.332	70.000	0.510
K21	370724.854	4354614.333	727.025	28.671	167.332	70.000	0.510	400.000	167.332	70.000	0.510
K22	371132.159	4354337.362	492.555	-59.425	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K23	371879.148	4354121.136	777.654	18.072	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K24	372446.843	4354202.612	573.512	24.311	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K25	372975.150	4353593.788	806.087	-57.218	187.083	70.000	0.408	500.000	187.083	70.000	0.408
K26	373802.426	4353991.335	917.840	74.717	181.659	60.000	0.273	550.000	181.659	60.000	0.273
K27	374202.997	4353928.529	405.464	-34.578	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K28	374603.862	4353597.141	520.107	-30.669	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K29	375178.118	4353724.287	588.163	52.064	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K30	375626.320	4353436.882	532.435	-45.154	187.083	70.000	0.408	500.000	187.083	70.000	0.408
K31	377190.664	4353502.833	1525.771	35.147	180.278	50.000	0.160	650.000	180.278	50.000	0.160
K32	377999.809	4353094.359	942.283	-28.167	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K33	378840.480	4353057.202	841.492	23.159	178.885	80.000	0.666	400.000	178.885	80.000	0.666
K34	379442.068	4353234.711	627.230	18.970	200.000	20.000	0.008	2000.000	200.000	20.000	0.008
K35	379920.785	4353416.352	512.019	4.339	102.470	3.000	0.000	3500.000	102.470	3.000	0.000
K36	380554.971	4353594.554	658.746	-5.083	177.482	70.000	0.454	450.000	177.482	70.000	0.454
K37	381119.991	4353602.222	565.072	-14.917	173.205	100.000	1.388	300.000	173.205	100.000	1.388
K38	381611.656	4354048.832	664.225	41.473	188.059	88.415	0.814	400.000	188.059	88.415	0.814
K39	381739.335	4354339.134	317.139	24.009	190.718	106.980	1.401	340.000	190.718	106.980	1.401
K40	382021.666	4354460.836	307.445	-42.940	189.695	84.868	0.708	424.000	189.695	84.868	0.708
K41	382290.801	4354720.287	373.830	20.631	173.655	71.800	0.511	420.000	173.655	71.800	0.511
K42	382465.472	4355022.591	349.138	16.030	175.066	87.566	0.912	350.000	175.066	87.566	0.912
K43	382883.041	4355008.878	417.794	-61.862	181.384	70.000	0.434	470.000	181.384	70.000	0.434
K44	383766.454	4355261.366	918.787	17.831	187.083	70.000	0.408	500.000	187.083	70.000	0.408
K45	384729.077	4355269.221	962.654	-15.483	187.083	70.000	0.408	500.000	187.083	70.000	0.408
K46	385965.228	4355066.562	1252.654	-9.778	173.925	55.000	0.229	550.000	173.925	55.000	0.229
K47	386188.321	4355066.204	223.093	9.218	167.332	70.000	0.510	400.000	167.332	70.000	0.510
K48	386853.205	4354766.709	729.224	-24.157	180.278	50.000	0.160	650.000	180.278	50.000	0.160
K49	387183.172	4354549.599	394.988	-9.095	187.083	70.000	0.408	500.000	187.083	70.000	0.408
K50	387631.062	4354378.349	479.512	12.420	100.000	50.000	0.521	200.000	100.000	50.000	0.521

Πίνακας 8-3: Πίνακας Διατομών Α'

	Χιλιμ. θέση	Όνομα διατομής	Υψόμ. εδάφους	Υψόμ. ερυθράς	Υψομ. διαφορά
1	0.000	AA	111.000	110.851	-0.149
2	20.000	1	110.380	110.672	0.292
3	40.000	2	109.730	110.494	0.763
4	60.000	3	109.062	110.315	1.254
5	80.000	4	109.000	110.137	1.137
6	100.000	5	108.900	109.964	1.064
7	120.000	6	108.300	109.815	1.515
8	140.000	7	108.200	109.689	1.489
9	160.000	8	108.597	109.586	0.989
10	180.000	9	109.038	109.507	0.469
11	200.000	10	109.415	109.451	0.036
12	220.000	11	109.747	109.419	-0.327
13	240.000	12	109.193	109.411	0.218
14	260.000	13	109.000	109.425	0.425
15	280.000	14	109.100	109.445	0.345
16	300.000	15	109.714	109.465	-0.250
17	320.000	16	110.319	109.485	-0.834
18	340.000	17	110.724	109.505	-1.220
19	360.000	18	110.800	109.524	-1.276
20	380.000	19	110.904	109.544	-1.360
21	400.000	20	110.532	109.564	-0.968
22	420.000	21	110.085	109.584	-0.500
23	440.000	22	110.000	109.604	-0.396
24	460.000	23	110.000	109.624	-0.376
25	480.000	24	109.966	109.644	-0.322
26	500.000	25	110.150	109.664	-0.486
27	520.018	A2	110.856	109.684	-1.172
28	540.018	26	111.000	109.704	-1.296
29	560.018	27	110.966	109.724	-1.243
30	570.018	Ω2	111.000	109.734	-1.266
31	590.018	28	110.848	109.754	-1.094
32	610.018	29	110.700	109.773	-0.927
33	630.018	30	111.000	109.793	-1.207
34	650.018	31	111.053	109.813	-1.240
35	670.018	32	110.682	109.833	-0.849
36	687.174	Δ2	110.267	109.850	-0.416
37	704.331	33	109.664	109.867	0.204
38	724.331	34	109.024	109.887	0.864
39	744.331	35	109.226	109.907	0.682
40	764.331	36	109.648	109.927	0.280
41	784.331	37	110.202	109.947	-0.255
42	804.331	Ω'2	110.700	109.967	-0.733
43	814.331	38	110.800	109.977	-0.823
44	834.331	39	111.000	109.997	-1.003
45	854.331	A'2	111.162	110.017	-1.145
46	874.331	40	111.950	110.037	-1.913
47	894.331	41	112.383	110.057	-2.326
48	914.331	42	111.829	110.077	-1.753
49	934.331	43	111.428	110.096	-1.331
50	954.331	44	111.400	110.116	-1.284
51	983.569	A3	112.000	110.146	-1.854
52	1003.569	45	111.813	110.165	-1.647
53	1023.569	46	111.636	110.185	-1.451
54	1033.569	Ω3	111.526	110.195	-1.331
55	1053.569	47	111.231	110.215	-1.016
56	1073.569	48	111.000	110.235	-0.765
57	1093.569	49	110.300	110.255	-0.045
58	1113.569	50	110.000	110.275	0.275
59	1133.569	51	110.000	110.295	0.295
60	1145.965	Δ3	110.000	110.307	0.307

Πίνακας 8-4: Πίνακας Διατομών Β'

	Χιλιμ. θέση	Όνομα διατομής	Υψόμ. εδάφους	Υψόμ. ερυθράς	Υψομ. διαφορά
61	1158.361	52	110.000	110.320	0.320
62	1178.361	53	109.616	110.340	0.724
63	1198.361	54	109.200	110.359	1.159
64	1218.361	55	109.000	110.379	1.379
65	1238.361	56	109.000	110.399	1.399
66	1258.361	Ω'3	109.530	110.419	0.889
67	1268.361	57	110.021	110.429	0.408
68	1288.361	58	110.800	110.449	-0.351
69	1308.361	A'3	110.941	110.469	-0.472
70	1328.361	59	110.126	110.489	0.363
71	1348.361	60	109.645	110.509	0.864
72	1368.361	61	109.695	110.529	0.834
73	1388.361	62	110.363	110.549	0.186
74	1408.361	63	110.878	110.569	-0.309
75	1428.361	64	110.900	110.589	-0.311
76	1448.361	65	111.464	110.608	-0.856
77	1468.361	66	111.529	110.628	-0.900
78	1488.361	67	111.660	110.648	-1.012
79	1508.361	68	112.000	110.668	-1.332
80	1528.361	69	112.000	110.688	-1.312
81	1548.361	70	112.000	110.708	-1.292
82	1568.361	71	111.819	110.728	-1.091
83	1588.361	72	111.100	110.748	-0.352
84	1608.361	73	111.000	110.768	-0.232
85	1628.361	74	111.108	110.788	-0.320
86	1648.361	75	111.440	110.808	-0.633
87	1668.361	76	111.227	110.828	-0.400
88	1684.230	A4	111.183	110.843	-0.339
89	1704.230	77	111.600	110.863	-0.737
90	1724.230	78	112.000	110.883	-1.117
91	1744.230	79	111.700	110.903	-0.797
92	1771.897	Ω4	110.900	110.931	0.031
93	1791.897	80	110.490	110.951	0.461
94	1811.897	81	111.100	110.971	-0.129
95	1839.999	Δ4	112.309	110.999	-1.311
96	1868.100	82	112.400	111.027	-1.373
97	1888.100	83	112.000	111.046	-0.954
98	1908.100	Ω'4	112.000	111.066	-0.934
99	1935.767	84	112.300	111.094	-1.206
100	1955.767	85	112.283	111.114	-1.169
101	1975.767	86	111.334	111.134	-0.200
102	1995.767	A'4A5	110.730	111.154	0.424
103	2015.768	87	110.200	111.174	0.974
104	2035.768	88	110.452	111.194	0.741
105	2055.768	89	111.393	111.213	-0.180
106	2083.468	Ω5	112.000	111.241	-0.759
107	2103.468	90	112.000	111.261	-0.739
108	2123.468	91	112.000	111.281	-0.719
109	2143.468	92	112.000	111.301	-0.699
110	2163.468	93	112.000	111.321	-0.679
111	2183.468	94	112.100	111.341	-0.759
112	2212.372	Δ5	113.000	111.369	-1.631
113	2241.275	95	113.000	111.398	-1.602
114	2261.275	96	113.000	111.418	-1.582
115	2281.275	97	113.000	111.438	-1.562
116	2301.275	98	112.900	111.458	-1.442
117	2321.275	99	112.440	111.478	-0.962
118	2341.275	Ω'5	112.101	111.498	-0.603
119	2368.975	100	112.067	111.525	-0.542
120	2388.975	101	112.242	111.545	-0.696

Πίνακας 8-5: Πίνακας Διατομών Γ'

	Χιλιομ. θέση	Όνομα διατομής	Υψόμ. εδάφους	Υψόμ. ερυθράς	Υψομ. διαφορά
121	2408.975	102	112.555	111.565	-0.989
122	2428.975	A'5	112.623	111.585	-1.038
123	2448.975	103	112.336	111.605	-0.731
124	2468.975	104	112.044	111.625	-0.419
125	2488.975	105	112.000	111.645	-0.355
126	2508.975	106	112.100	111.665	-0.435
127	2528.975	107	112.800	111.685	-1.115
128	2548.975	108	112.266	111.705	-0.561
129	2568.975	109	111.800	111.725	-0.075
130	2588.975	110	111.200	111.745	0.545
131	2608.975	111	111.000	111.765	0.765
132	2628.975	112	111.300	111.784	0.484
133	2648.975	113	112.100	111.804	-0.296
134	2668.975	114	113.000	111.824	-1.176
135	2688.975	115	113.000	111.844	-1.156
136	2708.975	116	113.000	111.864	-1.136
137	2728.975	117	112.736	111.884	-0.852
138	2748.975	118	112.000	111.904	-0.096
139	2768.975	119	111.687	111.924	0.237
140	2788.975	120	111.957	111.944	-0.013
141	2808.975	121	112.372	111.964	-0.408
142	2828.975	122	112.435	111.984	-0.452
143	2848.975	123	111.467	112.004	0.537
144	2868.975	124	111.000	112.023	1.023
145	2888.975	125	111.055	112.043	0.988
146	2908.975	126	111.676	112.064	0.387
147	2928.975	127	112.000	112.091	0.091
148	2948.975	128	112.000	112.131	0.131
149	2968.975	129	112.000	112.181	0.181
150	2988.975	130	111.988	112.243	0.255
151	3008.975	131	111.548	112.317	0.769
152	3028.975	132	111.000	112.402	1.402
153	3048.975	133	111.000	112.498	1.498
154	3068.975	134	111.232	112.606	1.374
155	3088.975	135	111.767	112.725	0.958
156	3108.975	136	112.200	112.846	0.646
157	3128.975	137	113.106	112.968	-0.137
158	3148.975	138	113.103	113.090	-0.013
159	3168.975	139	112.900	113.212	0.312
160	3188.975	140	112.755	113.334	0.579
161	3208.975	141	112.088	113.456	1.367
162	3228.975	142	111.569	113.577	2.008
163	3248.975	143	111.401	113.699	2.298
164	3259.837	A6	111.996	113.765	1.770
165	3279.837	144	112.958	113.887	0.929
166	3299.837	Ω6	113.800	114.009	0.209
167	3319.837	145	113.900	114.131	0.231
168	3339.837	146	113.916	114.253	0.336
169	3359.837	147	113.493	114.375	0.881
170	3379.837	148	113.000	114.496	1.496
171	3399.837	149	113.100	114.615	1.515
172	3419.837	150	113.052	114.719	1.667
173	3439.837	151	113.600	114.807	1.207
174	3458.946	Δ6	114.363	114.876	0.513
175	3478.054	152	115.000	114.930	-0.070
176	3498.054	153	115.000	114.972	-0.028
177	3518.054	154	115.000	114.997	-0.003
178	3538.054	155	114.700	115.006	0.306
179	3558.054	156	114.629	114.999	0.370
180	3578.054	157	114.700	114.984	0.284
181	3598.054	158	114.763	114.968	0.205

Πίνακας 8-6: Πίνακας Διατομών Δ'

	Χιλιμ. θέση	Όνομα διατομής	Υψόμ. εδάφους	Υψόμ. ερυθράς	Υψομ. διαφορά
182	3618.054	Ω'6	114.936	114.953	0.017
183	3638.054	159	113.849	114.937	1.088
184	3658.054	Α'6	113.384	114.922	1.538
185	3678.054	160	113.700	114.906	1.206
186	3698.054	161	113.928	114.891	0.963
187	3718.054	162	113.544	114.875	1.331
188	3738.054	163	112.634	114.860	2.225
189	3758.054	164	112.319	114.844	2.525
190	3778.054	165	113.039	114.829	1.789
191	3798.054	166	114.056	114.813	0.757
192	3818.054	167	114.120	114.797	0.678
193	3838.054	168	114.021	114.782	0.761
194	3858.054	169	114.000	114.766	0.766
195	3878.054	170	114.000	114.751	0.751
196	3898.054	171	114.313	114.735	0.422
197	3918.054	172	114.640	114.720	0.080
198	3938.054	173	114.547	114.704	0.157
199	3958.054	174	114.431	114.689	0.258
200	3978.054	175	114.100	114.673	0.573
201	3998.054	176	114.000	114.658	0.658
202	4018.054	177	114.300	114.642	0.342
203	4038.054	178	115.100	114.627	-0.473
204	4058.054	179	115.968	114.611	-1.357
205	4078.054	180	115.250	114.596	-0.654
206	4098.054	181	114.305	114.580	0.275
207	4118.054	182	113.237	114.565	1.328
208	4138.054	183	113.000	114.549	1.549
209	4158.054	184	113.736	114.533	0.797
210	4178.054	185	114.400	114.518	0.118
211	4198.054	186	114.100	114.502	0.402
212	4218.054	187	114.475	114.487	0.012
213	4238.054	188	115.245	114.471	-0.773
214	4258.054	189	116.158	114.456	-1.702
215	4278.054	190	116.989	114.440	-2.549
216	4298.054	191	116.900	114.425	-2.475
217	4318.054	192	116.046	114.409	-1.637
218	4338.054	193	115.731	114.394	-1.337
219	4358.054	194	115.704	114.378	-1.326
220	4378.054	195	115.610	114.363	-1.247
221	4398.054	196	115.517	114.347	-1.170
222	4418.054	197	115.934	114.332	-1.603
223	4438.054	198	116.000	114.316	-1.684
224	4458.054	199	115.424	114.300	-1.124
225	4478.054	200	114.663	114.285	-0.378
226	4498.054	201	114.017	114.269	0.252
227	4518.054	202	114.037	114.254	0.217
228	4538.054	203	114.876	114.238	-0.638
229	4558.054	204	115.000	114.223	-0.777
230	4578.054	205	115.184	114.207	-0.976
231	4598.054	206	115.227	114.192	-1.036
232	4618.054	207	115.000	114.176	-0.824
233	4638.054	208	115.000	114.161	-0.839
234	4658.054	209	114.419	114.157	-0.262
235	4678.054	210	114.100	114.179	0.079
236	4698.054	211	114.100	114.225	0.125
237	4718.054	212	114.100	114.296	0.197
238	4738.054	213	114.331	114.393	0.062
239	4758.054	214	115.841	114.514	-1.327
240	4778.054	215	116.000	114.661	-1.339
241	4798.054	216	116.000	114.832	-1.168

Πίνακας 8-7: Ιδιότητες Σιδηροδρόμου

Διότητες Δρόμου ×

Γενικά **Bruckner**

Περιγραφή δρόμου

Αρχική ακτίνα κορυφών πολυγωνικής

Χιλιομετρική θέση αρχής <input type="text" value="0.000"/>	Ύψος οφθαλμών <input type="text" value="1.000"/>
Πλάτος κυκλοφορίας αριστερά <input type="text" value="0.500"/>	Πλάτος κυκλοφορίας δεξιά <input type="text" value="0.500"/>
Ταχύτητα μελέτης (km/h) <input type="text" value="60.000"/>	Ταχύτητα V85 (km/h) <input type="text" value="60.000"/>

Τύπος
 Δρόμος
 Σιδηροδρομική Γραμμή

Κλίσεις επί "τοίς χιλίοις"

Στον Πίνακα 8-8 που ακολουθεί γίνεται έλεγχος της κατά μήκος κλίσης μεταξύ των κορυφών της πολυγωνικής και αποτελεί συνέχεια της διαδικασίας που ξεκίνησε στο 4^ο Κεφάλαιο, στη σελίδα 65 της διπλωματικής.

Πίνακας 8-8: Έλεγχος κατά μήκος κλίσης

	i (%)	
M ₁ - M ₂	1	< 14 ‰
M ₂ - M ₃	6	< 14 ‰
M ₃ - M ₄	-0,8	< 14 ‰
M ₄ - M ₅	9,8	< 14 ‰
M ₅ - M ₆	1,5	< 14 ‰
M ₆ - M ₇	-0,3	< 14 ‰
M ₇ - M ₈	4,8	< 14 ‰
M ₈ - M ₉	-1,4	< 14 ‰
M ₉ - M ₁₀	5,4	< 14 ‰
M ₁₀ - M ₁₁	-0,7	< 14 ‰
M ₁₁ - M ₁₂	2,6	< 14 ‰
M ₁₂ - M ₁₃	10,2	< 14 ‰
M ₁₃ - M ₁₄	-3,3	< 14 ‰
M ₁₄ - M ₁₅	5,4	< 14 ‰
M ₁₅ - M ₁₆	2,3	< 14 ‰
M ₁₆ - M ₁₇	-2,9	< 14 ‰
M ₁₇ - M ₁₈	12	< 14 ‰
M ₁₈ - M ₁₉	-0,6	< 14 ‰
M ₁₉ - M ₂₀	4,4	< 14 ‰
M ₂₀ - M ₂₁	3,4	< 14 ‰
M ₂₁ - M ₂₂	6,3	< 14 ‰
M ₂₂ - M ₂₃	-0,2	< 14 ‰
M ₂₃ - M ₂₄	5,5	< 14 ‰
M ₂₄ - M ₂₅	1,1	< 14 ‰
M ₂₅ - M ₂₆	5,5	< 14 ‰
M ₂₆ - M ₂₇	2,2	< 14 ‰
M ₂₇ - M ₂₈	6,3	< 14 ‰
M ₂₈ - M ₂₉	0,6	< 14 ‰
M ₂₉ - M ₃₀	3,5	< 14 ‰
M ₃₀ - M ₃₁	9,8	< 14 ‰
M ₃₁ - M ₃₂	-2,5	< 14 ‰
M ₃₂ - M ₃₃	4,3	< 14 ‰
M ₃₃ - M ₃₄	12,4	< 14 ‰
M ₃₄ - M ₃₅	3	< 14 ‰
M ₃₅ - M ₃₆	13,6	< 14 ‰
M ₃₆ - M ₃₇	-7,5	< 14 ‰
M ₃₇ - M ₃₈	-1,6	< 14 ‰
M ₃₈ - M ₃₉	5,3	< 14 ‰
M ₃₉ - M ₄₀	-12,4	< 14 ‰
M ₄₀ - M ₄₁	-0,56	< 14 ‰

Πίνακας 8-9: Έλεγχος στα σημεία αλλαγής κλίσης

	%		
Δi1-2	4,95	>2,5 ‰	
Δi2-3	2,5	=2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi3-4	2,6	>2,5 ‰	
Δi4-5	4,5	>2,5 ‰	
Δi5-6	4,15	>2,5 ‰	
Δi2-7	0,6	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-8	2,25	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-9	1,7	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-10	2	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-11	2,35	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-12	0,95	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-13	3,8	>2,5 ‰	
Δi2-14	3,45	>2,5 ‰	
Δi2-15	1,05	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-16	1,55	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-17	0,3	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-18	4,55	>2,5 ‰	
Δi2-19	5,7	>2,5 ‰	
Δi2-20	1,9	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-21	0,5	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-22	1,45	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-23	3,05	>2,5 ‰	
Δi2-24	2,65	>2,5 ‰	
Δi2-25	2,2	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-26	2,2	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-27	1,65	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-28	2,05	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-29	2,85	>2,5 ‰	
Δi2-30	1,45	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-31	3,15	>2,5 ‰	
Δi2-32	3,65	>2,5 ‰	
Δi2-33	0,9	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-34	4,05	>2,5 ‰	
Δi2-35	4,7	>2,5 ‰	
Δi2-36	5,3	>2,5 ‰	
Δi2-37	3,05	>2,5 ‰	
Δi2-38	2,95	>2,5 ‰	
Δi2-39	1,85	<2,5 ‰	Απαιτείται συναρμογή
Δi2-40	3,55	>2,5 ‰	
Δi2-41	5,92	>2,5 ‰	

Ο παραπάνω πίνακας αποτελεί συνέχεια του ελέγχου που έγινε για τα σημεία αλλαγής κλίσης της συναρμογής στη μηκοτομή στο κεφάλαιο 4. Για καλύτερη κατανόηση πηγαίνετε στη σελίδα 66.

Πίνακας 8-10: Προϋπολογισμός Έργου(ανά τρ. μ.)

Α / Α	ΑΡ. ΤΙΜ.	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΜΟΝ.	ΚΩΔ. ΑΝΑΘ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ	ΔΑΠΑΝΗ		
					(ΜΕΤΗΣ)	(ΕΥΡΩ)	ΜΕΡΙΚΗ	ΟΛΙΚΗ	
1η ΟΜΑΔΑ									
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ									
1	NA 2	Ισοπέδωση και διάστρωση κατά πλάτος της γραμμής, του υπάρχοντος έργατος της επιδρομής σε ελεύθερη γραμμή υπό κυκλοφορία	μ2	ΟΔΟ Ν1140.2	8,90	1,22	10,86		
2	NA 3	Προμήθεια επί τόπου του έργου, θραυστών επίλεκτων υλικών λατομείου (3Α) για την κατασκευή σιδηροδρομικών επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1510	4,32	20,00	86,40		
3	A-18,1	Προμήθεια επί τόπου του έργου, δονητών υλικών κατηγορίας Ε1 έως Ε4 για την κατασκευή σιδηροδρομικών επιχωμάτων	μ3	ΟΔΟ 1510	2,38	3,95	9,40		
4	B-64,4.2	Προμήθεια και τοποθέτηση γεωφύραματος τύπου POLYFELT TS 600 και πρόσθετη αποζημίωση	μ2	ΟΙΚ 7914	6,46	2,00	12,92		
					ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ				
									119,58
5η ΟΜΑΔΑ									
ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ									
5	NA 10	Αποβλήση, μεταφορά και αποθήκευση μονής γραμμής κανονικού εύρους, εκτελούμενη εντός σταθμών	μ.μ.	ΝΑΤΕΟ 1510 25% ΝΑΤΕΟ 2312 75%	1,00	14,00	14,00		
7	NA 25	Στρώση σιδηρικής γραμμής κανονικού εύρους με σιδηροτροχιές UIC54 και οδοστρώμα στρωτήρες Β70 σε επιδρομή με έρμα	μ.μ	ΟΔΟ Ν2806,3.4	2,00	450,00	900,00		
					ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΟΜΑΔΑΣ				
									914,00
ΓΕΝΙΚΟ ΑΘΡΟΙΣΜΑ :									
									1.033,58
ΠΡΟΣΤΙΘΕΝΤΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ ΚΑΙ ΟΦΕΛΟΣ ΕΡΓΟΛΑΒΟΥ 18%									
									186,04
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΑΠΑΝΩΝ :									
									1.219,62
ΑΠΡΟΒΑΛΤΑ 10%									
									121,96
ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΟΥ :									
									1.341,58

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΣΙΑΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ
ΠΑΛΙΟΦΑΡΣΑΔΑ - ΚΟΚΚΙΝΑ