

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τίτλος: Εκτίμηση κόστους κατασκευής σιδηροδρομικών έργων

Συγγραφέας: Δελιγιάννης Λάμπρος

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαλλής Αθανάσιος

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η εκτίμηση τους κόστους κατασκευής μιας σύγχρονης σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και των λοιπών εγκαταστάσεων που την αποτελούν. Για το σκοπό αυτό προσδιορίζονται και παρουσιάζονται αναλυτικά τα κατασκευαστικά στοιχεία εκείνα που επηρεάζουν τον σχεδιασμό και το κόστος κατασκευής νέων γραμμών. Έπεται η συλλογή στοιχείων κόστους με χρήση αναλυτικών τιμολογίων σιδηροδρομικών εργασιών και βιβλιογραφικών πηγών. Στη συνέχεια αναπτύσσεται μεθοδολογία, η οποία καθοδηγεί τον χρήστη μέσω κριτηρίων και αξιολογήσεων στην επιλογή των διάφορων παραμέτρων σχεδιασμού. Τελικό αποτέλεσμα της εργασίας είναι η διατύπωση του μοντέλου υπολογισμού σε λογιστικό φύλλο περιβάλλοντος Microsoft Excel αυτοματοποιώντας τη διαδικασία εκτίμησης κόστους σιδηροδρομικών έργων.

ABSTRACT

Title: Railway construction cost estimation

Συγγραφέας: Deligiannis Lampros

Επιβλέπων καθηγητής: Ballis Athanasios

The aim of this thesis is the construction cost estimation of a modern railway line and the rest facilities that compose it. For this purpose the construction elements are defined and presented in detail, that affect the design and construction cost of new lines. With use of detailed railway works invoices and bibliographic sources the costs data collection follows. Then a methodology is developed, guiding the user through criteria and evaluations in the selection of various design parameters. End result of this work is the formulation of the model calculation in a Microsoft Excel spreadsheet which automates the cost estimation process of railway projects.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT.....	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Ορισμός σιδηροδρόμου - Ιστορική ανάδρομη.....	9
1.2 Σιδηροδρομικά έργα και εκτίμηση κόστους	11
1.3 Σκοπός και στόχοι διπλωματικής εργασίας	12
1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας	13
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	15
2.1 Σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση.....	15
2.2 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης.....	19
3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	20
3.1 Γενικά.....	20
3.2 Περιτυπώματα τροχαίου υλικού.....	21
3.3 Είδη μηχανών έλξης	22
3.4 Ελκόμενο τροχαίο υλικό και σύνθεση σιδηροδρομικών συρμών	25
4 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥΣ	27
4.1 Εισαγωγή.....	27
4.2 Γενικά χαρακτηριστικά σιδηροδρομικής γραμμής	28
4.3 Υποδομή σιδηροδρομικής γραμμής.....	29
4.3.1 Χωματουργικές εργασίες Υποδομής.....	30
4.3.2 Μεγάλα τεχνικά έργα υποδομής.....	32
4.3.3 Συνολικό κόστος Υποδομής σιδηροδρομικής γραμμής.....	36
4.3.4 Προτεινόμενη Μεθοδολογία υπολογισμού κόστους υποδομής.....	39
4.4 Επίδομη γραμμής.....	41
4.4.1 Σιδηροτροχιά.....	41
4.4.2 Σύνδεση Σιδηροτροχιών	51
4.4.3 Στρωτήρες	56
4.4.4 Σύνδεσμοι-Μικρό υλικό.....	61
4.4.5 Χάραξη σιδηροδρομικής γραμμής.....	63
4.4.6 Έδραση σε Έρμα – Σκυρογραμμή	65

4.4.7 Μεθοδολογία υπολογισμού στοιχείων έδρασης.....	69
4.4.8 Έδραση με Σταθερή Επιδομή.....	77
4.4.9 Σχηματισμοί γραμμής	82
4.5 Εγκαταστάσεις ηλεκτροκίνησης	87
4.5.1 Βασικά χαρακτηριστικά συστημάτων τροφοδοσίας.....	87
4.5.2 Σύστημα ηλεκτροκίνησης με εναέρια γραμμή.....	89
4.5.3 Κριτήρια επιλογής κατασκευής ηλεκτροκίνησης	98
4.5.4 Μεθοδολογία αξιολόγησης βάση του κριτηρίου ΚΠΑ.....	102
4.6 Συστήματα σηματοδότησης και τηλεδιοίκησης	105
4.6.1 Σήματα, Συστήματα αποκλεισμού και κόστος αυτών.....	105
4.6.2 Συστήματα αυτόματης προστασίας συρμών ETCS/ERTMS	108
4.6.3 Τηλεδιοίκηση - Κεντρικός Έλεγχος Κυκλοφορίας.....	111
4.6.4 Κόστος εγκαταστάτης αυτόματου συστήματος ισόπεδης διάβασης (ΑΣΙΑ)	112
4.6.5 Ολοκληρωμένο σύστημα σηματοδότησης	114
4.7 Σιδηροδρομικοί σταθμοί.....	115
4.7.1 Γενικά χαρακτηριστικά σταθμών	115
4.7.2 Εγκαταστάσεις γραμμών και μήκος σιδηροδρομικών σταθμών.....	115
4.7.3 Είδη σιδηροδρομικών σταθμών.....	117
4.7.4 Κόστος κατασκευής σιδηροδρομικών σταθμών	118
4.8 Εκπόνηση μελετών.....	120
4.9 Απαλλοτριώσεις.....	121
5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	124
5.1 Γενικά.....	124
5.2 Παραδοχές – Δεδομένα μεθοδολογίας	126
5.3 Αναλυτικοί αλγόριθμοι υπολογισμού	129
5.4 Βήματα μεθοδολογίας – υπολογισμών μοντέλου.....	139
5.5 Εφαρμογή μεθοδολογίας - Αποτελέσματα.....	140
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	153
6.1 Συνολικά συμπεράσματα.....	153
6.2 Εισηγήσεις για περαιτέρω ερεύνα	154
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	155
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	158

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1.1:</i> Σύγχρονο σκίτσο της ατμομηχανής “Rocket” (πηγή: wikimedia.org).....	10
<i>Εικόνα 3.1:</i> Άποψη εμπορευματικής μηχανής έλξης τύπου MLW 500 (αριστερά, πηγή: railfanurope.net),	25
<i>Εικόνα 3.2:</i> Άποψη ηλεκτροκίνητης μηχανής έλξης τύπου Σειράς 120 ή HellasSprinter (δεξιά, wikipedia.org)	25
<i>Εικόνα 4.1:</i> Άποψη σήραγγας διπλής γραμμής Τεμπών (πηγή: www.kathimerini.gr) ..	33
<i>Εικόνα 4.2:</i> Κατασκευές σιδηροδρομικών γεφυρών στη νέα διπλή Σ.Γ. Λιανοκλαδίου – Δομοκού (Νέλλας, 2010)	35
<i>Εικόνα 4.3:</i> Αλουμινοθερμική συγκόλληση (αριστερά) και μηχανήμα αυτογενούς συγκόλλησης (δεξιά)	54
<i>Εικόνα 4.4:</i> Σύνδεσμος W14(SK14) για στρωτήρα από σκυρόδεμα.....	62
<i>Εικόνα 4.5:</i> Σύστημα εναέριας τροφοδοσίας (αριστερά) και τρίτης σιδηροτροχιάς (δεξιά)	88
<i>Εικόνα 4.6:</i> Άποψη Υποσταθμού έλξης	90
<i>Εικόνα 4.7:</i> Στήριξη κονσόλας σε στύλο σε διπλή σιδηροδρομική γραμμή (αριστερά) και λεπτομέρεια κονσόλας (δεξιά) (en.wikipedia.org , railway-technology.com).....	95
<i>Εικόνα 4.8:</i> Άποψη συστήματος τάνυσης (αριστερά) και στύλου αγκύρωσης (δεξιά) (en.wikipedia.org).....	95
<i>Εικόνα 4.9:</i> Φρεάτια καλωδιώσεων σηματοδότησης (αριστερά) και διαδικασία τοποθέτησης (δεξιά) (www.kvg-germany.de)	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1.1:</i> Κόστος σημαντικών σιδηροδρομικών έργων των τελευταίων ετών (πηγή: railway-technical.com)	12
<i>Πίνακας 3.1:</i> Χαρακτηριστικά κινητήριων μονάδων Ελληνικών σιδηροδρόμων (συλλογή από Απολογιστικό Δελτίο χρήσης ΤΡΑΙΝΟΣΕ και διάφορες πηγές)	24
<i>Πίνακας 4.1:</i> Καθορισμός της κατηγορίας της φέρουσας ικανότητας της σιδηροδρομικής υποδομής (φύλλο UIC 719R και Πυργίδης, 2009)	31
<i>Πίνακας 4.2:</i> Τιμές μονάδος χωματουργικών εργασιών (ATEO, 2/2013)	32
<i>Πίνακας 4.3:</i> Ενδεικτικό κόστος κατασκευής τεχνικών έργων (J.P. Baumgartner, τιμές 2011 ¹).....	35
<i>Πίνακας 4.4:</i> Ενδεικτικό κόστος κατασκευής τεχνικών έργων (Μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22, 2011).....	36
<i>Πίνακας 4.5:</i> Ενδεικτικό κόστος συνόλου υποδομών γραμμής με μέση τιμή και οριακές (μεγίστη – ελάχιστη) (J.P Baumgartner, τιμές 2011).....	37
<i>Πίνακας 4.6:</i> Προτεινόμενες ενδεικτικές τιμές σηράγγων και γεφυρών μεθόδου A	39
<i>Πίνακας 4.7:</i> Απόκλιση προϋπολογισμών προτεινόμενης μεθόδου A	40
<i>Πίνακας 4.8:</i> Τεχνικά χαρακτηριστικά σιδηροτροχιών (Λυμπέρης, 2009)	43
<i>Πίνακας 4.9:</i> Κόστος προμήθειας σιδηροτροχιάς	44

Πίνακας 4.10: Κριτήρια επιλογής διατομής σιδηροτροχιάς με βάση το αξονικό φορτίο (Πυργίδης, 2009).....	46
Πίνακας 4.11: Τιμές παραμέτρων S_p , S_{fr} για υπολογισμό ημερήσιας κυκλοφορίας.....	47
Πίνακας 4.12: Σιδηροτροχιά και φόρτος γραμμής (Προφίλλιδης, 2000).....	48
Πίνακας 4.13: Κόστος αμφίδεσης.....	52
Πίνακας 4.14: Το κόστος εργασιών και προμηθειών για στρώση Σ.Σ.Σ. σύμφωνα με τους προϋπολογισμούς Α.Δ. 635 και Α.Δ. 731 (δε περιλαμβάνεται κόστος απροβλέπτων).....	53
Πίνακας 4.15: Χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων στρωτήρα (Λυμπέρης, Πυργίδης).....	58
Πίνακας 4.16: Ενδεικτικό κόστος αντιοδευτικού.....	62
Πίνακας 4.17: Τιμές παραμέτρων υπολογισμού πάχους έδρασης.....	67
Πίνακας 4.17α: Κατάταξη γραμμών ανάλογα με την με την θεωρητική τους κυκλοφορία σύμφωνα με το φυλλάδιο 714R της UIC.....	68
Πίνακας 4.18: Κόστος εργασιών και προμηθειών έδρασης σκυρογραμμής (προϋπολογισμοί Α.Δ. 635, 731, 740).....	69
Πίνακας 4.19: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής μονής γραμμής (τιμές 2011).....	77
Πίνακας 4.20: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σταθερής επιδομής – σκυρογραμμής.....	79
Πίνακας 4.21: Κόστος βασικών σιδηροδρομικών εργασιών σταθερής επιδομής (Α.Δ.635).....	80
Πίνακας 4.22: Ενδεικτικό μέσο κόστος αλλαγών (Τιμολόγια Μελέτης Έργων Α.Δ. 635,731,740).....	86
Πίνακας 4.23: Ενδεικτικό κόστος αλλαγών και διασταυρώσεων (J.P. Baumgartner).....	86
Πίνακας 4.24: Ενδεικτικό κόστος εγκαταστάσεων ηλεκτροκίνησης (Α.Δ. 635, 2012).....	91
Πίνακας 4.25: Ενδεικτικό κόστος λοιπών εγκαταστάσεων ηλεκτροκίνησης (Α.Δ. 635, 2012).....	94
Πίνακας 4.26: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής υποσταθμών (J.P. Baumgartner, Τιμές 2011).....	96
Πίνακας 4.27: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής γραμμής επαφής (J.P. Baumgartner).....	96
Πίνακας 4.28: Συγκριτικός πίνακας κόστους ηλεκτροκίνησης ανά χιλιόμετρο γραμμής (διάφορες πηγές).....	97
Πίνακας 4.29: Ενδεικτικό κόστος συμβατικού εξοπλισμού σηματοδότησης (J.P. Baumgartner).....	108
Πίνακας 4.30: Ενδεικτικό κόστος συμβατικής σηματοδότησης (Τιμολόγια μελέτης έργου ΑΔ: 635).....	108
Πίνακας 4.31: Ενδεικτικό κόστος συστημάτων τηλεδιοίκησης (Τιμολόγια μελέτης έργου ΑΔ:635).....	112
Πίνακας 4.32: Συγκριτικός πίνακας εγκαταστάσεων ΑΣΙΑ.....	113
Πίνακας 4.33: Κόστος συστήματος Σηματοδότησης.....	114
Πίνακας 4.34: Κόστος κατασκευής επιβατικών σιδηροδρομικών σταθμών (διάφορες πηγές).....	118

Πίνακας 4.35: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής σιδηροδρομικών σταθμών (J.P. Baumgartner, τιμές 2011)	119
Πίνακας 4.36: Ενδεικτικό κόστος μελετών σιδηροδρομικών έργων (τιμές 2011).....	120
Πίνακας 4.37 : Ενδεικτικό κόστος απαλλοτριώσεων για διάφορες τιμές της πληθυσμιακής πυκνότητας (J.P. Baumgartner, τιμές 2011)	121
Πίνακας 4.38: Ενδεικτικό κόστος απαλλοτριώσεων έργων συγκοινωνιακής υποδομής στην ηπειρωτική Ελλάδα (www.anartychi.gov.gr).....	121
Πίνακας 4.39 : Απαλλοτριώσεις στην Ελλάδα ανά χλμ. γραμμής	122
Πίνακας 5.1: Μεταβλητές εισόδου μεθοδολογίας	125
Πίνακας 5.2: Παραδοχές – Δεδομένα ενδεικτικών τιμών.....	126
Πίνακας 5.3: Σενάριο σύνδεσης υπό εξέτασης γραμμής (ΕΡΓΟΣΕ, 2006).....	141
Πίνακας 5.4 : Μεταβλητές εισόδου εφαρμογής στο τμήμα Τιθορέα - Δομοκός.....	142
Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα μεθοδολογίας εκτίμησης κόστους (Τιθορέα – Δομοκός)	144
Πίνακας 5.6: Μεταβλητές εισόδου εφαρμογής στο τμήμα Κιάτο – Ροδοδάφνη	149

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1: Περιτύπωμα ελεύθερων εμποδίων (αριστερά) και περιτύπωμα οχήματος (δεξιά) (πηγή: Κανονισμός Κυκλοφορίας, 2009).....	21
Σχήμα 3.2: Περιτυπώματα γραμμής κατά UIC και προφίλ εμπορευματοκιβωτίου (πηγή: wikipedia.org)	22
Σχήμα 4.1: Στοιχεία που αποτελούν τη σιδηροδρομική γραμμή (Πυργίδης, 2009)	28
Σχήμα 4.2: Κύρια εύρη σιδηροδρομικών γραμμών στην Ευρώπη (Symonds, 2001)....	29
Σχήμα 4.3: Λεπτομέρεια βάσης και στρώσης διαμόρφωσης επιδομής (πηγή: portal.survey.ntua.gr)	31
Σχήμα 4.4: Τυπική διατομή (σε ευθυγραμμία) σιδηροδρομικής σήραγγας μονής σκυρογραμμής με παράλληλο τροφοδότη ηλεκτροκίνησης. (www.inforail-ose.gr).....	34
Σχήμα 4.5: Κύρια μέρη σιδηροτροχιάς	41
Σχήμα 4.6 : Αμφιδέτης UIC60 (www.inforail-ose.gr)	51
Σχήμα 4.7: Λεπτομέρεια συσκευής διαστολής γαλλικού τύπου για σιδηροτροχιά UIC54 (www.ggde.gr).....	54
Σχήμα 4.8: Ολόσωμος στρωτήρας σκυροδέματος τύπου B70 (www.inforail-ose.gr) ..	57
Σχήμα 4.8α: Διμερής στρωτήρας σκυροδέματος τύπου U31(www.inforail-ose.gr).....	60
Σχήμα 4.9: Σύνδεσμος τύπου K για ξύλινο στρωτήρα.....	62
Σχήμα 4.10: Ισορροπία οχήματος σε κυκλική τροχιά (Λυμπέρης, 2009).....	64
Σχήμα 4.11: Τυπική διατομή μονής γραμμής σε ευθυγραμμία	71
Σχήμα 4.12: Τυπική διατομή μονής γραμμής σε καμπύλη	71
Σχήμα 4.13: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε ευθυγραμμία ($V \leq 200\text{km/h}$)	73
Σχήμα 4.14: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε καμπύλη ($V \leq 200\text{km/h}$).....	73

Σχήμα 4.15: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε ευθυγραμμία ($V > 200\text{km/h}$).....	75
Σχήμα 4.16: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε καμπύλη ($V > 200\text{km/h}$)	75
Σχήμα 4.17: Σχηματική παράσταση δομής σταθερής επιδομής μονής γραμμής (ΕΔΙΣΥ, 2009).....	78
Σχήμα 4.18: Σχέδιο στρωτήρα τύπου B 355.3 για κατασκευή σταθερής επιδομής.....	81
Σχήμα 4.19: Σχέδια ευθύγραμμων αλλαγών	83
Σχήμα 4.20: Σχέδια καμπύλων αλλαγών	83
Σχήμα 4.21: Κατασκευαστικά στοιχεία αλλαγών	84
Σχήμα 4.22: Σύγκριση κόστους πάγιων εγκαταστάσεων (Προφυλλίδης 2006)	89
Σχήμα 4.23: Στοιχεία υποσυστήματος γραμμής επαφής (Καλτσούνης, 2000).....	93
Σχήμα 4.24: Συνήθεις διατάξεις ανάρτησης (αλυσοειδείς) φέροντος καλωδίου (Καλτσούνης, 2000).....	93
Σχήμα 4.25: Κατανάλωση εμπορικών και επιβατικών συρμών (DB, 2007)	101
Σχήμα 4.26: Απλουστευμένο σχέδιο λειτουργίας τμήματος αποκλεισμού (Καλτσούνης, 2000).....	106
Σχήμα 4.26α: Σηματοδότηση μηκών αποκλεισμού και σήματα πολλαπλών ενδείξεων	107
Σχήμα 4.27: Λειτουργία συστήματος ETCS επιπέδου 1 (εγχειρίδιο UIC, 2008)	110
Σχήμα 4.28: Απεικόνιση - συμβολισμός γραμμών σιδηροδρομικού σταθμού.....	116
Σχήμα 5.1: Μηκοτομή νέας χάραξης ΣΣ Λιανοκλάδι – ΣΣ Δομοκός.....	141
Σχήμα 5.2: Ανάλυση κόστους σιδηροδρομικού έργου σύμφωνα με την μεθοδολογία. 144	
Σχήμα 5.3: Ανάλυση κόστους επιδομής	145
Σχήμα 5.4: Καθαρή παρούσα αξία Ηλεκτροκίνησης βάση μεθόδου αξιολογήσεως 146	
Σχήμα 5.5 Ανάλυση κόστους υλοποίησης έργου Τιθορέας - Δομοκού.....	146
Σχήμα 5.6: Συγκριτικό διάγραμμα μεθοδολογίας – πραγματικού προϋπολογισμού....	147

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας τελειώνει και το ταξίδι της φοιτητικής μου ζωής. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Μπαλλή, για την ενθάρρυνση στην επιλογή του θέματος αυτής της εργασίας, την πολύτιμη βοήθεια του κατά την εκπόνηση της και τη καλή συνεργασία μας. Επίσης, ευχαριστίες οφείλονται στην κα. Ο. Δημητρίου υπάλληλο της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. για τη σημαντική συνεισφορά της σε θέματα αναλυτικών τιμολογίων σιδηροδρομικών εργασιών, πάνω στα οποία βασίστηκε η διπλωματική εργασία καθώς και στον καθηγητή μου, κ. Λυμπέρη στον οποίο και οφείλεται το ενδιαφέρον μου για το σιδηρόδρομο. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια τους όλο αυτό το διάστημα.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός σιδηροδρόμου - Ιστορική ανάδρομη

Σιδηρόδρομος καλείται το σύστημα μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων με τη βοήθεια τροχοφόρων οχημάτων ειδικά κατασκευασμένων για να κυλούν επί σιδηροτροχιών. Τα οχήματα αποτελούνται από τροχούς φέροντες όνυχες στην εσωτερική τους πλευρά και κινούνται (είτε αυτοκινούμενα είτε ελκόμενα από κινητήρια μονάδα) σε αποκλειστικά δικό τους διάδρομο κυκλοφορίας (σταθερή τροχιά) που ορίζεται από δυο παράλληλες μεταξύ τους χαλύβδινες σιδηροτροχιές (Λυμπέρης, 2009).

Η ασφαλής και έγκαιρη μεταφορά ανθρώπων και εμπορευμάτων μεταξύ δύο σιδηροδρομικών σταθμών αποτελεί το ουσιαστικό έργο του σιδηροδρόμου. Το συνολικό σύστημα του σιδηροδρόμου (γραμμές, τροχαίο υλικό, σταθμοί, προσωπικό, κ.λπ.) υπάρχει προκειμένου να πραγματοποιείται απρόσκοπτα η σιδηροδρομική μεταφορά.

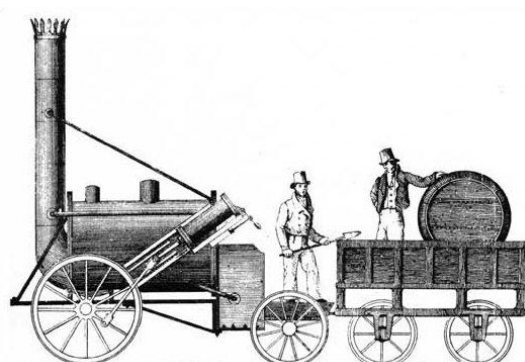
Συγκεκριμένα, ο σιδηρόδρομος ως μέσο μεταφοράς ορίζεται από δύο συνιστώσες:

- τη σιδηροδρομική υποδομή, δηλαδή η σιδηροδρομική γραμμή και το σύνολο των τεχνικών έργων και εγκαταστάσεων
- και το τροχαίο υλικό, δηλαδή όλα τα οχήματα, έλκοντα και ελκόμενα, που κινούνται μέσω χαλύβδινων τροχών πάνω στις σιδηροτροχιές

Η Δίοικος αποτέλεσε ένα πρώτο είδος σιδηρόδρομου μήκους 6 χλμ., που μετέφερε τα πλοία πέρα από τον Ισθμό της Κορίνθου τον 6ο αιώνα π.Χ. (B. Προφυλλίδης, 1993). Τα φορτία, που ωθούντο από σκλάβους, κυλούσαν σε αυλάκια μέσα σε μια διαδρομή ασβεστόλιθων. Ο χρόνος γέννησης του σιδηρόδρομου δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί με ακρίβεια, γιατί η ιστορία του αρχίζει με την εφαρμογή της σιδηροτροχιάς και προχωρά μέχρι την ατμομηχανή, με την οποία ταυτίστηκε. Ο πρώτος σιδηρόδρομος είχε έλξη από ατμάμαξα της οποίας η εμφάνιση σημειώνεται τον 18ο αιώνα και η λειτουργία της στηρίζεται στη μετατροπή του έργου της σταθερής ατμομηχανής του Βατ σε μηχανική έλξη.

Αργότερα, στις αρχές του 19ου αιώνα, δύο Άγγλοι μηχανικοί πήραν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, επειδή κατάφεραν να κατασκευάσουν ατμάμαξα, που κινείτο σε σιδηροτροχιές. Το 1804, ο Τρέβιθικ, ο ένας από αυτούς, κίνησε τον πρώτο σιδηρόδρομο στη σιδηροτροχιά των ορυχείων του Μέρθαϊρ, στη νότια Ουαλία. Ένας συρμός 14 τόνων (5 βαγόνια με 5 τόνους ορυκτών και 10 άτομα) έκανε διαδρομή 16 χλμ., με ταχύτητα 8 χλμ. την ώρα. Η μείωση της τριβής ήταν ένας από τους βασικούς λόγους για την επιτυχία των σιδηροδρόμων και σύντομα ο σιδηρόδρομος Στόκτον και Ντάρλινγκτον (Stockton and Darlington Railway), η λειτουργία του οποίου ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 1825, ήταν ο πρώτος που μετέφερε τόσο εμπορεύματα όσο και επιβάτες. Ακολούθησε ο σιδηρόδρομος του Λίβερπουλ και Μάντσεστερ (Liverpool and Manchester Railway) το 1830, ο οποίος, με την εισαγωγή της ατμομηχανής

"Rocket" (Εικόνα 1.1), που κατασκευάστηκε από τον Στέφενσον και τον γιο του Ρόμπερτ, μπορεί να θεωρηθεί αφετηρία της εποχής των σιδηροδρόμων.



Εικόνα 1.1: Σύγχρονο σκίτσο της ατμομηχανής "Rocket" (πηγή: wikimedia.org)

Οι σιδηρόδρομοι αναπτύχθηκαν γρήγορα στη διάρκεια του 19ου αιώνα και κατέστησαν παγκοσμίως μείζων δύναμη της οικονομικής και κοινωνικής ζωής των εθνών. Στις χερσαίες μεταφορές, ο σιδηρόδρομος πρωταγωνίστησε για πάνω από 100 χρόνια (1830 – 1950). Στο διάστημα αυτό επιτέλεσε σπουδαίο μεταφορικό, αλλά και πολιτισμικό, έργο (Προφυλλίδης, 1993). Στις αρχές του 20ού αιώνα, όμως, η εμφάνιση των αυτοκινήτων και των αεροπλάνων τροποποίησαν την κατάσταση στον τομέα των μεταφορών. Η ραγδαία τεχνική τελειοποίηση του αυτοκινήτου περιόρισε κατά πολύ τη χρήση του σιδηρόδρομου, ώστε να συζητιέται η σκοπιμότητα της διατήρησής του. Ωστόσο, σε μεγάλες αποστάσεις και για μεγάλες ποσότητες εμπορευμάτων ο σιδηρόδρομος αποδείχθηκε αναντικατάστατος. Οι μεταφορές των εμπολέμων και στους δύο Παγκόσμιους Πολέμους στηρίχθηκαν κατά κύριο λόγο στους σιδηροδρόμους.

Η κίνηση των σιδηροδρόμων γινόταν αρχικά με ατμάμαξες, των οποίων η τεχνολογία βελτιωνόταν με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, μετά τη λήξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου έγινε σαφές στις εταιρίες σιδηροδρόμων ότι το κόστος συντήρησης και λειτουργίας ήταν πολύ υψηλό. Γι' αυτό και σταδιακά οι ατμάμαξες άρχισαν να αντικαθίστανται από μηχανές έλξης ντίζελ. Τη δεκαετία του '70, με την πρώτη κρίση του πετρελαίου εντάθηκαν οι προσπάθειες για την ηλεκτροκίνηση των συρμών, η οποία έχει σήμερα διεθνώς επικρατήσει, αν και σε αρκετές περιοχές, σε όλες σχεδόν τις χώρες του κόσμου, η κίνηση των συρμών γίνεται ακόμη με μηχανές ντίζελ.

Σήμερα δε γίνεται πλέον λόγος για παρακμή των σιδηροδρόμων, καθώς κατέχουν πρωτεύουσα θέση στην οικονομία και ολοκληρώνουν τα υπόλοιπα μεταφορικά μέσα. Αρχικά, η ζήτηση για νέα αστικά σιδηροδρομικά συστήματα και στη συνέχεια η δημιουργία στην Ευρώπη και την Ιαπωνία νέων γραμμών υψηλών ταχυτήτων για intercity επιβατικές μεταφορές οδήγησαν στη νέα εποχή των σιδηροδρόμων. Πλέον η σιδηροδρομική μεταφορά είναι μια από τις οικονομικότερες

μεθόδους για μεταφορά εμπορευμάτων με εξαίρεση τη θάλασσα. Σε αυτό βοήθησε η ανάπτυξη της μοναδοποίησης των φορτίων και της χρήσης εμπορευματοκιβωτίων (containers) που κατέστησε τους σιδηροδρόμους περισσότερο αποτελεσματικούς στην παραλαβή και διακίνηση επεξεργασμένων εμπορευμάτων με μεγάλες σχετικά ταχύτητες.

1.2 Σιδηροδρομικά έργα και εκτίμηση κόστους

Η βιομηχανία των σιδηροδρόμων αναμένεται να παρουσιάσει αύξηση της ζήτησης μέσα στα επόμενα 30 χρόνια τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η ζήτηση θα θέσει σε δοκιμασία τις υποδομές του σιδηροδρόμου και την ικανότητα να παρέχει έγκαιρη και αποτελεσματική εξυπηρέτηση. Διάφορες τεχνολογίες είναι πλέον διαθέσιμες για την αύξηση της ικανότητας των σιδηροδρόμων, ωστόσο με τον καιρό νέες γραμμές θα πρέπει να κατασκευαστούν στο υπάρχον δίκτυο, είτε ως νέες διαδρομές, είτε ως αναβάθμιση των υφιστάμενων σε υψηλής ταχύτητας δίκτυα.

Η απάντηση, λοιπόν, στο ερώτημα ποσό κοστίζει ένας σιδηρόδρομος δεν είναι εύκολη ούτε μονοσήμαντη. Η πρόβλεψη αυτών των δαπανών είναι μια πρόκληση, δεδομένου ότι τα χιλιόμετρα σιδηροδρόμου που κατασκευάζονται κάθε χρόνο είναι λίγα και ότι υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος. Συγκεκριμένα, το κόστος κατασκευής μιας γραμμής παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις και διακυμάνσεις από έργο σε έργο. Μια μονή σιδηροδρομική γραμμή, που προορίζεται για μικρή κυκλοφορία από αμιγώς εμπορικά οχήματα και κατασκευάζεται σε πεδινή, σχετικά επίπεδη γεωμορφολογικά και αραιοκατοικημένη περιοχή μιας αναπτυσσόμενης χώρας μπορεί να κοστίζει περί τα 2 εκατομμύρια ευρώ ανά χιλιόμετρο, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτροκίνησης και του μηχανολογικού εξοπλισμού (www.railway-technical.com). Αντίθετα, μια διπλή γραμμή σε πυκνοκατοικημένη περιοχή που παρουσιάζει δύσκολες γεωλογικές συνθήκες, με ηλεκτροκίνηση και υψηλά τεχνολογικά χαρακτηριστικά, που σχεδιάζεται για μεικτή κυκλοφορία¹ με μεγάλο φόρτο, το ποσό αυτό μπορεί να φτάσει πολύ πάνω από τα 70 εκατομμύρια ευρώ ανά χιλιόμετρο. Στο επόμενο πίνακα παρουσιάζεται το δημοσιευθέν κόστος (ανά χιλιόμετρο) μεγάλης κλίμακας έργων, τα όποια ολοκληρώθηκαν ή κατασκευάζονται τα τελευταία χρόνια. Τα κόστη αυτά συνήθως περιλαμβάνουν το κόστος εργασιών, σχεδιασμού, προμήθειας υλικών και χρηματοδότησης.

1 Δρομολόγηση επιβατικών και εμπορικών συρμών ταυτόχρονα σε μια γραμμή η δίκτυο.

Πίνακας 1.1: Κόστος σημαντικών σιδηροδρομικών έργων των τελευταίων ετών (πηγή: railway-technical.com)

Σιδηροδρομική γραμμή	Ημερομηνία	Τύπος δικτύου	Κόστος /χλμ.	Μήκους	Σχόλια
Μαδρίτη-Αλμπαθέτε	2010	Ταχεία κυκλοφορίας	€9,57 εκ.	304 χλμ.	-
Seoul-Gimpo, Κορέα	2010	Γραμμή αεροδρομίου	\$98,1 εκ.	20,4 χλμ.	-
Yichang-Wanzhou, Κίνα	2011	Κύρια γραμμή	\$9,1 εκ.	377 χλμ.	278 χλμ. σε τούνελ ή γέφυρες
Haikou-Sanya, Κίνα	2010	Ταχεία κυκλοφορίας	\$10 εκ.	308 χλμ.	-

Η έγκαιρη και έγκυρη εκτίμηση του κόστους κατασκευής μιας νέας σιδηροδρομικής γραμμής αποτελεί σημαντικό κομμάτι στο πλαίσιο της μελέτης σκοπιμότητας ενός έργου. Τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, το περιβάλλον καθώς και η οικονομία μιας χώρας αποτελούν μερικές από τις κυριότερες συνιστώσες του κόστους αυτού, οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η ανάγκη, λοιπόν, για το καθορισμό και την κατανόηση των στοιχείων, που το επηρεάζουν, είναι πάντα σημαντική στο σχεδιασμό ενός αποτελεσματικού δικτύου σιδηροδρόμων.

1.3 Σκοπός και στόχοι διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η εκτίμηση τους κόστους κατασκευής μιας σύγχρονης σιδηροδρομικής γραμμής καθώς και των λοιπών εγκαταστάσεων που την απαρτίζουν. Η πρόβλεψη του κόστους κατασκευής σιδηροδρομικών έργων είναι πολύ δύσκολη, καθώς πρέπει να βασιστεί σε ρεαλιστικές και αντιπροσωπευτικές εκτιμήσεις, οι οποίες προκύπτουν από τον συσχετισμό των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν το κόστος. Η παρουσίαση των διαφόρων συνιστωσών ενός έργου και οι αντίστοιχες επιμέρους εκτιμήσεις κόστους, οι οποίες θα πραγματοποιηθούν σε αυτή την εργασία, θα επιτρέψουν μεγαλύτερο εύρος ανάλυσης από το προσωπικό σχεδιασμού και κατά συνέπεια ταχύτερη λήψη αποφάσεων σε ότι αφορά το σιδηροδρομικό δίκτυο και τις ανάγκες που εξυπηρετεί.

Οι στόχοι που τέθηκαν αφορούσαν: α) στην κατανόηση του συνολικού συστήματος του σιδηροδρόμου και πώς τα επιμέρους στοιχεία του επηρεάζουν το κόστος κατασκευής του, β) στον προσδιορισμό βασικών κριτήριων για την επιλογή των εγκαταστάσεων και των υλικών των σιδηροδρομικών συνδέσεων και γ) στην ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας εκτίμησης κόστους κατασκευής σιδηροδρομικής γραμμής, μαζί με όλα τα απαραίτητα στοιχεία της (εξοπλισμό ηλεκτροκίνησης, αλλαγές κλπ.), η οποία μπορεί να διατυπωθεί σε ένα λογιστικό φύλλο (τύπου Excel)

και λαμβάνει υπόψη τους σημαντικότερους παράγοντες και περιορισμούς του σχεδιασμού της.

Η διπλωματική εργασία θα βοηθήσει στον σχεδιασμό μεταφορικών συστημάτων και τους υπεύθυνους χάραξης νέων γραμμών στη λήψη αποφάσεων για την κατασκευή ή όχι ενός έργου καθώς και τους παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος. Η μεθοδολογία που θα αναπτυχθεί, δε μπορεί σε καμία περίπτωση να αντικαταστήσει το βάθος και τη λεπτομέρεια μια μελέτης σκοπιμότητας ή τους αναλυτικούς προϋπολογισμούς δημοσίων έργων, αλλά αποτελεί ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πρωταρχικό στάδιο για μία προκαταρκτική εκτίμηση της τάξης μεγέθους ενός σιδηροδρομικού έργου.

1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται αρχικά μια γενική περιγραφή του σιδηροδρόμου. Δίνεται η έννοια του ως μέσο μεταφοράς και παρουσιάζεται η ιστορική του ανάδρομη με τα ορόσημα της εξέλιξης του και τη θέση που καταλαμβάνει σήμερα. Ακολουθεί ο προβληματισμός που οδήγησε στην ερεύνα του κόστους εκτίμησης σιδηροδρομικών έργων και των στοιχείων που το επηρεάζουν. Τέλος παρατίθεται ο βασικός σκοπός της διπλωματικής εργασίας, οι επιμέρους στόχοι που τέθηκαν ώστε να φτάσουμε σε μια πολυκριτηριακή μεθοδολογία εκτίμησης κόστους και πως μπορεί αυτή να χρησιμοποιηθεί στην πράξη.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η βιβλιογραφική επισκόπηση του θέματος, περιλαμβάνοντας μελέτες και εργασίες που αναφέρονται στην εκτίμηση κόστους σιδηροδρομικών έργων. Αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίστηκε η δυσκολία εύρεσης αντιπροσωπευτικών τιμών κόστους σε αυτές και παρουσιάζεται το γενικό θεωρητικό πρόβλημα εφαρμογής μιας μεθοδολογίας υπολογισμού.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται μια σύντομη αναφορά στο τροχαίο υλικό του σιδηροδρόμου. Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την κατασκευή και τον σχεδιασμό σιδηροδρομικών δικτύων. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στους τύπους μηχανών έλξης και ελκούμενου τροχαίου υλικού που συναντούμε στους Ελληνικούς σιδηροδρόμους για έναν αρχικό προσδιορισμού των συρμών σχεδιασμού.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα βασικότερα στοιχεία της σιδηροδρομικής γραμμής και των εγκαταστάσεων που την απαρτίζουν με παράθεση του ενδεικτικού κόστους αυτών από βιβλιογραφικές πηγές και αναλυτικά τιμολόγια έργων. Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται και τα κριτήρια για την επιλογή συνιστωσών κατασκευής και εγκαταστάσεων σιδηροδρομικών έργων. Τέλος για κάθε στοιχείο προσδιορίζεται η μεθοδολογία επιλογής τους και απαραίτητες παραδοχές για το ενδεικτικό κόστος τους που θα υιοθετηθεί στη μέθοδο.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** Περιγράφεται η γενική αρχιτεκτονική του μοντέλου και προσδιορίζονται οι μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού των διαφόρων συνιστωσών κόστους, όπως αυτές πρόέκυψαν βάση των παραδοχών του προηγούμενου κεφαλαίου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα εισόδου και εξόδου και εφαρμόζεται η μεθοδολογία με ανάλυση και περιγραφή των αποτελεσμάτων που εξάγονται.

Στο **έκτο και τελευταίο κεφάλαιο** αναλύονται τα γενικά συμπεράσματα του συνόλου της διπλωματικής εργασίας. Γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε και τη δυνατότητα αξιοποίησης της σε άλλες μεθόδους με προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση

Οι λιγιστοί οργανισμοί σιδηροδρομικών συστημάτων και ο ιδιαίτερος χαρακτήρας των σιδηροδρομικών έργων, που αποτελούν εξειδικευμένες εγκαταστάσεις με υλικά από συγκεκριμένους προμηθευτές, δεν έχουν επιτρέψει την διεξαγωγή πολλών μελετών με θέμα την εκτίμηση του κόστους τους. Η εύρεση αναλυτικών τιμολογίων σιδηροδρομικών έργων είναι δύσκολη και αυτό φυσικά οφείλεται και στο γεγονός ότι κάθε χρόνο κατασκευάζονται λίγα χιλιόμετρα νέων σιδηροδρομικών γραμμών.

Η εργασία του J.P. Baumgartner, καθηγητή του Πολυτεχνείου της Λοζάνης με τίτλο “Prices and costs in the railway sector” αφορά στα γενικά κόστη του σιδηροδρόμου. Συγκεκριμένα πραγματεύεται τον προσδιορισμό της τάξης μεγέθους κόστους των διαφόρων συνιστωσών του σιδηροδρομικού συστήματος σύμφωνα με τα δεδομένα του έτους 2000. Η εργασία σημειώνεται ότι δεν αποτελεί κατάλογο τιμών, ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελέτες για τον καθορισμό ενδεικτικού κόστους αυτών. Οι τιμές για κάθε στοιχείο δίνονται με μια μέση τιμή καθώς και δυο οριακές (μέγιστο και ελάχιστο) της οποίες δύναται να τις ερμηνεύσει ο αναγνώστης. Οι τιμές που έχουν υπολογιστεί αφορούν:

- Στο κόστος υποδομών (infrastructure) και εξοπλισμού σιδηροδρομικής γραμμής
 - Στις μελέτες
 - Στις απαλλοτριώσεις
 - Στην κατασκευή υποδομής
 - Στην οικονομική ζωή των υποδομών
 - Στο κόστος συντήρησης των υποδομών
 - Στην επιδομή σιδηροδρομικής γραμμής
 - Στην οικονομική ζωή επιδομής
 - Στο κόστος συντήρησης επιδομής
 - Στον εξοπλισμό ηλεκτροκίνησης
 - Στη σηματοδότηση

- Στον σταθερό εξοπλισμό γραμμής
 - Στις αλλαγές και διασταυρώσεις

- Στους σταθμούς
- Στα συνεργεία μηχανών
- Στην οικονομική ζωή του σταθερού εξοπλισμού
- Στο κόστος συντήρησης σταθερού εξοπλισμού

- Στο τροχαίο υλικό
 - Στο κόστος ηλεκτροκίνητων και ντιζελοκίνητων μηχανών έλξης
 - Στην οικονομική ζωή των μηχανών έλξης
 - Στο κόστος συντήρησης των μηχανών έλξης
 - Στο κόστος βαγονιών για εμπορευματικές και επιβατικές μεταφορές
 - Στην οικονομική ζωή των βαγονιών

- Στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
 - Για ηλεκτροκίνηση
 - Για ντιζελοκίνηση

Τέλος, σημειώνεται ότι σε διάφορες παρόμοιες εργασίες γίνεται αναφορά στη συγκεκριμένη καθώς αποτελεί μια από τις λίγες δημοσιευμένες, που παρέχει πλήθος τιμών των στοιχείων που αφορούν στο σιδηροδρομικό σύστημα της Ευρώπης και των Ηνωμένων Πολιτειών.

Στην Ελλάδα, στην σύμπραξη εταιρειών ΠΡΙΣΜΑ και WS ATKINS ανατέθηκε η «Μελέτη αξιολόγησης για τη βελτίωση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22 και της Τεχνικής Υποστήριξης της ΟΣΕ Α.Ε.» (2011). Η μελέτη καλύπτει τον Σιδηροδρομικό Άξονα Προτεραιότητας 22, το τμήμα: Αθήνα - Θεσσαλονίκη - Προμαχώνας (Ελλάδα) - Kulata - Σόφια - Vidin (Βουλγαρία) - Calafat - Craiova - Timisoara - Curtici (Ρουμανία) - Lokoshaza - Βουδαπέστη - Győr - Heygeshalom (Ουγγαρία). Ο στόχος της μελέτης είναι να καταγραφούν και να αξιολογηθούν τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της υπάρχουσας σιδηροδρομικής γραμμής ανά χώρα και τα αντίστοιχα εθνικά προγράμματα για την ανάπτυξή της. Επίσης στόχος της μελέτης είναι να προταθούν οι απαραίτητες επεμβάσεις προκειμένου να αναβαθμιστεί ο Άξονας 22 σε μια σιδηροδρομική γραμμή, που να είναι διπλή ηλεκτροδοτούμενη, τάσης 25kV, να λειτουργεί με το σύστημα ETCS - επίπεδο II, να επιτρέπει ταχύτητες της τάξης των 160km/h, σύμφωνα με τα Τεχνικά Πρότυπα Διαλειτουργικότητας (TSI) και να δύναται να ικανοποιήσει τις μελλοντικές προβλέψεις κυκλοφορίας επιβατών και εμπορευμάτων σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Στη μελέτη καλύπτονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνοντας την αξιολόγηση των εναλλακτικών χαράξεων, τεχνολογικές επιλογές, τους περιορισμούς εφαρμογής και το κόστος των επενδύσεων βασισμένο σε τιμές. Συγκεκριμένα διαμορφώνονται τιμές σε €/km για:

- Εργασίες νέων σηράγγων και αναβάθμισης τους
- Νέες γέφυρες και αναβάθμισης τους
- Υποδομή & Επιδομή νέων ανοικτών τμημάτων και αναβάθμισης τους
- Νέα ηλεκτροκίνηση
- Νέα σηματοδότηση – τηλεδιοίκηση
- Απαλλοτριώσεις κλπ (ΟΚΩ, Αρχαιολογία κ.α.)

Τέλος παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση συμπεριλαμβάνοντας το επενδυτικό σχέδιο, το σχέδιο χρηματοδότησης, την οικονομική βιωσιμότητα καθώς και τον υπολογισμό των οικονομικών δεικτών.

Μια άλλη διπλωματική εργασία που πραγματεύεται την εκτίμηση κόστους σιδηροδρομικών συστημάτων είναι “A planning methodology for railway construction cost estimation in north america” (Von Brown, 2011). Ο στόχος της εργασίας είναι να δημιουργήσει μια μεθοδολογία εκτίμησης κόστους ανά μήκος σιδηροδρομικής γραμμής. Η μέθοδος της εκτίμησης βασίζεται στη σύγκριση διαφόρων έργων βάση χαρακτηριστικών και τοποθεσίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο προκαταρκτικής μελέτης. Το τελικό αποτέλεσμα της εργασίας είναι να καταλήξει σε τιμές κόστους ανά χιλιόμετρο γραμμής του συνολικού προϋπολογισμού του έργου και να σταθμιστούν πέντε βασικά κριτήρια σύγκρισης που αφορούν:

- στον τρόπο κατασκευής
- στον σχεδιασμό της γραμμής
- στα υλικά κατασκευής
- στα αυτόματα συστήματα προστασίας συρμών και τηλεπικοινωνίας
- στον εξοπλισμός ηλεκτροκίνησης

Η μελέτη “Using benchmarking for cost-efficient rail projects” (Inara Trabo, 2012) αφορά την συγκριτική ανάλυση σιδηροδρομικών έργων στη Ευρώπη για εφαρμογή ενός αποδοτικού συστήματος στη νέα σιδηροδρομική γραμμή Κοπεγχάγη – Ρίνγκστεντ. Στη μελέτη αυτή εξετάζεται το συνολικό κόστος των έργων βάση ορισμένων κλάδων σύγκρισης και καταλήγει σε ενδεικτικές τιμές ανά χιλιόμετρο

σιδηροδρομικής γραμμής. Επίσης σημειώνεται ότι οι μεγαλύτεροι παράγοντες κόστους είναι η κατασκευή γεφυρών, σηράγγων και αλλαγών.

Η διπλωματική εργασία «Αξιολόγηση σιδηροδρομικής σύνδεσης εμπορευματικού κέντρου» (Καρανάσιου, Μ, Τσαμπούλας Δ.) είχε σκοπό την ανάπτυξη μεθοδολογίας που βοηθά να αξιολογήσει μια εταιρία εμπορευματικού κέντρου αν η κατασκευή σιδηροδρομικής σύνδεσης είναι οικονομικά βιώσιμη. Στην εργασία λαμβάνονται τιμές κόστους της σιδηροδρομικής γραμμής από βιβλιογραφικές πηγές και τελικό κριτήριο αξιολόγησης είναι η Καθαρά Παρούσα Αξία.

Αξίες αναφοράς είναι οι διάφορες «οδηγίες» της εταιρίας Network Rail (διεύθυνσης σιδηροδρομικής υποδομής της Βρετανίας). Σε αυτές τις «οδηγίες» δε δίνονται κάποια στοιχεία κόστους σιδηροδρομικών έργων, ωστόσο παρουσιάζονται περιληπτικά κάποια βασικά στοιχεία που πρέπει να έχει μια γραμμή σύνδεσης (Network Rail, Design) ή τους παράγοντες που επηρεάζουν την επένδυση σε ένα νέο σιδηροδρομικό σταθμό (Network Rail, Investments in stations).

Η συνεισφορά των εκπαιδευτικών συγγραμμάτων με αντικείμενο τον τομέα του σιδηροδρόμου, τα οποία διανέμονται στις πολυτεχνικές σχολές των ανωτάτων ιδρυμάτων, θα είναι καθοριστική στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα τα κυριότερα συγγράμματα είναι τα εξής:

- Σιδηροδρομική θεωρία και εφαρμογές, Λυμπέρης Κ.
- Συστήματα Σιδηροδρομικών Μεταφορών, Πυργίδη Χ.
- Σιδηροδρομική, Καλτσούνης Α.

Το πρώτο παρέχει πλήθος πληροφοριών για τα υλικά και τις εργασίες κατασκευής της επιδομής και αποτελεί τον βασικό κορμό θεωρητικού υπόβαθρου της εργασίας. Το δεύτερο σύγγραμμα περιλαμβάνει βασικά χαρακτηριστικά τεχνικών έργων καθώς και η μεθόδους της διαστασιολόγησης έδρασης. Το τρίτο σύγγραμμα παρέχει πολύ καλό υλικό στα θέματα που αφορούν στη σηματοδότηση και τα συστήματα τα έλξης στο σιδηρόδρομο.

Το “ETCS Implementation handbook” αποτελεί το βασικό εγχειρίδιο της Διεθνούς Ένωσης Σιδηροδρόμων για την εγκατάσταση του αυτομάτου συστήματος προστασίας συρμών ETCS. Το φυλλάδιο περιλαμβάνει την επισκόπηση των λειτουργιών ETCS, τα κριτήρια για τον εξοπλισμό ενός σιδηροδρόμου με αυτά τα συστήματα και δίνει οδηγίες για τον σχεδιασμό μιας εγκατάσταση ETCS.

Οι τεχνικές προδιαγραφές για τη στρώση γραμμής, απελευθέρωσης των τάσεων των σιδηροτροχιών των συγκολλημένων σε μεγάλα μήκη, καθώς και της έδρασης επιδομής σε πλάκα σκυροδέματος παρέχουν σημαντικές πληροφορίες της μεθόδου εκτελέσεως των εργασιών. Αυτές περιλαμβάνουν τα σχέδια τυπικών διατομών γραμμής, το σύνολο των εργασιών καθώς και κατασκευαστικές λεπτομέρειες που τις συνοδεύουν.

Το σύγγραμμα «Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων» (2008) Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ., παρέχει μεγάλο εύρος πληροφοριών πάνω στα θέματα της καθαρής παρούσας αξίας ενός έργου και του βαθμού απόδοσης αυτού. Περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος υπολογισμού της μελλοντικής αξίας ενός έργου και δίνονται οδηγίες για την χρηματοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων μέσω επενδυτικών κριτηρίων.

2.2 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης

Από της παραπάνω μελέτες διαπιστώνεται ότι μια εκτίμηση του κόστους, τουλάχιστον στο πλαίσιο προσδιορισμού τάξης μεγέθους, είναι εφικτή. Επίσης η παρουσίαση στοιχείων κόστους σε ενδεικτικές τιμές ανά μονάδα μήκους του έργου είναι μια πρακτική που χρησιμοποιείται ακόμα και σε επίσημες μελέτες. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει σαφές μεθοδολογικό πλαίσιο, όπου το κόστος αυτό να προκύπτει μέσα από περιορισμούς στη σύνθεση της κυκλοφορίας, στα χαρακτηριστικά σχεδιασμού, υλικών, κλπ.

Για το λόγο αυτό θα προσπαθήσουμε συγκρίνοντας τις ενδεικτικές τιμές των παραπάνω μελετών με τα αναλυτικά τιμολόγια προϋπολογισμού σιδηροδρομικών έργων των τελευταίων ετών να ορίσουμε αρχικά αντιπροσωπευτικές τιμές κόστους. Στη συνέχεια να ακολουθήσει σύγκριση των διαφόρων επιλόγων κατασκευής, όχι μόνο από οικονομική σκοπιά, προσδιορίζοντας κριτήρια για την επιλογή τους.

3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΡΟΧΑΙΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

3.1 Γενικά

Ως τροχαίο υλικό νοείται κάθε είδους αυτοκινούμενο και μη όχημα το οποίο μπορεί να κινηθεί επί σιδηροτροχιών και πραγματοποιεί ή βοήθα την σιδηροδρομική μεταφορά. Σε αυτό συμπεριλαμβάνονται τα κινητήρια εμπορικά ή επιβατικά, τα βαγόνια ή φορτάμαξες καθώς και τα κινητήρια ελιγμών. Η σημαντικότερη συνιστώσα της μεταφοράς, ο σιδηροδρομικός συρμός, αποτελείται συνήθως από δυο στοιχεία, ένα ελκτικό και ένα ελκόμενο. Γενικά, η κινητήρια δύναμη μπορεί να ενσωματωθεί σε οχήματα, στα οποία υπάρχει επίσης χώρος για επιβάτες, αποσκευές ή εμπορεύματα (αυτοκινητάμαξες, multiple units), συνήθως όμως, αυτή παρέχεται από την ξεχωριστή κινητήρια μονάδα (locomotive).

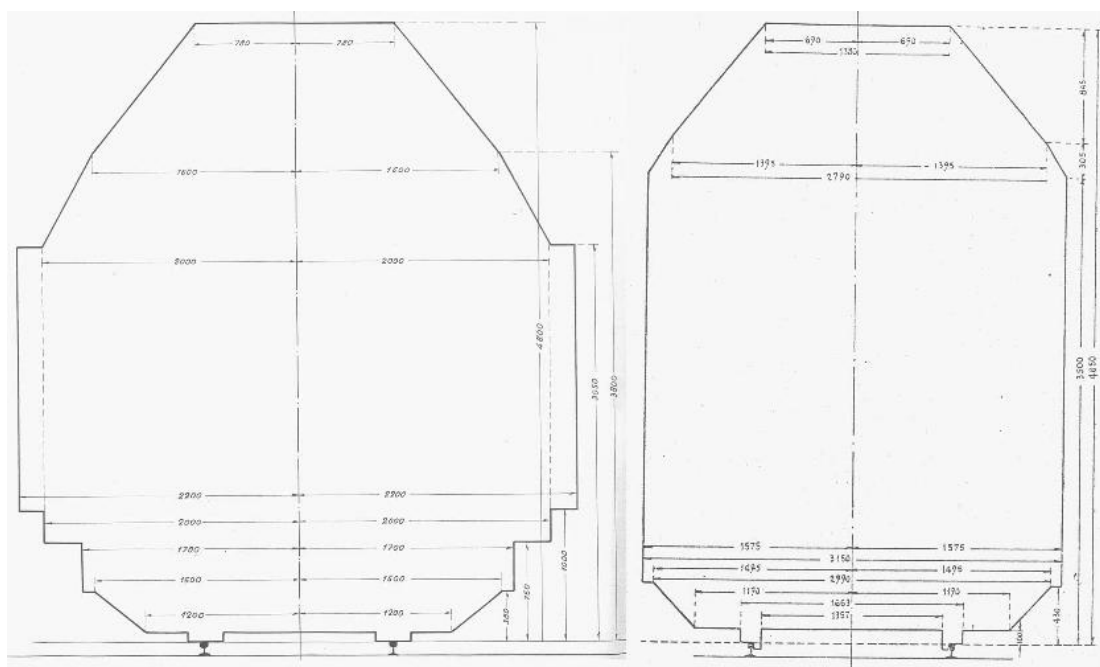
Το ελκτικό στοιχείο του συρμού είναι η μηχανή έλξης (μία ή και περισσότερες) και αποτελεί ουσιαστικά την κινητήρια δύναμη του συρμού οποία περιλαμβάνει τους μηχανισμούς για τη δημιουργία ισχύος (ή, στην περίπτωση της ηλεκτράμαξας, για τη μετατροπή της) και τη μετάδοση της ισχύος στους κινητήριους τροχούς. Ανάλογα με την ισχύ της, η μηχανή δίνει την αντίστοιχη ελκτική δύναμη, ώστε να κινηθεί ο συρμός υπερνικώντας όλες τις δημιουργούμενες αντιστάσεις, η σημαντικότερη εκ των οποίων αφορά στο φορτίο του ελκόμενου τροχαίου υλικού. Από την άλλη πλευρά, το ελκόμενο ή ρυμουλκούμενο στοιχείο, είναι ίσως πιο σημαντικό καθώς ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του, μεταφέρει ανθρώπους ή εμπορεύματα κάτω από κατάλληλες συνθήκες, επιτυγχάνοντας τον ρόλο του σιδηροδρόμου.

Η κατασκευή μιας σιδηροδρομικής γραμμής με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αποσκοπεί στην εξυπηρέτηση του τροχαίου υλικού και του κυκλοφοριακού φόρτου, τον οποίο αυτά δημιουργούν. Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, πως τα στοιχεία, τα οποία λαμβάνουν μέρος στη διαστασιολόγηση μια σιδηροδρομικής γραμμής επηρεάζονται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του τροχαίου υλικού. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε τα κυριότερα χαρακτηριστικά του τροχαίου υλικού, τα οποία αλληλεπιδρούν στην κατασκευή και κατ' επέκταση στο κόστος μιας σιδηροδρομικής γραμμής, όπως:

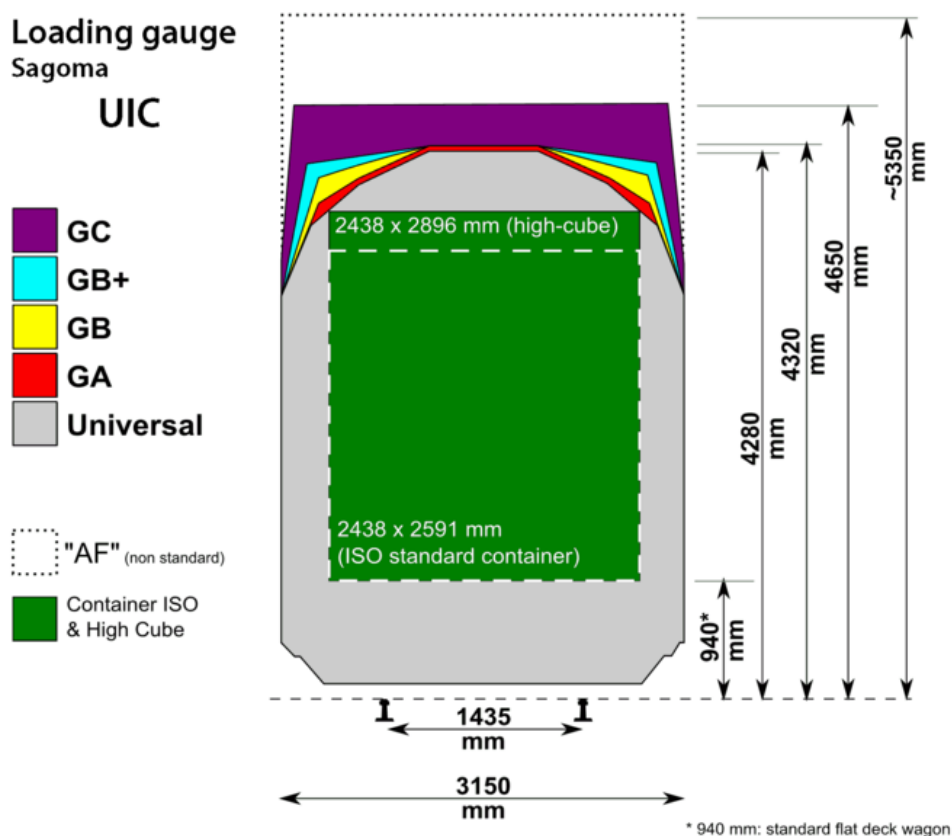
- το βάρος των στοιχείων του συρμού
- την ταχύτητα του συρμού
- τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συρμού (γεωμετρία, σ.σ. περιτύπωμα, ηλεκτροκίνηση)

3.2 Περιτυπώματα τροχαίου υλικού

Η γραμμή σε όλο το μήκος της πρέπει να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία κίνησης ενός συρμού. Γι' αυτό το λόγο ορίζουμε επιφάνεια κάθετη στον κατά μήκος άξονα της σιδηροδρομικής γραμμής ή οποία ονομάζεται περιτύπωμα οχήματος (ή φόρτωσης), εντός της οποίας δεν επιτρέπεται να εισέρχεται καμία εγκατάσταση και τεχνικό έργο. Το περιτύπωμα οχήματος λαμβάνει υπόψη και τη δυναμική συμπεριφορά ενός οχήματος, δηλαδή την κίνησή του στις καμπύλες και τις ταλαντώσεις του κατά την κίνησή του. Γύρω από το περιτύπωμα οχήματος και με διευρυμένη επιφάνεια, το περιτύπωμα σταθερών εμποδίων ορίζει τον χώρο, ο οποίος πρέπει να παραμένει ελεύθερος απ' οτιδήποτε γύρω από τη γραμμή, ώστε να πραγματοποιείται απρόσκοπτα η κίνηση του σιδηροδρομικού συρμού.



Η διεθνής ένωση σιδηροδρόμων (UIC) κατατάσσει τα περιτυπώματα τροχαίου υλικού σε τέσσερις κατηγορίες με ονομασίες A, B, B+, C των οποίων οι προβλεπόμενες διαστάσεις απεικονίζονται στην εικόνα 2.1. Επίσης, για ηλεκτροκίνηση χρησιμοποιείται διευρυμένο περιτύπωμα στο χώρο του παντογράφου για ταχύτητες μικρότερες των 200 χλμ./ώρα. Το περιτύπωμα είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της γραμμής το οποίο σχετίζεται άμεσα με τον συρμό σχεδιασμού και πρέπει να ακολουθεί τις οδηγίες διαλειτουργικότητας ενώ χρήζει περαιτέρω μελέτης σε δυσμενέστερα σημεία του δικτύου (σήραγγες με τα μικρότερα περιτυπώματα ελευθέρως διατομής).



Σχήμα 3.2: Περιτυπώματα γραμμής κατά UIC και προφίλ εμπορευματοκιβωτίου (πηγή: wikipedia.org)

3.3 Είδη μηχανών έλξης

Οι μηχανές έλξης είναι αυτές που προσδίδουν στο συρμό την απαιτούμενη ισχύ, ώστε να υπερκεραστούν όλες οι εμφανιζόμενες αντιστάσεις. Τα κρίσιμα χαρακτηριστικά μιας μηχανής έλξης αφορούν στη μέγιστη ισχύ της, στην ελκτική της δύναμη και στην ταχύτητα, με την οποία μπορεί να κινηθεί επί της σιδηροδρομικής γραμμής. Οι μηχανές έλξης είτε ντιζελοκίνητες είτε ηλεκτροκίνητες, επιβατικές ή

εμπορευματικές, διακρίνονται με βάση τη διάταξη των τροχών τους σύμφωνα με το φυλλάδιο 650 της UIC. Στην επίσημη ταξινόμηση συμβολίζονται με:

- Κεφαλαία λατινικά γράμματα, οι διαδοχικοί κινητήριοι άξονες, με το γράμμα να δηλώνει τον αριθμό των αξόνων, δηλαδή Α ένας κινητήριος άξονας, Β δύο, κ.ο.κ..
- Αριθμό, οι διαδοχικοί άξονες που δεν είναι κινητήριοι, αλλά απλά μεταβιβάζουν το βάρος τους, με 1 για έναν άξονα κ.τ.λ..
- «'», οι άξονες που είναι συνδεδεμένοι σε ένα φορείο (bogie).
- «ο», οι άξονες, οι οποίοι διαθέτουν ξεχωριστούς κινητήρες.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, η σύνδεση Co'Co', που αποτελεί και τον πιο συνηθισμένο τρόπο σύνδεσης εξαξονικών μηχανών (ο αντίστοιχος Βο'Βο' για τις τετραξονικές είναι επίσης ο συνηθέστερος), σημαίνει ότι έχουμε δύο φορές (δηλώνεται με την επανάληψη) από τρεις άξονες (C) συνδεδεμένους σε φορείο (') με τον καθένα να διαθέτει ξεχωριστό κινητήρα (ο).

3.3.1 Ντιζελοκίνηση και Ηλεκτροκίνηση

Η μηχανή έλξης μπορεί είτε να είναι αυτάρκης, δηλαδή να παράγει η ίδια την ισχύ της (ντιζελομηχανή), είτε να την λαμβάνει από εξωτερική πηγή (ηλεκτρομηχανές). Οι ντιζελομηχανές είναι στην πραγματικότητα ηλεκτράμαξες, οι οποίες φέρουν τη δική τους γεννήτρια προαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης (diesel). Συνεπώς η χρήση τους στους σιδηρόδρομους πλεονεκτεί καθώς δεν προϋποθέτει την κατασκευή των υποσταθμών διανομής και του συστήματος εναέριας τροφοδοσίας. Παρόλα αυτά, όπως όλοι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης, έτσι και οι ντιζελοκινητήρες λειτουργούν με κάποιο βαθμό απόδοσης, έχουμε δηλαδή, λιγότερη ισχύ ανά κινητήρια μονάδα. Δεδομένου ότι η μεγάλη ιπποδύναμη είναι απαραίτητη για σιδηροδρόμους υψηλών ταχυτήτων, η ντιζελοκίνητη μονάδα υστερεί έναντι της ηλεκτράμαξας στις επιβατικές υπηρεσίες υψηλών ταχυτήτων και στις ταχείες εμπορευματικές μεταφορές.

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες σιδηροδρομικού τροχαίου υλικού που χρησιμοποιούν ντιζελοκίνηση (Α. Καλτσούνης, Σιδηροδρομική):

- Οι ελαφρές επιβατικές αυτοκινητάμαξες (ή railbus), με ισχύ κινητήρα μέχρι 200 HP, οι οποίες συνήθως έχουν τέσσερις τροχούς και μηχανική μετάδοση ισχύος
- Η τετραξονική επιβατική αυτοκινητάμαξα (ισχύς κινητήρα μέχρι 750 HP), η οποία μπορεί να λειτουργεί είτε ως ανεξάρτητη, είτε ως ελκόμενο όχημα χωρίς κινητήρα, ή να συντεθεί ημιμόνιμα σε πολλαπλή μονάδα (multiple-

unit), που αξιοποιεί το σύνολο ή μέρος της συνολικής ισχύος των διαθέσιμων κινητήρων.

- Οι ντιζελάμαξες (ισχύς κινητήρα 10 έως 4.000 HP), οι οποίες μπορεί να έχουν είτε μηχανική μετάδοση, σε περιπτώσεις μικρής ισχύος, είτε υδραυλική μετάδοση, για ισχύ μέχρι 2.000 ίππους, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτρική μετάδοση.

Οι ηλεκτρομηχανές λαμβάνουν κατευθείαν ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω κατάλληλης υποδομής (τρίτη τροχιά ή παντογράφος) και τη μετασχηματίζουν στη μορφή που απαιτούν οι ηλεκτροκινητήρες που είναι συνδεδεμένοι με τους κινητήριους άξονες. Το γεγονός ότι οι ηλεκτρομηχανές λαμβάνουν όση ισχύ χρειάζονται, χωρίς να περιορίζονται από την ικανότητά τους (όπως οι ντιζελομηχανές) τις καθιστά καλύτερες στις περιπτώσεις που απαιτείται μεγάλη ισχύς (υψηλές ταχύτητες, υπέρβαση κλίσεων, απαίτηση για μεγάλες επιταχύνσεις). Ωστόσο, προϋποθέτουν ένα σημαντικό κόστος, το οποίο επωμίζεται η κατασκευή των σιδηροδρομικών υποδομών με εγκαταστάσεις τροφοδοσίας και διανομής ρεύματος.

3.3.2 Εμπορευματικές και επιβατικές μηχανές έλξης

Τα ελκτικά στοιχεία του σιδηροδρόμου σαφώς και παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά αναλόγως το έργο που καλούνται να επιτελέσουν, δηλαδή αν αποτελούν κινητήρια μονάδα ενός επιβατικού ή ενός εμπορευματικού συρμού. Η διάκριση των διαφόρων είναι σημαντική στη διαστασιολόγηση μιας γραμμής με συγκεκριμένες απαιτήσεις (π.χ. μεικτής κυκλοφορίας, ή αποκλειστικής κυκλοφορίας κάποιων συρμών) και στα πλαίσια αυτής της εργασίας σημαντικές θεωρούνται οι χαρακτηριστικές τιμές του αξονικού φορτίου της ταχύτητας που αναπτύσσουν καθώς και η πηγή ισχύος που χρησιμοποιούν. Στους ελληνικούς σιδηρόδρομους οι συνηθέστεροι τύποι κινητήριου τροχαίου υλικού και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους είναι οι εξής:

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά κινητήριων μονάδων Ελληνικών σιδηροδρόμων (συλλογή από Απολογιστικό Δελτίο χρήσης ΤΡΑΙΝΟΣΕ και διάφορες πηγές)

Τύπος κινητήριου υλικού	Χρήση	Πηγή ισχύος	Αξονικό φορτίο (t)	Μεγίστη ταχύτητα (km/h)
MLW 500	Εμπορευματική	Ντίζελ	20	104
MLW 450	Εμπορευματική	Ντίζελ	20	104
ADTRANZ 220	Επιβατική	Ντίζελ	20	160
SIEMENS 120	Επιβατική/ Εμπορευματική	Ηλεκτρισμός	20	200
Διάφορες αυτοκινητάμαξες	Επιβατική	Ηλεκτρισμός ή Ντίζελ	12-18*	120-160

Όπως παρατηρούμε οι περισσότερες μηχανές έλξης έχουν αξονικό φορτίο κοντά στο όριο αντοχής της γραμμής (στην Ελλάδα, 22,5t). Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως κατασκευή τους γίνεται κατά παραγγελία για κάθε χώρα με σκοπό την πλήρη εκμετάλλευση των χαρακτηριστικών της γραμμής και επίτευξη ισχυρότερων κινητήρων και μεγαλύτερης πρόσφυσης (με την αύξηση του βάρους). Συγκεκριμένα οι εμπορευματικές μηχανές έλξης είναι συνήθως πολύ πιο βαριές (120t) από τις επιβατικές, έχοντας δυο φορεία τριών αξόνων ($120/[2*3]=20t$ ανά άξονα), ώστε να αναλαμβάνουν βαρύτερους συρμούς.



Εικόνα 3.1: Άποψη εμπορευματικής μηχανής έλξης τύπου MLW 500 (αριστερά, πηγή: railfaneurope.net),

Εικόνα 3.2: Άποψη ηλεκτροκίνητης μηχανής έλξης τύπου Σειράς 120 ή HellasSprinter (δεξιά, wikipedia.org)

3.4 Ελκόμενο τροχαίο υλικό και σύνθεση σιδηροδρομικών συρμών

Οι δυο βασικοί τύποι ελκόμενου τροχαίου υλικού είναι οι εμπορευματικές φορτάμαξες (freight cars) και τα επιβατικά βαγόνια (passenger cars). Τα εμπορευματικά ελκόμενα είναι συνήθως βαρύτερα (16-22,5t έμφορτα), ενώ πολλά από αυτά έχουν περιορισμούς στην ταχύτητα όταν είναι φορτωμένα (100-120 χλμ./ώρα) και περιλαμβάνουν:

- Κλειστά οχήματα ή οχήματα με στέγη
- Οχήματα χωρίς στέγη με υψηλές παρειές
- Οχήματα χωρίς στέγη με χαμηλές παρειές
- Οχήματα χωρίς στέγη και χωρίς παρειές
- Εμπορικά οχήματα ειδικής χρήσης

Τα επιβατικά είναι σαφώς ελαφρύτερα (12-18t έμπορτα) και τα περισσότερα από αυτά είναι κατασκευασμένα για σιδηροδρόμους ταχυτήτων μέχρι και 200 χλμ./ώρα. Στα επιβατικά οχήματα περιλαμβάνονται:

- Οχήματα με διαμερίσματα
- Οχήματα με ατομικές θέσεις επιβατών
- Διώροφα οχήματα
- Επιβατικά οχήματα ειδικής χρήσης (οχήματα εστιατόρια κλπ.)

Ο συνδυασμός μηχανών έλξης και διαφορετικών τύπων ελκόμενων οχημάτων αποτελεί έναν σιδηροδρομικό συρμό. Με τον όρο επιβατικοί συρμοί νοούνται οι συνθέσεις μηχανής έλξης ή αυτοκινητάμαξας με επιβατικά οχήματα και σε αντιστοιχία με φορτάμαξες, οι εμπορευματικοί συρμοί. Οι επιβατικοί συρμοί σε σχέση με τους εμπορικούς έχουν διαφορετικά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενώ παράλληλα η δρομολόγησή τους επιβάλλει διαφορετικές συνθήκες εκμετάλλευσης και λειτουργικές εγκαταστάσεις. Οι κύριες διαφορές έχουν να κάνουν με:

- το βάρος του συρμού (κατά κανόνα αρκετά μικρότερο για τους επιβατικούς)
- το αξονικό φορτίο του συρμού
- την ταχύτητα του συρμού
- το μήκος του συρμού: οι εμπορικοί μπορεί να έχουν μήκος 400-700 μετρά ενώ οι επιβατικοί 100-400 μετρά
- το περιτύπωμα κυκλοφορίας; στα επιβατικά είναι συνήθως μικρότερο
- τη δυναμική άνεση επιβατών
- τους τερματικούς σταθμούς

4 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥΣ

4.1 Εισαγωγή

Ως σιδηροδρομική υποδομή ορίζουμε τη σιδηροδρομική οδό μεταφοράς ή αλλιώς σιδηροδρομική γραμμή και το σύνολο των τεχνικών έργων και εγκαταστάσεων που εξασφαλίζουν την κυκλοφορία των συρμών καθώς και τη ρύθμιση της (Λυμπέρης, 2009). Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, θα γίνει μια προσπάθεια περιγραφής των διαφόρων στοιχείων των υποδομών που επηρεάζουν την σιδηροδρομική μεταφορά καθώς και τους κανονισμούς τους οποίους ακολουθούν τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής αλλά και λειτουργίας. Κατά αυτόν τον τρόπο θα καθοριστούν τα στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ανάλυση του κόστους. Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας τα στοιχεία βασίστηκαν στα δεδομένα των ελληνικών σιδηροδρόμων (ΟΣΕ).

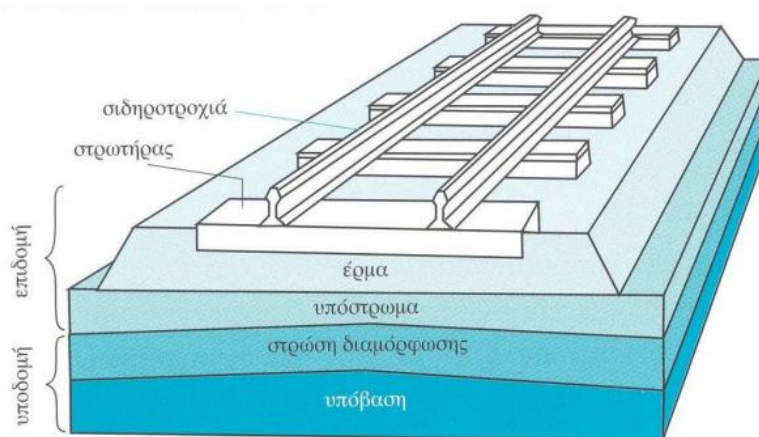
Στην παράθεση στοιχείων κόστους συχνά γίνεται αναφορά, μέσα στο πλαίσιο συγκριτικής ανάλυσης, των αποτελεσμάτων της μελέτης “Prices and costs in the railway sector” (J.P. Baumgartner, 2001). Λόγω της παλαιότητας της μελέτης (δεδομένα 2000) κρίνεται απαραίτητη η επικαιροποίηση των τιμών στη διετία 2011-2012, στην όποια τοποθετούνται τα περισσότερα σιδηροδρομικά έργα των πηγών μας. Για να επιτευχθεί αυτό θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης CCI (Construction Cost Index), ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως για την ποσοτικοποίηση της εξέλιξη του κόστους έργων πολιτικού μηχανικού από τη Eurostat και λοιπές στατιστικές υπηρεσίες. Ο δείκτης αποτελείται από επιμέρους δείκτες έργων οδοποιίας, σκυροδέματος, χωματουργίας και μεταλλικών κατασκευών. Σύμφωνα με αυτούς μια καλή προσέγγιση μεταξύ των ετών 2000-2011 περιλαμβάνει αύξηση κατά 25% (Eurostat, Statistics Denmark).

Επίσης χρησιμοποιούνται στοιχεία κόστους των αναλυτικών τιμολογίων των εξής σιδηροδρομικών έργων:

- Α.Δ. 635, 2012: Υπολειπόμενες εργασίες ολοκλήρωσης της υποδομής και των κτιριακών εγκαταστάσεων και κατασκευή της επιδομής, των Η/Μ εγκαταστάσεων, της σηματοδότησης, των τηλεπικοινωνιών και της ηλεκτροκίνησης της νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων Τιθορέα – Δομοκός (ΕΡΓΑ ΟΣΕ ΑΕ)
- Α.Δ. 731, 2012: Υπολειπόμενες εργασίες ανακαίνισης σιδηροδρομικής γραμμής και κατασκευής ηλεκτροκίνησης στο τμήμα Σ.Σ Πειραιά - Σ.Σ Αθηνών (ΕΡΓΑ ΟΣΕ ΑΕ)
- Α.Δ. 740, 2013: Σιδηροδρομική σύνδεση νέου προβλήτα εμπορευματοκιβωτίων λιμένα Αλεξανδρούπολης (ΕΡΓΑ ΟΣΕ ΑΕ)

4.2 Γενικά χαρακτηριστικά σιδηροδρομικής γραμμής

Η σιδηροδρομική γραμμή αποτελείται από μια σειρά στοιχείων και υλικών διαφορετικών ελαστικότητων που μεταφέρουν τα στατικά και δυναμικά φορτία της κυκλοφορίας στο έδαφος θεμελίωσης ενώ καθοδηγεί τους τροχούς και τους προσφέρει μια επίπεδη επιφάνεια κύλισης (μέσω των σιδηροτροχιών). Περιλαμβάνει διαδοχικά από πάνω προς τα κάτω τις σιδηροτροχιές, τους στρωτήρες, το έρμα, το υπόστρωμα του έρματος, τη στρώση διαμόρφωσης και το έδαφος θεμελίωσης ή υπόβαση. Οι σιδηροτροχιές, οι στρωτήρες, οι σύνδεσμοι, τα ελαστικά υποθέματα, το έρμα και το υπόστρωμα έρματος αποτελούν την επιδομή της γραμμής, ενώ η υπόβαση και η στρώση διαμόρφωσης αποτελούν την υποδομή ή υπόβαση της γραμμής (Σχέδιο 3.1).



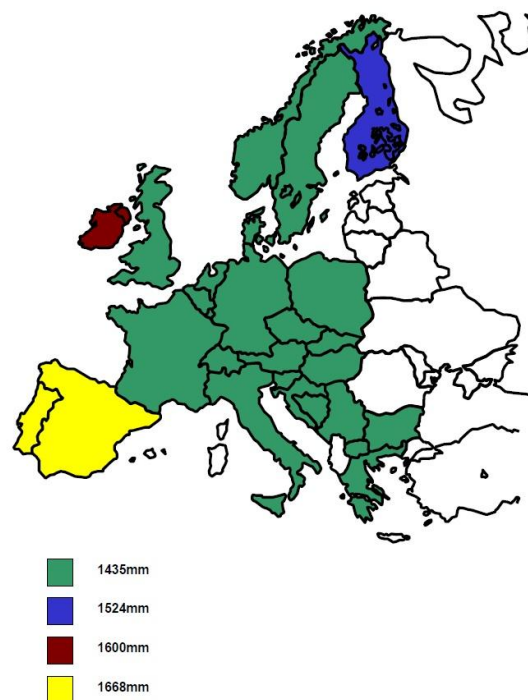
Σχήμα 4.1: Στοιχεία που αποτελούν τη σιδηροδρομική γραμμή (Πυργίδης, 2009)

Βασικό χαρακτηριστικό της γραμμής αποτελεί το εύρος της, δηλαδή η απόσταση ανάμεσα στις σιδηροτροχιές, η οποία μετράται 14mm κάτω από την ανώτατη στάθμη κεφαλής σιδηροτροχιάς. Διεθνώς έχει επικρατήσει, και ονομάζεται κανονικό εύρος (standard gauge), το εύρος των 1.435mm, το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον και στην Ελλάδα. Επίσης, να αναφερθεί ότι το κανονικό εύρος εμπεριέχεται στους κανονισμούς διαλειτουργικότητας που έχει ορίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την απρόσκοπτη μεταφορά μεταξύ των ευρωπαϊκών δικτύων. Στην Ελλάδα, επίσης χρησιμοποιείται το μετρικό εύρος (1.000mm), κυρίως στο δίκτυο της Πελοποννήσου. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί το εύρος του οδοντωτού με απόσταση 750mm και το εύρος στο «τραιναίκι» του Πηλίου με εύρος 600mm, τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα σαν τουριστικές γραμμές. Στο επόμενο σχέδιο παρουσιάζονται, συγκριτικά, τα διάφορα εύρη γραμμών που χρησιμοποιούνται κυρίως σε χώρες της Ευρώπης.

Το εύρος αποτελεί κρίσιμο χαρακτηριστικό, καθώς επηρεάζει την αντοχή της γραμμής, καθώς επίσης και το κόστος κατασκευής της. Αμφότερα τα στοιχεία αυτά

αυξάνονται, αυξανόμενου του εύρους της γραμμής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η κατασκευή μιας μετρικής γραμμής εκτιμάται ότι είναι κατά 30% οικονομικότερη από την κατασκευή μιας γραμμής κανονικού εύρους (Α. Καλτσούνης, 2000). Αυτό, όμως, οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η κατασκευή μια γραμμής μεγαλύτερου εύρους συνοδεύεται από στρωτήρες και σιδηροτροχιές μεγαλύτερης (σ.σ. πιο δαπανηρές) διατομής.

Στην πράξη, με δεδομένο ότι έχει αρχίσει πλέον να καθιερώνεται παντού το κανονικό εύρος γραμμής για λόγους διαλειτουργικότητας, η μείωση του κόστους δεν επιτυγχάνεται με κατασκευή γραμμής μικρότερου εύρους, αλλά με μείωση της μηχανικής αντοχής των στοιχείων της επιδομής της γραμμής (π.χ. σιδηροτροχιές μικρότερου βάρους).



Σχήμα 4.2: Κύρια εύρη σιδηροδρομικών γραμμών στην Ευρώπη (Symonds, 2001)

4.3 Υποδομή σιδηροδρομικής γραμμής

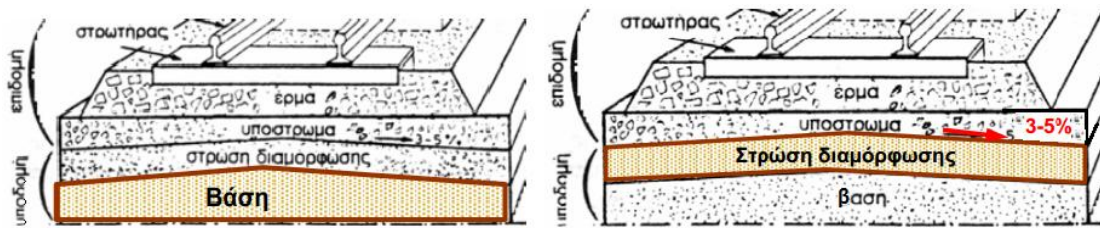
Ως υποδομή γραμμής στα πλαίσια των προϋπολογισμών μεγάλων σιδηροδρομικών έργων, θεωρούμε όλες τις απαραίτητες εγκαταστάσεις και τεχνικά έργα που απαιτούνται ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η υποδοχή της επιδομής. Το κόστος των υποδομών, όπως και στα περισσότερα έργα οδοποιίας, αποτελεί σημαντικό τμήμα του συνολικού προϋπολογισμού του έργου και περιλαμβάνει επενδύσεις όπως:

- την διαχείριση του συνόλου των εργασιών
- την προετοιμασία του εδάφους έδρασης (αποψίλωση δασών κλπ.)
- την αποκατάσταση του οδικού δικτύου
- τη διαχείριση αναχωμάτων (επιχωμάτων, εκσκαφών κλπ.)
- τις εργασίες αποστράγγισης, προστασίας από παγετό
- την προστασία των κατασκευών
- τα κύρια τεχνικά έργα (αγωγοί νερού, γέφυρες, σήραγγες κ.α.)
- τις υπέργειες και υπόγειες διαβάσεις
- τα ηχοπετάσματα και άλλους αντιθορυβικούς εξοπλισμούς
- την περίφραξη του έργου
- την διαμόρφωση των παράπλευρων οδών και διαδρόμων πρόσβασης των υπηρεσιών
- τα γενικά έξοδα και πρόσθετες επιβαρύνσεις
- την αρχική συντήρηση του έργου

4.3.1 Χωματοουργικές εργασίες Υποδομής

Με τον ορό υπόβαση γραμμής νοείται η κατασκευή που βρίσκεται κάτω από την επιδομή και αποτελείται από τη στρώση διαμόρφωσης και το έδαφος θεμελίωσης ως κατώτερη στρώση. Η κατασκευή της αποτελεί βασικό κομμάτι των χωματοουργικών εργασιών και συγκεκριμένα, σε περίπτωση γραμμής σε όρυγμα σαν υλικό υποδομής χρησιμοποιείται συνήθως το επί τόπου εδαφικό υλικό, ενώ στην περίπτωση γραμμής σε επίχωμα εδαφικό υλικό που έχει μεταφερθεί. Η υποδομή, συγκριτικά με τα άλλα στοιχεία της γραμμής χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό μέτρο ελαστικότητας και κύρια αποστολή της είναι να παρέχει μια σταθερή θεμελίωση στη γραμμή.

Η βάση ή έδαφος θεμελίωσης αποτελείται από θραυστό ή φυσικό εδαφικό υλικό το οποίο υπόκειται σε ειδική κατεργασία (συμπύκνωση, στερεοποίηση, τοποθέτηση γεωϋφασμάτων), προκειμένου να αποκτήσει την απαιτούμενη μηχανική αντοχή. Αντίστοιχα η στρώση διαμόρφωσης (Εικόνα)τοποθετείται μεταξύ βάσης και έρματος κυρίως στην περίπτωση που η ποιότητα του εδάφους θεμελίωσης δεν είναι καλή. Η στρώση διαμόρφωσης πρέπει να έχει βαθμό συμπύκνωσης μεγαλύτερο από ότι η βάση. Το πάχος της στρώσης διαμόρφωσης καθορίζεται σε συνάρτηση με την ποιότητα της βάσης, και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 20 – 35 εκ. αλλά μπορεί να φτάσει και πάνω από 50 εκ. για κακής ποιότητας εδαφικά υλικά (συνφώνα με την κατάταξη που προτείνει η UIC).



Σχήμα 4.3: Λεπτομέρεια βάσης και στρώσης διαμόρφωσης επιδομής (πηγή: portal.survey.ntua.gr)

Η φέρουσα ικανότητα της υποδομής ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες εξαρτάται από δυο συνιστώσες:

- την ποιότητα του υλικού από το οποίο διαμορφώνεται το επίχωμα ή του επί τόπου εδαφικού υλικού
- την ποιότητα και το πάχος της στρώσης διαμόρφωσης (εάν αυτή υπάρχει)

Οι κατηγορίες που διαμορφώνονται είναι οι εξής:

- P1, κακή υποδομή με μέτρο παραμόρφωσης μικρότερο των 20MPa
- P2, μέτρια υποδομή με μέτρο παραμόρφωσης μικρότερο των 50MPa
- P3, καλή υποδομή με μέτρο παραμόρφωσης μικρότερο των 80MPa

Το πάχος της στρώσης διαμόρφωσης καθορίζεται σε συνάρτηση με την ποιότητα της υποδομής και τη φέρουσα ικανότητα σύμφωνα με την οποία επιθυμούμε να κατασκευαστεί αυτή. Η μεθοδολογία υπολογισμού του πάχους ποικίλει μεταξύ των σιδηροδρόμων. Μια τέτοια μέθοδος παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 4.1: Καθορισμός της κατηγορίας της φέρουσας ικανότητας της σιδηροδρομικής υποδομής (φύλλο UIC 719R και Πυργίδης, 2009)

Ποιότητα εδάφους υποδομής	Κατηγορία φέρουσας ικανότητας υποδομής	Χαρακτηριστικά στρώσης	
		Ποιότητα εδαφικών υλικών	Ελάχιστο πάχος στρώσης διαμόρφωσης (m)
QS1 ¹	P1	QS1	-
	P2	QS2	0,50
	P2	QS3	0,35
	P3	QS4	0,50
QS2	P2		-
	P3		0,35
QS3	P3		-

¹: Η κατηγορίες ποιότητας εδάφους διαχωρίζονται σε QS1, QS2, QS3 ή ΣΕ1, ΣΕ2, ΣΕ3 σύμφωνα με την UIC (βλ. Παράρτημα)

Οι χωματουργικές εργασίες περιλαμβάνουν τις εκσκαφές των ορυγμάτων, την πλήρωση των επιχωμάτων και γενικά την διαμόρφωση της υπόβασης της σιδηροδρομικής γραμμής με τις προστατευτικές της στρώσεις και την απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα που προβλέπει ο σχεδιασμός. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ανάλυση βασικών (και συνήθως πολυδάπανων) χωματουργικών εργασιών και το επιμέρους κόστος αυτών σύμφωνα με τα αναλυτικά τιμολόγια έργων οδοποιίας (ΑΤΕΟ, 2/2013) για έργα προϋπολογισμού >10 εκατ. ευρώ.

Πίνακας 4.2: Τιμές μονάδος χωματουργικών εργασιών (ΑΤΕΟ, 2/2013)

Χωματουργικές εργασίες			
Είδος εργασίας	Άρθρο ΑΤΕΟ	Μονάδες	Κόστος/Μονάδα
Εκσκαφή ακαταλλήλων/χαλαρών εδαφών	ΟΔΟ 1110	m ³	0,32*
Εκσκαφή σε έδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες	ΟΔΟ 1123.Α	m ³	0,60*
Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ 1133.Α	m ³	2,10*
Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ 1133.Α	m ³	3,60*
Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών	ΟΔΟ 1133.Α	m ³	6,80*
Προμήθεια δανείων: Συνήθη υλικά Κατηγορίας E1 έως E4	ΟΔΟ 1510	m ³	0,86*
Προμήθεια δανείων για την κατασκευή σιδηροδρομικών επιχωμάτων	ΟΔΟ 1510	m ³	1,15*
Κατασκευή επιχωμάτων	ΟΔΟ 1530	m ³	0,86
Κατασκευή σιδηροδρομικών επιχωμάτων	ΟΔΟ 1530	m ³	1,04
Επένδυση πρανών με φυτική γη	ΟΔΟ 1610	m ²	0,55

(στις τιμές με αστερίσκο [*] πρέπει να προστεθεί και το κόστος μεταφοράς)

Οι τιμές αυτές είναι εντελώς ενδεικτικές καθώς δεν έχει προστεθεί σε αυτές η δαπάνη του μεταφορικού έργου. Οι τελικές τιμές των χωματουργικών εργασιών παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις από ένα έργο σε ένα άλλο, καθώς για τη μεταφορά των υλικών προστίθεται ένα ποσό της τάξεως των 0,18-0,28€/χιλιόμετρο (ανάλογα με την περιοχή: αστική, εκτός πόλης κλπ.), το οποίο ανάλογα με την απόσταση του τόπου προμήθειας ή απόθεσης μπορεί να γίνει σημαντικό.

4.3.2 Μεγάλα τεχνικά έργα υποδομής

Τα τεχνικά έργα αποτελούν βασικό παράγοντα κόστους των σιδηροδρομικών έργων. Τα σημαντικότερα και πιο δαπανηρά εξ' αυτών είναι οι σήραγγες και οι γέφυρες. Οι σιδηροδρομικές σήραγγες, όπως και οι οδικές είναι μόνιμες κατασκευές

οδικού χαρακτήρα υπό την επιφάνεια του εδάφους. Αποτελούν τεχνικά έργα ιδιαίτερα υψηλού κόστους, τα οποία καλούνται να καλύψουν ειδικές ανάγκες της χάραξης και συγκεκριμένα (Πυργίδης, 2009):

- Τη διέλευση της σιδηροδρομικής γραμμής από ορεινές περιοχές.
- Τη διάβαση της γραμμής από περιοχές ευαίσθητες περιβαλλοντικά και στις οποίες δεν υπάρχει δυνατότητα παράκαμψης τους με επιφανειακή χάραξη (π.χ. αστικά κέντρα, περιοχές με πυκνή δόμηση)
- Την όδευση της γραμμής σε περιοχές στις οποίες υπάρχει στενότητα χώρου και παράλληλη εμπλοκή με οδικούς άξονες.
- Την προσπέλαση περιοχών που η διέλευση τους χωρίς σήραγγα θα επέβαλε την κατασκευή ορυγμάτων μεγάλου ύψους

Οι σιδηροδρομικές σήραγγες μπορεί να είναι διπλής γραμμής (δύο τροχιοσειρές), μονής γραμμής (μια τροχιοσειρά) ή δίδυμες (δύο σήραγγες μονής γραμμής) και ως προς τη μέθοδο κατασκευής διακρίνονται σε:

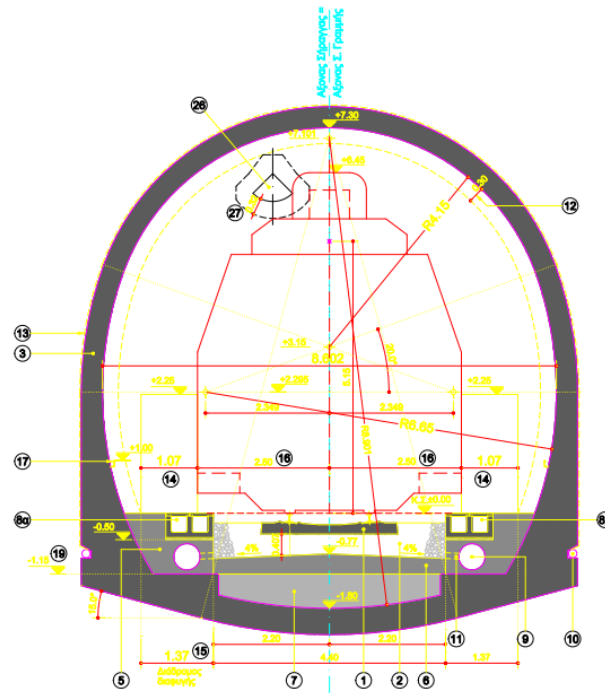
- Σήραγγες διανοιγόμενες με ανοιχτή εκσκαφή και επανεπίχωση τύπου “cut and cover”, κατά την οποία η εκσκαφή γίνεται από την επιφάνεια του εδάφους.
- Σήραγγες κλειστής υπόγειας διάνοιξης, κατά την οποία το έργο κατασκευάζεται με υπόγεια εκσκαφή χωρίς να διαταραχτεί η επιφάνεια.



Εικόνα 4.1: Άποψη σήραγγας διπλής γραμμής Τεμπών (πηγή: www.kathimerini.gr)

Η κατασκευή μιας σιδηροδρομικής σήραγγας περιλαμβάνει:

- τα πληρωτικά στοιχεία της ωφέλιμης διατομής (επίχωση ανεστραμμένου τόξου πυθμένα, υπόστρωμα υποδομής, έρμα, εσχάρα γραμμής, πεζοδρόμια προσωπικού),
- τις βασικές εγκαταστάσεις του έργου (αποχέτευση, ηλεκτροδότηση, υδροδότηση, πυρόσβεση, αερισμός, διαύλους διέλευσης καλωδίων κλπ.)



Σχήμα 4.4: Τυπική διατομή (σε ευθυγραμμία) σιδηροδρομικής σήραγγας μονής σκυρογραμμής με παράλληλο τροφοδότη ηλεκτροκίνησης. (www.inforail-ose.gr)

Οι σιδηροδρομικές γέφυρες, όπως και οι οδικές- αποτελούν τεχνικά έργα τα οποία κατασκευάζονται με σκοπό (Πυργίδης, 2009):

- Τη διέλευση της σιδηροδρομικής γραμμής πάνω από υδάτινα κωλύματα (π.χ. ποτάμια, χείμαρροι).
- Τη διάβαση της γραμμής από περιοχές ευαίσθητες περιβαλλοντικά (π.χ. αστικά κέντρα)
- Την προσπέλαση περιοχών με έντονες υψομετρικές διακυμάνσεις (π.χ. χαράδρες) και γενικότερα περιοχών που η διέλευση τους χωρίς γέφυρα θα επέβαλλε την κατασκευή υψηλών και μεγάλου μήκους επιχωμάτων (κοιλαδογέφυρες)

Με βάση το υλικό και τον τρόπο κατασκευής του φορέα τους διακρίνονται σε:

- Γέφυρες μορφής δοκού αποτελούμενα από προκατασκευασμένα προεντεταμένα στοιχεία
- Σύμμεικτες γέφυρες
- Τοξωτές γέφυρες από οπλισμένο σκυρόδεμα



Εικόνα 4.2: Κατασκευές σιδηροδρομικών γεφυρών στη νέα διπλή Σ.Γ. Λιανοκλαδίου – Δομοκού (Nέλλας, 2010)

Τα τεχνικά έργα αυτά έχουν υψηλό κόστος, ωστόσο ο ακριβής υπολογισμός του δεν είναι το αντικείμενο αυτής της εργασίας. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές κόστους κατασκευής για σιδηροδρομικές σήραγγες, γέφυρες και μερικά από τα πιο συνήθη τεχνικά έργα που συναντάμε στο σιδηροδρομικό δίκτυο (J.P Baumgartner).

Πίνακας 4.3: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής τεχνικών έργων (J.P. Baumgartner, τιμές 2011¹)

Τεχνικά Έργα	Κόστος
Σήραγγες:	[εκατομμύρια €/km γραμμής]
-μονή γραμμή	20 (από 10 έως 50)
-διπλή γραμμή	30 (από 20 έως 70)
Γέφυρες και κοιλαδογέφυρες:	[εκατομμύρια €/km γραμμής]
-μικρού ανοίγματος και/ή εύκολη θεμελίωση	15 (από 10 έως 20)
-μεγάλου ανοίγματος και/ή δύσκολη θεμελίωση	30 (από 20 έως 50)
Ανισόπεδη διασταύρωση γραμμής με δρόμο:	[εκατομμύρια €/μονάδα]
-υπέργεια διάβαση	3 (από 2 έως 7)
-υπόγεια διάβαση	6 (από 3 έως 10)
Διασταύρωση γραμμής με αυτοκινητόδρομο	[εκατομμύρια €/μονάδα]
-υπέργεια ή υπόγεια διάβαση	6 (από 4 έως 15)

Ηχοπετάσματα και αντιθορυβικές κατασκευές	[εκατομμύρια €/km γραμμής] (μονή ή διπλή γραμμή)
-στη μια πλευρά της γραμμής	0,7 (από 0,2 έως 2)
-και στις δυο πλευρές της γραμμής	1,4 (από 0,4 έως 4)

¹: όπως προσδιορίστηκε στην εισαγωγή του κεφαλαίου

Αντιπαραθέτοντας, στον πίνακα 4.4 τα ενδεικτικά κόστη σιδηροδρομικών σιηράγγων και γεφυρών σύμφωνα με Μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22, παρατηρούμε ότι υπάρχει αντιστοιχία στο κόστος τέτοιων έργων μεταξύ των δυο πηγών.

Πίνακας 4.4: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής τεχνικών έργων (Μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22, 2011)

Τεχνικά Έργα	Κόστος
Εργασίες νέων σιηράγγων	[εκατομμύρια €/km]
Σιηράγγες ή Cut & Covers μονής γραμμής	15
Σιηράγγες ή Cut & Covers διπλής γραμμής	25
Δίδυμες σιηράγγες ή Cut & Covers	27
Νέες γέφυρες	[εκατομμύρια €/km]
Γέφυρες μονής γραμμής	15
Γέφυρες διπλής γραμμής	25

Διάφορα τεχνικά έργα των Ελληνικών σιδηρόδρομων (www.ypodomes.com, 2011):

- Κατασκευή σιηράγγας Αιγίου στο τμήμα Κιάτο-Αίγιο της Σιδηροδρομικής Γραμμής Υψηλών Ταχυτήτων Αθηνών-Πατρών με προϋπολογισμό 53,6 εκατ. €. Το μήκος της κύριας σιηράγγας είναι 3.252 μέτρα δηλαδή κόστος περί τα 16,5 εκατ. €/km διπλής γραμμής (τεχνικού έργου).
- Κατασκευή σιηράγγων Τράπεζας – Πλατάνου και γέφυρας Λαδοποτάμου με συμβατικό κόστος 100,5 εκατ. €. Οι δυο σιηράγγες για διπλή γραμμή έχουν συνολικό μήκος 5.040 μέτρα και η γέφυρα 110 μέτρα. Κόστος περί τα 19,5 εκατ. €/km διπλής γραμμής (τεχνικών έργων).

4.3.3 Συνολικό κόστος Υποδομής σιδηροδρομικής γραμμής

Η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας υπολογισμού του κόστους υποδομής μιας οποιασδήποτε σιδηροδρομικής γραμμής είναι μια δύσκολη διαδικασία, καθώς οι παράμετροι και μόνο που θα έπρεπε να λάβουμε υπόψη μας είναι παρά πολλοί. Ακόμα και για συγκεκριμένο έργο η παραμικρή αλλαγή στο σχεδιασμό της

οριζοντιογραφίας της γραμμής μπορεί να προκαλεί μεγάλες μεταβολές στο κόστος κατασκευής. Ο βασικός όγκος του κόστους προέρχεται από τα κύρια τεχνικά έργα (σήραγγες, γέφυρες κλπ.), τα έργα αποστράγγισης καθώς και τις χωματουργικές εργασίες. Το μέγεθος και η έκταση των έργων (και συνεπώς η δαπάνη) αυτών εξαρτάται από διαφόρους παράγοντες όπως:

- το τοπογραφικό ανάγλυφο του εδάφους
- την ελάχιστη ακτίνα οριζοντιογραφίας της γραμμής
- τη μέγιστη κατά μήκος κλίση της γραμμής
- τις εδαφολογικές και υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή διέλευσης της σύνδεσης

Μια στατιστική ανάλυση διάφορων σιδηροδρομικών έργων μπορεί, ωστόσο, να προσφέρει ενδείξεις για το κόστος υποδομών. Στην εργασία του J.P Baumgartner, "Prices and costs in the railway sector", μετά την ανάλυση διάφορων έργων δίνονται τιμές κόστους ανά χιλιόμετρο γραμμής, που συμπεριλαμβάνει όλες τις απαραίτητες εγκαταστάσεις για την υποδοχή της επιδομής ανάλογα με το τοπογραφικό ανάγλυφο την ταχύτητα και το πλήθος των τροχιοσειρών (πίνακας 4.5).

Πίνακας 4.5: Ενδεικτικό κόστος συνόλου υποδομών γραμμής με μέση τιμή και οριακές (μεγίστη – ελάχιστη) (J.P Baumgartner, τιμές 2011)

Είδος γραμμής	Μεγίστη ταχύτητα [km/h]	Πεδινή τοπογραφία [Εκατ. €/km]	Μέτριας ομαλότητας τοπογραφία [Εκατ. €/km]	Ορεινή τοπογραφία [Εκατ. €/km]
Μονή γραμμή	100	2,5 (από 1,25 έως 3,75)	6,25 (από 3,75 έως 18,75)	25 (από 18,75 έως 50)
Διπλή γραμμή	100	2,5 (από 1,25 έως 5)	8,75 (από 3,75 έως 25)	25 (από 25 έως 62,5)
	300	3,75 (από 2,5 έως 7,5)	12,5 (από 7,5 έως 37,5)	50 (από 25 έως 62,5)

Όπως προκύπτει από τις τιμές του πίνακα, η προσθήκη μιας επιπλέον γραμμής στο δίκτυο (από μονή σε διπλή) δε σημαίνει και διπλασιασμός του κόστους υποδομών. Επίσης, το κόστος κατασκευής των υποδομών μιας σιδηροδρομικής γραμμής (μονής ή διπλής) σε ορεινό τοπογραφικό ανάγλυφο μπορεί να είναι πάνω από δέκα φορές μεγαλύτερο από αυτό σε πεδινό. Οι συνολικές δαπάνες υποδομής του παραπάνω πίνακα παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση και για να αντιπαραβάλουμε θα τα συγκρίνουμε με αυτά έργων Ελληνικών σιδηροδρόμων των τελευταίων ετών:

- Κατασκευή υποδομής νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής (μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού 160km/h) στο τμήμα Λιανοκλάδι – Δομοκός μήκους 14 χιλιομέτρων με συμβατικό κόστος 63.139.000€ (Μηχανική Α.Ε.).
 - Κόστος / km διπλής γραμμής: 4,5 εκατ. €
 - Φυσικό αντικείμενο: 13 γέφυρες μήκους 1.444 μέτρων, 3 σήραγγες διπλής γραμμής μήκους 1.622 μέτρων

- Κατασκευή υποδομής νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής (μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού 160km/h) στο τμήμα Λιανοκλάδι – Δομοκός μήκους 11 χιλιομέτρων με συμβατικό κόστος 209.726.000€ (Ακτωρ).
 - Κόστος / km διπλής γραμμής: 19,1 εκατ. €
 - Φυσικό αντικείμενο: 2 σήραγγες μονής γραμμής συνολικού μήκους 12.725 μέτρων (δίδυμες 6.380 μέτρων), 1 σήραγγα διπλής γραμμής μήκους 366 μέτρων, 5 κοιλαδογέφυρες συνολικού μήκους 1.800 μέτρων

- Κατασκευή υποδομής της νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής (μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού 150-200km/h) στο τμήμα Κιάτο – Ροδοδάφνη μήκους 7 χιλιομέτρων συμπεριλαμβανόμενης της σήραγγας Μελισσίου με προϋπολογισμό 55,8 εκατ. € (www.ypodomes.com, 2011).
 - Κόστος / km διπλής γραμμής: 7,8 εκατ. €
 - Φυσικό αντικείμενο: σήραγγα διπλής γραμμής μήκους 1.485 μέτρων, χωματουργικά έργα μήκους 7 χλμ. εντός και εκτός της σήραγγας, 2 σήραγγες με μέθοδο εκσκαφής και επανεπίχωσης cut & cover μήκους 331 μέτρων

- Κατασκευή της υποδομής της Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής στο τμήμα Κιάτο-Ροδοδάφνη (μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού 150-200km/h) συνολικού μήκους 49,1 χιλιομέτρων με συμβατικό κόστος 150,5 εκατ. €.
 - Κόστος / km διπλής γραμμής: 3,1 εκατ. €
 - Φυσικό αντικείμενο: 2 σήραγγες διπλής γραμμής μήκους 1.107 μέτρων και σήραγγες εκσκαφής και επανεπίχωσης cut & cover συνολικού μήκους 415 μέτρων

- Κατασκευή υποδομής της νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής (μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού 200km/h) στο τμήμα Ροδοδάφνη – Ψαθόπυργος μήκους 22,1 χιλιομέτρων με την κατασκευή της σήραγγας Παναγοπούλας. Εκτιμώμενος προϋπολογισμός: 305 εκατ. €
 - Κόστος / km διπλής γραμμής: 13,8 εκατ. €
 - Φυσικό αντικείμενο: δίδυμη σήραγγα μονής γραμμής συνολικού μήκους 8.760 μέτρων

4.3.4 Προτεινόμενη Μεθοδολογία υπολογισμού κόστους υποδομής

Παρατηρούμε ότι το κόστος υποδομής των διαφόρων σιδηροδρομικών έργων στην Ελλάδα για ταχύτητες σχεδιασμού 150-200km/h αντιστοιχεί με τις οριακές ενδεικτικές τιμές του Πίνακα 3.5 για πεδινή η μετρίας ομαλότητας τοπογραφία. Επίσης παρατηρείται ότι το κόστος κατασκευής της υποδομής αυξάνεται όσο μεγαλώνει το ποσοστό κάλυψης της γραμμής από μεγάλα τεχνικά έργα. Για την εύρεση του κόστους υποδομής κάνουμε τις εξής παραδοχές:

- Μέθοδος Α: Εάν έχουμε στοιχεία για τα πιθανά τεχνικά έργα της γραμμής θεωρούμε ότι το κόστος των τεχνικών έργων προκύπτει από τον πίνακα 4.6 για γέφυρες και σήραγγες. Το υπόλοιπο κόστος υποδομής κατά μήκος της γραμμής (πλην του μήκους τεχνικών έργων) είναι ίσο με 2 εκατ. € ανά χιλιόμετρο για διπλή γραμμή και 1,5 εκατ. € για μονή ανεξαρτήτως ταχύτητας. Σύμφωνα με αυτήν την παραδοχή το κόστος των παραπάνω υποδομών παρουσιάζεται στον πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.6: Προτεινόμενες ενδεικτικές τιμές σιδηροδρόμων και γεφυρών μεθόδου Α

Τεχνικά Έργα	Κόστος
Εργασίες νέων σιδηροδρόμων	[εκατομμύρια €/km]
Σήραγγες ή Cut & Covers μονής γραμμής	15
Σήραγγες ή Cut & Covers διπλής γραμμής	20
Δίδυμες σήραγγες ή Cut & Covers	25
Νέες γέφυρες	[εκατομμύρια €/km]
Γέφυρες μονής γραμμής	15
Γέφυρες διπλής γραμμής	20

Πίνακας 4.7: Απόκλιση προϋπολογισμών προτεινόμενης μεθόδου Α

Έργο υποδομής	Πραγματικός Προϋπολογισμός	Προϋπολογισμός βάση παραδοχής	Απόκλιση
Τμήμα Λιανοκλάδι – Δομοκός ΧΘ:0 - 14	63,14 εκατ. €	83,19 εκατ. €	+31,8%
Τμήμα Λιανοκλάδι – Δομοκός ΧΘ:14 - 25	209,73 εκατ. €	207,73 εκατ. €	0,0%
Τμήμα Κιάτο – Ροδοδάφνη μήκους 7 χιλιομέτρων	55,8 εκατ. €	46,32 εκατ. €	-16,3%
Τμήμα Κιάτο – Ροδοδάφνη μήκους 49,1 χιλιομέτρων	150,5 εκατ. €	125,60 εκατ. €	-16,5%
Τμήμα Ροδοδάφνη-Ψαθόπυργος μήκους 22,1 χιλιομέτρων	305 εκατ. €	245,5 εκατ. €	-28,1%

- Μέθοδος Β: Εάν δεν έχουμε κανένα στοιχείο για τα τεχνικά έργα της υποδομής τότε θα θεωρήσουμε κόστος υποδομής:
- 3,5 εκατ. €/km διπλής γραμμής για πεδινό ανάγλυφο
 - 8 εκατ. €/km διπλής γραμμής για μέτριας ομαλότητας ανάγλυφο
 - 22 εκατ. €/km διπλής γραμμής για ορεινό ανάγλυφο
 - Μονής γραμμής όπως παραπάνω κατά περίπτωση μειωμένο κατά 30%

Σύμφωνα με την παραδοχή αυτή το έργο στο τμήμα Λιανοκλάδι – Δομοκός από ΧΘ:0 – 14, θεωρείται σε πεδινό ανάγλυφο ενώ τα τεχνικά έργα εκτίνονται στο 20% του μήκους της γραμμής και αυτό το κομμάτι θεωρείται μέτριας ομαλότητας. Για 80% πεδινό και 20% μέτριας ομαλότητας ανάγλυφο προκύπτει κόστος υποδομής 4,4 εκατ. €/km. Απόκλιση -2,2%.

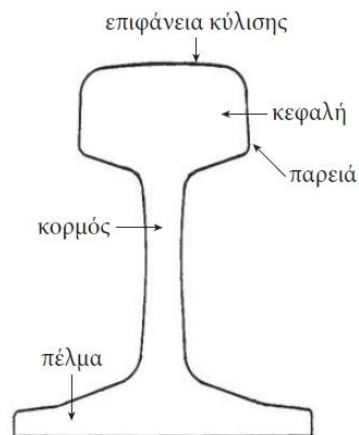
Το έργο στο τμήμα Λιανοκλάδι – Δομοκός από ΧΘ:14 – 25, θεωρείται σε ορεινό ανάγλυφο καθώς έχουμε τεχνικά έργα στο 80% του μήκους της γραμμής. Το υπόλοιπο κομμάτι θεωρείται μέτριας ομαλότητας. Για 80% ορεινό και 20% μέτριας ομαλότητας ανάγλυφο προκύπτει κόστος υποδομής 19,2 εκατ. €/km. Απόκλιση +0,5%.

4.4 Επιδομή γραμμής

Οι σιδηροτροχιές, οι στρωτήρες με τους συνδέσμούς τους και το έρμα αποτελούν την επιδομή της γραμμής κατά την κλασική ή συμβατική έννοια, όπως παρατηρήσαμε και στο σχήμα 4.1. Η επιλογή των υλικών της αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες τόσο της αντοχής όσο και του τελικού κόστους της γραμμής.

4.4.1 Σιδηροτροχιά

Η σιδηροτροχιά είναι στοιχείο της επιδομής που σκοπό έχει να παραλάβει φορτία από τους τροχούς και να τα μεταβιβάσει στους στρωτήρες, καθώς επίσης να καθοδηγήσει τους τροχούς και να τους προσφέρει μια επίπεδη επιφάνεια κύλισης (Λυμπέρης, 2009).



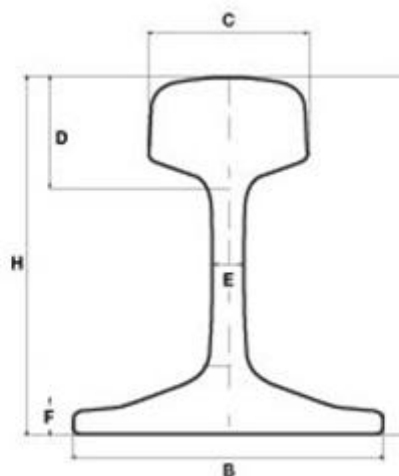
Σχήμα 4.5: Κύρια μέρη σιδηροτροχιάς

Οι βασικότερες απαιτήσεις που οφείλει να τηρεί η σιδηροτροχιά είναι οι εξής (Λυμπέρης, 2009):

- ικανοποιητικό πλάτος της επιφάνειας κύλισης και τέτοια διαμόρφωση ώστε οι πιέσεις να είναι όσο το δυνατό μικρότερες
- ποσότητα υλικού τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται (με τη προβλεπόμενη φθορά) μεγάλη ενεργός διάρκεια ζωής της
- επάρκεια της φέρουσας ικανότητας και ακαμψίας (αρκετό πάχος, προβλεπόμενης και της ελάττωσης του υλικού λόγω σκουριάς
- πλάτος πέλματος τέτοιο, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή έδραση και μικρή πίεση επί του στρωτήρα
- πάχος πέλματος που να προσδίδει επαρκή ακαμψία

- ροπή αντίστασης όσο το δυνατό μεγαλύτερη έναντι κατακόρυφων δυνάμεων (σχέση διατομών κεφαλής / πέλματος με διατομή κορμού)
- ροπή αντίστασης της σιδηροτροχιάς όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έναντι οριζοντίων δυνάμεων για επαρκή πλευρική ακαμψία
- σταθερότητα έναντι ανατροπής (σχέση ύψους / πέλματος)
- το κέντρο βάρους περίπου στο μισό ύψος της επιφάνειας διατομής της
- την περιοχή υποδοχής του αμφιδέτη
- στρογγυλεμένες τις γωνιακές θέσεις για ευχερέστερη κατανομή των τάσεων στη διατομή της σιδηροτροχιάς

Ο τύπος σιδηροτροχιάς που πλέον έχει καθιερωθεί από τα δίκτυα της UIC είναι αυτός του Vignole, ο οποίος παρασκευάζεται σε διάφορες διατομές-κατηγορίες. Η κάθε κατηγορία σιδηροτροχιάς έχει διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και διαφορετική αντοχή. Η επιλογή της σιδηροτροχιάς βασίζεται στις απαιτήσεις αντοχής που έχουμε σε κάθε περίπτωση. Στον πίνακα 4.8 παρουσιάζονται οι διατομές αλλά και τα βασικά χαρακτηριστικά μερικών από των πιο γνωστών σιδηροτροχιών που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ευρώπη:



	<i>H</i>	<i>B</i>		<i>C</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>A</i>				
<i>Τύπος (ονομασία) σιδηροτροχιάς (Νέα / Πρώην)</i>	<i>Ύψος (mm)</i>	<i>Πλάτος πέλματος (mm)</i>	<i>Πλάτος κεφαλής (πανω τμήμα) (mm)</i>	<i>Πλάτος κεφαλής (mm)</i>	<i>Πάχος κορμού (mm)</i>	<i>Ύψος κεφαλής (mm)</i>	<i>Πάχος πέλματος (mm)</i>	<i>Διατομή (mm²)</i>	<i>Βάρος (kg/m)</i>	<i>Ροπή αδράνειας (cm⁴)</i>	<i>Ροπή αντίστασης κεφαλής (cm³)</i>	<i>Ροπή αντίστασης πέλματος (cm³)</i>
30 E1 / S30	108,0	108,0	60,30	60,30	12,30	31,00	7,04	3839,0	30,13	608,20	108,50	116,5
33 E1 / S33	134,0	105,0	58,00	58,00	11,00	39,00	9,50	4264,0	33,47	1040,30	156,00	154,1
49 E1 / S49	149,0	125,0	67,00	70,00	14,00	51,50	10,50	6292,0	49,39	1816,00	240,30	248,7
50 E4 / UIC 50	152,0	125,0	70,00	72,20	15,00	49,40	10,00	6428,0	50,46	1934,00	252,30	257,0
54 E1 / UIC 54	159,0	104,0	70,00	72,20	16,00	49,40	11,00	6977,0	54,77	2337,90	278,70	312,8
60 E1 / UIC 60	172,0	150,0	72,00	74,30	16,50	51,00	11,50	7670,0	60,21	3038,30	333,60	377,4

Πίνακας 4.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά σιδηροτροχιών (Λυμπέρης, 2009)

Το κόστος της σιδηροτροχιάς μένει σχετικά σταθερό και αποτελεί συνάρτηση της τιμής του χάλυβα κάθε περίοδο. Για παραγγελία και αγορά καθοριστική είναι η μάζα m (σε kg/m) της σιδηροτροχιάς:

$$m = 0,1 \cdot F \cdot \rho \text{ [kg/m]}$$

όπου: F : επιφάνεια διατομής [cm^2]

ρ : πυκνότητα χάλυβα= $7,85 \text{ t/m}^3$

τελικά προκύπτει: $m = 0,785 \cdot F \text{ [kg/m]}$

Πίνακας 4.9: Κόστος προμήθειας σιδηροτροχιάς

Τύπος σιδηροτροχιάς	Βάρος (kg/m)	Κόστος προμήθειας σιδηροτροχιάς (€/t)	Κόστος σιδηροτροχιάς ανά χιλιόμετρο γραμμής ¹ (€/km)
	Πηγή: Λυμπέρης, 2009	Πηγή: Μελέτη Α.Δ. 635	
30 E1	30,13	-/-	47.003
33 E1	33,47	-/-	52.213
49 E1	49,39	-/-	77.048
50 E4	50,46	-/-	78.717
54 E1	54,77	-/-	85.441
60 E1	60,21	780	93.928

¹ Το κόστος αφορά ζεύγος σιδηροτροχιών μονής γραμμής

Το κόστος προμήθειας ενός μετρικού τόνου οποιασδήποτε σιδηροτροχιάς θεωρήθηκε ίδιο με αυτό της 60 E1 που προκύπτει από τα αναλυτικά τιμολόγια της Μελέτης 635 (Τιθορέα – Δομοκός, 2012). Με αυτή την παραδοχή συμπληρώθηκε η τελευταία στήλη του πίνακα 4.9 με το κόστος της σιδηροτροχιάς ανά χιλιόμετρο μονής γραμμής για κάθε κατηγορία. Για ένα μετρό στρωμένης γραμμής (μονής) αντιστοιχούν δύο μέτρα σιδηροτροχιάς. Στο γενικευμένο κόστος σιδηροτροχιάς ανήκει και η εργασία καταγραφής φθορών και λείανσης τους:

Περιγραφή	Άρθρο ATEO	Μονάδες	Κόστος/ Μονάδα (€)
Καταγραφή κυματοειδών φθορών και λείανση σιδηροτροχιών	ΟΔΟ1520	MM ¹	8,5

¹MM: μέτρο μήκους μονής γραμμής

4.4.1.1 Κριτήρια εκλογής διατομής σιδηροτροχιάς

Η επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως (Πυργίδης, 2009):

- το αξονικό φορτίο Q
- το ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας T_f
- τις ταχύτητες κυκλοφορίας V
- την απόσταση μεταξύ των στρωτήρων

Με κριτήριο το αξονικό φορτίο

Το αξονικό φορτίο Q καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη διατομή και άρα την απαιτούμενη αντοχή της σιδηροτροχιάς. Στην Ελλάδα ο ΟΣΕ χρησιμοποιεί κατά κύριο λόγο τη σιδηροτροχιά 54 E1 και 60 E1, η χρήση των οποίων έχει καθιερωθεί στα τεχνικά έργα των τελευταίων ετών. Αντίθετα στις ΗΠΑ και στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης όπου τα αξονικά φορτία είναι μεγαλύτερα, χρησιμοποιούνται βαρύτερες σιδηροτροχιές (65kg/m, 70 kg/m).

Η κυκλοφορία το συρμών προκαλεί καταπονήσεις διαφόρων μορφών (κατακόρυφες, κατά μήκος και εγκάρσιες δυνάμεις) στη σιδηροτροχιά. Το κρίσιμο μέγεθος που πρέπει να μελετηθεί για την επιλογή διατομής είναι αυτό της τάσης στο μέσο του πέλματος. Ο Zimmermann ανέπτυξε μια εξίσωση υπολογισμού της κατακόρυφης καταπόνησης στο μέσο πέλματος της σιδηροτροχιάς, θεωρώντας την επιδομή με εγκάρσιους στρωτήρες σε επιδομή με υποθετικά κατά μήκος στρωτήρες. Σύμφωνα με αυτήν, η μέγιστη καμπτική τάση στο μέσο πέλματος σιδηροτροχιάς δίνεται από τη σχέση (Πυργίδης, 2009):

$$\sigma_{max} = \frac{Q_o \cdot y_{wmax}}{2\sqrt{2}} \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot l}{I_z^3 \cdot \rho}}$$

όπου: Q_o , κατακόρυφο στατικό φορτίο ανά τροχό (μισό του αξονικού) (t)

I_z , ροπή αδράνειας σιδηροτροχιάς (mm⁴)

E , μέτρο ελαστικότητας χάλυβα (t/mm²)

ρ , συντελεστής αντίδρασης στρωτήρα (t/mm)

l , απόσταση μεταξύ στρωτήρων

y_{wmax} , μέγιστη κατακόρυφη απόσταση του κέντρου βάρους της σιδηροτροχιάς από τα άκρα διατομής της σιδηροτροχιάς (άνω επιφάνεια κεφαλής ή κάτω επιφάνεια πέλματος) (mm)

Με βάση αυτή τη σχέση, θεωρώντας $l = 600\text{mm}$, $E = 22 \text{ t/mm}^2$, $\rho = 3,5\text{t/mm}$, $\sigma_{\max} = 0,0075 \text{ t/mm}^2$ (τιμές για ρ και σ_{\max} που αντιστοιχούν σε κακή ποιότητα υπόβασης) προκύπτει:

$$Q_o = 2,707 \frac{I_z^{3/4}}{\gamma_{w\max}}$$

Οπότε για διάφορους τύπους σιδηροτροχιάς στον πίνακα 4.10 προκύπτει το επιτρεπόμενο αξονικό φορτίο Q ($Q = 2Q_o$).

Πίνακας 4.10: Κριτήρια επιλογής διατομής σιδηροτροχιάς με βάση το αξονικό φορτίο (Πυργίδης, 2009)

Τύπος σιδηροτροχιάς	Βάρος (kg/m)	I_z (cm ⁴)	Επιτρεπόμενο αξονικό φορτίο Q (t)
SNCF	46,00	1588	20,26
UIC 54	54,43	2346	23,95
UIC 60	60,34	3055	27,48
AREA 132	65,53	3671	31,44
UIC 71	71,27	4152	33,72
URSS	75,00	4490	33,68

Από τον πίνακα 4.10 συμπεραίνουμε ότι:

- Η ροπή αδράνειας της σιδηροτροχιάς αυξάνει πολύ γρηγορότερα από ότι το βάρος ανά τρέχον μέτρο
- Αξονικά φορτία 20, 25, 30, 35t αντιστοιχούν σε σιδηροτροχιές ελαχίστου βάρους 50, 60, 70 και 80 kg/m
- Μια μείωση της απόστασης l μεταξύ των στρωτήρων δεν οδηγεί σε αισθητή μείωση του βάρους της σιδηροτροχιάς και ενδείκνυται κυρίως όταν το έδαφος της υπόβασης δεν είναι καλό
- Μια αύξηση κατά 25% του αξονικού φορτίου απαιτεί αύξηση περί του 20% στο βάρος της σιδηροτροχιάς

Για την επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς με κριτήριο το φορτίο Q μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω σχέση, η οποία ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τα στοιχεία του πίνακα# (Πυργίδης, 2009):

$$B_o = 2,25 Q + 3$$

όπου, B_o : βάρος σιδηροτροχιάς ανά τρέχων μέτρο (kg)

Q : φορτίο κατ' άξονα (t)

Η σχέση αυτή ισχύει:

- για αξονικά φορτία $15t < Q < 35t$
- για επιβατικούς συρμούς συμβατικών ταχυτήτων $200\text{km/h} > V \geq 80\text{km/h}$
- και για βαρείς εμπορικούς συρμούς ταχυτήτων $80\text{km/h} > V > 70\text{km/h}$

Με κριτήριο τον ημερήσιο φόρτο κυκλοφορίας

Για τον καθορισμό της διατομής της σιδηροτροχιάς, που θα επιλέξουμε για την κατασκευή μια γραμμής, το αξονικό φορτίο δεν αποτελεί το μοναδικό παράγοντα. Η επιλογή της διατομής είναι κυρίως συνάρτηση του φόρτου κυκλοφορίας στη γραμμή. Το συνολικό αλγεβρικό άθροισμα του φορτίου των οχημάτων δεν μπορεί να δώσει ακριβή ποσοτικοποίηση του κινούμενου φορτίου, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη τον τρόπο με τον οποίο αυτό το εφαρμόζεται, την ταχύτητα εφαρμογής του κλπ.. Η τιμή της ημερήσιας θεωρητικής κυκλοφορίας T_f , σύμφωνα με την οποία ορίζεται η κατηγορία στην οποία ανήκει μια σιδηροδρομική γραμμή υπολογίζεται από τον παραμετρικό τύπο:

$$T_f = S_p \times (T_p + k_t \times T_{tp}) + S_{fr} \times (k_{fr} \times T_{fr} + k_t \times T_{tf})$$

όπου: S_p , S_{fr} συντελεστές που η τιμή τους εξαρτάται από την ταχύτητα των επιβατικών και των εμπορικών τρένων αντίστοιχα, που κυκλοφορούν στη γραμμή και η τιμή τους δίνεται ως εξής:

Πίνακας 4.11: Τιμές παραμέτρων S_p , S_{fr} για υπολογισμό ημερήσιας κυκλοφορίας

Τιμές S_p , S_{fr}	Διαστήματα ταχύτητας
1,00	$V \leq 60 \text{ km/h}$
1,05	$60 \text{ km/h} < V \leq 80 \text{ km/h}$
1,15	$80 \text{ km/h} < V \leq 100 \text{ km/h}$
1,25	$100 \text{ km/h} < V \leq 130 \text{ km/h}$
1,35	$130 \text{ km/h} < V \leq 160 \text{ km/h}$
1,40	$160 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h}$
1,45	$200 \text{ km/h} < V \leq 250 \text{ km/h}$
1,50	$V > 250 \text{ km/h}$

T_p , το μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων επιβατικών οχημάτων

k_t , συντελεστής που εξαρτάται από τις συνθήκες κύλισης επί της γραμμής και συνήθως έχει τιμή 1,40

T_{fp} , το μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητηρίων οχημάτων επιβατικών συρμών

T_{ft} , το μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων εμπορικών οχημάτων

T_{tf} , το μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητηρίων οχημάτων εμπορευματικών συρμών

k_{ft} , συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επιρροή του φορτίου και της φθοράς των φορέων των εμπορικών οχημάτων και κυμαίνεται:

- συνήθης τιμή 1,15
- 1,30 όταν η κυκλοφορία πραγματοποιείται κυρίως με αξονικά φορτία 20t (>50% της κυκλοφορίας) ή όταν σημαντικό μέρος της κυκλοφορίας πραγματοποιείται με αξονικά φορτία 22,5t (>25% της κυκλοφορίας)
- 1,45 όταν η κυκλοφορία πραγματοποιείται κυρίως με αξονικά φορτία 22,5t (>50% της κυκλοφορίας) ή όταν η κυκλοφορία πραγματοποιείται κυρίως με αξονικά φορτία 20t ή μεγαλύτερα (>75% της κυκλοφορίας)

Έχοντας υπολογίσει την τιμή του θεωρητικού ημερήσιου φόρτου T_f , ένας εύκολος κανόνας για την επίδραση ημερήσιου φόρτου στην επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.12: Σιδηροτροχιά και φόρτος γραμμής (Προφιλλιδης, 2000)

Ημερήσιος φόρτος κυκλοφορίας T_f (σε τόνους)	<25000t	25000-35000t	>35000t
Απαιτούμενο βάρος ανά μονάδα μήκους γραμμής	50 kg/m	για ξύλινους στρωτήρες: 50 kg/m για στρωτήρες από σκυρ/μα: 60 kg/m	60 kg/m

Οπότε, για γραμμές κανονικού εύρους έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται για χαμηλούς φόρτους η σιδηροτροχιά UIC50, η οποία πλέον αντικαθίσταντο από την UIC54, ενώ για μέσους και υψηλούς φόρτους η σιδηροτροχιά UIC60. Επίσης, είναι εμφανές και σε αυτόν τον απλό κανόνα (όπως και στις εξισώσεις του Zimmermann) η συσχέτιση της σιδηροτροχιάς με τον στρωτήρα.

Σε υψηλές ταχύτητες ($V \geq 250\text{km/h}$), όπου τα αξονικά φορτία είναι συγκριτικά μικρά ($Q \leq 17\text{t}$) επιβάλλεται η χρησιμοποίηση βαριών σιδηροτροχιών (UIC 60) καθώς εξασφαλίζουν μικρές βυθίσεις γραμμής (Πυργίδης, 2009). Οπότε σε κάθε τέτοια

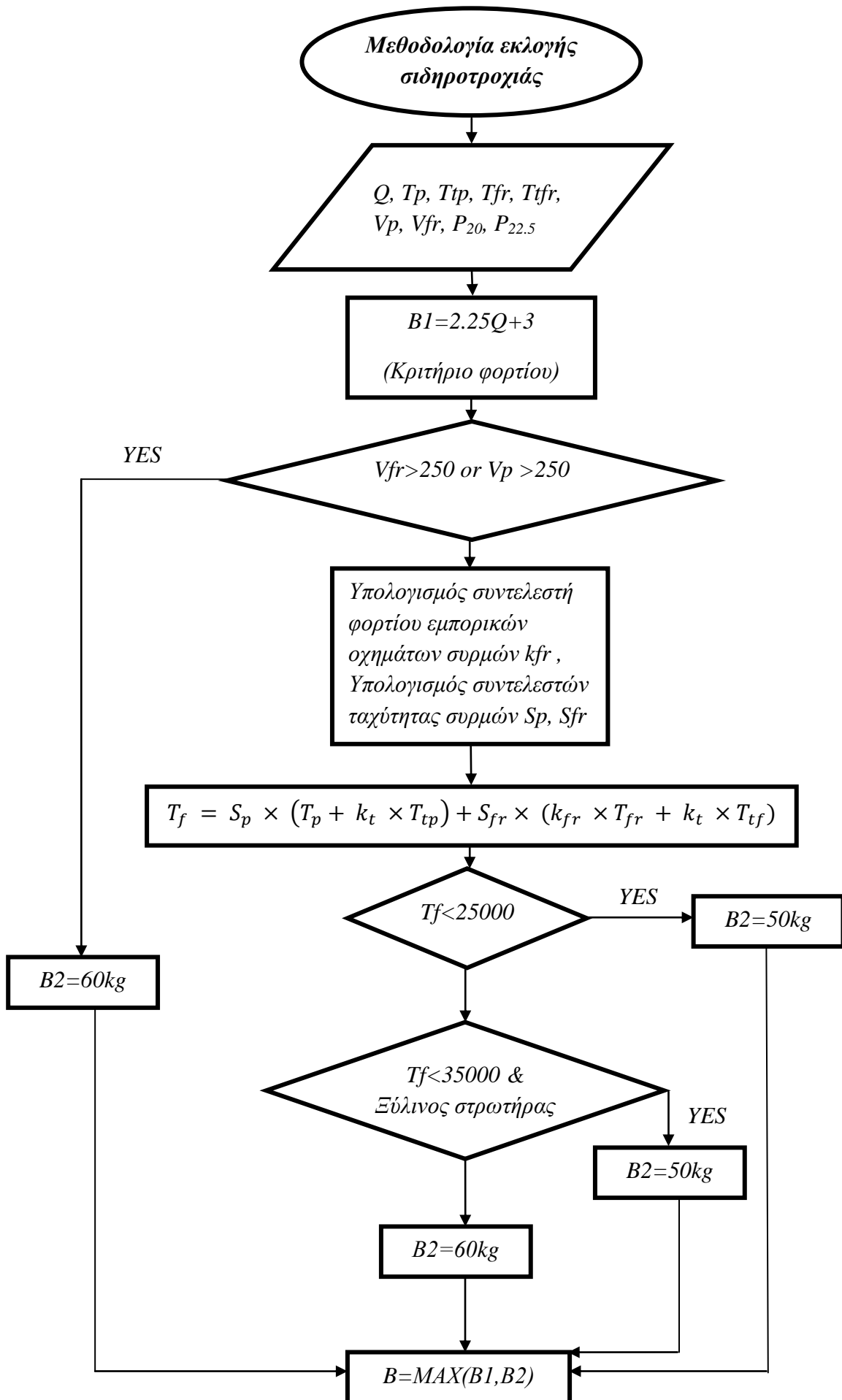
περίπτωση ταχύτητας, ασχέτως κυκλοφοριακού φόρτου, θεωρούμε ότι λαμβάνεται σιδηροτροχιά βάρους τουλάχιστον 60 kg/m.

Χάριν παραδείγματος, θεωρείται ένας εμπορευματικός συρμός με δύο μηχανές έλξης (τύπου MLW 500, 120t) και 25 βαγόνια (τετραξονικά 80t), ο οποίος κινείται με μέση ταχύτητα 90 χλμ./ώρα και πραγματοποιεί 10 δρομολόγια την ημέρα στο συγκεκριμένο τμήμα το ημερήσιο φορτίο ανέρχεται σε 37.214t. Αντίστοιχα, ένας επιβατικός συρμός με μια μηχανή έλξης 80t και 7 βαγόνια 60t με διπλάσια δρομολόγια (20) την ημέρα και μέση ταχύτητα 160 χλμ./ώρα δημιουργεί ημερήσιο φορτίο μόλις 4.644t. Όπως αντιλαμβανόμαστε για αποκλειστική κυκλοφορία στο συγκεκριμένο τμήμα γραμμής, είτε του ενός συρμού είτε του αλλού θα κάναμε διαφορετική επιλογή σιδηροτροχιάς (και ίσως και στρωτήρα). Για μεικτή κυκλοφορία προφανώς διαστασιολογούμε βάση του εμπορικού συρμού.

4.4.1.2 Μεθοδολογία εκλογής σιδηροτροχιάς:

Για την επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς προτείνεται να:

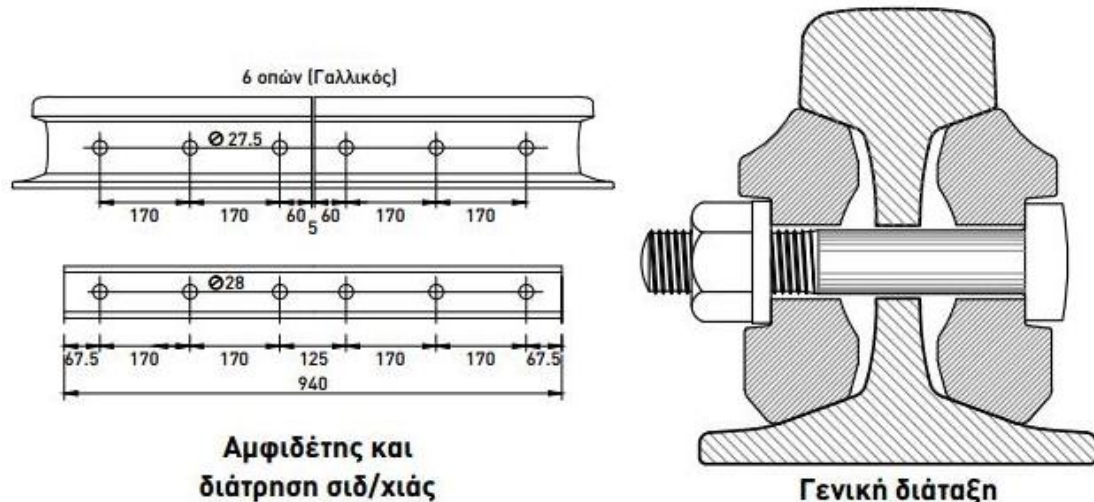
- Ληφθεί υπόψη το δυσμενέστερο αποτέλεσμα που θα προκύψει από το κριτήριο αξονικού φορτίου και αυτού του ημερήσιου κυκλοφοριακού φόρτου καθώς και έλεγχο για υψηλές ταχύτητες (>250km/h). Οπότε για την επιλογή τύπου σιδηροτροχιάς απαιτείται:
 - Το αξονικό φορτίο Q των συρμών
 - Το ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων και κινητήριων οχημάτων επιβατικών συρμών T_p, T_{fp}
 - Το ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων και κινητήριων οχημάτων εμπορευματικών συρμών T_{fr}, T_{tfr}
 - Οι ταχύτητες των επιβατικών και εμπορευματικών συρμών (V_p, V_{fr})
 - Τα ποσοστά των εμπορικών οχημάτων στη κυκλοφορία με αξονικό φορτίο 20t (P_{20}) και 22,5t ($P_{22.5}$)



4.4.2 Σύνδεση Σιδηροτροχιών

4.4.2.1 Στρώση Γραμμής με Αρμούς

Η κλασική μέθοδος στρώσης των σιδηροτροχιών γινόταν αφήνοντας αρμούς ανάμεσα σε διαδοχικές σιδηροτροχιές. Οι αρμοί αυτοί αναλαμβάνουν την μεταβολή του μήκους λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών. Για να λειτουργεί η σιδηροτροχιά σαν συνεχής δοκός χρειάζεται να τοποθετηθούν εκατέρωθεν του αρμού και σε επαφή με τις σιδηροτροχιές δύο ειδικά τεμάχια που ονομάζονται αμφιδέτες. Οι αμφιδέτες συσφίγγονται με ειδικά βλήτρα (Καλτσούνης, 2000).



Σχήμα 4.6: Αμφιδέτης UIC60 (www.inforail-ose.gr)

Η αμφίδεση πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες:

- Να εμποδίζει τις κατακόρυφες και πλευρικές κινήσεις των άκρων της σιδηροτροχιάς, αφήνοντας ελεύθερη την διαστολή τους.
- Να συνδέει τις σιδηροτροχιές κατά τρόπο ώστε να συμπεριφέρονται σαν συνεχής δοκός ευθυγραμμισμένη και στο ίδιο επίπεδο.
- Η αντίσταση στην παραμόρφωση να είναι όσο το δυνατό ίδια με αυτή των σιδηροτροχιών που συνδέει.

Στις κανονικού εύρους γραμμές με αρμούς του ελληνικού δικτύου χρησιμοποιούνται σιδηροτροχιές έως 36 μέτρα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σιδηροτροχιές έως 54 μέτρα, όμως η χρήση τους συνίσταται να αποφεύγεται, λόγω της δυσκολίας στη ρύθμιση των αρμών (Γενικές διατάξεις στρώσης και συντήρησης γραμμής με αρμούς, 2010). Το κόστος μια αμφίδεσης σύμφωνα με τους προϋπολογισμούς Α.Δ. 635 και Α.Δ. 731 δίνεται στον πίνακα 4.12.

Πίνακας 4.13: Κόστος αμφίδεσης

<i>Περιγραφή</i>	<i>Άρθρο ΑΤΕΟ</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>Κόστος (€)</i>
<i>Προμήθεια σετ αμφιδετών για σιδηροτροχιά 60Ε1, πλήρων, μετά του απαραίτητου ψιλού υλικού</i>	<i>ΟΔΟ 2612</i>	<i>τεμ.</i>	<i>60</i>

3.4.2.2 Στρώση με Συνεχώς Συγκολλημένες Σιδηροτροχιές

Οι Συνεχώς Συγκολλημένες Σιδηροτροχιές (Σ.Σ.Σ.) είναι σιδηροτροχιές που συνδέονται μεταξύ τους με συγκολλήσεις και όχι με αμφιδέσεις. Υπάρχει λοιπόν το κεντρικό τμήμα τους, όπου υπάρχει κατάσταση πλήρους παρεμπόδισης της διαστολής και τα δύο ακραία τμήματα, τα οποία λειτουργούν ως γραμμή με αρμούς. Ακριβώς επειδή το κεντρικό τμήμα των Σ.Σ.Σ. πρέπει να έχει πλήρως παρεμποδιζόμενη παραμόρφωση, αναπτύχθηκαν οι Σ.Σ.Σ. με την εμφάνιση των διπλά ελαστικών συνδέσμων, που εξασφαλίζουν μια σύσφιξη επαρκή και σταθερή στο χρόνο. Η Σ.Σ.Σ. δεν υφίσταται καμία μεταβολή μήκους. Αυτό εξασφαλίζεται από (Καλτσούνης, 2000): □

- τις δυνάμεις τριβής Στρωτήρα – Έρματος που προκύπτουν από τον εγκιβωτισμό του στρωτήρα εντός του έρματος
- τις δυνάμεις τριβής Σιδηροτροχιάς – Στρωτήρα που μπορούν να διασφαλισθούν μόνο εφόσον υπάρχει μόνιμη και αλληλέγγυα σύνδεση σιδηροτροχιάς – στρωτήρα, που εξασφαλίζεται με τους διπλά ελαστικούς συνδέσμους

Οι Σ.Σ.Σ. δεν έχουν αρμούς. Συγκολλούνται όλοι οι αρμοί και έτσι δημιουργείται μια συνεχής σιδηροτροχιά από σταθμό σε σταθμό μήκους πολλών χιλιομέτρων. Έξω από τη γραμμολογία του σταθμού τοποθετείται η συσκευή διαστολής που είναι ένας μηχανισμός γραμμής, ο οποίος εξασφαλίζει την εκτόνωση (συστολές – διαστολές) του συνεχώς συγκολλημένου τμήματος (Γιαννακός, 1984). Στις Σ.Σ.Σ. είναι απαραίτητο για τη σταθεροποίηση της γραμμής να γίνει ανακούφιση των τάσεων λόγω θερμικών φαινομένων. Η απελευθέρωση τάσεων γίνεται μετά από παρέλευση ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος μετά την τοποθέτηση της Σ.Σ.Σ., το οποίο εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο. Άλλες λεπτομέρειες της στρώσης Σ.Σ.Σ. είναι οι εξής:

- Απαιτούνται ειδικές διατάξεις επί των στρωτήρων στις καμπύλες, τα πτερύγια πλευρικής αντίστασης. Αυτά τοποθετούνται σε οριζοντιογραφική ακτίνα

μικρότερη των 300 m για ξύλινους στρωτήρες (UIC54) και μικρότερη των 190 m για ολόσωμους στρωτήρες μετεόν.

- Οι συγκολλήσεις γίνονται με την μέθοδο της αυτογενούς συγκόλλησης (flash butt welding) με μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης σε ποσοστό τουλάχιστον 80% των συγκολλήσεων. Το ποσοστό των αλουμινοθερμικών συγκολλήσεων περιορίζεται στο 20% (ΠΕΤΕΠ, 2004). (Αυτό προκύπτει και από τα αναλυτικά τιμολόγια στο τμήμα Τιθορέα – Δομοκός)
- Απαιτείται κατάτμηση σε τμήματα, ηλεκτρικά μονωμένα, για τα κυκλώματα της γραμμής, η οποία πραγματοποιείται σε οποιοδήποτε σημείο της Σ.Σ.Σ., τοποθετώντας απότμημα σιδηροτροχιάς, το οποίο συγκολλείται κατά τα άκρα του και το οποίο περιέχει στο μέσο του κολλητό αρμό μόνωσης.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βασικές σιδηροδρομικές εργασίες και ειδικές συσκευές με τα στοιχεία κόστους τους για σύνδεση γραμμής με Σ.Σ.Σ.

Πίνακας 4.14: Το κόστος εργασιών και προμηθειών για στρώση Σ.Σ.Σ. σύμφωνα με τους προϋπολογισμούς Α.Δ. 635 και Α.Δ. 731 (δε περιλαμβάνεται κόστος απροβλέπτων)

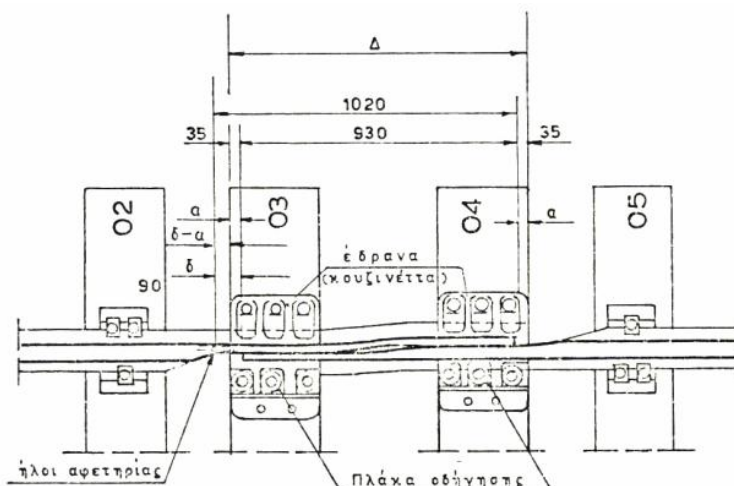
Περιγραφή	Άρθρο ΑΤΕΟ	Μονάδες	Κόστος (€)
Αυτογενής συγκόλληση σιδηροτροχιών	ΟΔΟ 1510	τεμ.	130
Αλουμινοθερμική συγκόλληση σιδηροτροχιών	ΟΔΟ 2734	τεμ.	120
Απελευθέρωση τάσεων	ΟΔΟ 1320	ΜΜ ¹	9
Προμήθεια επιτόπου και εγκατάσταση περυγίων αντίστασης επί στρωτήρων, για εφαρμογή σε γραμμή Σ.Σ.Σ. επί γραμμής με έρμα	ΟΔΟ 2612	τεμ.	80
Προμήθεια επιτόπου και εγκατάσταση ενός ζεύγους συσκευών διαστολής, ειδικού τύπου - ειδικής κατασκευής, ανοίγματος από 175mm έως και 360mm σε σεισμικά μονωμένη σιδηροδρομική γέφυρα	ΟΔΟ 2612	ζευγ. ²	78.000
Προμήθεια επιτόπου και εγκατάσταση ενός ζεύγους συσκευών διαστολής, ειδικού τύπου - ειδικής κατασκευής, ανοίγματος από 361mm έως και 600mm σε σεισμικά μονωμένη σιδηροδρομική γέφυρα	ΟΔΟ 2612	ζευγ.	90.000
Προμήθεια επιτόπου και εγκατάσταση κολλητού μονωτικού αρμού (Κ.Μ.Α.), για εφαρμογή σε γραμμή Σ.Σ.Σ. με έρμα	ΟΔΟ 2612	τεμ.	150

¹ΜΜ: μέτρο μήκους μονής γραμμής (ζεύγος σιδηροτροχιών)

²Η τιμή αφορά ζεύγος Σ.Δ.Ε.Τ. μονής σιδηροδρομικής γραμμής επί της γέφυρας



Εικόνα 4.3: Αλουμινοθερμική συγκόλληση (αριστερά) και μηχανήμα αυτογενούς συγκόλλησης (δεξιά)



Σχήμα 4.7: Λεπτομέρεια συσκευής διαστολής γαλλικού τύπου για σιδηροτροχιά UIC54 (www.ggde.gr)

4.4.2.3 Κριτήρια Επιλογής Σύνδεσης Σιδηροτροχιών

Τα σιδηροδρομικά δίκτυα οδηγήθηκαν στην εφαρμογή των Σ.Σ.Σ. επειδή η γραμμή με αρμούς παρουσιάζει πολλά μειονεκτήματα:

- Με την ασυνέχεια της ροπής αδράνειας και της επιφάνειας κύλισης στους αρμούς δημιουργούνται συνθήκες, που προκαλούν χειροτέρευση της γεωμετρίας της γραμμής, με αποτέλεσμα να αυξάνονται σημαντικά οι δαπάνες συντήρησης.
- Προκαλείται μείωση της άνεσης των επιβατών, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων.
- Λόγω κρουστικών φαινομένων στους αρμούς, δημιουργείται φθορά των τροχών, με αποτέλεσμα αύξηση των δαπανών συντήρησης τους. Με τις

Σ.Σ.Σ., επειδή δεν μεσολαβεί καμία ασυνέχεια, όλα τα προβλήματα που δημιουργούνται από τους αρμούς καταργούνται.

Οι γραμμές με αρμούς στρώνονται μόνο εφόσον ισχύσει τουλάχιστον μια από τις παρακάτω συνθήκες:

- δεν δύναται να στρωθεί γραμμή με Σ.Σ.Σ. καθώς δε πληρούνται οι απαιτήσεις που αναφέρονται στο ΝΚΕΓ
- η υποδομή της γραμμής δεν είναι κατάλληλη για στρώση γραμμής με Σ.Σ.Σ. λόγω κακής ποιότητας (ενδεικτικά εφόσον παρουσιάζει καθιζήσεις, έδαφος που παρουσιάζει διογκώσεις κλπ.).

Σύμφωνα με το ΝΚΕΓ επιτρέπεται η στρώση γραμμών με συνεχή συγκόλληση των σιδηροτροχιών, σε απεριόριστο μήκος και με στρωτήρες ξύλινους, μεταλλικούς ή σκυροδέματος, υπό τις εξής γενικές προϋποθέσεις (ΠΕΤΕΠ, 2004):

- Το μήκος μιας γραμμής με Σ.Σ.Σ., δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο από 300 m.
- Στα άκρα κάθε Σ.Σ.Σ., σε κύριες γραμμές και εκτός περιοχής σταθμών, θα τοποθετούνται ειδικές Συσκευές Διαστολής (Σ.Δ.)
- Σε γραμμές με Σ.Σ.Σ., μέσα σε σταθμούς ή σήραγγες, επιτρέπεται, ύστερα από έγκριση της Διεύθυνσης Γραμμής, Δ.Γ., η αντικατάσταση των Σ.Δ. με μεταβατικές, αμφιδετημένες, εσχάρες σιδηροτροχιών με ξύλινους ή μεταλλικούς στρωτήρες.
- Στις μεταλλικές γέφυρες χωρίς έρμα επιτρέπεται η στρώση με Σ.Σ.Σ., εφόσον το άνοιγμά τους δεν υπερβαίνει τα 30 μέτρα.
- Για τις μεταλλικές γέφυρες χωρίς έρμα, ανοίγματος μεγαλύτερου από 20 m, πρέπει να τοποθετούνται συσκευές διαστολής, πριν και μετά το άνοιγμα.
- Σε μεγάλες μεταλλικές γέφυρες, χωρίς έρμα, με πολλά ανοίγματα, χρειάζεται, για κάθε περίπτωση, ειδική μελέτη, εγκρινόμενη από την Δ.Γ., στην οποία θα λαμβάνεται υπόψη και η θέση των σταθερών και κινητών εφεδράνων των ζευκτών.
- Σε περίπτωση χρήσης πλευρικού μηχανισμού (περύγια) επί των στρωτήρων, για αύξηση της εγκάρσιας αντίστασης των στρωτήρων, θα καθορίζονται από τη Δ.Γ. τα αντίστοιχα ισχύοντα μειωμένα ελάχιστα όρια ακτινών καμπυλών για κατασκευή Σ.Σ.Σ. καθώς και οι όροι και οι προϋποθέσεις εφαρμογής τους

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την επιλογή σύνδεσης των σιδηροτροχιών ακολουθεί τους παραπάνω κανόνες ενώ για το μοντέλο υπολογισμού που προσπαθούμε να δημιουργήσουμε κάνουμε τις εξής **παραδοχές**:

- Η κατασκευή γραμμής με Σ.Σ.Σ δε θα επιτρέπεται σε γραμμή μικρότερη των 300 μέτρων.

- Το μοναδιαίο κόστος συγκόλλησης προκύπτει από το 80% της μοναδιαίας τιμής αυτογενούς και το 20% της αλουμινοθερμικής συγκόλλησης.
- Το μέσο κόστος ζεύγους συσκευών διαστολής ορίζεται στις 84.000€/τεμ. και θεωρούμε ότι τοποθετούνται δύο σε μια γέφυρα μονής γραμμής και 4 σε μια γέφυρα διπλής γραμμής. Με την ίδια λογική τοποθετούνται και έξω από τη γραμμολογία των σταθμών.
- Η προμήθεια και εγκατάσταση μονωτικών αρμών και πτερυγίων αντίστασης δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθεί καθώς απαιτούνται στοιχεία τμηματικού γραμμής για λογούς μόνωσης και στοιχεία χάραξης (οριζοντιογραφικών καμπυλών). Από το έργο στο τμήμα Τιθορέα – Δομοκός προκύπτει ότι το κόστος αυτό είναι πολύ μικρότερο του 1% του κόστους επιδομής και για το έργο ανακαίνισης γραμμής μεταξύ Σ.Σ Πειραιά – Σ.Σ Αθηνών μικρότερο του 5%. Στο μοντέλο μας θα το θεωρήσουμε αμελητέο.

4.4.3 Στρωτήρες

Οι στρωτήρες είναι διαδοκίδες (από οπλισμένο σκυρόδεμα, ξύλινες ή μεταλλικές) τοποθετημένες εγκάρσια ως προς τον άξονα της γραμμής με σκοπό:

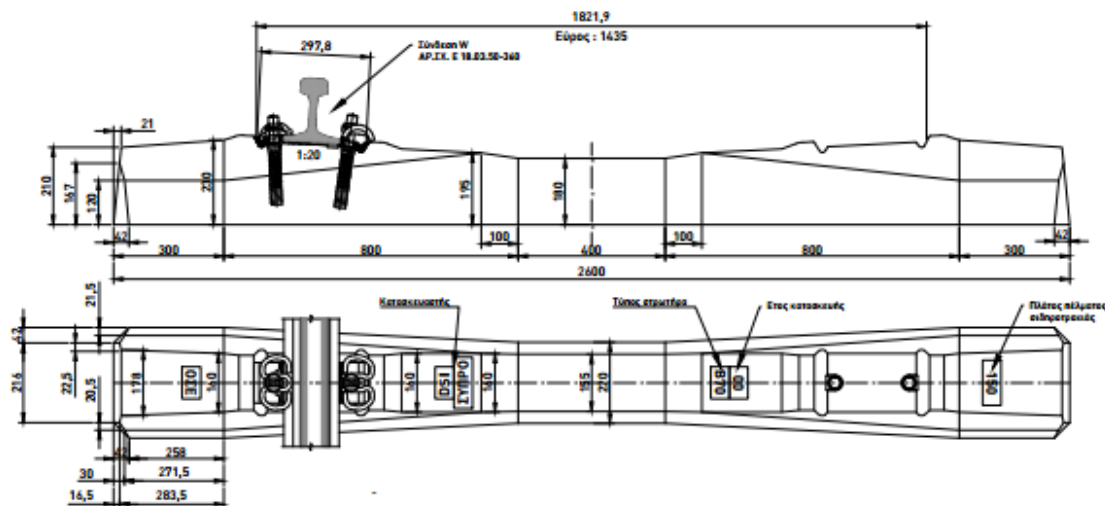
- να εδράζονται οι σιδηροτροχιές
- να διατηρούν την απόσταση μεταξύ των σιδηροτροχιών σταθερή (εύρος γραμμής)
- να διανέμουν τις τάσεις στο έρμα
- να αποσβένουν τις ταλαντώσεις των σιδηροτροχιών
- να μειώνουν τους κραδασμούς και ηχορύπανση

Σημαντικό χαρακτηριστικό των στρωτήρων είναι ότι διατηρούν σταθερή απόσταση μεταξύ τους, ώστε να έχουμε ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων στο έρμα. Αυτή η απόσταση κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 55 - 65cm και επηρεάζει την καταπόνηση στο πέλμα της σιδηροτροχιάς (μείωση της καταπόνησης με μείωση της απόστασης). Σε συνεχώς συγκολλημένες σιδηροτροχιές ελαφριάς κυκλοφορίας μπορεί να αυξηθεί κατά 75cm, ενώ σε περίπτωση μεγάλου αξονικού φορτίου να μειωθεί στα 50cm.

Οι τρεις βασικές κατηγορίες στρωτήρων είναι οι εξής:

- Ξύλινοι
 - μαλακή ξυλεία
 - σκληρή ξυλεία
- Μεταλλικοί
 - Απλοί
 - Δίδυμοι
 - Μορφής Y

- Σκυροδέματος
 - Διμερείς
 - Ολόσωμοι (Οπλισμένοι ή Προεντεταμένου σκυροδέματος)



Σχήμα 4.8: Ολόσωμος στρωτήρας σκυροδέματος τύπου B70 (www.inforail-ose.gr)

Οι ξύλινοι στρωτήρες κατασκευάζονται είτε από μαλακό είτε σκληρό ξύλο. Το σκληρό ξύλο χρησιμοποιείται σε σήραγγες, σε τμήματα γραμμής με ηλεκτρικά κυκλώματα και σε αλλαγές τροχιάς. Οι ξύλινοι στρωτήρες έχουν αρκετά πλεονεκτήματα και είναι ανθεκτικοί σε μεγάλες καταπονήσεις κατά την κυκλοφορία των συρμών και κατά τη φόρτο/εκφόρτωση τους αλλά είναι δαπανηροί λόγω της περιορισμένης υλοτομίας (εισαγωγή από Αφρική). Επίσης οι ξύλινοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν λόγω της μικρής εγκάρσιας αντίστασης σε ταχύτητες μεγαλύτερες των 160km/h και σε καμπύλες με ακτίνα μικρότερη των 1000 μέτρων. Ομοίως, σε κατά μήκος κλίσεις μεγαλύτερες του 5% και σε ισόπεδες διαβάσεις η χρήση στρωτήρων από ξύλο αποφεύγεται.

Από την άλλη πλευρά οι μεταλλικοί στρωτήρες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και δεν είναι ευαίσθητοι στις μεγάλες καταπονήσεις. Διαμορφώνονται με κατάλληλα ελαστρα και πρέσες και επομένως είναι εύκολη η κατασκευή τέτοιων στρωτήρων ειδικού μήκους για αλλαγές. Παρόλα αυτά οι μεταλλικοί στρωτήρες είναι ευαίσθητοι στις χημικές επιδράσεις του αέρα ενώ ταυτόχρονα έχουν υψηλό κόστος συντήρησης τοποθέτησης και μόνωσης.

Οι στρωτήρες από σκυρόδεμα (διμερείς, ολόσωμοι, πλαισιόμορφοι, πλατιάς βάσης, ολόσωμοι για σταθερή επιδομή) έχουν μεγαλύτερο βάρος από τους υπόλοιπους γεγονός που επιδρά ευνοϊκά από κάθε άποψη για τη σταθερότητα της επιδομής ενώ προσφέρουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Συγκεκριμένα, ολόσωμος στρωτήρας επιτρέπει καλύτερη αντίσταση στις εναλλασσόμενες δυνάμεις αφού το σκυρόδεμα εργάζεται πάντοτε σε θλίψη. Παρέχει επίσης, μεγαλύτερη εξασφάλιση της εσχάρας έναντι οριζόντιας μετακίνησης της και σημαντικό πλεονέκτημα τους είναι το χαμηλό κόστος

παραγωγής. Από την άλλη, οι διμερείς είναι ελαφρώς φθηνότεροι, αλλά προσφέρουν ακόμα μεγαλύτερη εγκάρσια αντίσταση λόγω της μορφής τους και ενδείκνυται η τοποθέτηση τους σε δίκτυα υψηλών ταχυτήτων και σε καμπύλα τμήματα μικρής ακτίνας. Οι στρωτήρες από σκυρόδεμα είναι πιο δαπανηροί σε ειδικά μήκη (π.χ. αλλαγή τροχιάς) καθώς και στη μετακίνηση και αντικατάστασή τους.

Οι στρωτήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα σε νέες χαράξεις ή σε ανακαινίσεις είναι συνήθως από σκυρόδεμα. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και ξύλινοι στρωτήρες μόνο εφόσον η χρήση στρωτήρων από σκυρόδεμα αντενδείκνυται. Οι μεταλλικοί στρωτήρες δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

4.4.3.1 Κριτήρια εκλογής τύπου στρωτήρα

Η εκλογή του τύπου του στρωτήρα όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο σχετίζεται με την διατομή της σιδηροτροχιάς που επιλέξαμε. Είναι, όμως, πρόβλημα τεχνο-οικονομικό, που μπορεί να επιλυθεί με συνεκτίμηση των εξής παραμέτρων:

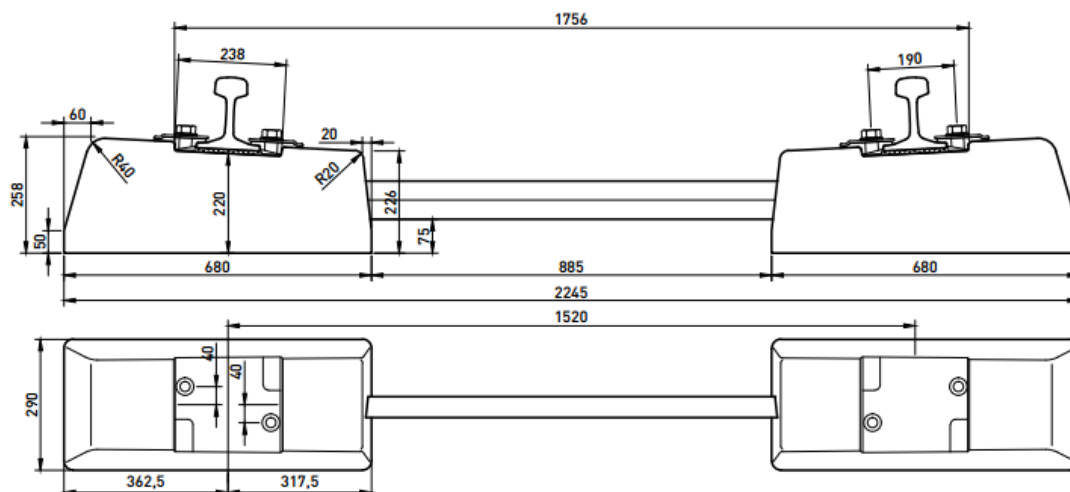
- Κόστος αγοράς στρωτήρα και των συνδέσεων
- Κόστος συντήρησης
- Ταχύτητα σχεδιασμού
- Ημερήσιος φόρτος κυκλοφορίας
- Διάρκεια ζωής
- Ποιότητα εδάφους
- Εγκάρσια αντίσταση
- Θόρυβος κατά την κύλιση
- Βάρος
- Ευκολία τοποθέτησης / αντικατάστασης
- Φθορές
- Μόνωση
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης

Πίνακας 4.15: Χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων στρωτήρα (Λυμπερης, Πουργιδης)

Κριτήρια	Ξύλινοι	Μεταλλικοί	Σκυροδέματος	
			Ολόσωμοι	Διμερείς
Κόστος αγοράς στρωτήρα και των συνδέσεων (ενδεικτικές τιμές προϋπολογισμού Τιθορέας- Δομοκού)	120 €/τεμ. ¹	Σχετικά μεγάλο, σχεδόν διπλάσιο εκ του σκυροδέματος	70 €/τεμ.	Οικονομικότεροι από τους ολόσωμους
Κόστος συντήρησης	Υψηλό, λόγω φθορών	Υψηλό	Μικρό	Μικρό
Διάρκεια ζωής	20 - 30 έτη	40 - 60 έτη	50 έτη	50 έτη

Ταχύτητα σχεδιασμού	≤160 km/h	<120 km/h	Υψηλή	Υψηλή
Ημερήσιος φόρτος κυκλοφορίας (T_f)	$T_f < 35000t$	-	$T_f > 35000t$	$T_f > 35000t$
Ποιότητα εδάφους	Ευκαμψία ιδανική για μαλακά εδάφη	-	Μεγαλύτερο πάχος έρματος σε μαλακά εδάφη	-
Εγκάρσια αντίσταση	Μικρή (15% μικρότερη εκ του σκυροδέματος)	Μέγιστη	Μεγάλη	Μεγαλύτερη (αντίσταση με δύο επιφάνειες)
Μηχανική συμπεριφορά	Εύκαμπτοι, ανθεκτικοί	Ανθεκτικοί, υψηλή αντίσταση σε δυναμικές κρούσεις	Μεγάλη ακαμψία	Μεγάλη ακαμψία, καλύτερη συμπεριφορά στα εναλλασσόμενα φορτία
Θόρυβος κατά την κύλιση	Μικρότερος	Ηχηρός	-	-
Βάρος	70-100kg	80kg	260-340 kg ²	180 - 250 kg
Τοποθέτηση / αντικατάσταση	Εύκολη λόγω βάρους	Εύκολη διαμόρφωση, και μικρό βάρος	Δαπανηρή λόγω βάρους	Δαπανηρή λόγω βάρους
Φθορές	Απόκλιση εύρους, κατά μήκος σχισμές, ευαισθησία σε φυτικούς, ζωικούς οργανισμούς και τη φωτιά	Ευαίσθητοι σε χημικές ουσίες και το αλμυρό νερό	Ευαίσθητοι σε ασυνήθιστες καταπονήσεις	Ευαίσθητοι σε ασυνήθιστες καταπονήσεις
Ύψος κατασκευής	Μικρό σχετικά	Μικρό (λιγότερο έρμα)	-	-
Μόνωση	Καλή	Δύσκολη	Με ειδικό εξοπλισμό	Με ειδικό εξοπλισμό
Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης	Εφικτή ή καύση	Ως αποκόμματα σιδήρου	Όχι	Όχι

¹ Τιμες σύμφωνα με το αναλυτικό τιμολόγιο Α.Δ. 635² Σύμφωνα με στοιχεία της Railone

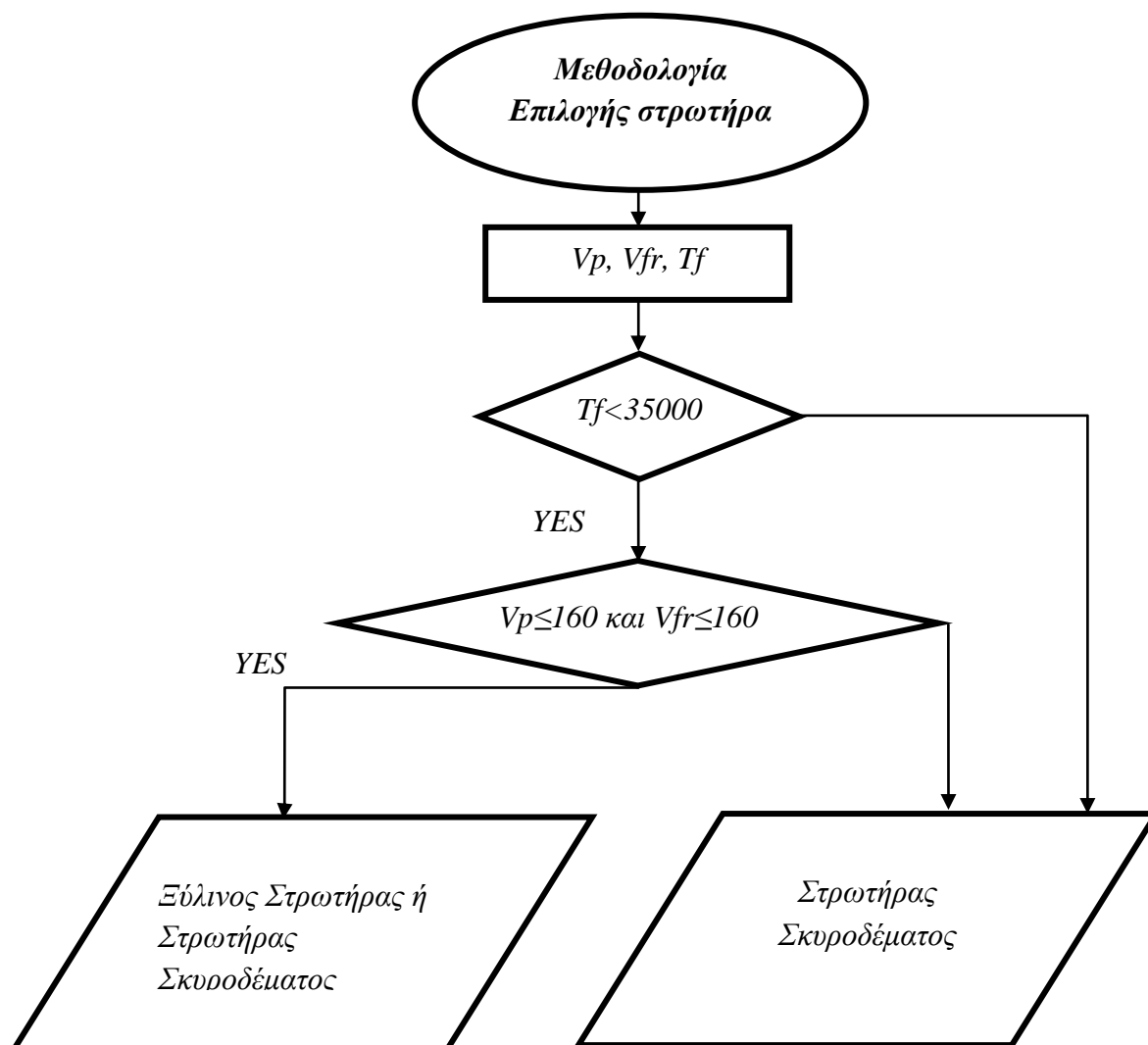


Σχήμα 4.8α: Διμερής στρωτήρας σκυροδέματος τύπου U31 (www.inforail-ose.gr)

4.4.3.2 Μεθοδολογία επιλογής στρωτήρα

Αρχικά πρέπει να σημειωθεί ότι στο Ελληνικό δίκτυο οι διμερείς στρωτήρες σκυροδέματος έχουν σταματήσει να χρησιμοποιούνται σε έργα πλην αυτών του Μετρό. Ο λόγος αποτέλεσε η αστοχία σε μεγάλο ποσοστό του συνόλου των στρωτήρων τέτοιου τύπου στις ανοιχτές γραμμές του Ελληνικού δικτύου (Γιαννακός, 2011). Η χρήση των μεταλλικών στρωτήρων επίσης αποφεύγεται. Για τη μεθοδολογία παραδεχόμαστε ότι:

- Έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ ξύλινων στρωτήρων (από AZOBE) και ολόσωμων στρωτήρων σκυροδέματος. Για την τελική επιλογή δεν μπορεί να προσδιοριστεί κάποιος απόλυτος περιορισμός πλην αυτού της ταχύτητας ($\leq 160 \text{ km/h}$) και του ημερήσιου φόρτου κυκλοφορίας, ο οποίος όμως, καλύπτεται από τους περιορισμούς για τη σιδηροτροχιά. Τελικά, απαιτούνται οι ταχύτητες επιβατικών και εμπορικών συρμών V_p , V_{fr} και ο ημερήσιος κυκλοφοριακός φόρτος T_f .



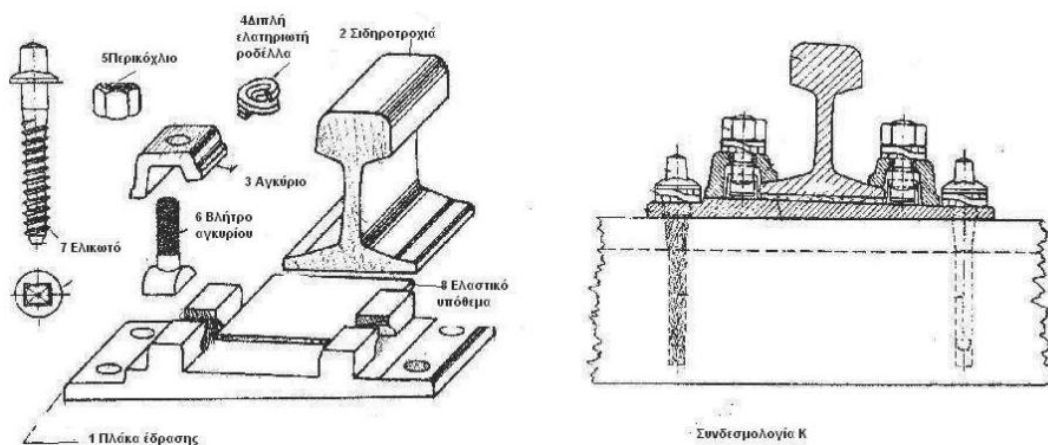
4.4.4 Σύνδεσμοι-Μικρό υλικό

Σύνδεσμοι αποκαλούνται όλα εκείνα τα υλικά, που έχουν σαν λειτουργία τους τη σύνδεση της σιδηροτροχιάς με τον στρωτήρα. Ο τύπος του συνδέσμου ταυτίζεται άμεσα με τον τύπο των στρωτήρων και μάλιστα στο κόστος προμήθειας στρωτήρων εμπεριέχεται και το κόστος των συνδέσμων.

Για τους στρωτήρες από σκυροδέμα χρησιμοποιούνται ελαστικοί σύνδεσμοι οι οποίοι αποτελούν διπλά ελαστικό μέσο μεταξύ σιδηροτροχιάς και στρωτήρα, δηλαδή εμφανίζουν ελαστική αντίσταση στις σχετικές κινήσεις στην κατακόρυφη έννοια, την ίδια και προς τα πάνω και προς τα κάτω. Για να απορροφηθούν οι κατακόρυφες δυνάμεις που κατευθύνονται προς τα κάτω, ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί καουτσούκ ως ελαστικό υπόθεμα.

Αντίστοιχα η σύνδεση της σιδηροτροχιάς με τους ξύλινους στρωτήρες γίνεται είτε με πλάκες έδρασης είτε χωρίς. Καλύτερος τύπος συνδέσμου είναι αυτός με πλάκα έδρασης (τύπος σύνδεσης K), που εφαρμόζεται επίσης και στα άλλα είδη στρωτήρων και περιλαμβάνει πλάκα έδρασης από ελατό χάλυβα, που στηρίζεται στους ξύλινους στρωτήρες με τυρφώνια.

Στους μεταλλικούς στρωτήρες η σιδηροτροχιά στερεώνεται με ειδικά αγκύρια, που στηρίζονται σε τρύπα του στρωτήρα και εξασκούν πίεση στο πέλμα της σιδηροτροχιάς μέσω βλήτρων με δακτύλιο Grover.



Σχήμα 4.9: Σύνδεσμος τύπου K για ξύλινο στρωτήρα



Εικόνα 4.4: Σύνδεσμος W14(SKL14) για στρωτήρα από σκυρόδεμα

Στο μικρό υλικό, πέραν των συνδέσμων, ανήκουν και οι αμφιδέτες τα αντιερπυστικά ή αντιοδευτικά και τα περυγία εγκάρσιας αντίστασης. Το κόστος αμφιδετών και περυγίων εγκάρσιας αντίστασης αναλύθηκαν στο υποκεφάλαιο σύνδεσης σιδηροτροχιάς. Τα αντιερπυστικά η αντιοδευτικά τοποθετούνται στο πέλμα της σιδηροτροχιάς, προκειμένου να εμποδίσουν την κατά μήκος όδευση της σιδηροτροχιάς. Το κόστος τους σύμφωνα με τους προϋπολογισμούς Α.Δ 635 και Α.Δ. 731 δίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 4.16: Ενδεικτικό κόστος αντιοδευτικού

Περιγραφή	Άρθρο ΑΤΕΟ	Μονάδες	Κόστος (€)
Προμήθεια και εγκατάσταση αντιοδευτικού	ΟΔΟ 2612	τεμ.	40

Τα αντιερωστικά η αντιοδευτικά τοποθετούνται σε εσχάρες με κλίση $i \geq 5\%$ και πάντα, προς τα ανάντη της κλίσεως, πλευρά των στρωτήρων. Σύμφωνα με τις οδηγίες στρώσης γραμμής (ΠΕΤΕΠ, 2006) έχουμε 8 τεμάχια σε εσχάρα 36 μέτρων και 12 σε εσχάρα 52 μέτρων για UIC50.

4.4.5 Χάραξη σιδηροδρομικής γραμμής

Για τη χάραξη μιας σιδηροδρομικής γραμμής κανονικού εύρους στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κανονισμοί που βασίζονται στον Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής (Ν.Κ.Ε.Γ, 2000), οποίος συντάχθηκε για να εκσυγχρονίσει του προϋπάρχοντες και να εφαρμόσει ταχύτητες μέχρι και 200 km/h. Οι διάφορες συμπληρώσεις που έχουν εκδοθεί (από ΠΕΤΕΠ και ΕΛΟΤ ΤΠ) κατά καιρούς αφορούν διάφορες λεπτομέρειες χάραξης στα πλαίσια διεθνών προδιαγραφών που είναι θεσπισμένες και κατοχυρωμένες με διεθνές συμφωνίες.

Η χάραξη μιας σιδηροδρομικής γραμμής αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, καθώς πέραν της τεχνικής πλευράς του θέματος πρέπει επίσης να εξετασθούν και άλλοι παράγοντες, όπως το περιβάλλον, τα θέματα ιδιοκτησίας, η τοπική αυτοδιοίκηση, οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί διαλειτουργικότητας οι εξασφάλιση οικονομικών πόρων κλπ. Οι παράμετροι της χάραξης που μας ενδιαφέρουν στην παρούσα φάση είναι αυτές που επηρεάζουν σημαντικά το κόστος κατασκευής της σιδηροδρομικής γραμμής. Γι' αυτό και στη συνέχεια του κεφαλαίου θα ασχοληθούμε μόνο με αυτές που θεωρούμε πιο κρίσιμες. Ότι αφορά στις υπόλοιπες λεπτομέρειες της χάραξης παρατίθενται σε παράρτημα στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.

Μια σιδηροδρομική γραμμή θα μπορούσε να θεωρηθεί βέλτιστη ως προς τη γεωμετρία της χάραξης της αν πληρούσε τις εξής προϋποθέσεις (Πυργιδής, 2009):

- Αποτελείται αποκλειστικά από ευθύγραμμα τμήματα
- Κείται, σε όλο το μήκος, επί ενός οριζοντίου επίπεδου
- Δεν παρουσιάζει γεωμετρικά σφάλματα

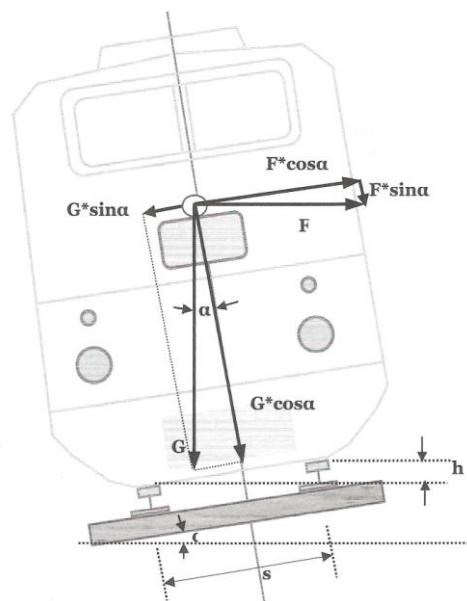
Αυτή όμως είναι μια ιδανική κατάσταση η οποία δεν είναι πρακτικώς εφικτή. Στην πραγματικότητα μια σιδηροδρομική γραμμή περιλαμβάνει καμπύλα τμήματα, έχει κατά μήκος κλίση και τα γεωμετρικά σφάλματα είναι αναπόφευκτα ιδιαίτερα μετά από ένα διάστημα χρήσης της γραμμής εξαιτίας της επερχομένης φθοράς.

Τα γεωμετρικά, λοιπόν, στοιχεία που υπεισέρχονται στον σχεδιασμό ενός σιδηροδρομικού άξονα είναι:

- Οριζοντιογραφικά
 - Η ευθεία γραμμή
 - Η κυκλική καμπύλη
 - Η καμπύλη συναρμογής ή τόξο συναρμογής
- Υψομετρικά
 - Η καμπύλη υψομετρικής συναρμογής
 - Η υπερύψωση
 - Η υψομετρική συναρμογή της υπερύψωσης

Τα στοιχεία αυτά συνδυάζονται με την ταχύτητα σχεδιασμού, την κατά μήκος κλίση, τη μη εξισορροπούμενη πλευρική επιτάχυνση, το είδος των συρμών, την απόσταση μεταξύ των γραμμών και το κινηματικό περιτύπωμα (Λυμπέρης, 2009).

Η καμπύλη τροχιά και η κίνηση του συρμού σε αυτή, θέτει τους περισσότερους περιορισμούς στη χάραξη της γραμμής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για να κινηθεί ένα όχημα σε κυκλικό τόξο απαιτεί την ύπαρξη κεντρομόλου δύναμης που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της καμπύλης. Το όχημα "αντιλαμβάνεται" την αδρανειακή δύναμη (φυγόκεντρο) που έχει την αντίθετη φορά. Για να έχουμε ασφαλή κύλιση και να μειώσουμε την επίδραση της φυγόκεντρου επιτάχυνσης, η εξωτερική σιδηροτροχιά τοποθετείται ψηλότερα της εσωτερικής (υπερύψωση), επιτυγχάνοντας επιφάνεια κύλισης με κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο.



Σχήμα 4.10: Ισορροπία οχήματος σε κυκλική τροχιά (Λυμπέρης, 2009)

Στα ευθύγραμμα τμήματα των γραμμών, λοιπόν, οι επιφάνειες κύλισης των σιδηροτροχιών τοποθετούνται στο ίδιο ύψος και για τις δύο τροχιοσειρές. Όπως παρατηρούμε, όμως, στο Σχήμα 4.10 η κίνηση του συρμού σε κυκλική καμπύλη προκαλεί την ανάπτυξη φυγόκεντρου δύναμης F και είναι ίση με:

$$F = \frac{m \cdot V^2}{R}$$

Για να περιορίσουμε τις εγκάρσιες δυνάμεις που ασκούνται στην εξωτερική σιδηροτροχιά, την υπερυψώνουμε σε σχέση με την εσωτερική, η οποία με τη σειρά της ακολουθεί κανονικά τα υψόμετρα της μηκοτομής. Για τον προσδιορισμό της υπερύψωσης h , καθώς και του μήκους της παραβολικής συναρμογής, που θα

εφαρμοσθούν, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι συνδυασμοί μέγιστων και ελάχιστων ταχυτήτων V ($V_{μεγ}$ για τις επιβατικές αμαξοστοιχίες και $V_{ελ}$ για τις εμπορικές):

Μέγιστη Ταχύτητα		Ελάχιστη ταχύτητα
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	$140 < V_{μεγ} \leq 200 \text{ km/h}$	$V_{ελ} = 80 \text{ km/h}$

Στα έργα εφαρμόζουμε την **κανονική υπερύψωση** με σκοπό την ομοιόμορφη καταπόνηση των σιδηροτροχιών καθώς σε μια γραμμή με μεικτή κυκλοφορία (ταχέων και μη συρμών) θα εμφανίζεται είτε ανεπάρκεια είτε πλεόνασμα υπερύψωσης. Η κανονική υπερύψωση h που θα εφαρμοσθεί, υπολογίζεται με τον τύπο:

$$h = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V^2}{R} = \frac{7,12V^2}{R}$$

Στην περίπτωση αυτή, η ανεπάρκεια υπερύψωσης α δίνεται από τον τύπο:

$$\alpha = \frac{105}{265} \cdot \frac{11,8V^2}{R} = \frac{4,68V^2}{R}$$

και το πλεόνασμα υπερύψωσης π από τον τύπο:

$$\pi = \frac{160}{265} \cdot \frac{11,8V^2}{R} - \frac{11,8V_{ελ}^2}{R} = \frac{11,8}{R} \cdot (0,60V^2 - V_{ελ}^2)$$

Για τις παραπάνω τιμές ισχύουν οι εξής οριακές τιμές:

Χαρακτηριστικό στοιχείο καμπύλης	Οριακή τιμή
Οριακή τιμή της υπερύψωσης h στην ελεύθερη γραμμή	$h_{μεγ} = 160 \text{ mm}$
Οριακή τιμή της υπερύψωσης h σε σταθμούς	$h_{μεγ} = 100 \text{ mm}$
Οριακή τιμή της ανεπάρκειας α της υπερύψωσης	$\alpha_{μεγ} = h_{θ}^{V_{μεγ}} - h = 105 \text{ mm}$
Οριακή τιμή του πλεονάσματος π της υπερύψωσης	$\pi_{μεγ} = h - h_{θ}^{V_{ελ}} = 100 \text{ mm}$

Οι εφαρμοζόμενες υπερυψώσεις στρογγυλεύονται στα 5 mm.

4.4.6 Έδραση σε Έρμα – Σκυρογραμμή

Η κλασική επιδομή ανοιχτής γραμμής ή αλλιώς «σκυρογραμμή» αποτελείται από στρώσεις έρματος. Το έρμα είναι η στρώση μεταξύ στρωτήρα και υπεδάφους. Σκοπός της ύπαρξης του είναι η ομοιόμορφη κατανομή της πίεσης των στρωτήρων στην υποδομή, εξασφάλιση στους στρωτήρες (και κατ' επέκταση στη γραμμή) επαρκούς αντίστασης έναντι εγκάρσιας και κατά μήκος μετακίνησης. Επίσης,

εξασφαλίζει τη διατήρηση της γραμμής σε ξηρή κατάσταση με εξασφάλιση αεροδιαπερατότητας και υδατοδιαπερατότητας και τέλος ελαστική συμπεριφορά (Λυμπέρης, 2009). Εναλλακτική λύση, πέραν την χρήσης του έρματος, είναι η σταθερή επιδομή.

Το υλικό της στρώσης που χρησιμοποιείται στη «σκυρογραμμή» είναι το χαλίκι. Είναι θραυστό, διαβαθμισμένο, φυσικό πέτρωμα το οποίο θα πρέπει να πολυεδρικό και γωνιώδες. Τα πιο κατάλληλα πετρώματα είναι τα μαγματικά (π.χ. βασάλτης, γρανίτης) και μια καλή διαβάθμιση που χρησιμοποιείται και στους ελληνικούς σιδηροδρόμους είναι 25/65 mm (κάτω/άνω όριο). Για την καταλληλότητα του έρματος συνεκτιμώνται και οι καθαρά μηχανικές ιδιότητες του υλικού όπως η αντοχή σε θλίψη, αντοχή σε κρούση και πυκνότητα του έρματος. Το έρμα πρέπει να έχει ικανοποιητική σκληρότητα, διότι σε αντίθετη περίπτωση αποσαθρώνεται. Η σκληρότητα του έρματος διαπιστώνεται με βάση τις εργαστηριακές δοκιμές Deval και Los Angeles.

Το υπόστρωμα είναι μια στρώση αμμοχάλικου που τοποθετείται κάτω από την στρώση του έρματος και πρέπει να χαρακτηρίζεται από αρκετά υψηλό μετρό ελαστικότητας, επαρκή σκληρότητα, ανθεκτικότητα στον παγετό, υδατοδιαπερατότητα μικρότερη από αυτή του έρματος και μεγαλύτερη από αυτή των άνω στρώσεων της υποδομής. Το πάχος της στρώσης κυμαίνεται στα 30 εκατοστά ενώ τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι άμμος και χαλίκια ευρείας κοκκομετρικής διαβάθμισης (5/40 mm) καθώς και σκωρίες.

4.4.6.1 Διαστασιολόγηση έδρασης

Η έδραση της γραμμής, δηλαδή το στρώμα έρματος και το υπόστρωμα, αποτελεί έναν από τα σημαντικότερους παράγοντες αντοχής, στεγανότητας και μηχανικής συμπεριφοράς της γραμμής. Το συνολικό πάχος της έδρασης εξαρτάται από:

- την κατηγορία φέρουσας ικανότητας της υποδομής
- από τον τύπο των στρωτήρων και τη μεταξύ τους απόσταση
- από τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας (ταχύτητα (V), βάρος κατά άξονα (Q), ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας (T_f))

Για τον προσδιορισμό του πάχους έδρασης η ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία οδήγησε στην αναλυτική σχέση (Φύλλο UIC 719R και Πυργίδη, 2009):

$$e = e_b + e_{sb} = E + a + b + c + d + f + g$$

όπου, e: συνολικό πάχος έδρασης (m)

e_b: πάχος έρματος (m)

e_{sb}: πάχος υποστρώματος έρματος (m)

E: παράμετρος εξαρτώμενη από την κατηγορία της ποιότητας του εδάφους και της φέρουσας ικανότητας υποδομής

a: παράμετρος εξαρτώμενη από την κατάταξη της γραμμής στις προτεινόμενες ομάδες από την UIC

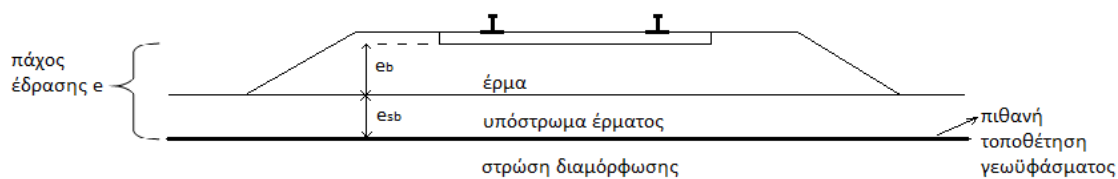
b: παράμετρος εξαρτώμενη από το μήκος και το είδος των στρωτήρων

c: παράμετρος εξαρτώμενη από τον όγκο των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης της γραμμής

d: παράμετρος εξαρτώμενη από το μέγιστο φορτίο κατ' άξονα Q

f: παράμετρος εξαρτώμενη από την ταχύτητα σχεδιασμού V

g: παράμετρος που λαμβάνει υπόψη μόνον εάν τοποθετηθεί γεωφύλαγμα μεταξύ στρώσης διαμόρφωσης και υποστρώματος έρματος



Σχήμα 4.: Υπολογισμός πάχους έδρασης

Πίνακας 4.17: Τιμές παραμέτρων υπολογισμού πάχους έδρασης

E	0,70 m για υποδομή φέρουσας ικανότητας κατηγορίας P1 ¹ 0,55 m για υποδομή φέρουσας ικανότητας κατηγορίας P2 0,45 m για υποδομή φέρουσας ικανότητας κατηγορίας P3
a	0 για γραμμές UIC 1 και 2 -0,05 m για γραμμές UIC 3 και 4 -0,10 m για γραμμές UIC 5 και 6
b	0 για ξύλινους στρωτήρες μήκους $L_{\Sigma}=2,6$ m $\frac{2,5-L_{\Sigma}}{2}$ για στρωτηρες σκυροδεματος μηκους L_{Σ} L_{Σ} σε m
c	0 μέσο όγκο εργασιών συντήρησης -0,10 m για υψηλό όγκο εργασιών συντήρησης (όλες οι ομάδες UIC)
d	0 για $Q \leq 20t$ +0,05 για $20t \leq Q \leq 22,5t$ +0,12 για $22,5t \leq Q \leq 25t$

f	0 για $V \leq 160$ km/h 0 για $V > 160$ km/h και φέρουσα ικανότητα υποδομής P3 +0,05 για $V > 160$ km/h και φέρουσα ικανότητα υποδομής P2 +0,10 για $V > 160$ km/h και φέρουσα ικανότητα υποδομής P1
g	0 όταν δεν απαιτείται γεωύφασμα για στρώση διαμόρφωσης κατηγορίας QS3 $\neq 0$ (θετικό) όταν απαιτείται γεωύφασμα για στρώση διαμόρφωσης κατηγορίας QS1 και QS2

¹Αφορά την ποιότητα της διαμορφωμένης υποδομής (βλ. κεφάλαιο#)

Ο όρος a μεταβάλλεται ανάλογα με τη κατηγορία UIC της γραμμής και προκύπτει από τον ημερήσιο φόρτο κυκλοφορίας. Οι έξι κατηγορίες διαμορφώνονται σύμφωνα με την UIC έχουν ως εξής:

Πίνακας 4.17α: Κατάταξη γραμμών ανάλογα με την με την θεωρητική τους κυκλοφορία σύμφωνα με το φυλλάδιο 714R της UIC

Ομάδα UIC	Τιμές θεωρητικής κυκλοφορίας T_f (t/ημέρα)
1	$130000 < T_f$
2	$80000 < T_f \leq 130000$
3	$400000 < T_f \leq 80000$
4	$20000 < T_f \leq 40000$
5	$5000 < T_f \leq 20000$
6	$T_f \leq 5000$

4.4.6.2 Κόστος έδρασης επιδομής σκυρογραμμής

Το κόστος της κατασκευής της έδρασης της επιδομής ανοικτής σιδηροδρομικής γραμμής περιλαμβάνεται στην Ομάδα εργασιών Θ: Σιδηροδρομικές εργασίες, των αναλυτικών τιμολογίων προϋπολογισμού έργων. Οι τιμές που περιλαμβάνει διαχωρίζονται σε δαπάνες:

- Εργασιών κατασκευής επιδομής, όπως την σκυρόστρωση, τη στρώση κλπ.
- Προμήθειας υλικών κατασκευής επιδομής, δηλαδή το έρμα

Οι κυριότερες δαπάνες με τη μορφή που αναλύονται στα αναλυτικά τιμολόγια δημοσίων έργων παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα για κατασκευή σκυρογραμμής κανονικού εύρους.

Πίνακας 4.18: Κόστος εργασιών και προμηθειών έδρασης σκυρογραμμής
(προϋπολογισμοί Α.Δ. 635, 731, 740)

Περιγραφή		Μονάδες	Κόστος/ Μονάδα (€)
Εργασίες	Στρώση προσωρινής γραμμής	MM ¹	40,0
	Προσκυρόστρωση γραμμής άνευ της προμήθειας των σκύρων	m ³	8,0
	Σκυρόστρωση σιδηροδρομικής γραμμής άνευ της αξίας των σκύρων	m ³	18,00
	Στρώση επιδομής γραμμής επί έρματος άνευ της αξίας των υλικών επιδομής	MM	53,00
	Οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση γραμμής, μόρφωση διατομής έρματος και σταθεροποίηση γραμμής με βαρέα μηχανήματα γραμμής	MM	17,0
	Αποξήλωση, μεταφορά και αποθήκευση γραμμής	MM	20,0
Προμήθειες	Προμήθεια Σκύρων γραμμής ποιότητας K1 (Dri >=16)	t	25,0
	Προμήθεια Σκύρων γραμμής ποιότητας K2	t	21,0

1MM: μέτρο μήκους μονής γραμμής

4.4.7 Μεθοδολογία υπολογισμού στοιχείων έδρασης

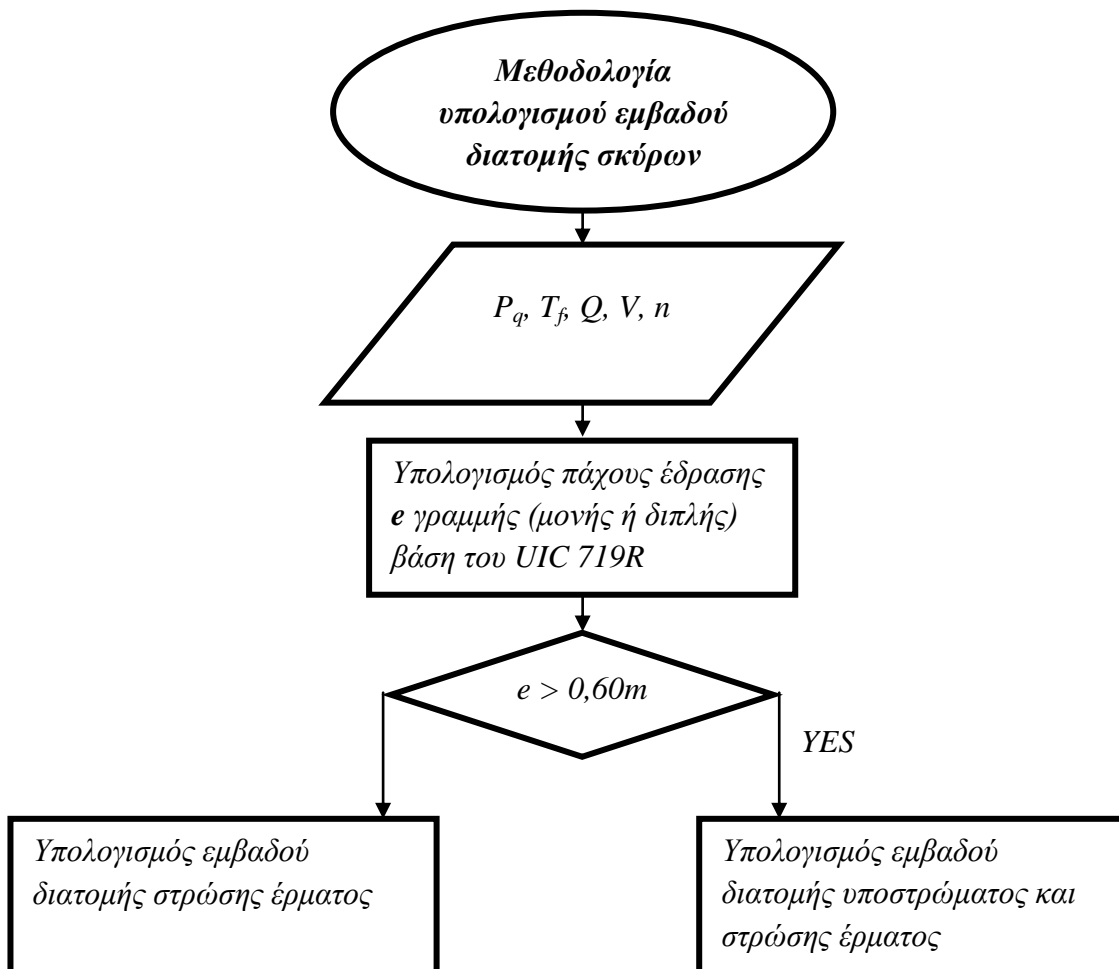
Για τον υπολογισμό του κόστους έδρασης, που θα πραγματοποιηθεί στο επόμενο κεφάλαιο, θα πρέπει να προσμετρηθούν οι προμήθειες και εργασίες διαμόρφωσης της διατομής του σκύρου της ανοιχτής γραμμής. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται η εύρεση του όγκου και του βάρους των σκύρων. Η μέθοδος που προτείνεται είναι ο ορισμός τυπικής διατομής (σύμφωνα με Πετεπ), το εμβαδό της οποίας μεταβάλλεται αναλόγως με το πάχος έδρασης. Το πάχος έδρασης (e), ορίζεται από το φυλλάδιο 719R της UIC με τη μέθοδο που αναπτύχθηκε παραπάνω. Οι παραδοχές που θα υιοθετηθούν είναι οι εξής:

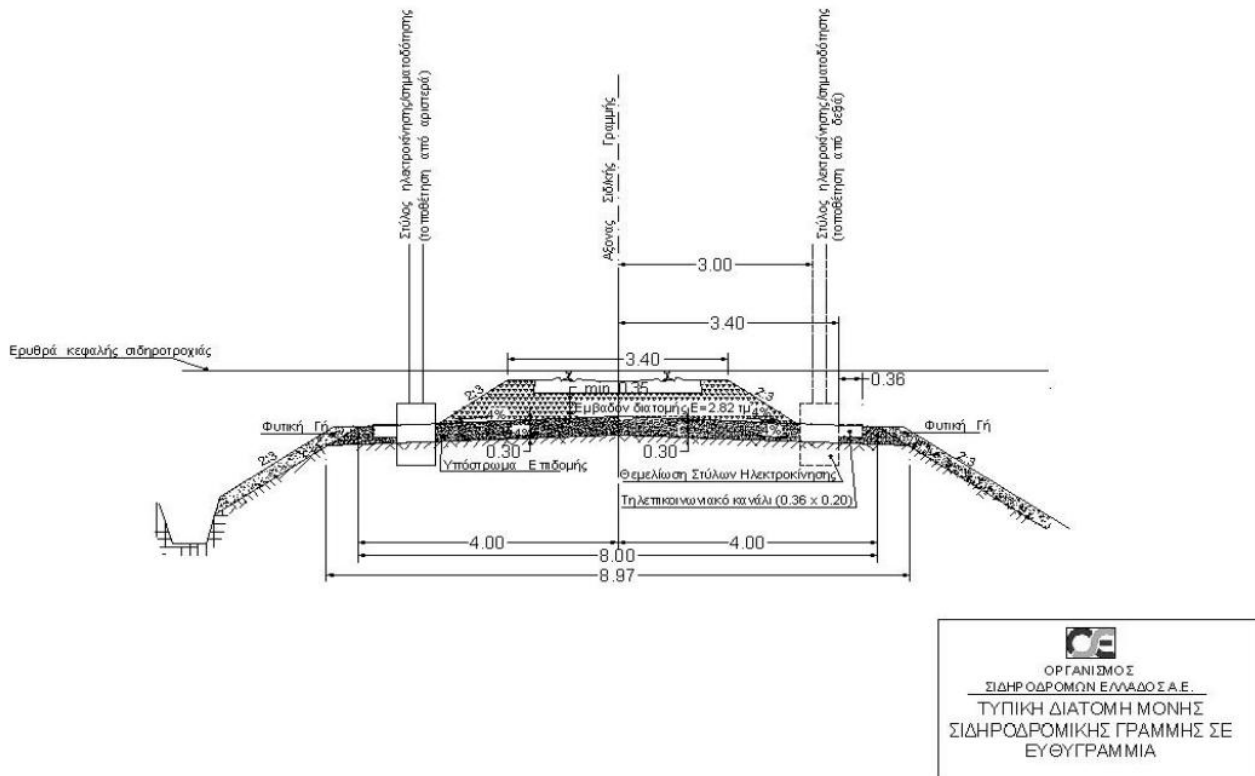
- Ο όρος του πάχους έδρασης που εξαρτάται από την ύπαρξη γεωφάσματος θεωρείται επουσιώδης και η γραμμή ανήκει σε κατηγορία UIC, οπότε έχουμε $e = e_b + e_{sb} = E + a + b - 0,10 + d + f$
- Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της διατομής της γραμμής (είτε διπλή είτε μονή) θα θεωρηθούν δεδομένα όπως δίνονται στις διατάξεις στρώσης γραμμής (ΠΕΤΕΠ: 07-03-01-10:E1/2/2004), σε ευθυγραμμία και καμπύλη για μέγιστη δυνατή υπερύψωση (160mm). Συγκεκριμένα για διπλή γραμμή έχουμε διατομή με αξονική απόσταση 4,2m, η οποία επαρκεί για ταχύτητες έως 200χλμ./ώρα. Για μεγαλύτερες ταχύτητες η αξονική απόσταση είναι ίση με 4,5 μέτρα και η διατομή αλλάζει.
- Το εμβαδό διατομής σκύρων θεωρούμε ότι είναι σταθερό σε όλο το μήκος της γραμμής. Επηρεάζεται από το πάχος έδρασης και το διαχωρίζουμε σε εμβαδό έρματος και εμβαδό υποστρώματος έρματος (αν αυτό υπάρχει)

- Το εμβαδό διατομής έρματος θεωρείται γραμμική συνάρτηση του πάχους έρματος, το οποίο ορίζεται από την επιφάνεια μέχρι τη διεπιφάνεια έρματος - υποστρώματος (αν υπάρχει). Δηλαδή το πάχος έρματος περιλαμβάνει και το ύψος στρωτήρα (θεωρείται 0,20m) και έχει εύρος $(0,25+0,20=)$ 0,45m έως $(0,92-0,30+0,20=)$ 0,72m
- Το υπόστρωμα έρματος θα υφίσταται εφόσον το πάχος έδρασης είναι τουλάχιστον 0,60m και θα έχει σε κάθε περίπτωση 0,30m πάχος

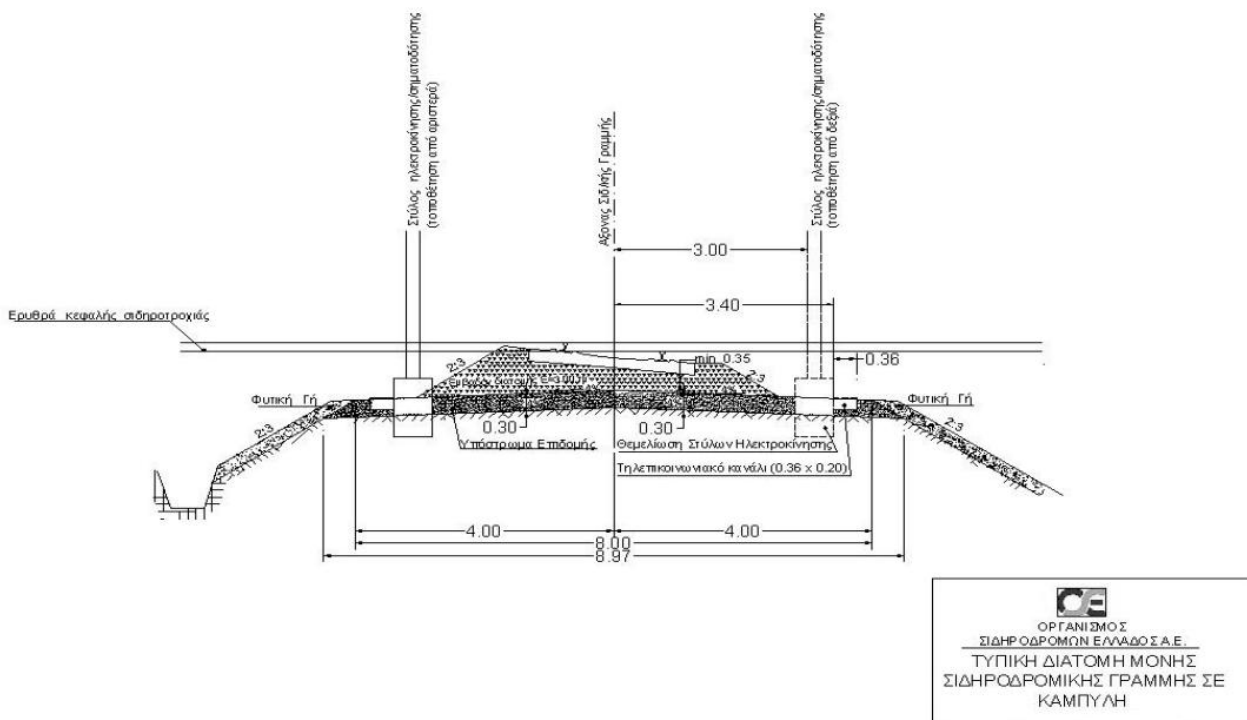
Άρα για τη μεθοδολογία υπολογισμού εμβαδού διατομών έδρασης απαιτούνται:

- Η φέρουσα ικανότητα της υποδομής P_q
- Η τιμή της θεωρητικής ημερήσιας κυκλοφορίας T_f
- Το μέγιστο αξονικό φορτίο Q
- Το είδος των στρωτήρων
- Την ταχύτητα σχεδιασμού V
- Το πλήθος των γραμμών n





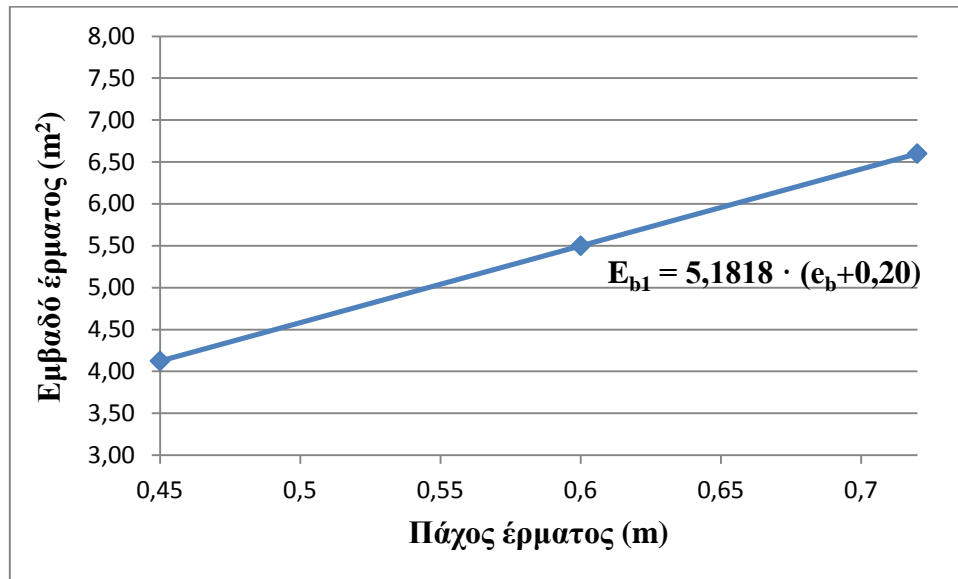
Σχήμα 4.11: Τυπική διατομή μονής γραμμής σε ευθυγραμμία



Σχήμα 4.12: Τυπική διατομή μονής γραμμής σε καμπύλη

Από τις παραπάνω τυπικές διατομές μονής γραμμής παρατηρούμε ότι το εμβρόδον έρματος αυξάνεται από $2,82 \text{ m}^2$ στην ευθυγραμμία σε 3 m^2 στην καμπύλη με

υπερύψωση 160mm. Εμείς θα θεωρήσουμε ότι για μονή γραμμή με αυτό το πάχος έρματος (από την επιφάνεια μέχρι τη διεπιφάνεια έρματος - υποστρώματος) το εμβαδό διατομής είναι περίπου $2,85\text{m}^2$, που κρίνεται λογικό καθώς μόνο σε καμπύλες με την ελάχιστη οριζοντιογραφική ακτίνα εμφανίζεται μέγιστη υπερύψωση. Οπότε για πάχος στρώσης έρματος $0,55\text{m} = e_b + 0,20\text{m}$ ($0,35\text{m}$ απόσταση από υπόστρωμα και $0,20\text{m}$ περίπου το ύψος στρωτήρα) προκύπτει εμβαδό σκύρων $2,85\text{m}^2$. Θεωρώντας το εμβαδό γραμμική συνάρτηση του πάχους στρώσης έρματος σύμφωνα και με τις παραδοχές που κάναμε παραπάνω έχουμε:



Άρα το εμβαδό διατομής σκύρων μόνης γραμμής δίνεται από τον τύπο:

$$E_{b1} = 5,1818 \cdot (e_b + 0,20)$$

ή

$$E_{b1} = 5,1818 \cdot (e + 0,20 - e_{sb})$$

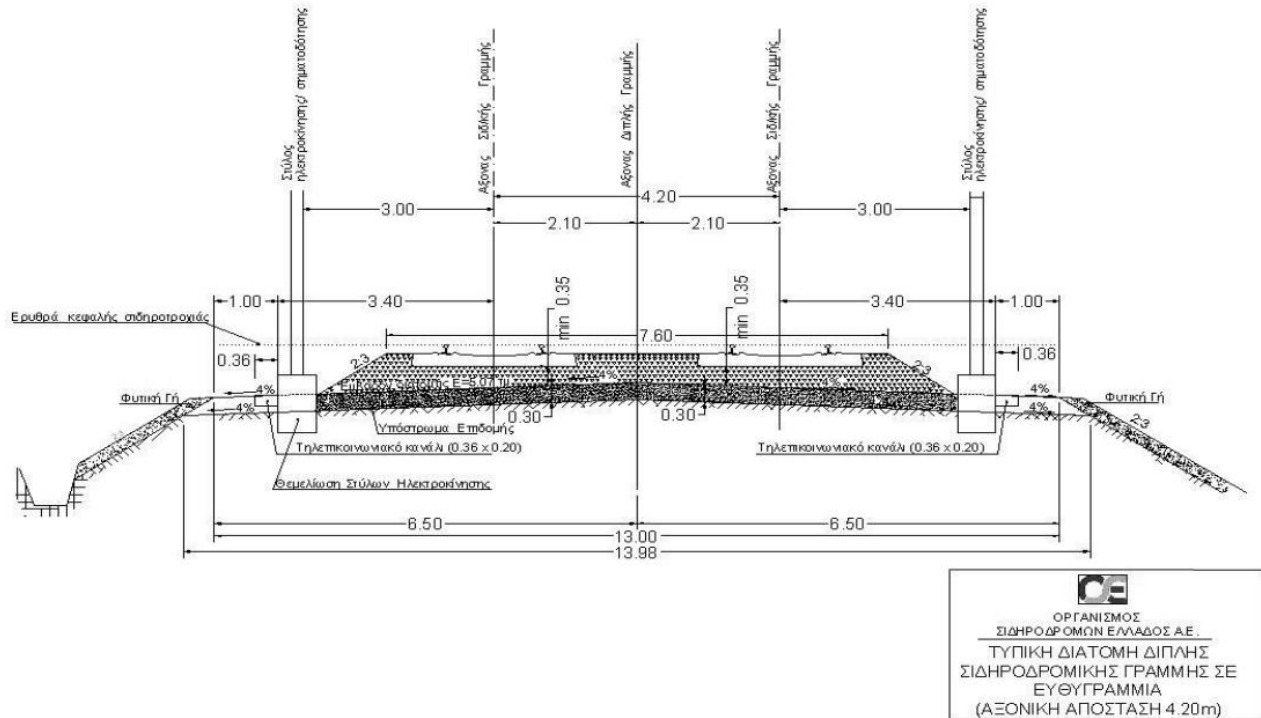
όπου, E_{b1} : το εμβαδό διατομής έρματος μόνης γραμμής
 e : το πάχος έδρασης όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο
 e_b : το πάχος έρματος μετρούμενο κάτω από τον στρωτήρα
 e_{sb} : το πάχος υποστρώματος ίσο με $0,30\text{m}$ αν υπάρχει (εφόσον $e \geq 0,60\text{m}$)

Αν έχουμε υπόστρωμα θεωρώ ότι για μονή γραμμή εκτίνεται σε πλάτος $6,5\text{m}$ άρα έχουμε εμβαδό διατομής:

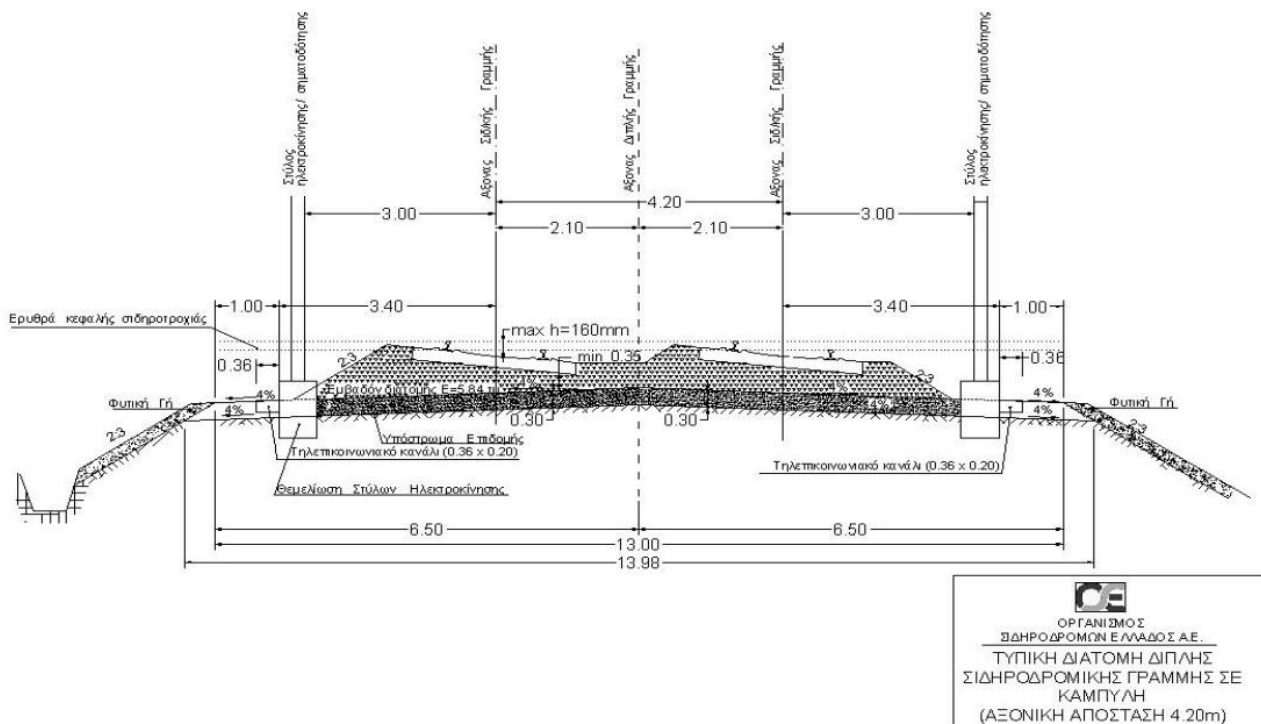
$$E_{sb1} = 0,30\text{m} * 6,5\text{m} = 1,95\text{m}^2$$

Όποτε συνολικό εμβαδό διατομής σκύρων μόνης γραμμής είναι:

$$E_{track1} = E_{b1} + E_{sb1}$$



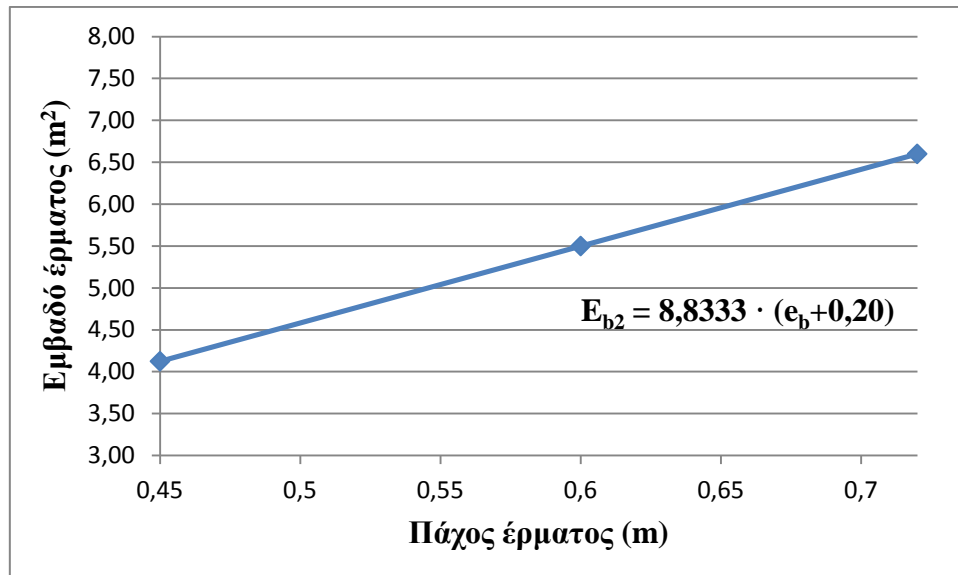
Σχήμα 4.13: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε ευθυγραμμία ($V \leq 200 \text{ km/h}$)



Σχήμα 4.14: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε καμπύλη ($V \leq 200 \text{ km/h}$)

Ομοίως, για τις τυπικές διατομές διπλής γραμμής ($V \leq 200 \text{ km/h}$) παρατηρούμε ότι το εμβαδόν έρματος αυξάνεται από $5,07 \text{ m}^2$ στην ευθυγραμμία σε $5,84 \text{ m}^2$ στην καμπύλη με υπερύψωση 160mm. Και σε αυτή την περίπτωση θα θεωρήσουμε ότι για

διπλή γραμμή με μέσο πάχος στρώσης έρματος 0,60 (μεγαλύτερο λόγω της κλίσης και του μεγαλύτερου πλάτους) το εμβαδό διατομής είναι περίπου 5,30m². Θεωρώντας το εμβαδό γραμμική συνάρτηση του πάχους έρματος σύμφωνα και με τις παραδοχές που κάναμε παραπάνω έχουμε:



Άρα το εμβαδό διατομής έρματος διπλής γραμμής ($V \leq 200\text{km/h}$) δίνεται από τον τύπο:

$$E_{b2} = 8,8333 \cdot (e_b + 0,20)$$

ή

$$E_{b2} = 8,8333 \cdot (e + 0,20 - e_{sb})$$

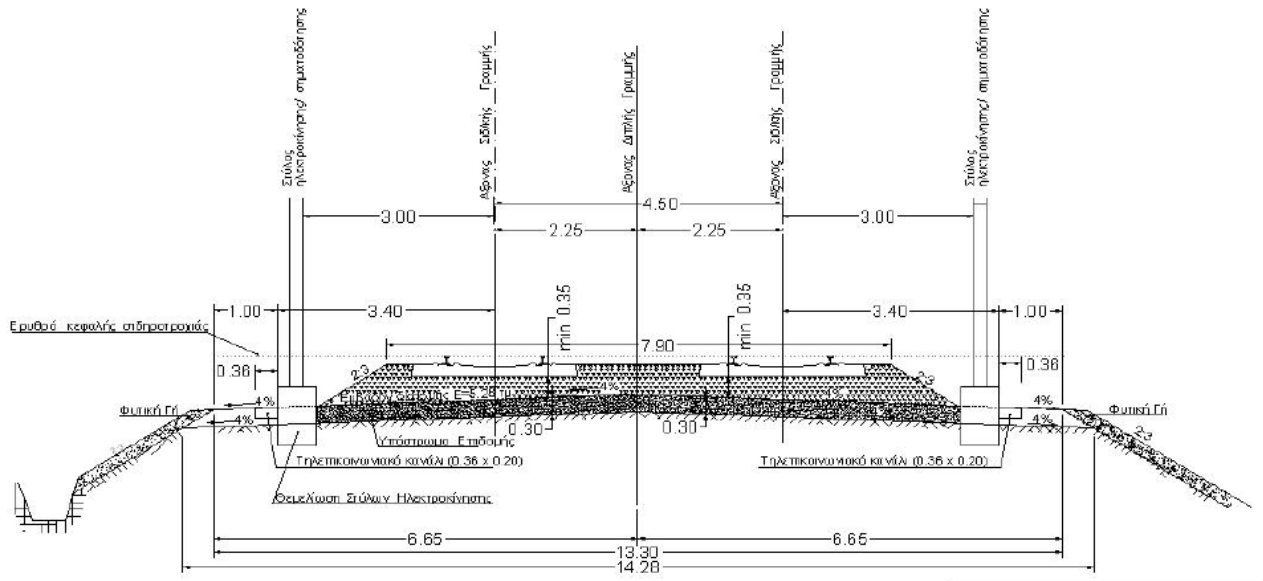
όπου, E_{b2} : το εμβαδό διατομής έρματος διπλής γραμμής ($V \leq 200\text{km/h}$)
 e : το πάχος έδρασης όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο
 e_b : το πάχος έρματος μετρούμενο κάτω από τον στρωτήρα
 e_{sb} : το πάχος υποστρώματος ίσο με 0,30m αν υπάρχει (εφόσον $e \geq 0,60\text{m}$)


Αν έχουμε υπόστρωμα θεωρώ ότι για διπλή γραμμή εκτίνεται σε πλάτος 11,5m άρα έχουμε εμβαδό διατομής:

$$E_{sb2} = 0,30\text{m} * 11,5\text{m} = 3,45\text{m}^2$$

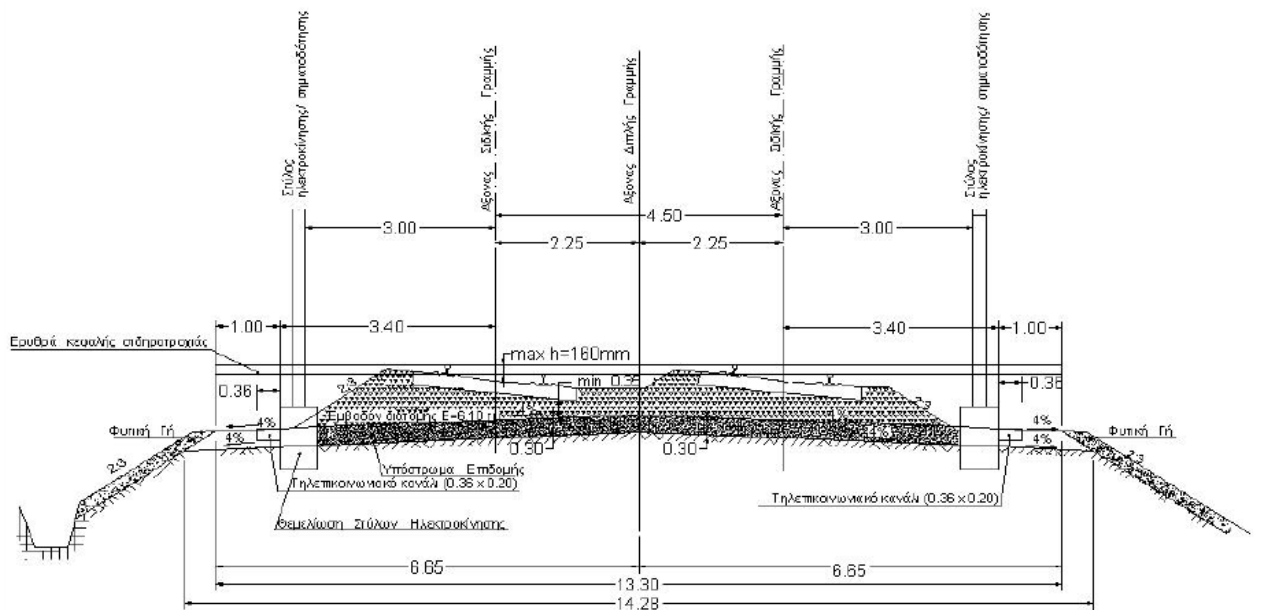
Το συνολικό εμβαδό διατομής σκύρων διπλής γραμμής ($V \leq 200\text{km/h}$) είναι:


$$E_{track2} = E_{b2} + E_{sb2}$$




 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
 ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.
 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΔΙΠΛΗΣ
 ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΕ
 ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑ
 (ΑΞΟΝΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ 4.50m)

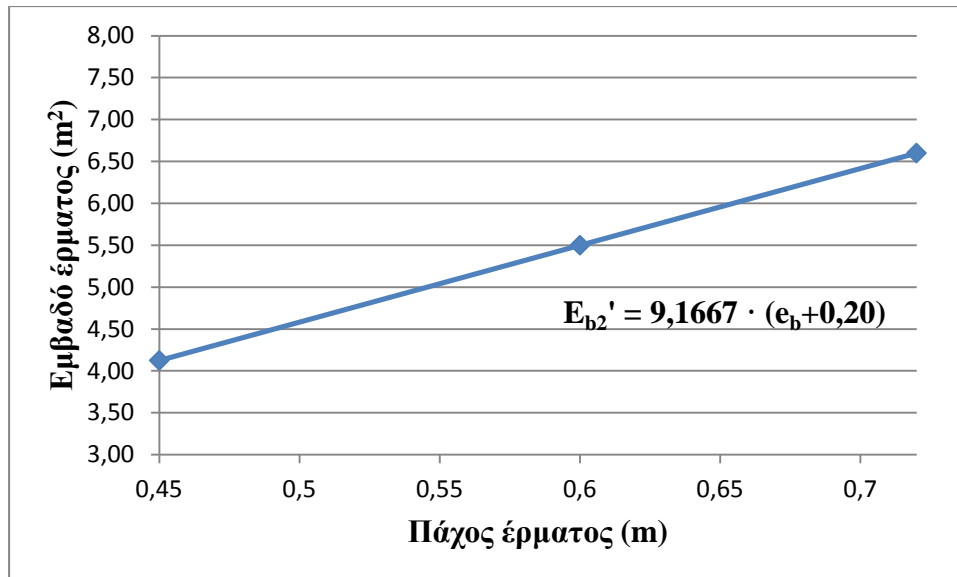
Σχήμα 4.15: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε ευθυγράμμια ($V > 200\text{km/h}$)




 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
 ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.
 ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΔΙΠΛΗΣ
 ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΕ
 ΚΑΜΠΥΛΗ
 (ΑΞΟΝΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ 4.50m)

Σχήμα 4.16: Τυπική διατομή διπλής γραμμής σε καμπύλη ($V > 200\text{km/h}$)

Για ταχύτητες μεγαλύτερες των 200km/h η διατομή διπλής γραμμής έχει αξονική απόσταση 4,5m. Το εμβαδό έρματος αυξάνεται από 5,28m² στην ευθυγραμμία σε 6,10m² στην καμπύλη με υπερύψωση 160mm. Θεωρώντας εμβαδό έρματος 5,5m² για πάχος στρώσης έρματος 0,60m. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία έχουμε:



Άρα το εμβαδό διατομής έρματος διπλής γραμμής ($V > 200 \text{ km/h}$) δίνεται από τον τύπο:

$$E_{b2}' = 9,1667 \cdot (e_b + 0,20)$$

ή

$$E_{b2}' = 9,1667 \cdot (e + 0,20 - e_{sb})$$

όπου, E_{b2}' : το εμβαδό διατομής έρματος διπλής γραμμής ($V > 200 \text{ km/h}$)

e : το πάχος έδρασης όπως υπολογίζεται από τη μέθοδο

e_b : το πάχος έρματος μετρούμενο κάτω από τον στρωτήρα

e_{sb} : το πάχος υποστρώματος ίσο με 0,30m αν υπάρχει (εφόσον $e \geq 0,60 \text{ m}$)

Αν έχουμε υπόστρωμα θεωρώ ότι για διπλή γραμμή εκτίνεται σε πλάτος 11,8m άρα έχουμε εμβαδό διατομής:

$$E_{sb2}' = 0,30 \text{ m} \cdot 11,8 \text{ m} = 3,47 \text{ m}^2$$

Το συνολικό εμβαδό διατομής σκύρων διπλής γραμμής ($V > 200 \text{ km/h}$) είναι:

$$E_{track2}' = E_{b2}' + E_{sb2}'$$

Οπότε για διπλή και για μονή γραμμή με $V \leq 200\text{km/h}$ ισχύει ο παρακάτω τύπος για το εμβαδό διατομής σκύρων:

$$E_{track1,2} = (3,6515 \cdot n + 1,5303) \cdot (e_b + 0,20) + 1,5n + 0,45, \text{ για } e \geq 0,60\text{m}$$

$$E_{track1,2} = (3,6515 \cdot n + 1,5303) \cdot (e_b + 0,20), \text{ για } e < 0,60\text{m} \text{ (χωρίς υπόστρωμα)}$$

Ενώ για γραμμές $V > 200\text{km/h}$ το εμβαδό είναι:

$$E_{track1,2}' = (3,9849 \cdot n_l + 1,1969) \cdot (e_b + 0,20) + 1,52n + 0,43, \text{ για } e \geq 0,60\text{m}$$

$$E_{track1,2}' = (3,9849 \cdot n + 1,1969) \cdot (e_b + 0,20), \text{ για } e < 0,60\text{m} \text{ (χωρίς υπόστρωμα)}$$

όπου, e_b : το πάχος έρματος μετρούμενο κάτω από τον στρωτήρα (m)

n : ο αριθμός των γραμμών (μονή ή διπλή γραμμή)

e : το πάχος έδρασης (m)

Σε αυτό το σημείο έχοντας αναφέρει όλα τα στοιχεία της επιδομής, με έναν πρόχειρο υπολογισμό το κόστος κατασκευής της για μονή γραμμή κυμαίνεται σε μια τιμή της τάξεως των 500.000-600.000 ανά χιλιόμετρο (χωρίς επιπρόσθετα κόστη απροβλέπτων), ανάλογα με τα υλικά και τα χαρακτηριστικά της γραμμής που επιλέγονται. Το αντίστοιχο κόστος επιδομής που προκύπτει από την εργασία του J.P. Baumgartner ανάλογα με το βάρος της σιδηροτροχιάς δίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 4.19: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής μονής γραμμής (τιμές 2011)

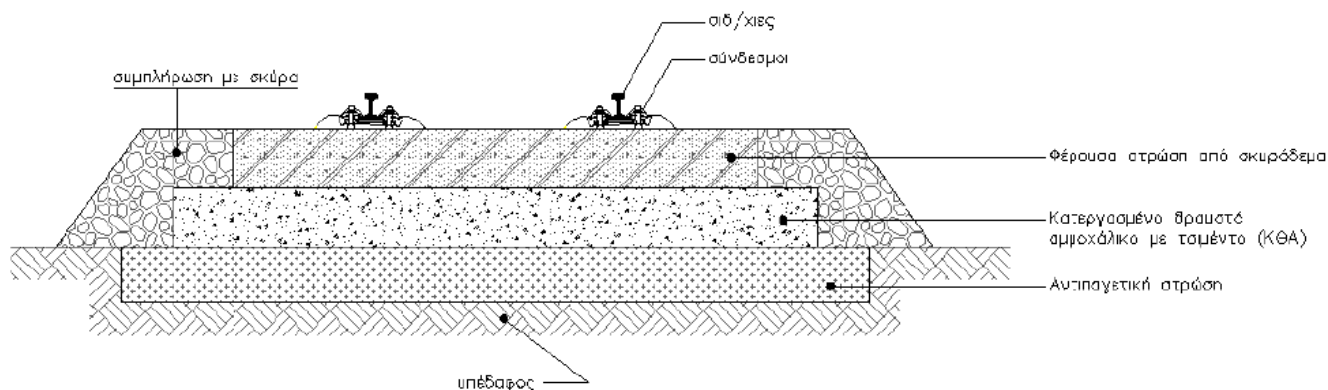
Βάρος σιδηροτροχιάς	[εκατομμύρια €/km γραμμής]
- 50 kg/m	0,375 (0,25 έως 0,5)
- 60 kg/m	0,5 (0,375 έως 0,625)
- 70 kg/m	0,625 (0,625 έως 0,75)

4.4.8 Έδραση με Σταθερή Επιδομή

Με την αύξηση της ταχύτητας των συρμών παρατηρήθηκε σημαντική φθορά στο έρμα, το οποίο λόγω των δυναμικών φορτίων, τροχοπεδήσεων κλπ. κυριολεκτικά συνθλίβεται και συμπυκνώνεται με αποτέλεσμα την απώλεια της ελαστικότητάς του και τη δυσχέρεια στην απορροή των όμβριων. Υπό αυτές τις συνθήκες η διατήρηση της γεωμετρίας της γραμμής απαιτεί συχνότατες και δαπανηρότατες επεμβάσεις, τα

δε επιμέρους δομικά υλικά (στρωτήρες, σιδηροτροχιές, υλικά σύνδεσης κ.λ.π.) υφίστανται ανεπίτρεπτες φθορές και χρήζουν αντικατάστασης πολύ νωρίτερα από τον αναμενόμενο χρόνο ζωής των. Τέλος πολλές φορές απαιτούνται δαπανηρές επεμβάσεις και στην υποδομή. Οι αρνητικές αυτές εμπειρίες όλων των δικτύων οδήγησαν διεθνώς στην υιοθέτηση της σταθερής επιδομής (Slab Track ή Feste Fahrbahn).

Η άκαμπτη φέρουσα κατασκευή αποτελείται από φέρουσα διαμήκη, συνεχή, δύσκαμπτη πλάκα από σκυρόδεμα (αλλά και από άσφαλτο) κατάλληλου πάχους και πλάτους (π.χ. 20 cm και 30 cm αντίστοιχα) και εδράζεται κατά κανόνα σε στρώση από κατεργασμένο θραυστό αμμοχάλικο με τσιμέντο (Κ.Θ.Α.), κατάλληλου πάχους (20 – 40 εκατ.) και πλάτους όσο της επάνω πλάκας αυξημένου κατά το διπλάσιο του πάχους της ίδιας στρώσης. Η στρώση αυτή εδράζεται σε κατάλληλα διαμορφωμένο και καλά συμπυκνωμένο (σταθεροποιημένο) έδαφος με ή χωρίς αντιπαγετική στρώση.



Σχήμα 4.17: Σχηματική παράσταση δομής σταθερής επιδομής μονής γραμμής (ΕΔΙΣΥ, 2009)

Υπάρχουν αρκετά εγκεκριμένα συστήματα, περίπου δέκα σε όλο τον κόσμο και άλλα τόσα που βρίσκονται στη διαδικασία έγκρισης. Τα πλέον γνωστά είναι: RHEDA, BERLIN, ZUBLIN, GETRAC, ATD, STEDEF, SONNEVILLE, WALO, EDILON, SHINKANSEN, IPA, OBB-PORR, ERS, BOEGL κλπ..

4.4.8.1 Κριτήρια επιλογής επιδομής γραμμής και κόστος

Κύρια διαφορά μεταξύ σκυρογραμμής και σταθερής επιδομής (Σ.Ε.) είναι η έδραση της γραμμής που είναι εύκαμπτη και άκαμπτη αντίστοιχα. Και στις δυο τεχνικές υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που περιλαμβάνονται στον παρακάτω πίνακα (Φώλας, 2009).

Πίνακας 4.20: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σταθερής επιδομής – σκυρογραμμής

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ	
ΓΡΑΜΜΗ ΜΕ ΕΡΜΑ	ΓΡΑΜΜΗ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΕΠΙΔΟΜΗ
+Σχετικά μικρό κόστος κατασκευής	-Σχετικά μεγάλο κόστος Κατασκευής
-Μεγάλο κόστος συντήρησης	+Μικρό κόστος συντήρησης
-Μικρή διάρκεια ζωής (25 – 30 χρόνια)	+Μεγάλη διάρκεια ζωής (60 χρόνια)
-Μικρή σχετικά εγκάρσια αντίσταση	+Μεγάλη σχετικά εγκάρσια Αντίσταση
-Βαριά σχετικά κατασκευή	+Ελαφριά σχετικά κατασκευή
+Εύκολη διόρθωση σφαλμάτων Γραμμής	-Προβληματική η διόρθωση της γεωμετρίας της γραμμής
-Μεγάλο συγκριτικά ύψος κατασκευής της επιδομής	+Μικρό συγκριτικά ύψος κατασκευής της επιδομής (μείωση ύψους σήραγγας 0,90μ)
+Μικρός χρόνος κατασκευής	-Μεγάλος χρόνος κατασκευής (3πλάσιος – 5πλάσιος)
+Ελαστικότητα	-Μειωμένη ελαστικότητα
+Τεχνική ευρέως διαδεδομένη και γνωστή	-Νέα τεχνική συνεχώς εξελισσόμενη. Απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό
+Καλή συμπεριφορά στις διαφορικές καθιζήσεις	-Απαίτηση πολύ καλής ποιότητας Υποδομής
+Απορρόφηση θορύβου	-Απαίτηση ειδικής προστασίας για ηχορύπανση (3dB μεγαλύτερη)
-Δύσκολη πρόσβαση από τα οδικά οχήματα σε περίπτωση ανάγκης	+Εύκολη πρόσβαση από τα οδικά οχήματα. Δυνατότητα κυκλοφορίας επί της επιδομής
-Κατά τη διέλευση των συρμών με υψηλές ταχύτητες «στροβιλισμός» των σκύρων σε περίπτωση πτώσης στοιχείων από το όχημα στη γραμμή και φθορές στην επιδομή από το τροχιαίο υλικό	+Το πρόβλημα του «στροβιλισμού» δεν υφίσταται
-Προβλήματα λειτουργίας στην περίπτωση του συστήματος πέδησης με ρεύματα Foucault	+Λειτουργία του συστήματος πέδησης με ρεύματα Foucault χωρίς περιορισμούς

Οι σημαντικότερες διαφορές των δύο συστημάτων είναι το κόστος κατασκευής, όπου υπερτερεί η σκυρογραμμή και η έλλειψη ουσιαστικής συντήρησης στην σταθερή επιδομή. Το κόστος κατασκευής της σταθερής επιδομής για πάχος έδρασης 40-45 cm είναι μεγαλύτερο κατά 10-20% στις διατομές μέσα σε σήραγγα και κατά 70-90% στις διατομές ανοικτής γραμμής. Για το σκοπό αυτό η επιδομή χωρίς έρμα είναι προτιμητέα στα υπόγεια τμήματα γραμμής (σήραγγες, δίκτυα μετρό).

Λόγω του μικρότερου βάρους της, προτιμάται η κατασκευή της σταθερής επιδομής πάνω σε γέφυρες αν και η κατασκευή της στις περιπτώσεις αυτές είναι κατά πολύ μεγαλύτερη.

Οι κυριότεροι περιορισμοί που αφορούν την εφαρμογή Σ.Ε. είναι οι εξής (ΕΔΙΣΥ, 2009):

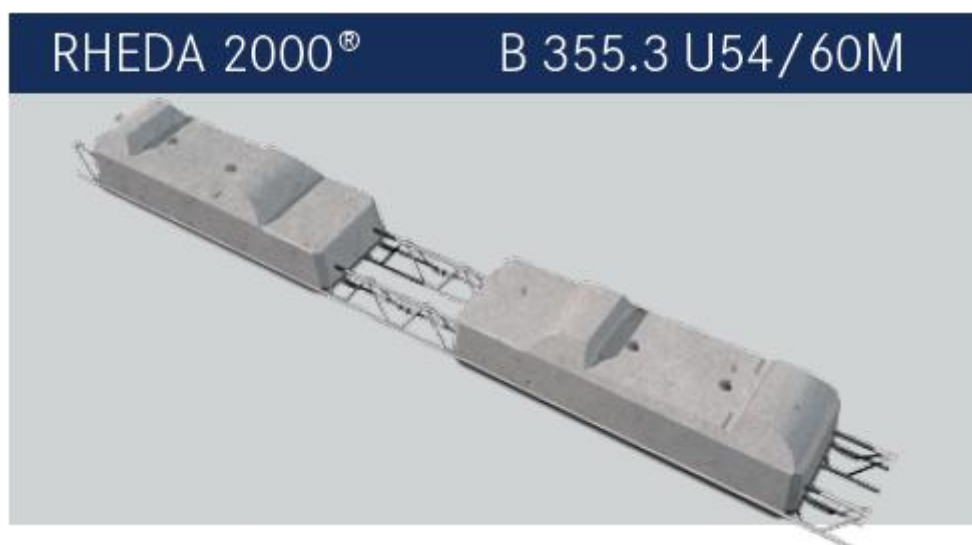
- Δεν πρέπει να εφαρμόζεται η σταθερή επιδομή σε περιπτώσεις εδαφών στα οποία προβλέπονται καθιζήσεις, (μετά την εφαρμογή και λειτουργία της Σ.Ε.), μεγαλύτερες από το τετραπλάσιο της προβλεπόμενης τιμής διορθώσεως στον σύνδεσμο της γραμμής, καθώς επίσης σε περιπτώσεις που δεν μπορούν να αποκλεισθούν απρόβλεπτες μεγάλες καθιζήσεις από άλλες αιτίες (πχ. τεκτονικά φαινόμενα, φαινόμενα θραύσεως ή διογκώσεις εδαφών κ.α.) που έχουν σχετικά μεγάλη πιθανότητα να συμβούν.
- Δεν ενδείκνυται κατασκευή Σ.Ε. σε σήραγγες επί εδαφών ευπαθών σε καταπτώσεις (χοάνες) ή σε εδάφη που είναι δυνατόν να προκύψουν διογκούμενοι γεωτεχνικοί σχηματισμοί.
- Δεν πρέπει να εφαρμόζεται η Σ.Ε. σε ανοιχτή γραμμή, σε περιπτώσεις που η μέγιστη άνω στάθμη του υπογείου ύδατος ευρίσκεται σε λιγότερο από 1,5m κάτω από την άνω στάθμη κεφαλής σιδηροτροχιάς

Η κατασκευή σταθερής επιδομής πέραν των σιδηροτροχιών περιλαμβάνει εντελώς διαφορετικές εργασίες και προμήθειες όπως προκύπτει από τα αναλυτικά τιμολόγια σιδηροδρομικών εργασιών:

Πίνακας 4.21: Κόστος βασικών σιδηροδρομικών εργασιών σταθερής επιδομής (Α.Δ.635)

Περιγραφή Εργασίας / Προμήθειας	Άρθρο ΑΤΕΟ	Μονάδα	Κόστος / Μονάδα
Πλήρης κατασκευή επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.), άνευ της αξίας των σιδηροτροχιών και στρωτήρων	ΟΔΟ 2612 ΟΔΟ 2551	MM	209,00
Κατασκευή της στρώσης κατεργασμένου θραυστού αμμοχάλικου (ΚΘΑ), ως υπόστρωμα για τη φέρουσα στρώση από σκυρόδεμα της επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.)	ΟΔΟ 2522	m3	60,00
Άνω, μη σταθεροποιημένη με τσιμέντο, φέρουσα στρώση της επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.)	ΟΔΟ 2111	m3	7,50
Σκυροδέματα - Σκυρόδεμα κατηγορίας C12/15 (B10 ή B15) - C12/15 (B10) κοιτοστρώσεων, περιβλημάτων αγωγών, εξομαλυντικών στρώσεων κ.λ.π. για την κατασκευή της επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.)	ΟΔΟ 2531	m3	68,40
Σκυροδέματα - Σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 - C16/20 ρείθρων, τραπεζοειδών τάφρων, προστασίας στεγάνωσης γεφυρών κ.λ.π. για την κατασκευή της επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.)	ΟΔΟ 2532	m3	74,40

Οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30 επί καταστρώματος γέφυρας για την κατασκευή της επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.)	ΟΔΟ 2532	m ³	113,00
Σιδηροί οπλισμοί B500c για την κατασκευή της φέρουσας στρώσης της επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.)	ΟΔΟ 2612	Kg	1,00
Στρωτήρας B355.3 U60 ή αναλόγου τύπου για την κατασκευή της επιδομής χωρίς έρμα (Σ.Ε.) μετά των ελαστικών συνδέσμων και υποθεμάτων	ΟΔΟ 2566	τεμ.	140,00



Σχήμα 4.18: Σχέδιο στρωτήρα τύπου B 355.3 για κατασκευή σταθερής επιδομής

4.4.8.2 Μεθοδολογία Κοστολόγησης Σταθερής Επιδομής

Λόγω έλλειψης επιπλέον τιμολογιακών μεγεθών σταθερής επιδομής η πλήρη διαστασιολόγηση Σ.Ε. δεν θα αποτελέσει αντικείμενο αυτής της εργασίας. Το κόστος κατασκευής Σ.Ε. θα προκύψει ως αναλόγια του κόστους κατασκευής σκυρογραμμής. Σε μία αξιολόγηση για την επιλογή ανάμεσα στα δύο συστήματα συνηθίζεται, αντί για την αντιπαραβολή απόλυτων τιμών εφαρμογής ανά μέτρο μήκους Σ.Ε. και σκυρογραμμής, να παρατίθεται μία αναλογία κλάσματος ανάμεσα στις δύο μεθόδους (Ζουλούμης, Μπάσμπας, 2005). Η διακύμανση αυτής της αναλογίας ποικίλει από χώρα σε χώρα, καθώς εμπεριέχει σημαντικά στοιχεία διαφοροποίησης, οφειλόμενα κυρίως στο γενικότερο σύστημα παραγωγής δημοσίων έργων (τιμολόγια εφαρμογής, τρόπος κοστολόγησης εργασιών και υλικών, γενικότερο οικονομικό επίπεδο της χώρας). Η αναλογία θα προκύψει με βάση τις παρακάτω βιβλιογραφικές πηγές:

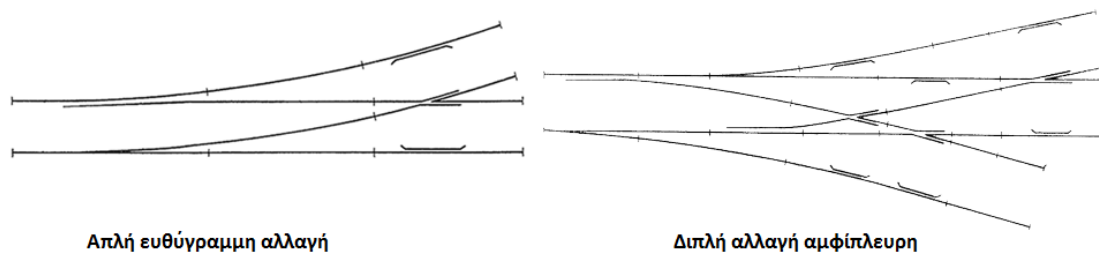
- Σύμφωνα με τα στοιχεία των Γερμανικών Σιδηροδρόμων κατά μέσο όρο σε μια γραμμή η κατασκευή της σταθερής επιδομής παρουσιάζει πρόσθετη δαπάνη της τάξεως του 50% (Φώλας, 2009).
 - Σύμφωνα με στοιχεία των Ιαπωνικών Σιδηρόδρομων η κατασκευή σταθερής επιδομής, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στο δίκτυο υψηλών ταχυτήτων (Shinkansen), είναι συνήθως 30% πιο δαπανηρή από την συμβατική σκυρογραμμή ενώ το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει και το 50% (Bilow, Randich, 2000).
 - Σύμφωνα με στοιχεία της Βρετανικής κατασκευαστικής εταιρίας Balfour Beatty το πρωταρχικό κόστος κατασκευής σταθερής επιδομής είναι 30 – 60% αυξημένο έναντι της σκυρογραμμής (Neil, 2011).
- Από τα παραπάνω προκύπτει ότι υιοθέτηση μια αναλογίας κόστους κατασκευής Σ.Ε. κατά 40% αυξημένη από αυτή της σκυρογραμμής αποτελεί μια καλή προσέγγιση. Προς επαλήθευση της παραπάνω παραδοχής το κόστος κατασκευής Σ.Ε. τύπου Rheda 2000 στις σήραγγες Οθρύος και Καλλιδρόμου, συνολικού μήκους 39 χιλιομέτρων, ανήλθε στα 25.438.000€ (χωρίς κόστος σιδ/χιας). Δηλαδή κόστος 746.000€/km (μονής γραμμής μαζί με κόστος σιδ/χιας) όταν μια αντίστοιχη σκυρογραμμή κοστολογείται 500.000-600.000€/km μονής γραμμής.

4.4.9 Σχηματισμοί γραμμής

4.4.9.1 Αλλαγές

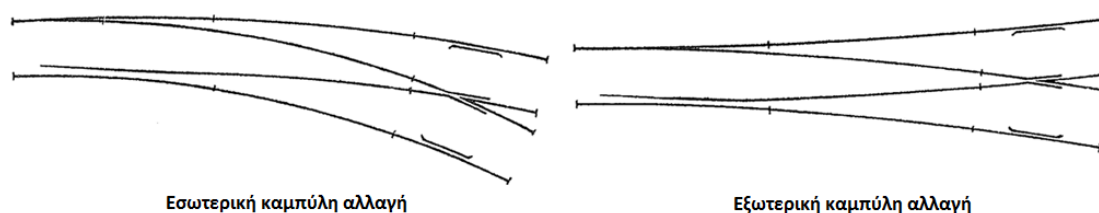
Οι αλλαγές είναι συσκευές γραμμής, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα στους συρμούς να αλλάζουν κατεύθυνση χωρίς να διακόπτεται η πορεία τους. Οι μηχανισμοί αυτοί τοποθετούνται συνήθως στην περιοχή των σταθμών, αλλά και στην ανοικτή γραμμή, συνδέοντας γραμμές μεταξύ τους σε άπλες ή διπλές συνδέσεις. Οι αλλαγές διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τις ευθύγραμμες και τις καμπύλες:

- Ευθύγραμμες αλλαγές
 - Απλή ευθύγραμμη αλλαγή (EW: Einfache Weiche)
 - Διπλή αλλαγή αμφίπλευρη
 - Διπλή αλλαγή μονόπλευρη
- Καμπύλες αλλαγές
 - Εσωτερική καμπύλη αλλαγή
 - Εξωτερική καμπύλη αλλαγή



Απλή ευθύγραμμη αλλαγή

Διπλή αλλαγή αμφίπλευρη

Σχήμα 4.19: Σχέδια ευθύγραμμων αλλαγών

Εσωτερική καμπύλη αλλαγή

Εξωτερική καμπύλη αλλαγή

Σχήμα 4.20: Σχέδια καμπύλων αλλαγών

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.19 η απλή ευθύγραμμη αλλαγή είναι ο σχηματισμός όπου μια γραμμή διαχωρίζεται σε δυο, με την κύρια γραμμή σε ευθυγραμμία. Όταν έχουμε γραμμή, η οποία χωρίζεται σε τρεις, με την μεσαία σε να είναι σε ευθυγραμμία και οι άλλες δυο συμμετρικές εκατέρωθεν πρόκειται για διπλή αμφίπλευρη αλλαγή. Αντίστοιχα αν έχουμε διπλή αλλαγή με οποιαδήποτε άλλη γραμμή (εκτός της μεσαίας) σε ευθυγραμμία πρόκειται για διπλή μονόπλευρη αλλαγή.

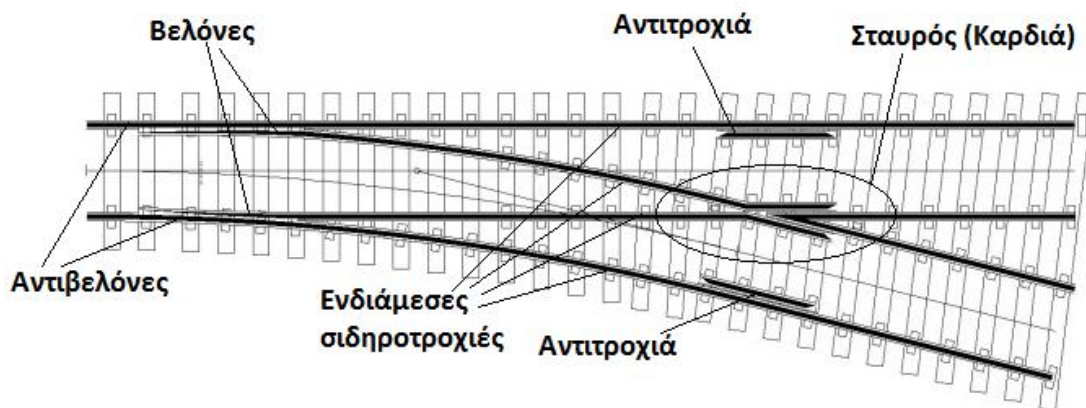
Οι αλλαγές χαρακτηρίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αναγνωρίζονται τεχνικά στοιχεία τους ως προς τη θέση τους στην επιδομή και τη λειτουργία. Συγκεκριμένα, τα πέντε στοιχεία που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή τους είναι τα εξής:

- Είδος αλλαγής (όπως αναφέρθηκαν παραπάνω)
- Τύπος σιδηροτροχιάς
- Κλίση αλλαγής (στη μορφή 1:n)
- Ακτίνα αλλαγής
- Τύπος στατήρων

Για την περιγραφή καμπύλης αλλαγής χρησιμοποιούμε επιπλέον την ακτίνα της βασικής γραμμής της καμπύλης αλλαγής (R_k) και την ακτίνα της διακλαδιζόμενης γραμμής της καμπύλης αλλαγής (R_d). Η γεωμετρία της αλλαγής χαρακτηρίζεται από την ακτίνα R του καμπύλου κλάδου και την κλίση 1:n και είναι ανεξάρτητη της διατομής της σιδηροτροχιάς και του τύπου των στρωτήρων από τον οποίο κατασκευάζεται. Τα κατασκευαστικά στοιχεία των αλλαγών είναι:

- Σταυρός (καρδιά): Το τεμάχιο όπου διασταυρώνονται οι δυο εσωτερικές σιδηροτροχιές (στην απλή αλλαγή)

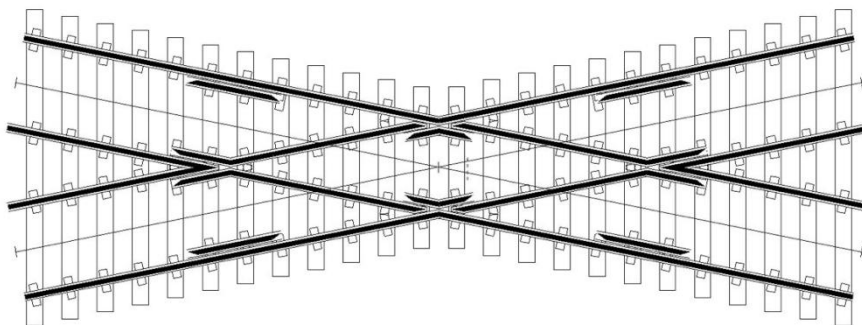
- Βελόνες: Τα κινητά μέρη της αλλαγής που οδηγούν τον συρμό στη μια ή στην άλλη διεύθυνση
- Αντιβελόνες: Τα τεμάχια με διατομή κανονικής σιδηροτροχιάς στα οποία πρόσκεινται η βελόνες, διαμορφωμένα κατάλληλα ώστε να υποδεχτούν την αιχμή τους
- Αντιτροχιές (κόντρα σιδερά): Τα τεμάχια που τοποθετούνται απέναντι από τις θέσεις χωρίς καθοδήγηση (σταυρός), ώστε να δεσμεύεται ο τροχός και να εισέρχεται στο επιθυμητό κανάλι
- Ενδιάμεσες σιδηροτροχιές: Είναι οι σιδηροτροχιές κανονικής διατομής μεταξύ των βελονών και του σταυρού



Σχήμα 4.21: Κατασκευαστικά στοιχεία αλλαγών

4.4.9.2 Διασταυρώσεις

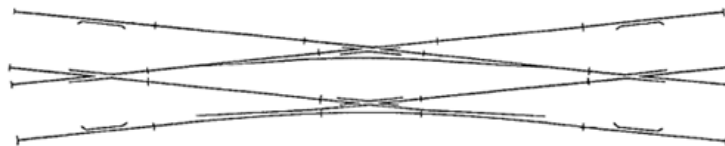
Η διασταύρωση είναι η τομή δυο σιδηροδρομικών γραμμών ισόπεδα (Λυμπέρης, 2009). Όπως και οι αλλαγές, μπορούν και αυτές να είναι είτε ευθύγραμμες είτε καμπύλες. Μια απλή διασταύρωση περιλαμβάνει δυο απλούς και δυο διπλούς σταυρούς, ενώ οι συρμοί δεν έχουν τη δυνατότητα αλλαγής κατεύθυνσης.



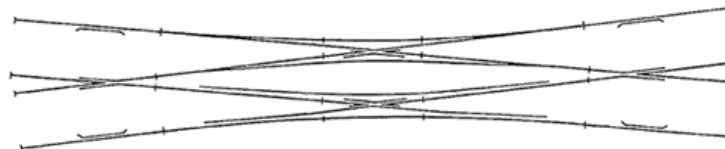
Οι διασταυρώσεις αλλαγές είναι διατάξεις όπως οι απλές διασταυρώσεις με την διαφορά ότι παρέχεται η δυνατότητα, πέραν της χιαστής κίνησης των συρμών, αλλαγής κατεύθυνσης. Ανάλογα με τις κινήσεις που επιτρέπονται, περιλαμβάνουν καμπύλα τεμάχια είτε μονόπλευρα είτε αμφίπλευρα, δημιουργώντας απλές ή αντίστοιχα διπλές διασταυρώσεις αλλαγές.

Συνοπτικά οι τύποι διασταυρώσεων που διακρίνονται ανάλογα με τη διαμόρφωση τους είναι:

- Η ευθύγραμμη διασταύρωση
- Η καμπύλη διασταύρωση
- Η απλή διασταύρωση αλλαγή
- Η διπλή διασταύρωση αλλαγή



Απλή διασταύρωση αλλαγή



Διπλή διασταύρωση αλλαγή

4.4.9.3 Κόστος Αλλαγών – Διασταυρώσεων

Η κατασκευή αλλαγών και διασταυρώσεων όπως και αυτή της επιδομής αποτελεί μέρος των σιδηροδρομικών εργασιών. Το κόστος κατασκευής τους μπορεί να αναλυθεί σε δαπάνες εργασιών (στρώσης, συναρμολόγησης κλπ.) και προμήθειας των συσκευών – μηχανισμών γραμμής. Το μέσο κόστος των εργασιών και των προμηθειών διαφόρων αλλαγών και διασταυρώσεων παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 4.22: Ενδεικτικό μέσο κόστος αλλαγών (Τιμολόγια Μελέτης Έργων Α.Δ. 635,731,740)

ΑΛΛΑΓΕΣ - ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ		Μονάδες	Κόστος
Εργασίες	Συναρμολόγηση και στρώση αλλαγής τροχιάς ή διασταύρωσης οποιουδήποτε τύπου μετά της μεταφοράς της στον τόπο του έργου	τεμ.	8.500,0
	Σκυρόστρωση, οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση αλλαγής ή διασταύρωσης κανονικού εύρους, με χρήση βαρέος μηχ/τος γραμμής	τεμ.	4.500,0
	Αποξήλωση, μεταφορά και αποθήκευση αλλαγών τροχιάς	τεμ.	4.000,0
Προμήθειες	Προμήθεια και μεταφορά μιας αλλαγής τροχιάς EW 54E1* (1:9 ή 1:7) με ξύλινους στρωτήρες	τεμ.	50.000,0
	Προμήθεια και μεταφορά μιας αλλαγής τροχιάς EW 54E1* (1:9 ή 1:7) με ολόσωμους στρωτήρες προενταταμένου σκυροδέματος	τεμ.	65.600,0
	Προμήθεια και μεταφορά μιας αλλαγής τροχιάς EW 60E1* (1:9 ή 1:7) με ολόσωμους στρωτήρες προενταταμένου σκυροδέματος	τεμ.	70.000,0
	Προμήθεια και μεταφορά μιας αλλαγής τροχιάς επί καμπύλης 60E1* (1:18 ή 1:19) με ολόσωμους στρωτήρες προενταταμένου σκυροδέματος	τεμ.	75.000,0
	Προμήθεια και μεταφορά διασταύρωσης UIC 60, 1:9	τεμ.	98.000,0

Παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος (εργασίες και προμήθεια) μιας αλλαγής τροχιάς ξεκινά με μια τιμή περί τα €63.000 για αλλαγή με μεγάλη κλίση (μικρότερο μήκος ειδικών τεμαχίων), ξύλινους στρωτήρες και σιδηροτροχιά 54E1. Στην ίδια περίπτωση, αν επιλέγουν στρωτήρες σκυροδέματος, έναντι του ξύλινων, το συνολικό κόστος παρουσιάζει αύξηση της τάξεως του 24,7% (€78.600), ενώ αν επιλεγεί και σιδηροτροχιά 60E1 παρουσιάζεται επιπλέον αύξηση 5,6% (€83.000). Αντίστοιχα, μια αλλαγή μικρής κλίσης (1:18 - 1:19) με στρωτήρες από σκυρόδεμα και σιδηροτροχιά 60E1 έχει συνολικό μέσο κόστος κατασκευής €88.000, ενώ μια συνήθης διασταύρωση (60E1, 1:9) €111.000.

Σε αντιπαράθεση, το κόστος επένδυσης για αλλαγές και διασταυρώσεις, σύμφωνα με το "Prices and costs in the railway sector", παρουσιάζεται στον πίνακα# και περιλαμβάνει τα έξοδα προμήθειας, συναρμολόγησης και στρώσης (χωρίς το κόστος έλεγχου του εξοπλισμού).

Πίνακας 4.23: Ενδεικτικό κόστος αλλαγών και διασταυρώσεων (J.P. Baumgartner)

Αλλαγές και Διασταυρώσεις	[χιλιάδες €/μονάδα]
Αλλαγή με μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9)	50 (40 έως 80)
Διπλή διασταύρωση αλλαγή (1:8 έως 1:9)	130 (120 έως 160)
Αλλαγή με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20)	130 (120 έως 150)

Παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές το κόστος των αλλαγών με μικρή κλίση κυμαίνονται σε παρόμοιες τιμές με αυτές των ελληνικών τιμολογίων. Αντίθετα, οι διασταυρώσεις εμφανίζονται 17% ακριβότερες στο "Prices and costs in the railway sector" (γεγονός που δικαιολογείται καθώς αφορούν διπλή διασταύρωση αλλαγή) και

οι αλλαγές με μικρή κλίση 48% ακριβότερες έναντι των ελληνικών τιμολογίων. Δεχόμαστε ότι:

- μια αλλαγή μεγάλης κλίσης με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60 σιδηροτροχιά κοστίζει συνολικά 83.000€.
- μια αλλαγή μικρής κλίσης με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60 σιδηροτροχιά κοστίζει συνολικά 88.000€.
- αν έχουμε μείωση του βάρους σιδηροτροχιάς κατά 10% (από UIC60 σε UIC54) το κόστος μειώνεται κατά 5%.
- αν επιλέξουμε και ξύλινους στρωτήρες τότε έχουμε επιπλέον μείωση 24%
- τα ποσοστά ισχύουν και για μικρή και για μεγάλη κλίση αλλαγής καθώς η διαφορά στη τιμή τους είναι μικρή.
- μια διασταύρωση με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC 60 κοστίζει συνολικά 120.000€.

4.5 Εγκαταστάσεις ηλεκτροκίνησης

4.5.1 Βασικά χαρακτηριστικά συστημάτων τροφοδοσίας

Στις κύριες γραμμές των σιδηροδρομικών δικτύων είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη η ηλεκτρική ενέργεια για την κίνηση των συρμών. Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί έναν οικονομικό και αποτελεσματικό τρόπο λειτουργίας σε γραμμές με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, όπου η σημαντική δαπάνη κατασκευής δικαιολογεί την επένδυση. Στα θετικά της ηλεκτροκίνησης κυριαρχεί το χαμηλό κόστος κατανάλωσης (ρεύματος) αυτού του είδους μηχανών έλξης. Οι ηλεκτράμαξες (electric locomotives), πλεονεκτούν έναντι των ντιζελαμαξών, καθώς όντας μηχανές μετατροπής και όχι παράγωγης ενέργειας μπορούν να αναπτύξουν πολύ μεγαλύτερη ισχύ από την ονομαστική τους καταφεύγοντας στους πόρους δικτύου. Επίσης, έχουν μικρότερο κόστος συντήρησης, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και είναι πιο αθόρυβες από τους άλλους τύπους μηχανών έλξης. Τα μεγαλύτερα προβλήματα της ηλεκτροκίνητης σιδηροδρομικής λειτουργίας συνδέονται με τις μεγάλες δαπάνες κατασκευής και συντήρησης των μόνιμων εγκαταστάσεων της ηλεκτροκίνησης (γραμμή επαφής, κατασκευές ανάρτησης της καλωδίωσης, υποσταθμοί έλξης κλπ.) και τη δαπανηρή μόνωση που απαιτείται συνήθως στα κυκλώματα των συστημάτων σηματοδότησης.

Τα συστήματα ηλεκτροκίνησης στον σιδηρόδρομο διακρίνονται κυρίως σε δύο τύπους ανάλογα με τον εξοπλισμό:

- εναέρια συστήματα τροφοδοσίας
- συστήματα με τρίτη σιδηροτροχιά

Σε κάθε σύστημα η ενέργεια μεταφέρεται στα κινούμενα τραίνα μέσω ενός συνεχούς ή σχεδόν συνεχούς αγωγού επαφής. Στην περίπτωση των εναέριων

συστημάτων ο αγωγός επαφής αναρτάται από ένα σύστημα αλυσοειδών καλωδίων (catenary) και ακουμπά πάνω στις ταινίες επαφής του παντογράφου, ο οποίος τοποθετείται στις μηχανές έλξης. Για την τροφοδοσία της εναέριας γραμμής επαφής και τη λειτουργία του συστήματος της ηλεκτροκίνησης των σιδηροδρομικών δικτύων απαιτείται η κατασκευή υποσταθμού για την σύνδεση με το δίκτυο υψηλής τάσης. Αντίστοιχα, στα συστήματα τρίτης σιδηροτροχιάς ο αγωγός επαφής προσαρτάται στην σιδηροτροχιά, η οποία με τη σειρά της στηρίζεται επάνω στον στρωτήρα.

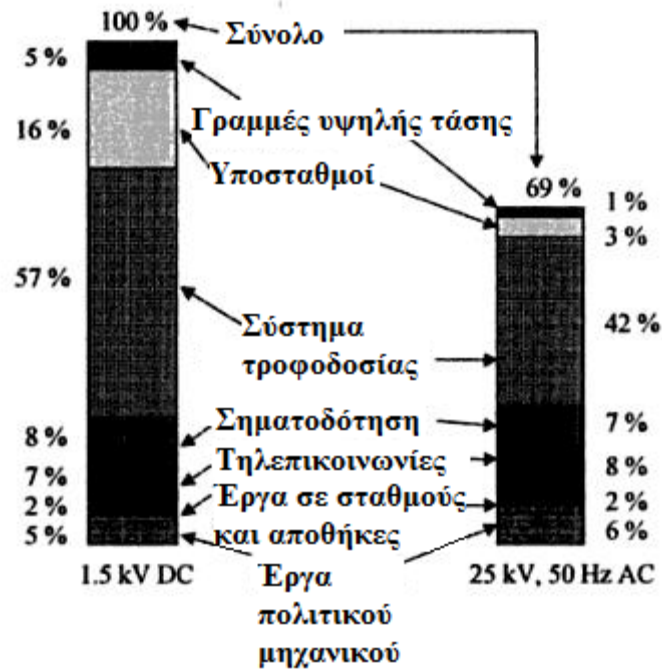


Εικόνα 4.5: Σύστημα εναέριας τροφοδοσίας (αριστερά) και τρίτης σιδηροτροχιάς (δεξιά)

Ανάλογα με την ηλεκτρική πηγή που χρησιμοποιείται έχουμε συστήματα ηλεκτροκίνησης με (Καλτσούνης, 2000):

- συνεχές ρεύμα (DC)
- εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)

Στην πράξη όλα τα συστήματα τρίτης σιδηροτροχιάς χρησιμοποιούν συνεχές ρεύμα, τάσης της τάξης των 600-750 volt, καθώς μπορεί να διαθέσει 41% περισσότερη ενέργεια από το εναλλασσόμενο (στην ίδια τάση αιχμής). Το συνεχές ρεύμα χρησιμοποιείται και στα εναέρια συστήματα τροφοδοσίας, ωστόσο το εναλλασσόμενο ρεύμα πλεονεκτεί, καθώς απαιτεί μικρότερο κι ελαφρύτερο καλώδιο και κατασκευή λιγότερων υποσταθμών τροφοδοσίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα, ειδικότερα με σχετικά υψηλές τάσεις εναερίων αγωγών τροφοδοσίας (10 kV ή μεγαλύτερες), έχουμε μικρότερη πτώση τάσης σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Στο σχήμα 4.22 συγκρίνεται το κόστος πάγιων εγκαταστάσεων που απαιτούνται, στην περίπτωση ηλεκτροκίνησης διπλής γραμμής, για την εφαρμογή αντίστοιχα των συστημάτων εναλλασσόμενου ρεύματος 25KV – 50Hz και συνεχούς ρεύματος 1500V. Το σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος ενδεικτικά προκύπτει περίπου 30% οικονομικότερο έναντι του συστήματος με συνεχές ρεύμα.



Σχήμα 4.22: Σύγκριση κόστους πάγιων εγκαταστάσεων (Προφυλλίδης 2006)

4.5.2 Σύστημα ηλεκτροκίνησης με εναέρια γραμμή

Το σύστημα ηλεκτροκίνησης ανοικτής σιδηροδρομικής γραμμής, το οποίο θα εξεταστεί σε αυτή την εργασία είναι αυτό του εναλλασσόμενου ρεύματος 25kV με χρήση εναέριων καλωδίων. Το σύστημα αυτό φαίνεται πως συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα σε μια ηλεκτροκίνητη γραμμή και στην Ελλάδα έχει καθιερωθεί στο βασικό άξονα του δικτύου. Το κόστος του συστήματος αυτού περιλαμβάνει διάφορες επενδύσεις και συνοπτικά αποτελείται από:

- την κατασκευή του υποσυστήματος παροχής ενέργειας, δηλαδή τους υποσταθμούς, οι οποίοι τροφοδοτούν την εναέρια γραμμή με ρεύμα
- την κατασκευή του υποσυστήματος εναέριας γραμμής επαφής, το οποίο τροφοδοτεί τους ηλεκτροκίνητους συρμούς με ρεύμα κίνησης και περιλαμβάνει τον αγωγό επαφής του φέροντος καλωδίου με τους αντίστοιχους αναρτήρες, τους μονωτήρες, τους βραχίονες επαναφοράς, τους στύλους θεμελίωσης κλπ.

Η βασική λειτουργία του υποσταθμού έλξης είναι ο υποβιβασμός της τάσης του ρεύματος που παρέχεται από το εθνικό δίκτυο, σε ρεύμα τάσης 25kV με το οποίο τροφοδοτείται η γραμμή μεταφοράς (εναέριο καλώδιο). Η επιλογή της θέσης ενός υποσταθμού γίνεται ώστε να μπορεί να τροφοδοτεί τμήμα του δικτύου με τάση και ισχύ σύμφωνα με τα πρότυπα, εξασφαλίζοντας σε κάθε περίπτωση την άνετη κίνηση των συρμών. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τον υποσταθμό εξαρτάται από το φορτίο και την ταχύτητα των αμαξοστοιχιών, τη συχνότητα των δρομολογίων, τον

αριθμό των γραμμών που τροφοδοτούνται καθώς και από τα χαρακτηριστικά της γραμμής στο τμήμα που εξυπηρετεί (οριζοντιογραφία, κατά μήκος κλίση) (Bharat Bhargava, 1999). Η απόσταση μεταξύ των υποσταθμών, για την τάση των 25kV, επιτρέπεται να είναι σχετικά μεγάλη και κυμαίνεται στα 30 – 70 χλμ. ενώ η δυναμικότητα των σταθμών είναι συνήθως 20 – 30MVA (megavolt ampere). Στο κύριο άξονα του Ελληνικού δικτύου (Πειραιάς - Αθήνα - Θεσσαλονίκη) συναντούμε κατά κύριο λόγο υποσταθμούς έλξης δυναμικότητας 30MVA σε απόσταση 50χλμ. (κατά μέσο όρο) μεταξύ τους.



Εικόνα 4.6: Αποψη Υποσταθμού έλξης

Ο υποσταθμός περιλαμβάνει τον κάτωθι βασικό εξοπλισμό:

- Την τροφοδοσία από το δίκτυο Υψηλής Τάσης (150kV) με τις διάφορες διατάξεις διακοπής, προστασίας, χειρισμού κλπ.
- Τον εξοπλισμό των Υψηλής Τάσης (150kV) με τις διάφορες διατάξεις διακοπής για την απομόνωση του συστήματός μας από το δίκτυο Υψηλής Τάσης.
- Τους Μετασχηματιστές που υποβιβάζουν την τάση από 150kV σε 25kV.
- Τις διατάξεις σύνδεσης, προστασίας, διακοπής στα 25kV προς την γραμμή επαφής.
- Τις διατάξεις μέτρησης.
- Τις διατάξεις προστασίας.
- Τις διατάξεις χειρισμού.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ενδεικτικά το κόστος του βασικότερου εξοπλισμού ενός υποσταθμού 30MVA (2x15MVA), όπως τιμολογήθηκε για την

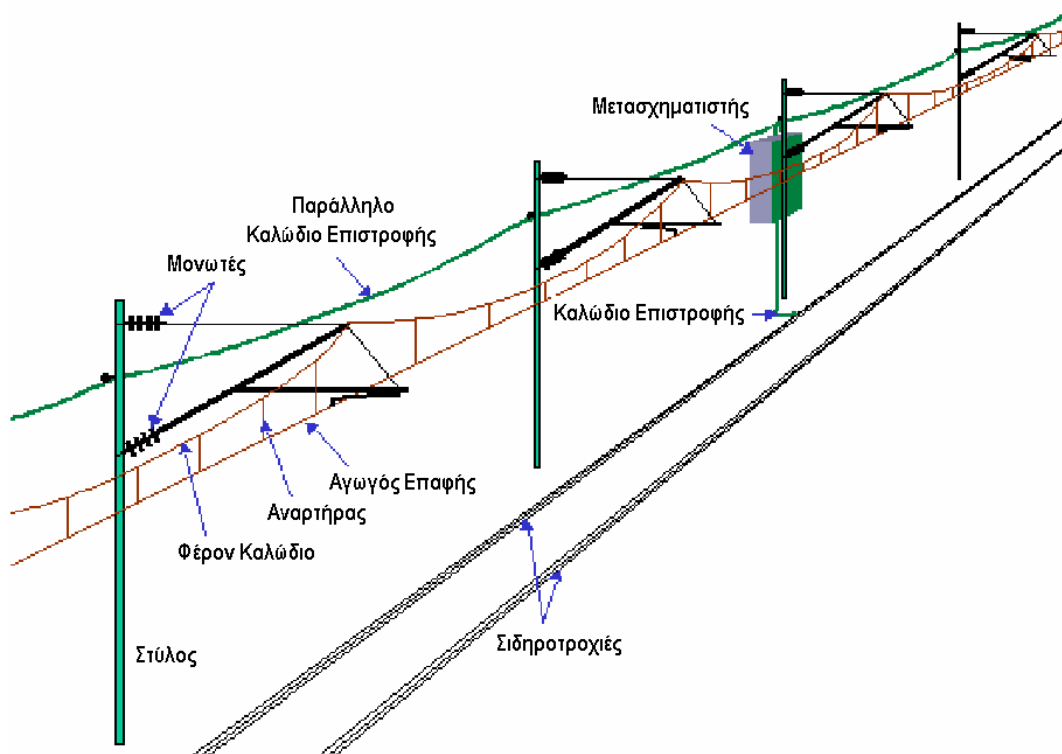
εγκατάσταση ηλεκτροκίνησης στο τμήμα Τιθορέα – Δομοκός (Προϋπολογισμός μελέτης Α.Δ. 635, 2012).

Πίνακας 4.24: Ενδεικτικό κόστος εγκαταστάσεων ηλεκτροκίνησης (Α.Δ. 635, 2012)

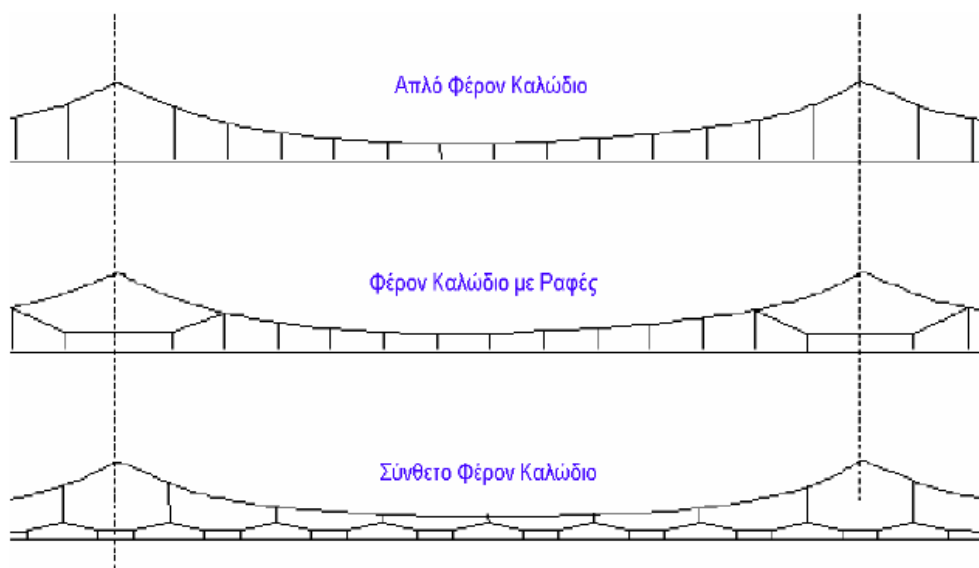
Περιγραφή Στοιχείου	Άρθρο Εργασιών	Μον. Μέτρησης	Τιμή Μονάδος (€)
Εξοπλισμός 150 kv			
Διπολικός αποζεύκτης 170kV-1250A	ΗΛΜ 51	τεμ.	17.500
Γειωτής 170 kV	ΗΛΜ 51	τεμ.	17.500
Μετασχηματιστής τάσης 170 kV	ΗΛΜ 57	τεμ.	6.300
Διπολικός διακόπτης Ισχύος 170kV – 1600 A	ΗΛΜ 51	τεμ.	47.000
Μετασχηματιστής ισχύος 150 kV / 25 kV - 15MVA	ΗΛΜ 57	τεμ.	445.000
Καλωδίωση 150 kV	ΗΛΜ 47	τεμ.	26.800
Μεταλλικές κατασκευές, ικρίωματα εξοπλισμού 150 kV	ΟΙΚ 6104	τεμ.	20.000
Κατασκευές για την έδραση των μετασχηματιστών 150 kV του Υποσταθμού	ΟΔΟ 2531	τεμ.	36.000
Κατασκευές για την έδραση των ικριωμάτων και στύλων του Υποσταθμού	ΟΔΟ 2551	τεμ.	25.000
Κανάλια διέλευσης καλωδίων εντός του χώρου του Υποσταθμού	ΟΔΟ 2551	m	41,00
Εξοπλισμός 25 kv			
Μονοφασικός διακόπτης ισχύος 25 kV – 2000 A	ΗΛΜ 51	τεμ.	29.700
Μονοφασικός αποζεύκτης 25 kV – 1250 A	ΗΛΜ 51	τεμ.	12.900
Μετασχηματιστής τάσης 25 kV – 25/0.1 kV	ΗΛΜ 57	τεμ.	2.400
Μετασχηματιστής έντασης 25 kV	ΗΛΜ 57	τεμ.	3.300
Βοηθητικός μετασχηματιστής 50 kVA - 25/0,230 kV με ασφάλεια 5 ^A	ΗΛΜ 57	τεμ.	58.600
Σύστημα ζυγού ουδετέρου	ΗΛΜ 45	τεμ.	49.300
Γειώσεις και αντικεραυνική προστασία			
Πλέγμα γείωσης Υποσταθμού	ΗΛΜ 45	τεμ.	65.000
Αντικεραυνική προστασία	ΗΛΜ 45	τεμ.	36.800
Βοηθητικά συστήματα			
Σύστημα τροφοδοσίας με 230 V Ε.Ρ.	ΗΛΜ 52	τεμ.	22.300
Συστοιχία συσσωρευτών 48V Σ.Ρ.	ΗΛΜ 52	τεμ.	19.800
Φωτισμός και Ρευματολήπτες κτιρίου Υποσταθμού και εξωτερικού χώρου	ΗΛΜ 59	τεμ.	17.000
Σύστημα Πυροπροστασίας κτιρίου Υποσταθμού	ΗΛΜ 19	τεμ.	50.000
Συστήματα προστασίας και ελέγχου			
Σύστημα προστασίας του εξοπλισμού του Υποσταθμού	ΗΛΜ 52	τεμ.	166.000
Σύστημα ελέγχου του Υποσταθμού	ΗΛΜ 52	τεμ.	112.500
Λοιπά			
Πλήρεις πύλες εισόδου Γραμμής Μεταφοράς 150 KV ΔΕΗ ανά Υποσταθμό	ΗΛΜ 88	τεμ.	900.000

Αντίστοιχα η εναέρια γραμμή επαφής (ΓΕ) αποτελεί το σύστημα διανομής του ρεύματος έλξης στις ηλεκτράμαξες, που αποτελείται από τους αγωγούς επαφής τα φέροντα καλώδια τους αναρτήρες και όλα τα εξαρτήματα που τοποθετούνται μεταξύ των αγωγών και των μονωτήρων που διαχωρίζουν – απομονώνουν τα υπό τάση τμήματα από τα υποστηρίγματα (ΦΕΚ Αρ. Φ. 1897, 2003). Αναλυτικά η ΓΕ περιλαμβάνει τις εξής πάγιες εγκαταστάσεις:

- Την αλυσοειδή, που είναι σύστημα ανάρτησης της εναέριας γραμμής επαφής, στο οποίο ο αγωγός επαφής στηρίζεται στον φέροντα αγωγό μέσω αναρτήρων. Ο αναρτήρας είναι εύκαμπτο καλώδιο το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ φέροντος αγωγού και αγωγού επαφής για την στερέωση του αγωγού επαφής μέσω αρπαγών στο φέροντα αγωγό.
- Τον αγωγό επαφής, που είναι ο αγωγός από τον οποίο με συνεχή επαφή μέσω του παντογράφου το κινητήριο όχημα πραγματοποιεί την λήψη του ρεύματος. Στην εποχή μας χρησιμοποιούνται αγωγοί AWAC, οι οποίοι κατασκευάζονται από κεντρικό ανοξείδωτο χαλύβδινο πυρήνα, περιβαλλόμενο από στρώσεις αλουμινίου. Το φέρον καλώδιο είναι λοιπόν τώρα ελαφρύτερο και οικονομικότερο και εγκαθίσταται με ονομαστική τάση 12 KN.
- Το κύκλωμα επιστροφής, που περιλαμβάνει όλους τους αγωγούς που αποτελούν τον διάδρομο για την επιστροφή του ρεύματος έλξης, π.χ. αγωγό επιστροφής ρεύματος ή συλλεκτήριο αγωγό, σιδηροτροχιές, αγωγούς γειώσεως κλπ.
- Τον αγωγό τροφοδοσίας η φέρον αγωγός, που είναι εναέριος αγωγός στερεωμένος στην ίδια με την αλυσοειδή κατασκευή στήριξης για την τροφοδοσία των διαδοχικών σημείων τροφοδοσίας κατά μήκος της γραμμής.
- Τον παράλληλο τροφοδότη (feeder), που είναι εναέριος αγωγός σε γειτνίαση με τον αγωγό επαφής και κατά διαστήματα συνδεδεμένος με αυτόν για την αύξηση της ενεργής διατομής του.
- Θεμελιώσεις, στύλους, κατασκευές ανάρτησης και άλλα εξαρτήματα τα οποία εξυπηρετούν την στήριξη, ανάρτηση, ευθυγράμμιση, τάνυση και μόνωση του αγωγού επαφής αλλά και των υπολοίπων αγωγών.
- Διακοπτικό υλικό και εξοπλισμό για την επιτήρηση, συντήρηση και προστασία εγκατεστημένο σε κατασκευές αντίστοιχες με αυτές της εναέριας γραμμής επαφής.



Σχήμα 4.23: Στοιχεία υποσυστήματος γραμμής επαφής (Καλτσούνης, 2000)



Σχήμα 4.24: Συνήθεις διατάξεις ανάρτησης (αλυσοειδείς) φέροντος καλωδίου (Καλτσούνης, 2000)

Πίνακας 4.25: Ενδεικτικό κόστος λοιπών εγκαταστάσεων ηλεκτροκίνησης (Α.Δ. 635, 2012)

Περιγραφή Στοιχείου	Άρθρο Εργασιών	Μον. Μέτρησης	Τιμή Μονάδος (€)
Ιστοί, πλαίσια και ημι-πλαίσια			
Στύλοι με μια (1) αλυσοειδή και έναν (1) επιπλέον αγωγό	ΗΛΜ 101	τεμ.	1.913
Στύλοι για διακοπτικό εξοπλισμό και εξοπλισμό μετρήσεων	ΗΛΜ 101	τεμ.	3.497
Πλαίσια για τέσσερεις (4) γραμμές και έναν (1) επιπλέον αγωγό ανά στύλο	ΟΙΚ 3215 ΟΙΚ 6104	τεμ.	11.625
Ημιπλαίσια για δύο (2) γραμμές και έναν (1) επιπλέον αγωγό	ΟΙΚ 3215 ΟΙΚ 6104	τεμ.	4.938
Θεμέλιο στύλων Ηλεκτροκίνησης	ΟΔΟ 2551 ΟΔΟ 2612	τεμ.	588
Διάταξη «κανονικής αγκύρωσης» ενός (1) στύλου ενός (1) ή δύο (2) αγωγών γραμμής επαφής, μετά του θεμελίου	ΟΔΟ 2551 ΟΔΟ 2612	τεμ.	1.000
Εξοπλισμός τάνυσης για μία (1) αλυσοειδή σε στύλο	ΗΛΜ 101	Σετ	2.120
Εξοπλισμός τάνυσης για έναν (1) αγωγό σε σήραγγα και εκτός σήραγγας	ΗΛΜ 101	τεμ.	1.200
Κονσόλες			
Κονσόλες εφελκυσμού και θλίψεως	ΗΛΜ 35	τεμ.	1.224
Δοκίδες έδρασης κονσολών σε σήραγγες	ΗΛΜ 5	τεμ.	500
Αλυσοειδείς			
Αλυσοειδείς για κύριες γραμμές ¹	ΗΛΜ 45	Km	40.000
Τροφοδοσία και επιστροφή			
Αγωγός επιστροφής	ΗΛΜ 45	Km	13.200
Κύκλωμα επιστροφής του ρεύματος έλξης	ΗΛΜ 45	τεμ.	247.502
Προστασία παρακειμένων εγκαταστάσεων	ΗΛΜ 45	τεμ.	323.300
Επαγωγικά πηνία ανοικτής γραμμής	ΗΛΜ 45	τεμ.	1.200
Διακοπτικός εξοπλισμός και εξοπλισμός μετρήσεων			
Διακόπτης φορτίου	ΗΛΜ 51	τεμ.	11.200
Αποζεύκτης	ΗΛΜ 51	τεμ.	9.300
Μετασχηματιστής τάσης	ΗΛΜ 57	τεμ.	6.000
Βοηθητικός μετασχηματιστής 5kVA	ΗΛΜ 57	τεμ.	45.000

¹ Στην τιμή της αλυσοειδούς περιλαμβάνεται ο αγωγός επαφής



Εικόνα 4.7: Στήριξη κονσόλας σε στύλο σε διπλή σιδηροδρομική γραμμή (αριστερά) και λεπτομέρεια κονσόλας (δεξιά) (en.wikipedia.org, railway-technology.com)



Εικόνα 4.8: Άποψη συστήματος τάνυσης (αριστερά) και στύλου αγκύρωσης (δεξιά) (en.wikipedia.org)

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας δεν είναι η ακριβής διαστασιολόγηση των πάγιων εγκαταστάσεων μιας ηλεκτροκίνητης γραμμής. Αυτό αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία ομάδας μηχανικών η οποία διαφοροποιείται από έργο σε έργο. Παρόλα αυτά μια ασφαλής εκτίμηση του μεγέθους της επένδυσης είναι εφικτή, ειδικά αν περιοριστούμε στις απαιτήσεις του ελληνικού δικτύου. Συγκεκριμένα για την κατασκευή ηλεκτροκίνησης στη νέα διπλή σιδηροδρομική γραμμή Τιθορέας –

Δομοκού επενδυθήκαν 46.166.400 € για τις εργασίες και τον εξοπλισμό (Προϋπολογισμός Α.Δ. 635, 2012). Αν συνυπολογίσουμε τα γενικά έξοδα, το όφελος του ανάδοχου και τις απρόβλεπτες δαπάνες (τα οποία δίνονται στο αντίστοιχο τιμολόγιο ως ποσοστό επί του συνολικού κόστους του έργου) το παραπάνω ποσό αυτό ανέρχεται στα 59.379.220 €. Αυτό για το έργο μήκους 106 χιλιομέτρων αντιστοιχεί σε κόστος ηλεκτροκίνησης 560.200 €/km διπλής σιδηροδρομικής γραμμής.

Με βάση τα στοιχεία του "Prices and costs in the railway sector", του J.P. Baumgartner το μέσο κόστος κατασκευής υποσταθμών δίνεται στον πίνακα # σε εκατομμύρια ευρώ ανά MVA ισχύος - δυναμικότητας του σταθμού.

Πίνακας 4.26: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής υποσταθμών (J.P. Baumgartner, Τιμές 2011)

Τύπος ρεύματος έλξης	[εκατομμύρια €/MVA]
- AC 25kV, 50 Hz ή 60 Hz	0,25 (0,19 έως 0,375)
- AC 15kV, 16 2/3 Hz	0,375 (0,25 έως 0,625)
- DC 3kV ή 1,5kV	0,375 (0,25 έως 0,625)

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται το μέσο κόστος κατασκευής της γραμμής επαφής ανά χιλιόμετρο μονής γραμμής του συστήματος ηλεκτρικής έλξης, για διάφορους συνδυασμούς της τάσης τροφοδοσίας, του είδους της ηλεκτρικής πηγής (εναλλασσόμενο ή συνεχές ρεύμα), καθώς και της ταχύτητας σχεδιασμού της γραμμής.

Πίνακας 4.27: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής γραμμής επαφής (J.P. Baumgartner)

Τύπος ρεύματος έλξης	Μεγίστη ταχύτητα, km/h	
	100	300
	[εκατομμύρια €/km γραμμής]	
AC 25kV, 50 Hz ή 60 Hz AC 15kV, 16 2/3 Hz	0,19 (0,125 έως 0,25)	0,25 (0,19 έως 0,375)
DC 3kV	0,21 (0,15 έως 0,375)	-
DC 1,5kV	0,25 (0,19 έως 0,375)	-

Οπότε σύμφωνα με τους δυο πίνακες για το ίδιο έργο διπλής σιδηροδρομικής γραμμής 106 χιλιομέτρων με δυο υποσταθμούς (σ.σ. απόσταση μεταξύ τους περίπου 50 km) 150kV/25kV/50Hz ισχύος 2X15MVA έκαστος και για ταχύτητες έως 200 km/h (θεωρώ κόστος γραμμής επαφής 0,22 εκατομμύρια €/km γραμμής) προκύπτει συνολικό κόστος ηλεκτροκίνησης 61.640.000 €. Για αυτό το ποσό θεωρήθηκε ότι για διπλή σιδηροδρομική γραμμή το κόστος του υποσυστήματος της γραμμής επαφής (αγωγός, κονσόλες, στύλοι κτλ.) είναι το διπλάσιο της μονής. Οπότε και προκύπτει ένα κόστος ηλεκτροκίνησης 581.510 €/km διπλής σιδηροδρομικής γραμμής. Για την ίδια δυναμικότητα σταθμών το κόστος ηλεκτροκίνησης μονής σιδηροδρομικής γραμμής είναι 361.510 €/km γραμμής.

Αντίστοιχα η μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22 (Ελλάδα – Βουλγαρία – Ρουμανία – Ουγγαρία) προσδιόρισε το αντίστοιχο κόστος επένδυσης για την ηλεκτροκίνηση στις 400.000 €/km μονής γραμμής και 550.000 €/km διπλής γραμμής.

Άλλα σιδηροδρομικά έργα για εγκατάσταση ηλεκτροκίνησης είναι:

- Η αναβάθμιση με ηλεκτροκίνηση της υφιστάμενης μονής σιδηροδρομικής γραμμής Λάρισα – Βόλος μήκους 61,2 χιλιομέτρων προϋπολογισμού 22,1 εκατομμύρια ευρώ (www.yrodomes.com). Η γραμμή θα επιτρέπει ταχύτητες έως 160 km/h ενώ θα κατασκευαστεί ένας υποσταθμός ισχύος 30 MVA (Απόσπασμα Πρακτικού 14/30-08-2013). Το κόστος ηλεκτροκίνησης προκύπτει 361.100 €/km μονής γραμμής.
- Η αναβάθμιση με ηλεκτροκίνηση της υφιστάμενης μονής σιδηροδρομικής γραμμής Παλαιοφάρσαλου – Καλαμπάκας μήκους 80 χιλιομέτρων και προϋπολογισμού που αναμένεται στα 44 εκατομμύρια ευρώ (www.yrodomes.com) με κατασκευή ενός υποσταθμού ισχύος 30 MVA (ΜΠΕ Παλαιοφάρσαλος - Καλαμπάκα, 2013). Το κόστος ηλεκτροκίνησης προκύπτει 550.000 €/km μονής γραμμής.

Άρα συγκεντρωτικά για το κόστος εγκατάστασης ηλεκτροκίνησης με εναέρια γραμμή προσδιοριστήκαν οι εξής τιμές μονάδος:

Πίνακας 4.28: Συγκριτικός πίνακας κόστους ηλεκτροκίνησης ανά χιλιόμετρο γραμμής (διάφορες πηγές)

Κατασκευή νέας ηλεκτροκίνησης σύμφωνα με:	Κόστος [€/km γραμμής]	
	Διπλή	Μονή
Το έργο της νέας γραμμής υψηλών ταχυτήτων Τιθορέα - Δομοκός	560.200	-
Τις τιμές του "Prices and costs in the railway sector"	580.510	361.510
Τη μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22	550.000	400.000
Την αναβάθμιση με ηλεκτροκίνηση της υφιστάμενης σιδηροδρομικής γραμμής Λάρισα – Βόλος	-	361.100
Την αναβάθμιση με ηλεκτροκίνηση της υφιστάμενης σιδηροδρομικής γραμμής Παλαιοφάρσαλου – Καλαμπάκας	-	550.000

Από τα χαρακτηριστικά και τα αντίστοιχα κόστη για την ηλεκτροκίνηση των παραπάνω έργων εξάγουμε τα εξής **συμπεράσματα - παραδοχές**:

- Η δυναμικότητα – ισχύς των υποσταθμών για την εγκατάσταση ηλεκτροκίνησης 25kV – 50Hz στην Ελλάδα είναι 30MVA (2x15MVA) ανεξαρτήτως πυκνότητας κυκλοφορίας (για να προβλεφθεί και η μελλοντική

ζήτηση, όπως συμβαίνει στη γραμμή Παλαιοφάρσαλου – Καλαμπάκας). Η απόσταση μεταξύ τους κυμαίνεται στα 50 km, δηλαδή ο καθένας αναλαμβάνει την τροφοδότηση με ρεύμα ενός τμήματος μικρότερου των 100 km. Αυτό επιτρέπει την ασφαλέστερη σύγκριση κόστους μεταξύ των έργων.

- Το κόστος νέας ηλεκτροκίνησης για διπλή σιδηροδρομική γραμμή είναι περίπου 560.000 €/km.
- Το κόστος νέας ηλεκτροκίνησης για μονή σιδηροδρομική γραμμή είναι περίπου 27 - 37% χαμηλότερο μιας διπλής και θα θεωρηθεί ίσο με 390.000 €/km.

4.5.3 Κριτήρια επιλογής κατασκευής ηλεκτροκίνησης

Τα κριτήρια για την κατασκευή ή όχι ηλεκτροκίνησης σε μια σιδηροδρομική γραμμή μπορεί να είναι:

- Οικονομικά (μειωμένη κατανάλωση ενέργειας)
- Περιβαλλοντικά (μείωση των ρύπων κατά μήκος της γραμμής)
- Κοινωνικά και Λειτουργικά (εξοικονόμηση χρόνου, υψηλότερες ταχύτητες, ελκυστικότερο μέσο μεταφοράς κ.α.)

Στο πλαίσιο τις διπλωματικής εργασίας θα ελέγξουμε το κατά πόσο η επένδυση για εγκατάσταση ηλεκτροκίνησης δικαιολογείται από την εξοικονόμηση σε ενέργεια – καύσιμα. Θα διαμορφώσουμε μια μελέτη κόστους – οφέλους, όπου το κόστος θα περιλαμβάνει τις δαπάνες κατασκευής και συντήρησης αποκλειστικά των εγκαταστάσεων ηλεκτροκίνησης και τα οφέλη θα προκύπτουν από τη διαφορά σε εξοικονόμηση ενέργειας για το ίδιο μεταφορικό έργο. Τα κόστη και τα οφέλη κατανέμονται σε πολλά χρόνια, και επομένως απαιτείται μια μέθοδος που να λαμβάνει υπόψη τις επιπτώσεις της χρονικής κατανομής των διαφόρων συνιστωσών του κόστους και των ωφελειών. Μια τέτοια μέθοδος είναι αυτή της Καθαρής Παρούσας Αξίας, ΚΠΑ (Net Present Value, NPV), η οποία είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων. Ο υπολογισμός της ΚΠΑ δίνεται από τη σχέση:

$$ΚΠΑ = \sum_{\tau=0}^N \frac{Εισροές - Εκροές}{(1 + i)^\tau}$$

όπου, i = το προεξοφλητικό επιτόκιο (επιτόκιο αναγωγής)

τ = ο χρόνος ή περίοδος προεξόφλησης

N = ο χρονικός ορίζοντας ανάλυσης

Τα οφέλη (Εισροές – Εκροές) δικαιολογούν την επένδυση όταν $KPIA > 0$. Στη συνέχεια πρέπει να αναφέρουμε τα σημεία σύμφωνα με τα οποία η παραπάνω σχέση μπορεί προσαρμοστεί στο δικό μας κριτήριο κόστους – οφέλους:

- Ως Εισροές θα θεωρήσουμε τη διαφορά σε κόστος κατανάλωσης ενέργειας που προκύπτει από την κίνηση ηλεκτροκίνητων συρμών έναντι των ντιζελοκίνητων.
- Ως Εκροές θα θεωρήσουμε το κόστος επένδυσης αλλά και το κόστος συντήρησης του συστήματος ηλεκτροκίνησης.

Για την πρώτη θεώρηση της μεθόδου θα πρέπει να έχουμε στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συρμών όπως μετρήθηκε στου υποσταθμούς έλξης αναλόγως την απόσταση μεταξύ διαδοχικών στάσεων την ταχύτητα και τη κατά μήκος κλίση της γραμμής έχει ως εξής (J.P. Baumgartner, 2001):

- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας επιβατικών συρμών (συμπεριλαμβάνει κατανάλωση για θέρμανση ή κλιματισμό)

<i>Απόσταση μεταξύ διαδοχικών στάσεων [km]</i>	<i>Μέγιστη ταχύτητα [km/h]</i>	<i>Κατά μήκος κλίση [% ή mm/m]</i>	<i>Κατανάλωση [Wh/Tνχλμ¹] Μέση (min έως max)</i>
200 έως 400	300	0 έως 40	50 (45 έως 55)
100 έως 200	200	0 έως 10	40 (35 έως 45)
50 έως 100	160	0 έως 10	30 (25 έως 35)
50	80	25	45 (40 έως 50)
20	120	0 έως 5	25 (20 έως 30)
5	120	0 έως 10	50 (45 έως 55)
2	100	0 έως 20	75 (70 έως 80)

¹όπου Tνχλμ: τα συνολικά τονοχιλιόμετρα (συμπεριλαμβανομένου του φορτίου των μηχανών έλξης)

- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εμπορικών συρμών (μέσοι όροι για ανωφέρεια και κατωφέρεια)

Απόσταση μεταξύ διαδοχικών στάσεων [km]	Μέγιστη ταχύτητα [km/h]	Κατά μήκος κλίση [% ή mm/m]	Κατανάλωση [Wh/Τνχλμ] Μέση (min έως max)
100	140	0 έως 5	40 (35 έως 50)
100	120	0 έως 5	30 (25 έως 35)
100	100	0 έως 5	22 (17 έως 27)
100	80	0 έως 5	15 (10 έως 20)
50	60	0 έως 5	15 (10 έως 30)
50	60 έως 80	25	45 (45 έως 50)
5	80	0 έως 5	25 (20 έως 30)
5	60	25	50 (45 έως 55)

όπου Τνχλμ: τα συνολικά τονοχιλιόμετρα (συμπεριλαμβανομένου του φορτίου των μηχανών έλξης)

Αντίστοιχα για την κατανάλωση καυσίμου ντιζελοκίνητων συρμών έχουμε:

- Επιβατικοί συρμοί (συμπεριλαμβάνει κατανάλωση για θέρμανση ή κλιματισμό)

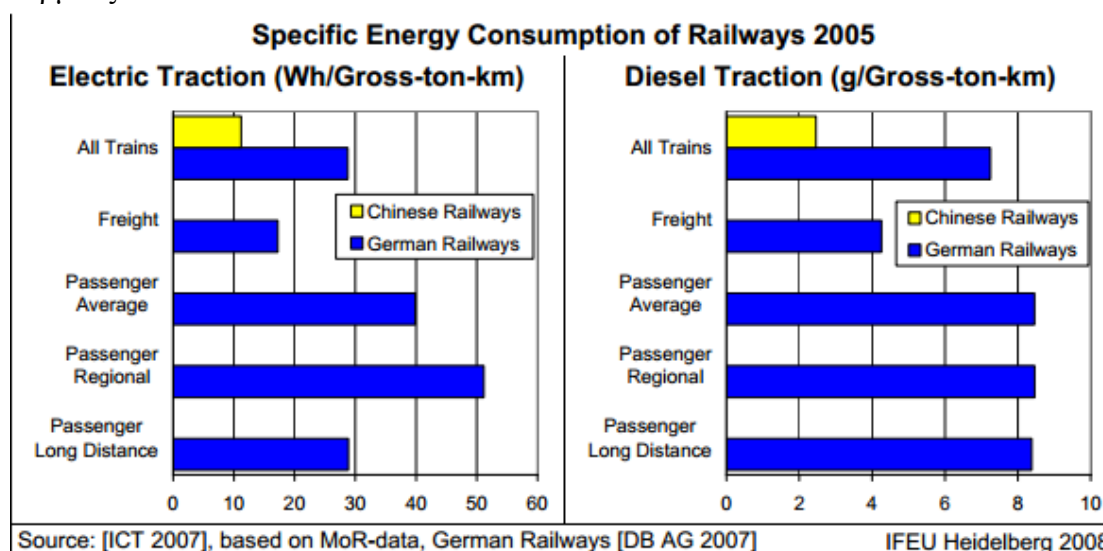
Ταχύτητα (km/h)	Κατά μήκος κλίση (% or mm/m)	Κατανάλωση (cm ³ / Τνχλμ)
120	0	5.5 (5 έως 6)
100	0	5 (4.5 έως 5.5)
80	0	4.5 (4 έως 5)
60	10	8 (7.5 έως 8.5)
40	25	13.5 (13 έως 14)

- Εμπορικοί συρμοί

Ταχύτητα (km/h)	Κατά μήκος κλίση (% or mm/m)	Κατανάλωση (cm ³ / Τνχλμ)
100	0	4.5 (4 έως 5)
40	5	4.5 (4 έως 5)
20	10	6 (5.5 έως 6.5)
20	15	8 (7.5 έως 8.5)
20	20	9.5 (9 έως 10)
20	25	11.5 (11 έως 12)

Από μελέτη των γερμανικών σιδηροδρόμων (DB, 2007) η κατανάλωση ενέργειας συρμών που προκύπτει, συμβαδίζει με τους παραπάνω πίνακες.

Συγκεκριμένα για ηλεκτροκίνητους συρμούς έχουμε κατανάλωση 18Wh/Τνχλμ. για εμπορικούς και 29 Wh/Τνχλμ. για επιβατικούς συρμούς. Οι αντίστοιχες τιμές ντιζελοκίνησης είναι 4,2g/Τνχλμ. για εμπορικούς και 8,3g/Τνχλμ. για επιβατικούς συρμούς.



Σχήμα.4.25: Κατανάλωση εμπορικών και επιβατικών συρμών (DB, 2007)

Τέλος, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από τα τιμολόγια της ΔΕΗ (2014) για βιομηχανική κατανάλωση, κυμαίνεται από 0,050 έως 0,061 ευρώ ανά KWh. Αντίστοιχα η τιμή καυσίμου σύμφωνα με προκήρυξη διαγωνισμού της ΤΡΑΙΝΟΣΕ για αγορά (2014) υπολογίζεται περίπου 1,11 €/lt.

Για τη δεύτερη θεώρηση της μεθόδου απαιτείται το κόστος συντήρησης του συστήματος ηλεκτροκίνησης για τη διάρκεια ζωής του. Η διάρκεια ζωής του συστήματος θα είναι και ο αντίστοιχος ο χρονικός ορίζοντας της ανάλυσης, N. Το ετήσιο κόστος συντήρησης τόσο των υποσταθμών όσο και του συστήματος εναέριας γραμμής επαφής θεωρείται ίσο με το 2% της αρχικής επένδυσης ενώ η διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων έχει ως εξής:

Διάρκεια Ζωής	[Ετη]
Υποσταθμών Έλξης : – έργα πολιτικού μηχανικού – ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός	60 (40 to 80) 40 (20 to 50)
Αλυσοειδείς εκ των οποίων ο αγωγός επαφής	40 (30 to 50) - (5 to 30)

Η επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου προεξόφλησης απασχολεί έντονα τόσο την επιστημονική όσο και την επιχειρηματική κοινότητα. Ο προσδιορισμός του επιτοκίου προεξόφλησης (δηλ. της ελάχιστης αποδεκτής απόδοσης) εξαρτάται (πέρα από τον πληθωρισμό, εφόσον αυτός λαμβάνεται υπόψη στην αξιολόγηση της επένδυσης) από το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου και από τον επιχειρηματικό κίνδυνο που ενέχει η συγκεκριμένη επένδυση. Η Επιτροπή της Ε.Ε για τα έργα δημόσιων επενδύσεων που συγχρηματοδοτούνται από τα Ταμεία (2009) συνιστά τη χρήση ενός επιτοκίου προεξόφλησης ύψους 5% σε πραγματικές τιμές, ως ενδεικτική τιμή αναφοράς.

4.5.4 Μεθοδολογία αξιολόγησης βάση του κριτηρίου ΚΠΑ

Για να αξιολογήσουμε, λοιπόν την επένδυση με βάση την καθαρή παρούσα αξία του συστήματος ηλεκτροκίνησης κάνουμε τις παρακάτω **παραδοχές**:

- Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι ίση με 35 Wh/Tνχλμ για επιβατικούς και για εμπορικούς συρμούς 20 Wh/Tνχλμ
- Η κατανάλωση καυσίμου είναι ίση με 5,5 cm³/ Tνχλμ για επιβατικούς και για εμπορικούς συρμούς 4,5 cm³/ Tνχλμ
- Το κόστος κατασκευής ηλεκτροκίνησης είναι συνάρτηση του μήκους του έργου και του αριθμού των γραμμών $C_{el} = f(n, L)$.
- Το κόστος επένδυσης δεν διατίθεται τμηματικά αλλά διατίθεται στο έτος $\tau = 0$. Δηλαδή κατά το έτος $\tau = 0$ οι εκροές ισούνται με το κόστος επένδυσης και οι εισροές είναι μηδενικές.
- Το έτος $\tau = 1$ μέχρι και το τελευταίο έτος της περιόδου αξιολόγησης $\tau = N$ οι εκροές είναι σταθερές και ίσες με το ετήσιο κόστος συντήρησης του συστήματος ηλεκτροκίνησης, $C_{elm} = C_{el} * 0,02$.
- Η χρήση της ηλεκτροκίνησης θα δικαιολογεί την δαπάνη αν ΚΠΑ > 0.
- Η τιμή καυσίμου θεωρείται ίση με 1,11 €/lt ενώ το μοναδιαίο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 0,055 €/KWh.
- Το επιτόκιο προεξόφλησης i είναι ίσο με 5% και ο χρόνος ζωής του έργου 40 έτη.
- Θεωρώ ότι μέσα στα 40 χρόνια γίνεται αντικατάσταση τουλάχιστον μια φορά ολοκλήρου του μήκους του αγωγού επαφής το οποίο κοστολογείται στα 20-300 \$/m (www.alibaba.com) και περιλαμβάνεται στην τιμή των αλυσοειδών. Παραδεχόμαστε ότι αποτελεί το 50% (20.000€/km) του κόστους των αλυσοειδών και η αντικατάσταση του ξεκινά από το 6 έτος έως και το τελευταίο της διάρκειας ζωής της εγκατάστασης.

Για τη μέθοδο απαιτούνται τα μεγέθη:

- Μήκος έργου L ,
- Πλήθος γραμμών, n (**προσοχή** απαιτείται η προσμέτρηση κατανάλωσης όλων των κλάδων γραμμής που υπάγονται στο ίδιο σύστημα έλξης)
- Ποσοστό ηλεκτροκίνητων εμπορικών συρμών P_{elfr} ,
- Ποσοστό ηλεκτροκίνητων επιβατικών συρμών P_{elp} ,
- Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας εμπορικών συρμών T_{ffr} ,
- Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας επιβατικών συρμών T_{fp} ,
- Ταχύτητες εμπορικών και εμπορευματικών συρμών V_p, V_{fr}

Υπολογισμοί μεθόδου αξιολόγησης:

- Ετήσιο κόστος συντηρήσεως

$$Celm1 = 0,02Cel$$
, όπου Cel κόστος κατασκευής
- Ετήσιο κόστος αντικατάστασης αγωγού από το 6 έτος και μετά:

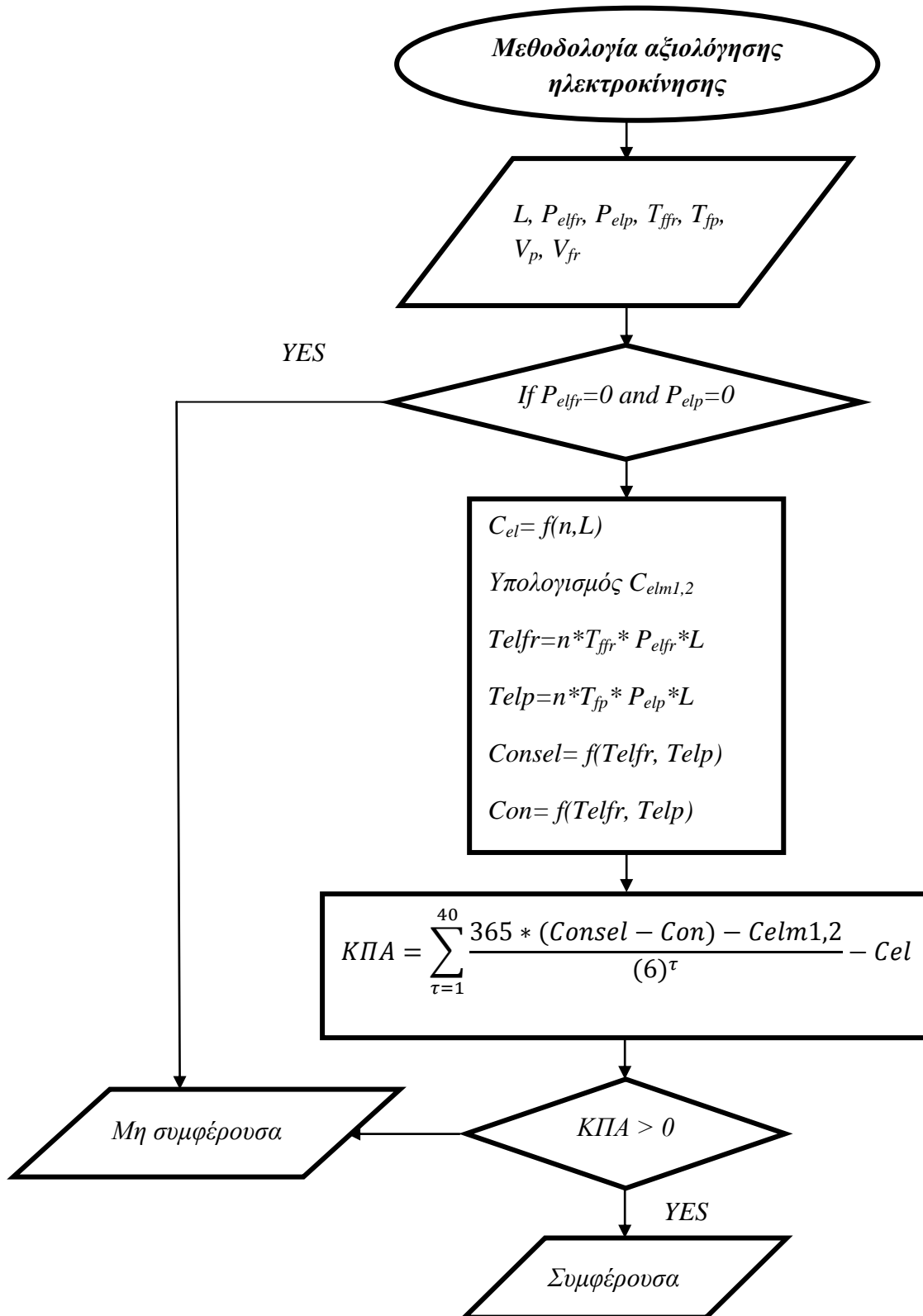
$$Celm2 = 20000 * L * n/35$$
- Φόρτος ηλεκτροκίνητων εμπορικών συρμών (για όλες τις γραμμές):

$$Telfr = n * Tffr * Pelfr * L$$
- Φόρτος ηλεκτροκίνητων επιβατικών συρμών (για όλες τις γραμμές)

$$Telp = n * Tfp * Pelp * L$$
- Κόστος Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας:

$$Consel = (0,055/1000) * (20 * Telfr + 35 * Telp)$$
- Υποθετικό κόστος κατανάλωσης καυσίμου ηλεκτροκίνητου φόρτου:

$$Con = (1,11/1000) * (4,5 * Telfr + 5.5 * Telp)$$



4.6 Συστήματα σηματοδότησης και τηλεδιοίκησης

Το κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων σηματοδότησης και τηλεδιοίκησης περιλαμβάνει :

- Τον εξοπλισμό συμβατικής σηματοδότησης και τηλεπικοινωνιών (συστήματα αυτόματου αποκλεισμού, πίνακες χειρισμού, φωτεινά σήματα, καλωδιώσεις γραμμής κλπ.)
- Τον εξοπλισμό του συστήματος αυτόματης προστασίας συρμών ETCS (λογισμικό, ραδιοφάροι, καλωδιώσεις κλπ.)
- Το λογισμικό και τον εξοπλισμό τηλεδιοίκησης (συστήματα ηλεκτρονικών αλληλεξαρτήσεων, Κεντρικός Έλεγχος Κυκλοφορίας)
- Τον εξοπλισμό ραδιοζεύξης μεταξύ των συρμών (σύστημα GSM-R)
- Την εγκατάσταση αυτομάτων συστημάτων ισόπεδων διαβάσεων (ΑΣΙΔ)

4.6.1 Σήματα, Συστήματα αποκλεισμού και κόστος αυτών

Τα σιδηροδρομικά σήματα αποτελούν μορφή επικοινωνίας, σχεδιασμένη να πληροφορεί το πλήρωμα της αμαξοστοιχίας, ιδιαίτερα τους μηχανοδηγούς, για τις συνθήκες της γραμμής μπροστά τους και να δίνει οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο θα κινήσουν το τρένο (Α. Καλτσούνης). Γενικά τα σήματα διακρίνονται σε (Λυμπέρης, 2010):

- Κύρια σήματα
- Προσήματα
- Συνδυασμένα σήματα
- Πρόσθετα σήματα
- Σήματα βραδυπορίας
- Σήματα προστασίας
- Σήματα ελιγμών
- Δευτερεύοντα σήματα

Τα πρώτα χρόνια των σιδηροδρόμων δεν χρησιμοποιούνται σήματα και υιοθετούνται συστήματα διαστήματος χρόνου, όπου συρμοί δρομολογούνται με χρονική απόσταση ασφάλειας. Στις μέρες μας τα συστήματα σηματοδότησης βασίζονται σε μήκη αποκλεισμού (block systems). Κάθε τμήμα αποκλεισμού (block) προστατεύεται από σταθερό σήμα, τοποθετημένο στην είσοδο του τμήματος και ευκρινώς ορατό από τον μηχανοδηγό κάθε τρένου που προσεγγίζει. Το σύστημα απαγορεύει στο τρένο να εισέλθει σε ένα τμήμα γραμμής, μέχρις ότου το προηγούμενο τρένο, που βρίσκεται ήδη στο τμήμα αυτό, εξέλθει. Εάν το τμήμα είναι «καθαρό», δηλαδή δεν υπάρχει τρένο σε αυτό, το σήμα θα παράσχει ένδειξη «ελεύθερο». Αντίθετα, αν το τμήμα είναι κατειλημμένο από τρένο, το σήμα θα παράσχει την ένδειξη “Stop”. Το επόμενο τρένο θα περιμένει στην είσοδο του

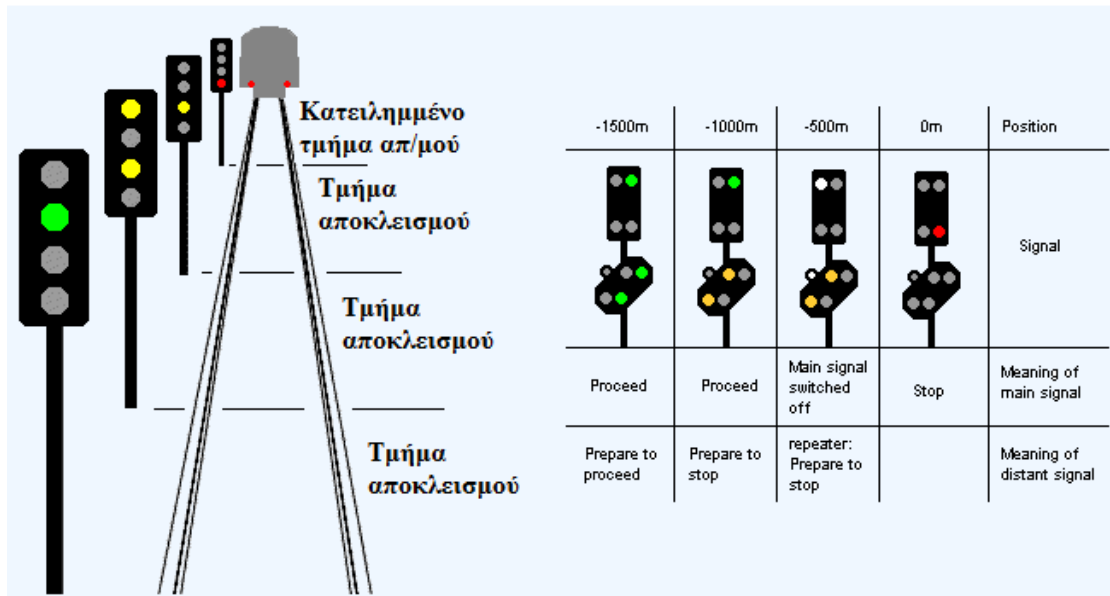
τμήματος, μέχρι να εξέλθει από αυτό το προπορευόμενο. Στη βάση αυτής της αρχής σχεδιάζονται και λειτουργούν όλα τα συστήματα σηματοδότησης.



Σχήμα 4.26: Απλουστευμένο σχέδιο λειτουργίας τμήματος αποκλεισμού (Καλτσούνης, 2000)

Τα συστήματα αποκλεισμού είναι πλέον τις περισσότερες φορές αυτόματα και χρησιμοποιούν κυκλώματα γραμμής, που βραχυκυκλώνονται από τους τροχούς και άξονες ενός τρένου, ενεργοποιώντας την ένδειξη κινδύνου (κόκκινο) στον φανό σηματοδότησης πίσω από το τρένο (ή και στον φανό μπροστά από το τρένο, σε περιπτώσεις μονής γραμμής). Παρ' όλα αυτά πάντοτε υπάρχει κίνδυνος ένα τρένο να παραβιάσει απαγορευτικό σήμα και να συγκρουστεί με το προπορευόμενο τρένο. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί στην περίπτωση, όπου το προπορευόμενο τρένο είναι σταματημένο ακριβώς μετά το σήμα που το προστατεύει. Το πρόβλημα αυτό έχει επισημανθεί προ πολλού και μπορεί να ξεπεραστεί με την πρόβλεψη διαστήματος μήκους, εντός του οποίου το τρένο θα ακινητοποιηθεί πλήρως. Το διάστημα αυτό ονομάζεται επέκταση μήκους αποκλεισμού (overlap) και επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση του σήματος αρκετά πριν από την είσοδο στο μήκος αποκλεισμού, το οποίο καλύπτεται από το σήμα αυτό (Καλτσούνης, 2000).

Τα μήκη αποκλεισμού πρέπει να είναι βραχεία, ώστε να επιτρέπουν πυκνή κυκλοφορία (μικρές χρονοαποστάσεις) μεταξύ των προαστιακών τρένων. Όμως, τα μήκη πέδησης για τα τρένα μεγάλων ταχυτήτων πρέπει να είναι μακρά. Η αντίθεση αυτή επιλύεται μερικώς με την χρησιμοποίηση σηματοδότησης πολλαπλών ενδείξεων. Σκοπός της σηματοδότησης πολλαπλών ενδείξεων είναι να επιτρέπει την αύξηση του αριθμού των τρένων που κυκλοφορούν σε μία γραμμή δίνοντας σε ένα γρήγορο τρένο την προειδοποίηση απαγορευτικού (κόκκινου), τουλάχιστον δύο μήκη αποκλεισμού πριν το τρένο πλησιάσει στο σήμα αυτό.



Σχήμα 4.26α: Σηματοδότηση μηκών αποκλεισμού και σήματα πολλαπλών ενδείξεων

Η λειτουργία των σημάτων προϋποθέτει επίσης την προμήθεια και εγκατάσταση, των υπαιθρίων συσκευών και των καλωδιώσεων εξοπλισμού σηματοδότησης – τηλεδιοίκησης, σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές. Στο κόστος αυτό περιλαμβάνονται τα φρεάτια όλων των ειδών καθώς και οι υπόγειες διοδεύσεις.



Εικόνα 4.9: Φρεάτια καλωδιώσεων σηματοδότησης (αριστερά) και διαδικασία τοποθέτησης (δεξιά) (www.kvg-germany.de)

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται το μέσο κόστος κατασκευής συμβατικού εξοπλισμού σιδηροδρομικής σηματοδότησης σύμφωνα με το "Prices and costs in the Railway sector".

Πίνακας 4.29: Ενδεικτικό κόστος συμβατικού εξοπλισμού σηματοδότησης (J.P. Baumgartner)

Σύστημα αυτόματου αποκλεισμού (χωρίς καλωδιώσεις)	[εκατομμύρια €/τμήμα αποκλεισμού]
- για τμήμα αποκλεισμού που χρησιμοποιείται για μια κατεύθυνση	0,15 (0,1 έως 0,3)
- για τμήμα αποκλεισμού που χρησιμοποιείται και για τις δυο κατευθύνσεις (μονή είτε διπλή γραμμή)	0,3 (0,2 έως 0,5)
Επανάληψη των σημάτων (Αυτόματης Προστασίας Συρμών)	[εκατομμύρια €/μονάδα]
- για τη σήμανση	0,02 (0,01 έως 0,04)
Καλωδιώσεις (σηματοτεχνικού και τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού)	[εκατομμύρια €/km γραμμής] (μονή ή διπλή γραμμή)
- σε γραμμή χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου	0,05 (0,03 έως 0,1)
- σε γραμμή υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου	0,1 (0,05 έως 0,3)

Σύμφωνα με τα αναλυτικό προϋπολογισμό του έργου νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων Τιθορέας - Δομοκού το ενδεικτικό κόστος κύριων σημάτων δίνεται στον πίνακα#.

Πίνακας 4.30: Ενδεικτικό κόστος συμβατικής σηματοδότησης (Τιμολόγια μελέτης έργου ΑΔ: 635)

Κόρια σήματα	[€/ μονάδα]
- Φωτόσημα τεσσάρων (4) ενδείξεων	14.000
- Φωτόσημα (1 ή 2 ή 3) οπτικών ενδείξεων	10.800
- Φωτόσημα ελιγμών	4.200
Καλωδιώσεις (σηματοτεχνικού και τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού)	[εκατομμύρια €/km γραμμής] (διπλή γραμμή)
- περιλαμβάνονται οι καλωδιώσεις περιοχών Τιθορέας, Λιανοκλαδίου, Δομοκού και το σύνολο των τηλεπικοινωνιακών συνδέσεων	0,098

4.6.2 Συστήματα αυτόματης προστασίας συρμών ETCS/ERTMS

Το ETCS/ERTMS αποτελεί ένα σύγχρονο και πολύπλοκο σύστημα ελέγχου, που στοχεύει στην καθιέρωση ομοιογενούς Ευρωπαϊκού Συστήματος Σηματοδότησης για τη σιδηροδρομική κυκλοφορία. Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Ελέγχου Αμαξοστοιχιών (ETCS) είναι ένα σύστημα ελέγχου σηματοδότησης και προστασίας συρμών, το οποίο έχει σχεδιαστεί για να αντικαταστήσει τα διάφορα ασύμβατα συστήματα ασφαλείας που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους ευρωπαϊκούς σιδηροδρόμους, ιδιαίτερα σε γραμμές υψηλών ταχυτήτων (≥ 120 χλμ/ώρα). Το ETCS απαιτεί

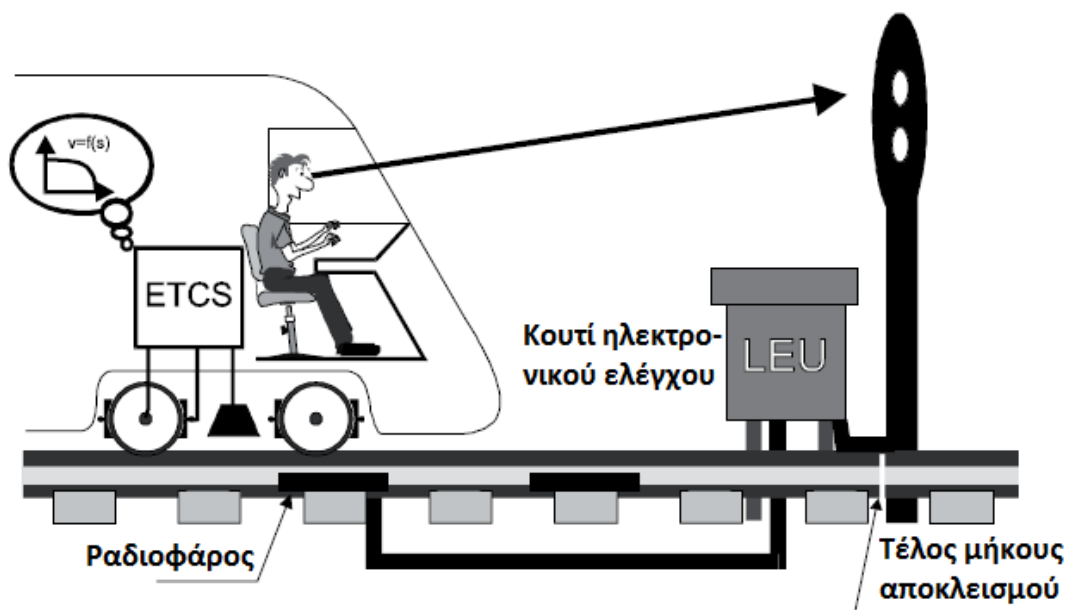
συγκεκριμένο εξοπλισμό επί της γραμμής και ένα πρότυπο επεξεργαστή στην καμπίνα της μηχανής έλξης ή της αυτοκινητάμαξας. Στην τελική του μορφή, όλες οι πληροφορίες για την κατάσταση στη γραμμή μεταφέρονται στον μηχανοδηγό ηλεκτρονικά, χωρίς την ανάγκη για πλευρικά σήματα τα οποία, σε μεγάλες ταχύτητες, θα μπορούσε να είναι σχεδόν αδύνατο να δει και να αντιδράσει.

Το ETCS ορίζεται σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα (εγχειρίδιο UIC, 2008):

- **Επίπεδο 0** : περιλαμβάνει συμβατές με το ETCS μηχανές έλξης ή τροχαίο υλικό που αλληλεπιδρούν με τον εξοπλισμό εδάφους που είναι μη συμβατό με το ETCS
- **Επίπεδο 1** : το σύστημα ETCS και η συμβατική σηματοδότηση συνυπάρχουν στην ίδια γραμμή
- **Επίπεδο 2** : ένα ειδικό σύστημα που παρέχει εποπτεία για την αρτιότητα της αμαξοστοιχίας με συσκευές επί γραμμής και έλεγχο των συρμών μέσω ασυρμάτου (GSM-R)
- **Επίπεδο 3** : περιλαμβάνει τον ίδιο εξοπλισμό με το προηγούμενο επίπεδο έχοντας ταυτόχρονα την ικανότητα επίβλεψης των αποστάσεων μεταξύ των συρμών (σύμφωνα με την αρχή του μήκους αποκλεισμού) λαμβάνοντας πληροφορίες για τη θέση και την ακεραιότητα τους

Με το σύστημα ETCS, ένας επεξεργαστής τοποθετημένος στο τραίνο συγκρίνει την ταχύτητα του συρμού, όπως αυτή διαβιβάζεται ως πληροφορία από τις εγκαταστάσεις της γραμμής, με την μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα και επιβραδύνει το τραίνο αυτόματα αν την υπερβεί. Στις γραμμές όπου υπάρχει συμβατική σηματοδότηση (φωτοσήματα που επιτρέπουν στο μηχανοδηγό να γνωρίζει τα όρια ταχύτητας), η πληροφορία αυτή διαβιβάζεται μέσω πρότυπων ραδιοφάρων (Eurobalises) τοποθετημένων κατά μήκος της γραμμής (ETCS επίπεδο 1). Για το ETCS επίπεδο 2, οι πληροφορίες μπορούν επίσης να διαβιβάζονται μέσω ασυρμάτου (GSM-R) και δεν είναι πλέον απαραίτητο να διατηρηθούν τα σήματα εδάφους. Αυτό επιτρέπει μεγάλη εξοικονόμηση στην επένδυση και στη συντήρηση. Η θέση των τρένων εξακολουθεί να ανιχνεύεται από συστήματα εδάφους. Τέλος, για το επίπεδο 3 ETCS, το ίδιο το τραίνο στέλνει πληροφορίες για τη θέση του πίσω μέρους του συρμού (τελευταίο βαγόνι), καθιστώντας δυνατή τη βελτιστοποίηση της μεταφορικής ικανότητας των γραμμών και την περαιτέρω μείωση του εξοπλισμού εδάφους.

Στους ελληνικούς σιδηροδρόμους τα επόμενα χρόνια αναμένεται να ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, σε όλο το μήκος του άξονα ΠΑΘΕ/Π (Πάτρα-Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Ειδομένη/Προμαχώνας), του συστήματος ETCS επιπέδου 1 καθώς επίσης και η εγκατάσταση του συστήματος GSM-R. Το σύστημα ραδιοζεύξης GSM-R αποτελεί τμήμα του ETCS/ERTMS και εξασφαλίζει τις απαιτήσεις διαλειτουργικότητας των Ευρωπαϊκών σιδηροδρομικών δικτύων.



Σχήμα 4.27: Λειτουργία συστήματος ETCS επιπέδου 1 (εγχειρίδιο UIC, 2008)

Τα συστήματα ETCS αποτελούνται από δυο υποσυστήματα, τον εξοπλισμό επί της γραμμής και τις συσκευές στον σιδηροδρομικό συρμό (ETCS on-board). Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα υπολογίσουμε μόνο με το κόστος του απαραίτητου εξοπλισμού της γραμμής το οποίο εκπέμπει συνεχώς πληροφορίες για το σύστημα. Ο εξοπλισμός αυτός περιλαμβάνει το λογισμικό, τους ραδιοφάρους (Eurobalises), τα κουτιά ηλεκτρικού έλεγχου δίπλα στην γραμμή (LEUs) ή ανάλογα με το σύστημα, τους βρόγχους καλωδίων στη σιδηροτροχιά (Euroloops) και τον εξοπλισμό GSM-R. Το κόστος των εγκαταστάσεων της γραμμής και του λογισμικού επηρεάζεται άμεσα από την πυκνότητα της κυκλοφορίας και παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση. Οι εκτιμήσεις κόστους σύμφωνα με τον τομέα μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ποικίλουν μεταξύ €30.000 και €300.000 ανά χιλιόμετρο γραμμής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εγκατάσταση του συστήματος ETCS συχνά περιλαμβάνει την πλήρη ανακαίνιση της γραμμής.

Για τον προσδιορισμό του μέσου κόστους εγκατάστασης ETCS επιλέχτηκαν στοιχεία έργων όπως:

- Έργο ελληνικών σιδηρόδρομων που περιλαμβάνει μελέτη, προμήθεια και εγκατάσταση συστημάτων ETCS επιπέδου 1 επί της γραμμής σε 541 χλμ. του άξονα ΠΑΘΕ/Π με συνολικό κόστος 17 εκατ. ευρώ. Επομένως κόστος €31.400 ανά χιλιόμετρο σύνδεσης.
- Έργο εγκατάστασης συστήματος ETCS επιπέδου 1 στο τμήμα Τιθορέας – Δομοκού όπου το κόστος εξοπλισμού εδάφους υπολογίστηκε στα 3,14 εκατ. ευρώ, δηλαδή περί τα €29.700 ανά χιλιόμετρο διπλής γραμμής

Ομοίως με το σύστημα ETCS το GSM-R περιλαμβάνει εγκατάσταση εξοπλισμού τόσο στην γραμμή όσο και στο τροχαίο υλικό. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής θα ασχοληθούμε μόνο με το κόστος του συστήματος επί της γραμμής με βάση τα στοιχεία των παρακάτω έργων:

- Έργο μελέτης, προμήθειας και εγκατάστασης συστήματος GSM-R σχεδόν σε όλο το τμήμα του άξονα ΠΑΘΕ/ΠΙ (πλην του τμήματος Τιθορέας-Δομοκού) μήκους 784 χλμ. με το συνολικό κόστος να ανέρχεται στα 64 εκατ. ευρώ (2006-2014). Επομένως το κόστος συστήματος ραδιοζεύξης (πλην εξοπλισμού συρμών) κυμαίνεται περί τα €81.600 ανά χιλιόμετρο γραμμής.
- Έργο προμήθειας και εγκατάστασης συστήματος GSM-R στη γραμμή Ostrava-C. Trebon, μήκους 230 χλμ. και συνολικού κόστους περίπου 20 εκατ. ευρώ (ολοκληρώθηκε το 2011). Επομένως το κόστος συστήματος ραδιοζεύξης (πλην εξοπλισμού συρμών) κυμάνθηκε περί τα €87.000 ανά χιλιόμετρο γραμμής

4.6.3 Τηλεδιοίκηση - Κεντρικός Έλεγχος Κυκλοφορίας

Η αλληλεξάρτηση (interlocking) αποτελεί το πλέον γνωστό σύστημα διοίκησης της κυκλοφορίας και ελέγχου των εγκαταστάσεων με τη χρήση της τηλεπικοινωνίας. Στη σιδηροδρομική σηματοδότηση η αλληλεξάρτηση είναι μια διάταξη συσκευών σήμανσης, που αποτρέπει αντικρουόμενες (ανταγωνιστικές) κινήσεις εντός των διαφόρων διατάξεων της γραμμής, όπως στις διασταυρώσεις, τις σιδηροδρομικές διαβάσεις (crossings) και στους κόμβους (junctions). Το σύστημα αλληλεξάρτησης είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να είναι αδύνατο να εμφανιστεί ένα σήμα ελεύθερης κυκλοφορίας εάν η διαδρομή που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί δεν είναι αποδεδειγμένα ασφαλής (έχει δοθεί ελεύθερο σήμα σε συρμό ανταγωνιστικής διαδρομής). Ένα μικρό σύστημα αλληλεξάρτησης αποτελείται από σήματα, αλλά συνήθως περιλαμβάνει πρόσθετες συσκευές όπως αλλαγές, διασταυρώσεις, εκτροπές κατεύθυνσης, διαβάσεις ακόμα και κινητές γέφυρες. Η πιο σύγχρονη βελτίωση της αλληλεξάρτησης (interlocking) είναι η Αλληλεξάρτηση Στερεάς Κατάστασης (Solid State Interlocking - SSI), ένας τρόπος ελέγχου των απαιτήσεων ασφαλείας για την αλληλεξάρτηση σε σιδηροδρομικούς κόμβους με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων σε αντικατάσταση των ηλεκτρονόμων (relays).

Η Ηλεκτρονική έχει ιδιαίτερος μεγεθύνει τις δυνατότητες ακριβούς (αλλά και οικονομικού από την άποψη της απαιτούμενης εργασίας) ελέγχου πυκνής σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, παρέχοντας τη δυνατότητα να εποπτεύεται εκτεταμένη περιοχή από ένα κέντρο σηματοδότησης ή ρύθμισης της κυκλοφορίας. Η εφαρμογή αυτή είναι ευρέως γνωστή ως Κεντρικός Έλεγχος Κυκλοφορίας (Centralized Traffic Control - CTC). Το ΚΕΚ αποτελείται από το γραφείο ενός κεντρικού διαχειριστή σιδηροδρομικής που ελέγχει τις αλληλεξαρτήσεις και τις ροές κυκλοφορίας στα

διάφορα τμήματα της γραμμής. Στα πιο σύγχρονα Ευρωπαϊκά σιδηροδρομικά κέντρα, που επιβλέπουν πυκνή κυκλοφορία επιβατικών τρένων, το προσωπικό ελέγχου έχει στη διάθεσή του:

- γραφικές οθόνες σύγκρισης του πραγματικού δρομολογίου του τρένου με το θεωρητικό
- προβλέψεις για πιθανά προβλήματα σε κόμβους, όταν τα τρένα κινούνται με καθυστέρηση σε σχέση με το δρομολόγιο και
- συστάσεις για τη επανεξέταση των σχετικών προτεραιοτήτων των τρένων, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διατάραξη του πλέγματος των δρομολογίων

Το κόστος των συστημάτων τηλεδιοίκησης περιλαμβάνει τον εξοπλισμό και το λογισμικό των ηλεκτρονικών αλληλεξαρτήσεων (Solid State Interlocking, SSI) και του Κέντρου Ελέγχου Κυκλοφορίας. Σύμφωνα με τα αναλυτικά τιμολόγια του έργου νέας διπλής γραμμής υψηλών ταχυτήτων Τιθορέας - Δομοκού το ενδεικτικό κόστος που προκύπτει για ένα ΚΕΚ και εξοπλισμό αλληλεξαρτήσεων παρουσιάζεται στον πίνακα 4.31.

Πίνακας 4.31: Ενδεικτικό κόστος συστημάτων τηλεδιοίκησης (Τιμολόγια μελέτης έργου ΑΔ:635)

Αλληλεξαρτήσεις	[€/km διπλής γραμμής]
Ηλεκτρονικά συστήματα και σταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία τους	173.400
Κέντρο ελέγχου κυκλοφορίας	[€/μονάδα]
Εξοπλισμός και λογισμικό	2.187.000

4.6.4 Κόστος εγκαταστάτης αυτόματου συστήματος ισόπεδης διάβασης (ΑΣΙΑ)

Το κόστος κατασκευής ενός συστήματος ισόπεδης διάβασης περιλαμβάνεται στο γενικευμένο κόστος των σιδηροδρομικών έργων ωστόσο εμπεριέχει και εξοπλισμό σηματοδότησης και περιλαμβάνει:

- τη προμήθεια και τοποθέτηση των απαιτούμενων τροχοεπαφών κατάληψης μετά των απαιτούμενων αγωγών
- τη προμήθεια και τοποθέτηση του συστήματος ελέγχου της διάβασης μετά του απαιτούμενου λογισμικού
- τους μηχανισμών των ηχητικών φωτισμάτων και των δρυφάκτων (μπάρες)
- τη τοποθέτηση συστήματος ελαστικών πλακών η πλακών από σκυρόδεμα για την ομαλή διέλευση των οχημάτων

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται το ενδεικτικό κόστος ΑΣΙΑ όπως προκύπτει από τα στοιχεία του "Prices and costs in the Railway sector" καθώς και από τα αναλυτικά τιμολόγια των έργων ανακαίνισης σιδηροδρομικής γραμμής στο

τμήμα Σ.Σ Πειραιά - Σ.Σ Αθηνών (Α.Δ. 731) και σιδηροδρομικής σύνδεσης νέου προβλήτα εμπορευματοκιβωτίων λιμένα Αλεξανδρούπολης (Α.Δ. 740).

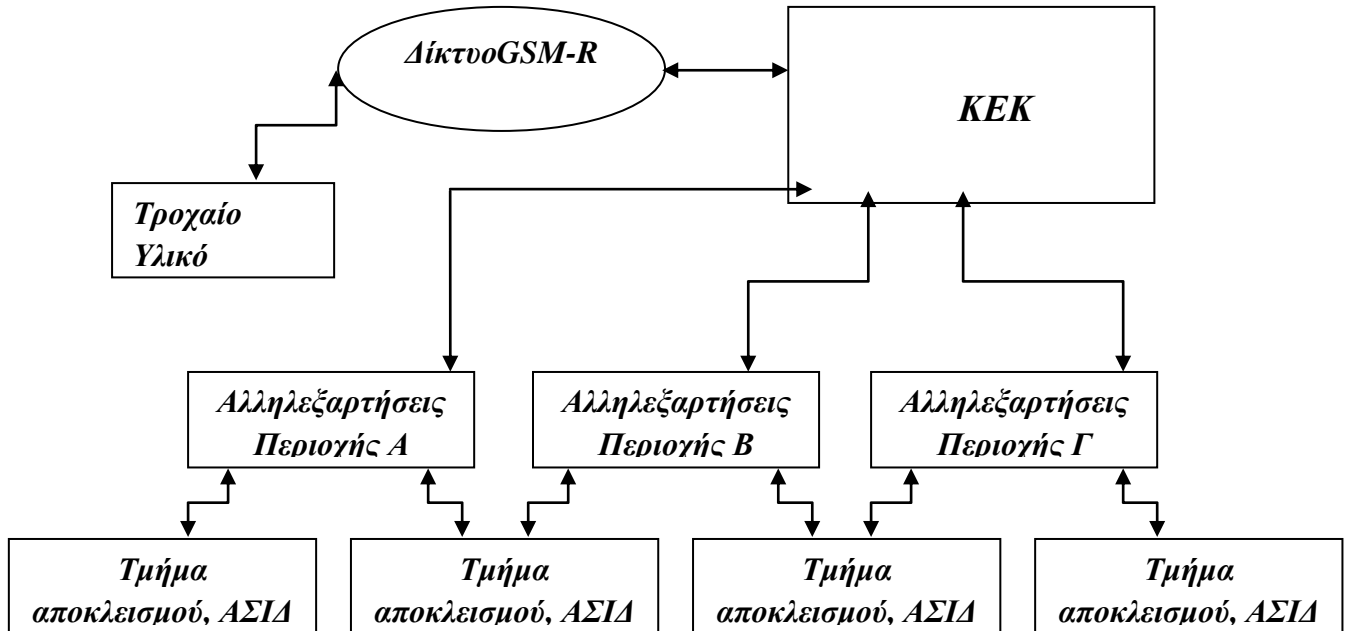
Πίνακας 4.32: Συγκριτικός πίνακας εγκαταστάσεων ΑΣΙΑ

Prices and costs in the Railway sector	[εκατομμύρια €/μονάδα]
Ισόπεδη διάβαση με οπτικό και ηχητικό σήμα	0,03 (0,02 έως 0,04)
Ισόπεδη διάβαση με αυτόματες μονόπλευρες μπάρες (ΑΣΙΑ):	
- σε μονή γραμμή	0,25 (0,25 έως 0,5)
- σε διπλή γραμμή	0,375 (0,375 έως 0,625)
Ισόπεδη διάβαση με τέσσερις αυτόματες μπάρες (ΑΣΙΑ)	0,7 (0,375 έως 1,0)
Αναλυτικά τιμολόγια Α.Δ. 731, 740	[εκατομμύρια €/μονάδα]
Εγκατάσταση Αυτόματου Συστήματος Ισοπέδου Διαβάσεως (ΑΣΙΑ) με δύο μηχανισμούς δρυφράκτων	0,140
Πλήρης Κατασκευή Ισόπεδης Διάβασης από σύστημα προκατασκευασμένων πλακών εξ ολοκλήρου από ελαστικό υλικό (καουτσούκ) ή προκατασκευασμένων πλακών από σκυρόδεμα	[€/m μονής γραμμής]
	1900

Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε καλύτερα τις τιμές των αναλυτικών τιμολογίων με αυτές του «Prices and costs in the Railway sector» θεωρούμε πως έχουμε ΑΣΙΑ σε οδό με μέτριο σχετικά φόρτο και ταχύτητα, όπου το μέσο άνοιγμα του δρόμου είναι περίπου δέκα μέτρα. Με αυτό τον τρόπο το μέσο κόστος μιας διάβασης προκύπτει €160.000 για μονή σιδηροδρομική γραμμή και θεωρούμε ότι αυξάνεται κατά 40% (€225.000) για διπλή γραμμή. Για ΑΣΙΑ με τέσσερις μπάρες το κόστος προκύπτει 300.000 για μονή και 420.000 για διπλή γραμμή.

4.6.5 Ολοκληρωμένο σύστημα σηματοδότησης

Στην τελική του μορφή ένα σύστημα σηματοδότησης με ETCS επίπεδου 1 και GSM-R ή επιπέδου 2 έχει την ακόλουθη μορφή (απλοποιημένο σχήμα εγκατάστασης συστήματος ETCS επιπέδου 2 στην Τσεχία):



Το συνολικό κόστος ενός τέτοιου συστήματος όπως προκύπτει από το έργο νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής στο τμήμα Τιθορέα – Δομοκός, από τη μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22 καθώς και από έργα που αναφέρθηκαν παραπάνω παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.33: Κόστος συστήματος Σηματοδότησης

Συνολικό κόστος σηματοδότησης – Τηλεδιοίκησης	
Μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22	[χιλιάδες €/km]
ETCS Επίπεδο 2 για μονή γραμμή	400
ETCS Επίπεδο 2 για διπλή γραμμή	600
ETCS Επίπεδο 1 για μονή γραμμή	200
ETCS Επίπεδο 1 για διπλή γραμμή	300
Νέο GSM-R για μονή γραμμή	90
Νέο GSM-R για διπλή γραμμή	90
Διπλή σιδηροδρομική γραμμή Τιθορέα – Δομοκού	[χιλιάδες €/km]
ETCS Επίπεδο 1 για διπλή	385

- Στο πλαίσιο της μοντέλου μας θα θεωρήσουμε ότι το σύστημα σηματοδότησης (εφόσον κατασκευάζεται) περιλαμβάνει εξοπλισμό ETCS ανεξαρτήτως ταχύτητας ώστε να εξασφαλίζονται οι απαιτήσεις διαλειτουργικότητας. Το κόστος θα ακολουθεί τις τιμές του παραπάνω πίνακα.

4.7 Σιδηροδρομικοί σταθμοί

4.7.1 Γενικά χαρακτηριστικά σταθμών

Οι σταθμοί είναι συστήματα σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων με τουλάχιστον μια αλλαγή, όπου συρμοί μπορούν να αναχωρούν, να τερματίζουν να αλλάζουν κατευθυντήρια γραμμή και να εκτελούν ελιγμούς. Οι απαραίτητες εγκαταστάσεις (κτίρια επιβατών, αποθήκες αγαθών, εγκαταστάσεις φόρτο - εκφόρτωσης κλπ.) ονομάζονται συγκοινωνιακές εγκαταστάσεις και υπάγονται στα κτιριακά έργα, τα οποία διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό στις επιβατικές και στις εμπορευματικές μεταφορές. Έτσι για τις επιβατικές μεταφορές έχουμε εγκαταστάσεις υποδοχής επιβατών, ενώ για τις εμπορευματικές μεταφορές σταθμούς συλλογής και διαχείρισης εμπορευμάτων που απαιτούν ειδικές εγκαταστάσεις και διαμορφώσεις χώρων. Οι βασικότερες εγκαταστάσεις των σιδηροδρομικών σταθμών είναι τα συστήματα σύνδεσης που συντελούν στη μετάβαση από ένα σύστημα υποστήριξης σε ένα άλλο δηλαδή:

- τα κρηπιδώματα (πλατφόρμες εξυπηρέτησης επιβατών, αποσκευών, δεμάτων κλπ.)
- οι διάδρομοι σύνδεσης
- τα κτίρια υποστήριξης
- οι σκάλες, οι ανελκυστήρες
- οι χώροι στάθμευσης

Όσο αφορά τη χάραξη των σιδηροδρομικών σταθμών ισχύουν γενικοί κανόνες που αφορούν:

- την κατά μήκος κλίση. Γενικά είναι επιθυμητή η οριζόντια θέση της γραμμής στο σταθμό. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, η μέγιστη κατά μήκος κλίση είναι 2,5‰.
- την κατεύθυνση. Οι σταθμοί πρέπει να τοποθετούνται κατά το δυνατό σε ευθύγραμμα τμήματα. Εάν πρέπει οπωσδήποτε να κατασκευαστεί ένας σιδηροδρομικός σταθμός σε τόξο πρέπει τουλάχιστον το μεσαίο τμήμα γραμμών (επιβίβασης - αποβίβασης, φόρτο - εκφόρτωσης) να είναι όσο το δυνατό σε ευθυγραμμία
- την υπερύψωση. Βασικά δεν πρέπει να υπερυψώνονται οι γραμμές μέσα στους σταθμούς, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο όμως, σύμφωνα με τον κανονισμό του ΟΣΕ η υπερύψωση μπορεί να φτάσει τα 100mm.

4.7.2 Εγκαταστάσεις γραμμών και μήκος σιδηροδρομικών σταθμών

Οι σιδηροδρομικές γραμμές εντός των σταθμών διακρίνονται σε κύριες και δευτερεύουσες και αποτελούν φυσική προέκταση των γραμμών των ελευθέρων τμημάτων. Κύριες ονομάζονται οι γραμμές όπου κινούνται προγραμματισμένα οι

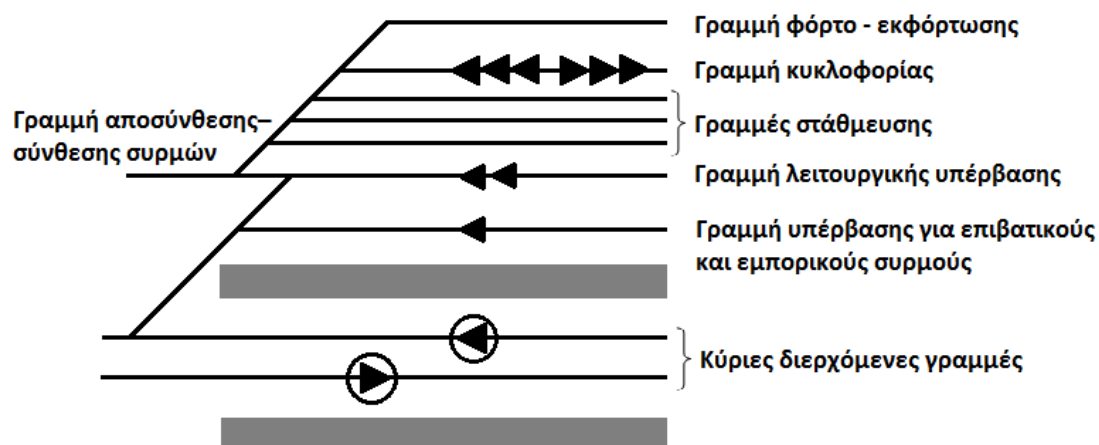
συρμοί και των οποίων η κίνηση εξασφαλίζεται από την σήμανση. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την λειτουργία που εξυπηρετούν:

- Κύριες διερχόμενες (διέλευση χωρίς στάθμευση)
- Γραμμές προσπέρασης (υπέρβασης)
- Λοιπές γραμμές (π.χ. γραμμές εισόδου/εξόδου στον σιδηροδρομικό σταθμό)

Δευτερεύουσες ονομάζονται όλες οι υπόλοιπες γραμμές που δεν ανήκουν στις κύριες γραμμές, και συμπεριλαμβάνουν τις ακόλουθες:

- Γραμμές κυκλοφορίας οχημάτων έλξης (κινητήριων οχημάτων)
- Γραμμές αποσύνθεσης – σύνθεσης συρμών
- Γραμμές αναμονής για αναχώρηση (επιτρέπουν περιορισμένη στάθμευση των οχημάτων έλξης τοποθετημένες κοντά στα κρηπιδώματα)
- Γραμμές περιορισμένης στάθμευσης (για λόγους φορτοεκφόρτωσης)
- Γραμμές στάθμευσης (βαγονιών που δεν θα χρησιμοποιηθούν άμεσα)

Η απεικόνιση των κύριων και δευτερευουσών γραμμών ενός σιδηροδρομικού σταθμού απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα#.



Σχήμα 4.28: Απεικόνιση - συμβολισμός γραμμών σιδηροδρομικού σταθμού

Το μήκος των σταθμών (από την αιχμή της αλλαγής εισόδου έως την αιχμή της αλλαγής εξόδου) εξαρτάται από το ωφέλιμο μήκος των γραμμών καθώς και τη διάταξη των αλλαγών εισόδου και εξόδου του σταθμού. Το ωφέλιμο μήκος είναι το χρησιμοποιούμενο μήκος, το οποίο καθορίζεται από τον μακρύτερο συρμό που διέρχεται από τις γραμμές του σταθμού, προσαυξημένο κατά ένα μήκος ασφάλειας για την περίπτωση μη ακριβούς στάθμευσης, το οποίο ανέρχεται σε 5-10 μέτρα. Αντίστοιχα το μήκος των δευτερευουσών γραμμών καθορίζεται από τον αριθμό των βαγονιών και των οχημάτων έλξης που σταθμεύουν καθώς και από στοιχεία που έχουν σχέση με τους ελιγμούς. Οι γραμμές της λειτουργικής υπέρβασης υπολογίζονται με βάση το μήκος των διερχόμενων εμπορικών συρμών. Τα μήκη των γραμμών αυτών ανέρχονται σε 750, 650 και 600 μέτρα.

4.7.3 Είδη σιδηροδρομικών σταθμών

Οι σιδηροδρομικοί σταθμοί στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα:

- τον σκοπό που εξυπηρετούν
- την θέση τους στο σιδηροδρομικό δίκτυο

Σύμφωνα με τον σκοπό που εξυπηρετούν:

A) Επιβατικοί σταθμοί

Υποδομή:

- Κτίριο υποδοχής (εκδοτήριο εισιτηρίων, πληροφορίες, αναμονή, διεκπεραίωση αποσκευών, καταστήματα)
- Κρηπιδώματα (αποβάθρες) με διαδρόμους επικοινωνίας
- Χώροι στάθμευσης
- Σιδηροδρομικές γραμμές στα κρηπιδώματα
- Διερχόμενες γραμμές
- Συνδέσεις γραμμών
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας (σήμανση, τηλεδιοίκηση)

B) Εμπορευματικοί σταθμοί

Υποδομή:

- Χώροι αποθήκευσης/φόρτο - εκφόρτωσης
- Οδοί φόρτο - εκφόρτωσης
- Μετωπικές και πλευρικές ράμπες
- Λοιπές Εγκαταστάσεις φόρτο - εκφόρτωσης (γερανοί, αντλίες ρευστών εμπορευμάτων, ταινίες μεταφοράς εμπορευμάτων)
- Υποδομή για καλή σύνδεση με οδικό δίκτυο
- Γραμμές φορτοεκφόρτωσης
- Γραμμές στάθμευσης
- Εγκαταστάσεις ελιγμών
- Εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων έλξης και βαγονιών

Συμφώνα με τη θέση τους στο σιδηροδρομικό δίκτυο:

A) Τερματικοί σιδηροδρομικοί σταθμοί

Είναι οι σταθμοί στους οποίους τερματίζουν και αναχωρούν οι σιδηροδρομικοί συρμοί. Ανάλογα με τους συρμούς που εξυπηρετούν, οι σταθμοί αυτοί μπορεί να είναι επιβατικοί (επιβατικοί συρμοί) ή εμπορευματικά κέντρα διαλογής (εμπορικοί συρμοί) μεγάλου μεγέθους εγκατεστημένοι συνήθως κοντά σε ένα αστικό κέντρο ή λιμάνι.

B) Ενδιάμεσοι σιδηροδρομικοί σταθμοί

Είναι επιβατικοί ή εμπορικοί σταθμοί που βρίσκονται κατά μήκος διερχόμενων σιδηροδρομικών τμημάτων μεταξύ δυο μεγάλων τερματικών σταθμών. Παρουσιάζουν μέτριο φόρτο επιβατών και εμπορευμάτων ενώ για κάποιους συρμούς οι σταθμοί αυτοί μπορεί να είναι τερματικοί.

Γ) Μικροί σιδηροδρομικοί σταθμοί – Στάσεις

Είναι κυρίως επιβατικοί σταθμοί με μικρό φόρτο επιβατών. Ανάλογα με το φόρτο κυκλοφορίας της γραμμής μπορεί να διαθέτουν γραμμές λειτουργικής υπέρβασης για τους συρμούς που δε πραγματοποιούν στάσεις σε αυτές.

4.7.4 Κόστος κατασκευής σιδηροδρομικών σταθμών

Το κόστος κατασκευής σιδηροδρομικών σταθμών παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση καθώς οι παράμετροι που το επηρεάζουν είναι πάρα πολλοί. Οι κυριότεροι εξ' αυτών είναι (www.networkrail.co.uk, 2011):

- η τοποθεσία σταθμού (εντός αστικού κέντρου ή όχι)
- το φόρτο επιβατών και εμπορευμάτων που εξυπηρετούν
- το ενδεχόμενο ανακαίνισης ή μετεγκατάστασης υπάρχοντος σταθμού
- το μήκος των πλατφόρμων (ανάλογα με τους συρμούς που εξυπηρετούν)
- το κατά πόσο η κατά μήκος κλίση των γραμμών στην περιοχή είναι εντός επιτρεπτών ορίων για κατασκευή σταθμού
- το κατά πόσο η περιοχή κατασκευής βρίσκεται σε οριζοντιογραφική καμπύλη των γραμμών
- η δυνατότητα οδικής πρόσβασης και η ύπαρξη χώρου για στάθμευση

Στον πίνακα 4.34 παρουσιάζονται το κόστος κατασκευής μεγάλων επιβατικών τερματικών σταθμών των τελευταίων ετών και στον πίνακα 4.35 το ενδεικτικό κόστος διαφόρων τύπων σταθμών.

Πίνακας 4.34: Κόστος κατασκευής επιβατικών σιδηροδρομικών σταθμών (διάφορες πηγές)

Τερματικός Σιδηροδρομικός Σταθμός	Κόστος κατασκευής [εκατ.€]	Επιβάτες / Ημέρα	Σημειώσεις
West Kowloon, Hong Kong	5.840	99.000 (εκτίμηση για το 2016)	2011-2015, υπόγειος σταθμός
Guangzhou South Railway Station, China	1.310	200.000 (εκτίμηση για το 2010)	2007-2010
Williams Landing railway station, Melburn, Αυστραλία	63	1.000 (εκτίμηση μετά την ολοκλήρωση)	2011-2013

Tianjin West Railway Station, China	287	100.000	2009-2011, ολική ανακατασκευή
Liège-Guillemins railway station, Λιέγη, Βέλγιο	312	15.000	ολοκληρώθηκε το 2009, ανακατασκευή
Birmingham New Street Station	715	210.000 (εκτίμηση για το 2010)	2009-2015, ανακατασκευή

Πίνακας 4.35: Ενδεικτικό κόστος κατασκευής σιδηροδρομικών σταθμών (J.P. Baumgartner, τιμές 2011)

Είδος σιδηροδρομικού σταθμού	Κόστος [εκατ. €]
Μικρός ενδιάμεσος σταθμός με μονή κύρια διερχόμενη σιδηροδρομική γραμμή χωρίς σηματοδότηση η επιπλέον εξοπλισμό	1,25 (0,75 έως 2,5)
Μικρός ενδιάμεσος σταθμός με μονή κύρια διερχόμενη σιδηροδρομική γραμμή με αλληλεξαρτήσεις και σηματοδότηση χωρίς επιπλέον εξοπλισμό	3,75 (2,5 έως 7,5)
Σταθμός με ένα ζεύγος σύνδεσης (4 αλλαγές) μεταξύ των δύο κύριων διερχόμενων γραμμών με σηματοδότηση και τηλεδιοίκηση	12,5 (6,25 έως 18,75)
Σταθμός εξυπηρέτησης δύο κατευθύνσεων (με δυο ζεύγη σύνδεσης και δύο κύριες διερχόμενες γραμμές) με σηματοδότηση και τηλεδιοίκηση κλπ.	37,5 (25 έως 50)
Μεγάλος επιβατικός τερματικός σταθμός	250 (62,5 έως 625)
Εμπορευματικός σταθμός με γραμμές φορτοεκφόρτωσης, εγκαταστάσεις ελιγμών επιπλέον παρακαμπτήριες γραμμές κλπ	375 (125 έως 625)
Τερματικός σταθμός συνδυασμένων μεταφορών	125 (62,5 έως 250)

Σύμφωνα με την Μελέτη αξιολόγησης του σιδηροδρομικού άξονα 22 το κόστος κατασκευής σιδηροδρομικών σταθμών ορίζεται στα 11.000.000€ για μονή γραμμή εξυπηρέτησης και 17.000.000€ για διπλή γραμμή. Προφανώς αναφέρεται σε ενδιάμεσους σταθμούς και στάσεις με μέτριο φόρτο κυκλοφορίας. Επίσης δίνεται ενδεικτικό κόστος ανακαίνισης – αναβάθμισης σιδηροδρομικών σταθμών με τιμή 3,667€ για σταθμό μονής γραμμής και 5,667€ για διπλής.

Στο πλαίσιο της εργασίας δε έγινε ακριβής υπολογισμός του κόστους κατασκευής σταθμών, εφόσον αυτό όμως, ζητηθεί από το μοντέλο υπολογισμού για τα Ελληνικά δεδομένα θα έχουμε κόστος:

- Μικρού σταθμού - στάσης: 3,75 εκατ. €/ μον.
- Ενδιάμεσου σταθμού μονής γραμμής εξυπηρέτησης: 11 εκατ. €/ μον.
- Ενδιάμεσου σταθμού διπλής γραμμής εξυπηρέτησης: 17 εκατ. €/ μον.
- Μεγάλου επιβατικού τερματικού σταθμού: 250 εκατ. €/ μον.
- Εμπορευματικού σταθμού: 375 εκατ. €/ μον.

4.8 Εκπόνηση μελετών

Μελέτη σκοπιμότητας:

Για τη χάραξη μιας σιδηροδρομικής γραμμής απαιτείται να έχει προηγηθεί μελέτη σκοπιμότητας για να διαπιστωθεί η αναγκαιότητα κατασκευής ενός συγκεκριμένου έργου στα πλαίσια οικονομικού οφέλους. Αν και η Μελέτη σκοπιμότητας ανατίθεται συνήθως εξωτερικά σε εξειδικευμένη εταιρεία συμβούλων, οι υπεύθυνοι σχεδιασμού του έργου θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τα βασικά θέματα που περιλαμβάνει. Στα πλαίσια της μελέτης αυτής γίνεται αναγνωριστική χάραξη της γραμμής και στη συνέχεια ακολουθεί η προκαταρκτική μελέτη κατά την οποία διερευνάται η βέλτιστη όδευση του έργου.

Προκαταρκτική μελέτη και Προμελέτη:

Η αναγνωριστική – προκαταρκτική μελέτη αποτελεί το πρώτο στάδιο τεχνικών μελετών μιας γραμμής. Βασίζεται στην αναγνώριση εναλλακτικών ζωνών διέλευσης της γραμμής με τη βοήθεια του χάρτη της υπόψη περιοχής. Στόχος της είναι η βέλτιστη εναλλακτική χάραξη με τη δημιουργία ενός άξονα όσο το δυνατόν με ευθυγραμμίες και ανοικτές καμπύλες, προσαρμοσμένου στο τοπογραφικό ανάγλυφο, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι χωματουργικές εργασίες και η κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων (Λυμπέρης, 2009). Ακολουθεί η σύνθεση της προμελέτης που στην ουσία περιέχει και την προκαταρκτική μελέτη, ενώ πλέον, καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό ο άξονας της γραμμής με τις εγκαταστάσεις και τα τεχνικά του έργα.

Οριστική μελέτη και μελέτη εφαρμογής:

Στην οριστική μελέτη έχει καθοριστεί πλήρως ο άξονας της γραμμής καθώς και η θέση των μόνιμων εγκαταστάσεων (σταθμοί, αμαξοστάσια, παρακαμπτήριοι κλπ.) σε συνδυασμό με τις λειτουργικές απαιτήσεις του δικτύου (σηματοδότηση, τροχαίο υλικό, υποσταθμοί κ.α.). Στη συνέχεια ακολουθεί η διαμόρφωση της μελέτη εφαρμογής με τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των διαφόρων εγκαταστάσεων του έργου.

Οι παραπάνω μελέτες έχουν κόστος που σύμφωνα με τη την εργασία του J.P Baumgartner, "Prices and costs in the railway sector", ορίζεται ως εξής:

Πίνακας 4.36: Ενδεικτικό κόστος μελετών σιδηροδρομικών έργων (τιμές 2011)

Είδος μελέτης	[€/km γραμμής]
Μελέτη σκοπιμότητας έργου	1.250 (625 έως 12.500)
Προκαταρκτική μελέτη	12.500 (6.250 έως 125.000)
	[Ποσοστό επί του προϋπολογισμού του έργου]
Οριστική Μελέτη	1% (0,3% έως 3%)

Στην οριστική μελέτη δεν περιλαμβάνονται οι ακριβείς και λεπτομερείς τεχνικές προδιαγραφές ώστε να γίνει η προμήθεια των υλικών και η κατασκευή. Δε περιλαμβάνεται δηλαδή η μελέτη εφαρμογής, το κόστος της οποίας θεωρείται ότι συμπεριλαμβάνεται σε αυτό της υποδομής.

4.9 Απαλλοτριώσεις

Μια σημαντική συνιστώσα του γενικευμένου κόστους κατασκευής μιας σιδηροδρομικής γραμμής αποτελούν και οι απαλλοτριώσεις γης. Ανάλογα με τη χρήση γης (βιομηχανική, γεωργική, για κατοικίες κλπ.) και την πληθυσμιακή πυκνότητα το κόστος αυτό μεταβάλλεται, ενώ σε πολλές περιπτώσεις, όπως σε έργα εντός αστικών περιοχών, αυτό μπορεί να αποτελέσει σημαντικό ποσοστό του συνολικού προϋπολογισμού. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το κόστος απαλλοτρίωσης ανά χιλιόμετρο γραμμής (είτε μονής είτε διπλής) σε σχέση με την πυκνότητα του πληθυσμού.

Πίνακας 4.37 :Ενδεικτικό κόστος απαλλοτριώσεων για διάφορες τιμές της πληθυσμιακής πυκνότητας (J.P. Baumgartner, τιμές 2011)

	<i>[εκατομμύρια €/km γραμμής] (διπλή ή μονή γραμμή)</i>
• Για ακατοίκητη περιοχή	0,001 (0 έως 0,1)
• Για περιοχή ανάλογα την πληθυσμιακή πυκνότητα:	
- 10 κάτοικοι ανά km ²	0,125 (0,0125 έως 1,25)
- 100 κάτοικοι ανά km ²	3,75 (1,25 έως 12,5)
- 1.000 κάτοικοι ανά km ²	12,5 (3,75 έως 37,5)

Στην Ελλάδα το κόστος απαλλοτριώσεων διαφοροποιείται κάπως και μπορεί να διακριθεί σε κατηγορίες ανάλογα με την περιοχή. Σύμφωνα με στοιχεία του υπουργείου ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας, για διάφορα έργα συγκοινωνιακής υποδομής στην ηπειρωτική Ελλάδα, το κόστος απαλλοτρίωσης ανά τετραγωνικό μέτρο δίνεται από τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.38: Ενδεικτικό κόστος απαλλοτριώσεων έργων συγκοινωνιακής υποδομής στην ηπειρωτική Ελλάδα (www.anartyxi.gov.gr)

Περιοχή	Μέσο κόστος απαλλοτριώσεων [€/m²]
Πελοποννήσου	0-20
Θεσσαλίας, Στερεάς Ελλάδας	20-70
Ηπείρου	80-130
Ανατολικής Μακεδονίας και Δυτικής Ελλάδας	130-240
Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας και Δυτικής Μακεδονίας	240-600

Το συνολικό κόστος των απαιτούμενων απαλλοτριώσεων για την κατασκευή μιας σιδηροδρομικής γραμμής εξαρτάται από :

- το μήκος της σιδηροδρομικής σύνδεσης
- το εύρος κατάληψης των γραμμών που υλοποιούν τη σιδηροδρομική σύνδεση (πλάτος γραμμής)
- την έκταση των σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων (σιδηροδρομικοί σταθμοί, εγκαταστάσεις συντήρησης τροχαίου υλικού κλπ.)

Μια μονή σιδηροδρομική γραμμή απαιτεί περίπου 15 μέτρα πλάτους ώστε να συμπεριληφθεί η σκυρογραμμή, οι εκτάσεις αποστράγγισης, η περίφραξη κλπ.. Από τυπικές διατομές παρατηρούμε ότι για διπλή γραμμή έχουμε μια προσθήκη 5-6 μέτρων σε σχέση με τη μονή γραμμή. Υποθέτουμε λοιπόν ότι για κατασκευή διπλής σιδηροδρομικής γραμμής απαιτείται η εξασφάλιση 21 μέτρων πλάτους ανά μέτρο γραμμής. Σύμφωνα με αυτά το κόστος απαλλοτριώσεων ανά χιλιόμετρο γραμμής με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 4.39 παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 4.39 :Απαλλοτριώσεις στην Ελλάδα ανά χλμ. γραμμής

Περιοχή	Μέσο κόστος απαλλοτριώσεων [εκατομμύρια €/km γραμμής]	
	Μονή γραμμή	Διπλή γραμμή
Πελοποννήσου	0,00 - 0,30	0,00 - 0,42
Θεσσαλίας, Στερεάς Ελλάδας	0,30 - 1,05	0,42 - 1,47
Ηπείρου	1,20 - 1,95	1,68 - 2,73
Ανατολικής Μακεδονίας και Δυτικής Ελλάδας	1,95 - 3,60	2,73 - 5,04
Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας και Δυτικής Μακεδονίας	3,60 - 9,00	5,04 - 12,6

Ο παραπάνω πίνακας με στοιχεία απογράφης (2011) μπορεί να μεταφραστεί σε κόστος ανά πληθυσμιακή πυκνότητα.

Περιοχή με πληθυσμιακή πυκνότητα	Μέσο κόστος απαλλοτριώσεων [εκατομμύρια €/km γραμμής]	
	Μονή γραμμή	Διπλή γραμμή
50 κάτοικοι ανά km ²	0,00 - 0,30	0,00 - 0,42
43 κάτοικοι ανά km ²	0,30 - 1,05	0,42 - 1,47
46 κάτοικοι ανά km ²	1,20 - 1,95	1,68 - 2,73
48 κάτοικοι ανά km ²	1,95 - 3,60	2,73 - 5,04
705 κάτοικοι ανά km ²	3,60 - 9,00	5,04 - 12,6

Το κόστος αποζημίωσης της αναγκαστικής απαλλοτρίωσης για την κατασκευή της νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής κανονικού πλάτους και υψηλών ταχυτήτων μεταξύ Κορίνθου - Πατρών, στο τμήμα από Χ.Θ. 40+000 έως Χ.Θ. 59+250, πρόεκυψε €4.936.435 (απόφαση 2013). Αυτό αντιστοιχεί σε κόστος €256.438 ανά χιλιόμετρο διπλής γραμμής (εντός των ορίων του πίνακα 4.39 για την συγκεκριμένη περιοχή).

5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

5.1 Γενικά

Σκοπός των κριτηρίων κα των μεθόδων που αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια είναι η διαμόρφωση ενός μοντέλου εκτίμησης κόστους σιδηροδρομικών έργων με χρήση λογιστικών φύλλων (τύπου excel). Το συνολικό αρχικό κόστος κατασκευής ενός σιδηροδρομικού έργου θα δίνεται από έναν τύπο της μορφής:

$$C_{tot} = C_{inf} + C_{tr} + C_{el} + C_{sign} + C_A + C_{sw} + C_{st} + C_{stud} + C_{exp}$$

όπου: C_{tot} , το συνολικό κόστος κατασκευής (προϋπολογισμός) του έργου

C_{inf} , το συνολικό κόστος υποδομής

C_{track} : το κόστος επιδομής γραμμής

C_{el} , το κόστος εγκατάστασης ηλεκτροκίνησης

C_{sign} , το κόστος συστήματος σηματοδότησης

C_A , το κόστος εγκατάστασης ΑΣΙΔ

C_{sw} , το κόστος αλλαγών και διασταυρώσεων

C_{st} , το κόστος των σταθμών

C_{stud} , το κόστος μελετών

C_{exp} , το κόστος απαλλοτριώσεων

Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο, αποτελούν τις συνιστώσες, τις οποίες θεωρήσαμε, με την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου, αναγκαίες για τον προσδιορισμό του κόστους κατασκευής ενός έργου. Εκτός των βασικών δεδομένων εισόδου, έχουμε και επιπλέον μεταβλητές που θέτουν περιορισμούς ή ενημερώνουν τον χρήστη του. Αυτοί οι περιορισμοί και προειδοποιήσεις έχουν να κάνουν με τα κριτήρια επιλογής κάθε στοιχείου, όπως παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα έχουμε:

- περιορισμό στην επιλογή σιδηροτροχιάς ανάλογα με την ταχύτητα, τον φόρτο κυκλοφορίας και το μέγιστο αξονικό φορτίο
- περιορισμό στην επιλογή στρωτήρα ανάλογα με την ταχύτητα και φόρτο κυκλοφορίας
- ενημέρωση αξιολόγησης κατασκευής ηλεκτροκίνησης

Το σύνολο των μεταβλητών παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα μαζί με το συμβολισμό που θα χρησιμοποιηθεί στις αναλυτικές σχέσεις υπολογισμού.

Πίνακας 5.1: Μεταβλητές εισόδου μεθοδολογίας

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ
Συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)	L
Πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)	n
Σ.Σ.Σ ή Με αρμούς	-
Μέγιστο αξονικό φορτίο Q (t)	Q
Ταχύτητα σχεδιασμού επιβατικών συρμών (km/h)	V_p
Ταχύτητα σχεδιασμού εμπορικών συρμών (km/h)	V_{fr}
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων οχημάτων επιβατικών συρμών (t)	T_{tp}
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητήριων οχημάτων επιβατικών συρμών (t)	T_p
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων οχημάτων εμπορευματικών συρμών (t)	T_{tfr}
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητήριων οχημάτων εμπορευματικών συρμών(t)	T_{fr}
Ποσοστό των εμπορικών οχημάτων στη κυκλοφορία με αξονικό φορτίο 20t (%)	P_{20}
Ποσοστό των εμπορικών οχημάτων στη κυκλοφορία με αξονικό φορτίο 22,5t (%)	$P_{22.5}$
Στρωτήρες σκυροδέματος ή ξύλινους	-
Διατομή σιδηροτροχιάς (UIC 50, 54 ,60)	-
Απόσταση μεταξύ στρωτήρων (m)	l
Φέρουσα ικανότητα υποδομής (καλή, μέτρια ή κακή)	-
Ποσοστό γραμμής με σταθερή επιδομή (%)	p_t
Ποσοστό έργου σε πεδινό ανάγλυφο	p_{a1}
Ποσοστό έργου σε μετρία ομαλότητας ανάγλυφο	p_{a2}
Ποσοστό έργου σε ορεινό ανάγλυφο	p_{a3}
Μήκος σήραγγας μονής γραμμής ή C&C (m)	L_{t1}
Μήκος σήραγγας διπλής γραμμής ή C&C (m)	L_{t2}
Μήκος δίδυμης σήραγγας (m)	L_{t3}
Μήκος γέφυρας μονής γραμμής (m)	L_{t4}
Μήκος γέφυρας διπλής γραμμής (m)	L_{t5}
Πλήθος γεφυρών	n_b
Μήκος τεμάχων (μπλοκ) σιδηροτροχιάς (m)	k
Ποσοστό γραμμής σε κλίση $i > 5\%$ (%)	p_{θ}
Πλήθος αλλαγών με μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	$n_{sw,1}$
Πλήθος αλλαγών μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	$n_{sw,2}$
Πλήθος αλλαγών μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	$n_{sw,3}$
Πλήθος αλλαγών μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	$n_{sw,4}$

Πλήθος αλλαγών μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	$n_{sw,5}$
Πλήθος αλλαγών με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	$n_{sw,6}$
Πλήθος διασταυρώσεων UIC60	$n_{sw,7}$
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων επιβατικών συρμών (%)	p_{elp}
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων εμπορικών συρμών (%)	p_{elfr}
Πλήθος ΑΣΙΔ με 2 μπάρες	n_{a1}
Πλήθος ΑΣΙΔ με 4 μπάρες	n_{a1}
Πλήθος στάσεων	$n_{st,1}$
Πλήθος ενδιάμεσων σταθμών μιας γραμμής	$n_{st,2}$
Πλήθος ενδιάμεσων σταθμών δυο γραμμών	$n_{st,3}$
Πλήθος μεγάλων επιβατικών σταθμών	$n_{st,4}$
Πλήθος εμπορευματικών κέντρων	$n_{st,5}$
Ποσοστό έργου στην περιοχή Πελοποννήσου (%)	p_{ex1}
Ποσοστό έργου στην περιοχή Θεσσαλίας ή Στερεάς Ελλάδας (%)	p_{ex2}
Ποσοστό έργου στην περιοχή Ανατολικής Μακεδονίας και Δυτικής Ελλάδας (%)	p_{ex3}
Ποσοστό έργου στην περιοχή της Ηπείρου(%)	p_{ex4}
Ποσοστό έργου στην περιοχή Αττικής, Κεντρικής ή Δυτικής Μακεδονίας (%)	p_{ex5}

5.2 Παραδοχές – Δεδομένα μεθοδολογίας

Στον παρακάτω πίνακα θα παρατεθούν όλες οι ενδεικτικές τιμές κόστους, που ορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, βάση αναλυτικών τιμολογίων και βιβλιογραφικών πηγών και θεωρήθηκαν οι πλέον αντιπροσωπευτικές για την εφαρμογή τους στη μεθοδολογία.

Πίνακας 5.2: Παραδοχές – Δεδομένα ενδεικτικών τιμών

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ – ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΙΜΩΝ		
ΥΠΟΔΟΜΗ-Μέθοδος Α (γνωστά τεχνικά έργα σηράγγων και γεφυρών)		
Εργασίες νέων σηράγγων	[εκατομμύρια €/km]	Συμβολισμός
Σήραγγες ή Cut & Covers μονής γραμμής	15	$c_{inf,1}$
Σήραγγες ή Cut & Covers διπλής γραμμής	20	$c_{inf,2}$
Δίδυμες σήραγγες ή Cut & Covers	25	$c_{inf,3}$
Νέες γέφυρες	[εκατομμύρια €/km]	
Γέφυρες μονής γραμμής	15	$c_{inf,4}$
Γέφυρες διπλής γραμμής	20	$c_{inf,5}$
Λοιπές εργασίες εκτός τμημάτων τεχνικών έργων	[εκατομμύρια €/km]	
Μονής γραμμής	1,5	c_f
Διπλής γραμμής	2	c_f'

ΥΠΟΔΟΜΗ-Μέθοδος Β (άγνωστα τεχνικά έργα σηράγγων και γεφυρών)		
Συνολικά έργα υποδομής (πεδινό ανάγλυφο)	[εκατομμύρια €/km]	
Μονής γραμμής	2,45	c_{a1}
Διπλής γραμμής	3,5	c_{a1}'
Συνολικά έργα υποδομής (μετρίας ομαλότητας ανάγλυφο)	[εκατομμύρια €/km]	
Μονής γραμμής	5,6	c_{a2}
Διπλής γραμμής	8	c_{a2}'
Συνολικά έργα υποδομής (ορεινό ανάγλυφο)	[εκατομμύρια €/km]	
Μονής γραμμής	15,4	c_{a3}
Διπλής γραμμής	22	c_{a3}'
ΕΠΙΔΟΜΗ		
Σιδηροτροχιά		
Κόστος προμήθειας σιδηροτροχιάς ενός μετρικού τόνου σιδ/χίας	780 €/t	c_r
Σύνδεση σιδηροτροχιών		
Αυτογενής συγκόλληση σιδηροτροχιών	130 €/τεμ	c_{16}
Αλουμινοθερμική συγκόλληση σιδηροτροχιών	120 €/τεμ	c_{16}'
Απελευθέρωση τάσεων	9 €/MM	c_{17}
Προμήθεια σετ αμφιδετών για σιδηροτροχιά 60E1, πλήρων, μετά του απαραίτητου ψιλού υλικού	60 €/τεμ	c_{18}
Προμήθεια επιτόπου και εγκατάσταση ενός ζεύγους συσκευών διαστολής, ειδικού τύπου - ειδικής κατασκευής	84.000 €/ζευγ.	c_{wt}
Στρωτήρες		
Προμήθεια ξύλινων στρωτήρων από αφρικανική ξυλεία AZOBE πλήρων μετά των αντίστοιχων συνδέσμων και υποθεμάτων	120 €/τεμ	$c_{sl,1}$
Προμήθεια ολόσωμων στρωτήρων B70 από σκυρόδεμα, πλήρων μετά των συνδέσμων και υποθεμάτων	70 €/τεμ	$c_{sl,2}$
Έδραση & Λοιπά		
Προσκυρόστρωση γραμμής άνευ της προμήθειας των σκύρων	8,0 €/ m ³	c_{11}
Σκυρόστρωση σιδηροδρομικής γραμμής άνευ της αξίας των σκύρων	18,00 €/ m ³	c_{11}'
Προμήθεια Σκύρων γραμμής ποιότητας K1	25 €/t	c_{12}
Προμήθεια Σκύρων γραμμής ποιότητας K2	21 €/t	c_{12}'
Στρώση επιδομής γραμμής επί έρματος άνευ της αξίας των υλικών επιδομής	53 €/MM	c_{13}
Οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση γραμμής, μόρφωση διατομής έρματος και σταθεροποίηση γραμμής με βαρέα μηχανήματα γραμμής	17 €/MM	c_{14}

Καταγραφή κυματοειδών φθορών και λείανση σιδηροτροχιών	8,5 €/ΜΜ	c_{t5}
Προμήθεια και εγκατάσταση αντιοδευτικού	40 €/τεμ	c_{t9}
Αλλαγές - Διασταυρώσεις		
Αλλαγή με μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	83000 €/τεμ	c_{sw1}
Αλλαγή με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	88000 €/τεμ	c_{sw2}
Αλλαγή με μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	78850 €/τεμ	c_{sw3}
Αλλαγή με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	83600 €/τεμ	c_{sw4}
Αλλαγή με μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	63600 €/τεμ	c_{sw5}
Αλλαγή με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	67400 €/τεμ	c_{sw6}
Διασταύρωση UIC60	120.000 €/τεμ	c_{sw7}
Κατασκευή σταθερής επιδομής	140% κόστους επιδομής σκυρογραμμής	C_{tr2}
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ		
Εγκατάστασης νέας ηλεκτροκίνησης	[€/km γραμμής]	
Μονή γραμμή	390.000	c_{el}
Διπλή γραμμή	560.000	c_{el}'
Αντικατάσταση Αγωγού Επαφής	20.000	
Κόστος ετήσιας συντήρησης Ηλεκτροκίνησης	2% του κόστους κατασκευής	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		
Τιμή καυσίμου	1,11 €/lt	
Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	0,055 €/KWh	
ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ - ΤΗΛΕΔΙΟΙΚΗΣΗ		
Εγκατάσταση:	[χιλιάδες €/km]	
ETCS Επίπεδο 2 για μονή γραμμή	400	c_{s1}
ETCS Επίπεδο 2 για διπλή γραμμή	600	c_{s1}'
ETCS Επίπεδο 1 για μονή γραμμή	255	c_{s2}
ETCS Επίπεδο 1 για διπλή γραμμή	385	c_{s2}'
GSM-R για μονή γραμμή ή διπλή	90	c_g
Εγκατάσταση ΑΣΙΔ	[χιλιάδες €/μονάδα]	
Εγκατάστασης ΑΣΙΔ μονής γραμμής με 2 μπάρες	160	c_{a1}
Εγκατάστασης ΑΣΙΔ διπλής γραμμής με 2 μπάρες	225	c_{a1}'
Εγκατάστασης ΑΣΙΔ μονής γραμμής με 4 μπάρες	300	c_{a2}
Εγκατάστασης ΑΣΙΔ διπλής γραμμής με 4 μπάρες	420	c_{a2}'
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ		
Κατασκευή:	[εκατ. €/ μονάδα]	
Στάση – Μικρός σταθμός	3,75	$c_{st,1}$
Ενδιάμεσος σταθμός μονής γραμμής	11	$c_{st,2}$
Ενδιάμεσος σταθμός διπλής γραμμής	17	$c_{st,3}$
Μεγάλος επιβατικός τερματικός σταθμός	250	$c_{st,4}$
Εμπορευματικός σταθμός	375	$c_{st,5}$

ΜΕΛΕΤΕΣ			
<i>Μονή ή Διπλή γραμμή</i>	<i>[€/km γραμμής]</i>		
<i>Μελέτη σκοπιμότητας έργου</i>	1.250		<i>c_{stud1}</i>
<i>Προκαταρκτική μελέτη</i>	12.500		<i>c_{stud2}</i>
<i>Οριστική Μελέτη</i>	1% του προϋπολογισμού του έργου		<i>c_{stud3}</i>
ΑΠΑΛΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ			
<i>Μέσο κόστος απαλλοτριώσεων</i>	<i>[εκατομμύρια €/km]</i>		
	<i>Μονής γραμμής</i>	<i>Διπλής γραμμής</i>	
<i>Πελοποννήσου</i>	0,15	0,21	<i>c_{ex,1}</i>
<i>Θεσσαλίας, Στερεάς Ελλάδας</i>	0,675	0,945	<i>c_{ex,2}</i>
<i>Ηπείρου</i>	1,58	2,2	<i>c_{ex,3}</i>
<i>Ανατολικής Μακεδονίας και Δυτικής Ελλάδας</i>	2,78	3,89	<i>c_{ex,4}</i>
<i>Αττικής, Κεντρικής Μακεδονίας και Δυτικής Μακεδονίας</i>	6,3	8,82	<i>c_{ex,5}</i>

5.3 Αναλυτικοί αλγόριθμοι υπολογισμού

5.3.1 Υπολογισμός κόστους υποδομής γραμμής και τεχνικών έργων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο διαπιστώθηκε η δυσκολία γενίκευσης του υπολογισμού του κόστους υποδομής γραμμής, καθώς περιλαμβάνει διάφορες εργασίες και τεχνικά έργα. Για τον υπολογισμό θεωρήθηκαν δύο μέθοδοι και διαμορφώθηκαν οι εξής παραδοχές:

Άρα για τη μέθοδο Α τα ζητούμενα είναι τα εξής:

- Πλήθος γραμμών n
- Μήκος σιδηροδρομικού έργου L (σε km)
- Μήκος σήραγγας μονής γραμμής L_{t1} (με μοναδιαίο κόστος c_{inf,1}, σε km)
- Μήκος σήραγγας διπλής γραμμής L_{t2} (με μοναδιαίο κόστος c_{inf,2}, σε km)
- Μήκος δίδυμης σήραγγας L_{t3} (με μοναδιαίο κόστος c_{inf,3}, σε km)
- Μήκος γέφυρας μονής γραμμής L_{t4} (με μοναδιαίο κόστος c_{inf,4}, σε km)
- Μήκος γέφυρας διπλής γραμμής L_{t5} (με μοναδιαίο κόστος c_{inf,5}, σε km)

και το συνολικό κόστος υποδομής δίνεται από τον τύπο:

$$C_{inf} = (0,5n + 1) * (L - \sum L_{ti}) * C_f + \sum (L_{ti} * C_i)$$

όπου: C_{inf}, το συνολικό κόστος υποδομής (εκατ. €)

L_{ti}, το μήκος των διαφόρων τεχνικών έργων (km)

c_f , το μοναδιαίο κόστος υποδομής μονής γραμμής εκτός τεχν. έργων (εκατ. €/km)

$c_{inf,i}$, το μοναδιαίο κόστος των διαφόρων τεχνικών έργων (εκατ. €/km)

n , το πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)

L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)

Ενώ για τη μέθοδο B τα ζητούμενα είναι τα εξής:

- Πλήθος γραμμών n
- Μήκος σιδηροδρομικού έργου L (σε km)
- Ποσοστό έργου σε πεδινό ανάγλυφο p_{a1}
- Ποσοστό έργου σε μέτριας ομαλότητας ανάγλυφο p_{a2}
- Ποσοστό έργου σε πεδινό ανάγλυφο p_{a3}

και το συνολικό κόστος υποδομής δίνεται από τον τύπο:

$$C_{inf} = (0,3n + 0,4) * L * \sum (C_{ai} * p_{ai})$$

όπου: C_{inf} , το συνολικό κόστος υποδομής (εκατ. €)

p_{ai} , τα ποσοστά σε πεδινό, μετριας ομαλότητας ή ορεινό ανάγλυφο

c_{ai} , τα μοναδιαία κόστη υποδομής για τα διάφορα ανάγλυφα σε διπλή γραμμή (εκατ. €/km)

n , το πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)

L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)

5.3.2 Υπολογισμός κόστους επιδομής γραμμής

Σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύσσουμε η επιδομής της γραμμής μπορεί να αποτελείται κατά ένα ποσοστό από σταθερή επιδομή. Το υπόλοιπο θα αποτελείται από σκυρογραμμή. Επίσης ο αναλυτικός τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται το κόστος επιδομής (χρήση τιμολογίων) δεν περιέλαβε το κόστος επισφαλών εξόδων (+18% των εργασιών τιμολόγιου) και απροβλέπτων δαπανών (+9% επί του συνόλου). Η σχέση που δίνει το κόστος της επιδομής του έργου και περιλαμβάνει τα παραπάνω έξοδα έχει την εξής μορφή:

$$C_{track} = 1,18 \cdot 1,09 \cdot [(1 - p_t) \cdot C_{tr1} + p_t \cdot C_{tr2}]$$

ή

$$C_{track} = 1,2862 \cdot [C_{tr1} + p_t \cdot (C_{tr2} - C_{tr1})]$$

- όπου, C_{track} : κόστος επιδομής γραμμής (€)
 C_{tr1} : κόστος κατασκευής σκυρογραμμής (€)
 C_{tr2} : κόστος κατασκευής σταθερής επιδομής (€)
 r_i : ποσοστό γραμμής με σταθερή επιδομή (%)

5.3.2.1 Υπολογισμός κόστους επιδομής με έρμα – σκυρογραμμής

Η εύρεση του κόστους επιδομής σκυρογραμμής είναι απαραίτητη καθώς και το κόστος σταθερής επιδομής προκύπτει από αυτό. Ο υπολογισμός θα γίνει αναλυτικά με την προσμέτρηση κόστους σιδηροδρομικών εργασιών και προμηθειών. Σε αυτές περιλαμβάνονται οι δαπάνες:

- Προμήθειας Στρωτήρων
- Προμήθειας Σιδηροτροχιών
- Έδρασης σκυρογραμμής
- Σύνδεσης σιδηροτροχιών (συγκολλήσεις και αμφιδέσεις)

Το κόστος επιδομής με έρμα δίνεται από τη σχέση:

$$C_{\text{tr1}} = C_{\text{rail}} + C_{\text{sl}} + C_t + C_{\text{tt}} + C_w$$

- όπου, C_{tr1} , συνολικό κόστος επιδομής με έρμα
 C_{rail} , το κόστος προμήθειας σιδηροτροχιάς (€)
 C_{sl} , κόστος προμήθειας στρωτήρων (€)
 C_{t1} : κόστος έδρασης (€)
 C_{tt} : κόστος λοιπών σιδηροδρομικών εργασιών (€)
 C_w κόστος σύνδεσης σιδηροτροχιάς (€)

Προμήθεια Σιδηροτροχιών

Το κόστος περιλαμβάνει τις δαπάνες προμήθειας και μεταφοράς των τεμάχων (μπλοκ) σιδηροτροχιάς και ισούται με:

$$C_{\text{rail}} = 2 \cdot n \cdot B \cdot L \cdot c_r$$

- όπου: C_{rail} , το κόστος προμήθειας σιδηροτροχιάς (€)
 n , το πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)
 B , το βάρος σιδηροτροχιάς (kg/m)
 L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)
 c_r , το μοναδιαίο κόστος προμήθειας σιδηροτροχιάς (€/t)

Προμήθεια στρωτήρων

Το κόστος για τη προμήθεια και προσκόμιση στρωτήρων δίνεται από τον τύπο:

$$C_{sl} = n \cdot c_{sl} \cdot \text{Roundup}(L/l)$$

όπου: C_{sl} , κόστος προμήθειας στρωτήρων (€)
 n , το πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)
 l , απόσταση μεταξύ στρωτήρων (m)
 c_{sl} , μοναδιαίο κόστος στρωτήρα (€/τεμ.)
 L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (m)

Έδραση σκυρογραμμής

Το κόστος έδρασης περιλαμβάνει τις εργασίες σκυρόστρωσης προσκυρόστρωσης και προμήθειας σκύρων και δίνεται από τη σχέση:

$$C_t = C_{t1} + C_{t2}$$

όπου: C_t , το κόστος έδρασης (€)
 C_{t1} , κόστος σκυρόστρωσης και προσκυρόστρωσης (€)
 C_{t2} , το κόστος προμήθειας σκύρων (€)

Η προσκυρόστρωση θεωρούμε ότι περιλαμβάνει την τοποθέτηση του μισού όγκου των σκύρων και το άλλο μισό περιλαμβάνεται από την τελική σκυρόστρωση. Οπότε το κόστος της προσκυρόστρωσης και σκυρόστρωσης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$C_{t1} = (c_{t1} + c_{t1}') \cdot E_{track1,2} \cdot L/2, \text{ για } V \leq 200 \text{ km/h}$$

ή

$$C_{t1}' = (c_{t1} + c_{t1}') \cdot E_{track1,2}' \cdot L/2, \text{ για } V > 200 \text{ km/h}$$

όπου, C_{t1} : κόστος σκυρόστρωσης και προσκυρόστρωσης (€)
 $E_{track1,2}$: το εμβαδό διατομής σκύρων διπλής ή μονής γραμμής (m²)
 c_{t1} , c_{t1}' : μοναδιαίο κόστος προσκυρόστρωσης και αντίστοιχα σκυρόστρωσης (€/m²)
 L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (m)

Το κόστος σκύρων γραμμής περιλαμβάνει τη δαπάνη προμήθειας του υλικού, τη φόρτωση, τη μεταφορά, την εκφόρτωση και την αποθήκευση του. Επειδή το κόστος εκφράζεται ανά τόνο σκύρων γραμμής θα υπολογιστεί με τη βοήθεια του συνολικού όγκου αυτών (όπως στη σκυρόστρωση και προσκυρόστρωση) και τον καθορισμό ενός αντιπροσωπευτικού ειδικού βάρους για καλά συμπυκνωμένη

διατομή. Με τη παραδοχή $\gamma = 1,75 \text{ t/m}^3$ (www.olymposlime.gr), προκύπτει ο τύπος υπολογισμού κόστους σκύρων γραμμής σύνδεσης:

$$C_{t2} = c_{t2} \cdot E_{track1,2} \cdot \gamma \cdot L$$

όπου: C_{t2} , το κόστος προμήθειας σκύρων (€)
 c_{t2} , το μοναδιαίο κόστος προμήθειας ενός μετρικού τόνου σκύρων ποιότητας K1,K2 κλπ. (€/t)
 $\gamma = 1,75 \text{ t/m}^3$
 $E_{track1,2}$: το εμβαδό διατομής σκύρων διπλής ή μονής γραμμής (m^2)
 L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (m)

Λοιπές σιδηροδρομικές εργασίες

Στις λοιπές σιδηροδρομικές εργασίες επιδομής, οι οποίες εκτελούνται σε κάθε νέο έργο περιλαμβάνονται οι εξής:

- στρώση επιδομής γραμμής επί έρματος άνευ της αξίας των υλικών
- οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση γραμμής
- καταγραφή φθορών και λείανση σιδ/χιών

Το συνολικό κόστος αυτών των εργασιών για τη γραμμή σύνδεσης δίνεται από τον τύπο:

$$C_{tt} = n \cdot (c_{t3} + c_{t4} + c_{t5}) \cdot L$$

όπου, C_{tt} : κόστος λοιπών σιδηροδρομικών εργασιών (€)
 n : ο αριθμός των γραμμών (μονή ή διπλή γραμμή)
 c_{t3} : το μοναδιαίο κόστος στρώσης επιδομής (€/μέτρο μήκους μονής γραμμής)
 c_{t4} : το μοναδιαίο κόστος οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης (€/μέτρο μήκους μονής γραμμής)
 c_{t5} , το μοναδιαίο κόστος καταγραφής φθορών και λείανσης σιδ/χιών (€/μέτρο μήκους μονής γραμμής)
 L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (m)

Σύνδεσης σιδηροτροχιών

Το κόστος αυτό στην περίπτωση γραμμής με συνεχώς συγκολλημένες σιδηροτροχιές είναι:

$$C_w = C_{w1} + C_{w2}$$

όπου: C_w κόστος σύνδεσης σιδηροτροχιάς (€)
 C_{w1} , κόστος συγκολλήσεων γραμμής με Σ.Σ.Σ. (€)
 C_{w2} , κόστος απελευθέρωσης τάσεων γραμμής με Σ.Σ.Σ. (€)

Για το κόστος σύνδεσης γραμμής με Σ.Σ.Σ. θα θεωρήσουμε ότι το 80% των συγκολλήσεων γίνεται με αυτογενείς και το 20% αλουμινοθερμικές (ΠΕΤΕΠ, 2006). Οπότε το κόστος συγκολλήσεων για τη γραμμή σύνδεσης δίνεται από τον τύπο:

$$C_{w1} = (0,8c_{t6} + 0,2c_{t6}') \cdot \text{Roundup} \left\{ \frac{n \cdot 2 \cdot L}{k} \right\}$$

όπου, c_{t6}, c_{t6}' : το κόστος αυτογενούς και αλουμινοθερμικής αντίστοιχα (€/τεμ.)

k : μήκος τεμάχων (μπλοκ) σιδηροτροχιάς (m)

L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (m)

n : ο αριθμός των γραμμών (μονή ή διπλή γραμμή)

Το κόστος απελευθέρωσης τάσεων αφορά μόνο τη γραμμές με Σ.Σ.Σ. και δίνεται από τον τύπο:

$$C_{w2} = n \cdot c_{t7} \cdot L$$

όπου: C_{w2} : κόστος απελευθέρωσης τάσεων (€)

c_{t7} : μοναδιαίο κόστος απελευθέρωσης τάσεων (€/MM)

L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (m)

Αν έχουμε συμβατική γραμμή με αρμούς τότε το παραπάνω κόστος παραλείπεται. Αντί αυτού, έχουμε κόστος προμήθειας και εγκατάστασης αμφιδετών με την παραδοχή και πάλι ότι η σύνδεση γίνεται σε συνεχόμενα μπλοκ σιδηροτροχιάς 36 μέτρων. Το συνολικό κόστος αυτών είναι:

$$C_w = c_{t8} \cdot \text{Roundup} \left\{ \frac{n \cdot L}{K} \right\}$$

όπου, C_w κόστος σύνδεσης σιδηροτροχιάς (€)

c_{t8} : το κόστος προμήθειας ανά σετ αμφιδετών για σιδηροτροχιά, πλήρων, μετά του απαραίτητου ψιλού υλικού (€/τεμ.)

k : μήκος τεμάχων (μπλοκ) σιδηροτροχιάς

L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (m)

Υπολογισμός κόστους αντιοδευτικών

Έχουμε τοποθέτηση αντιοδευτικών στην περίπτωση που η κλίση της γραμμής είναι $i \geq 5\%$. Το κόστος σύμφωνα και με το προηγούμενο κεφάλαιο είναι:

$$C_{t9} = p_{t9} \cdot n \cdot ct9 \cdot L/4,5$$

όπου: C_{t9} , κόστος αντιοδευτικών
 c_{t9} , κόστος ενός τεμαχίου αντιοδευτικού
 n , πλήθος γραμμών
 L , συνολικό μήκος έργου
 p_{t9} , ποσοστό γραμμής σε κλίση $i \geq 5\%$

Υπολογισμός κόστους συσκευών διαστολής

Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης συσκευών διαστολής σε γραμμή με ΣΣΣ θα υπολογίζεται χωριστά από το κόστος της επιδομής και δίνεται από τη σχέση:

$$C_{WT} = 2 \cdot n \cdot cwt \cdot (\sum n_{st,i} + n_b)$$

όπου: C_{WT} το κόστος συσκευών διαστολής
 $n_{st,i}$, το πλήθος των διαφόρων σταθμών
 n_b , το πλήθος γεφυρών
 cwt , μοναδιαίο κόστος
 n , πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)

5.3.2.2 Υπολογισμός κόστους σταθερής επιδομής

Το κόστος σταθερής επιδομής προκύπτει ως πολλαπλάσιο του κόστους σκυρογραμμής σύμφωνα με τις παραδοχές του προηγούμενου κεφαλαίου οπότε:

$$C_{tr2} = C_{tr1} \cdot 1,4$$

και τελικά η σχέση που δίνει το κόστος της επιδομής μετασχηματίζεται σε:

$$C_{track} = C_{tr1} \cdot (1 + 0,4 \cdot p_t)$$

όπου, C_{track} : κόστος επιδομής γραμμής (€)
 C_{tr1} : κόστος κατασκευής σκυρογραμμής (€)
 p_t : ποσοστό γραμμής με σταθερή επιδομή

5.3.3 Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης ηλεκτροκίνησης

Το κόστος εγκατάστασης σύμφωνα με τις παραδοχές δίνεται από τη σχέση:

$$C_{el} = (0,436n + 0,564) \cdot c_{el} \cdot L$$

όπου: C_{el} , κόστος εγκατάστασης ηλεκτροκίνησης (χιλιάδες €)

c_{el} , μοναδιαίο κόστος ηλεκτροκίνησης μονής γραμμής (χιλιάδες €/km)

L: το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)

5.3.4 Υπολογισμός κόστους σηματοδότησης και τηλεπικοινωνιών

Το κόστος σηματοδότησης προκύπτει από τις δαπάνες για ολοκληρωμένο σύστημα αυτόματης προστασίας συρμών ETCS (επιπέδου 1 ή 2 με σήμανση, αλληλεξαρτήσεις κλπ.) και δίκτυο ασύρματης επικοινωνίας GSM-R, αν απαιτείται και προκύπτει από τη σχέση:

$$C_{sign} = (0,5n + 0,5) \cdot C_s \cdot L + C_g \cdot L$$

όπου: C_{sign} , κόστος συστήματος σηματοδότησης (χιλιάδες €)

n, το πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)

$c_{s,i}$, μοναδιαίο κόστος συστήματος ETCS (επιπέδου 1 ή 2) μονής γραμμής (χιλιάδες €/km)

L: το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)

C_g , το μοναδιαίο κόστος συστήματος GSM-R (αν απαιτείται) (χιλιάδες €/km)

5.3.5 Υπολογισμός κόστους εγκατάστασης ΑΣΙΔ

Το κόστος εγκατάστασης ΑΣΙΔ θα προκύπτει ανάλογα με την πυκνότητα που εμφανίζονται στη σιδηροδρομική γραμμή:

$$C_A = (0,4n + 0,6) \cdot C_{a1} \cdot p_{a1}$$

όπου: C_A , κόστος εγκατάστασης ΑΣΙΔ μονής γραμμής με 2 μπάρες

c_{a1} , μοναδιαίο κόστος εγκατάστασης ΑΣΙΔ μονής γραμμής με 2 μπάρες

n_{a1} , πλήθος ΑΣΙΔ με 2 μπάρες

$$C_A' = (0,4n + 0,6) \cdot C_{a2} \cdot p_{a2}$$

όπου: C_A , κόστος εγκατάστασης ΑΣΙΔ μονής γραμμής με 4 μπάρες

c_{a2} , μοναδιαίο κόστος εγκατάστασης ΑΣΙΔ μονής γραμμής με 4 μπάρες

n_{a2} , πλήθος ΑΣΙΔ με 4 μπάρες

5.3.6 Υπολογισμού κόστους αλλαγών και διασταυρώσεων

Το κόστος που υπολογίζεται αφορά το συνολικό κόστος αλλαγής συμπεριλαμβανόμενης της προμήθειας, μεταφοράς, συναρμολόγησης και σκυρόστρωσης αλλαγής ή διασταύρωσης:

$$C_{sw1} = \sum (c_{sw,i} \cdot n_{sw,i})$$

όπου: $C_{sw,i}$ το κόστος αλλαγών και διασταυρώσεων

$c_{sw,i}$ το μοναδιαίο κόστος αλλαγής και διασταύρωσης τύπου i

$n_{sw,i}$ το πλήθος αλλαγών και διασταυρώσεων τύπου i

5.3.7 Υπολογισμός κόστους Σιδηροδρομικών Σταθμών:

Το κόστος αφορά τη συνολική διαμόρφωση του σταθμού (πλατφόρμες, χώρους αναμονής, επιπλέον κόστη της γραμμολογίας του σταθμού που δεν προλήφθηκαν στην επιδομή ή υποδομή της γραμμής.

$$C_{st} = \sum c_{st,i} \cdot n_{st,i}$$

όπου: $C_{st,i}$ το κόστος των σιδηροδρομικών σταθμών

$c_{st,i}$ το μοναδιαίο κόστος σιδηροδρομικού σταθμού τυπου i

$n_{st,i}$ το πλήθος σιδηροδρομικών σταθμών τυπου i

5.3.8 Υπολογισμός κόστους μελετών

παρουσιάστηκε το ενδεικτικό κόστος των απαραίτητων μελετών σιδηροδρομικών έργων, προκύπτουν οι αναλυτικές σχέσεις, που στη συνέχεια θα υπεισέρθουν στο λογισμικό για τον υπολογισμό του επιμέρους κόστους αυτών:

$$C_{stud} = C_{stud1} + C_{stud2} + C_{stud3}$$

όπου, C_{stud} : το συνολικό κόστος των μελετών

C_{stud1} : το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας

C_{stud2} : το κόστος της προκαταρκτικής μελέτης

C_{stud3} : το κόστος της οριστικής μελέτης

Αναλυτικά για τις επιμέρους μελέτες έχουμε:

$$C_{stud1} = c_{stud1} \cdot L$$

$$C_{stud2} = c_{stud2} \cdot L$$

$$C_{stud3} = c_{stud3} \cdot Con$$

όπου, c_{stud1} , c_{stud2} : τα μοναδιαία κόστη μελετών ανά χιλιόμετρο γραμμής
 c_{stud3} : το μοναδιαίο κόστος μελέτης ως ποσοστό του συνολικού προϋπολογισμού

L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου

C_{con} : το κόστος κατασκευής του έργου (πλην του κόστους των μελετών και των απαλλοτριώσεων)

5.3.9 Υπολογισμός κόστους απαλλοτριώσεων γραμμής σύνδεσης

Από τον πίνακα 4.39 προκύπτει το κόστος για μονή ή διπλή γραμμή ανάλογα με την περιοχή της Ελλάδας όπου κατασκευάζεται το έργο. Η δαπάνη τόσο για τη γραμμή όσο και για τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις θα προκύψει από τον καθορισμό ενός μοναδιαίου κόστους ανά μήκος του έργου (για διπλή ή μονή γραμμή), το οποίο θα υπολογίζεται για τις μέσες τιμές του πίνακα 4.39 ,ανάλογα με το ποσοστό της γραμμής σε κάθε περιοχή:

$$c_{ex} = \sum (p_{ex, i} * c_{ex, i})$$

όπου, c_{ex} : το μοναδιαίο κόστος απαλλοτριώσεων κατά μήκος του έργου

p_{ex1} : ποσοστό έργου (%) στην περιοχή Πελοποννήσου

p_{ex2} : ποσοστό έργου (%) στην περιοχή Θεσσαλίας ή Στερεάς Ελλάδας

p_{ex3} : ποσοστό έργου (%) στην περιοχή Ανατολικής Μακεδονίας και Δυτικής Ελλάδας

p_{ex4} : ποσοστό έργου (%) στην περιοχή της Ηπείρου

p_{ex5} : ποσοστό έργου (%) στην περιοχή Αττικής, Κεντρικής ή Δυτικής Μακεδονίας

c_{ex1} , c_{ex2} , c_{ex3} , c_{ex4} , c_{ex5} : τα αντίστοιχα κόστη απαλλοτριώσεων ανά χιλιόμετρο μονής γραμμής σε κάθε περιοχή αντίστοιχα

Το κόστος απαλλοτρίωσης της γραμμής σύνδεσης δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$C_{exp} = (0,4 \cdot n + 0,6) \cdot c_{ex} \cdot L$$

- όπου: c_{exl} , το κόστος απαλλοτριώσεως της ανοιχτής γραμμής σύνδεσης
 n , ο αριθμός των γραμμών κατά μήκος του έργου (μονή γραμμή, διπλή γραμμή κ.ο.κ)
 c_{ex} , το μοναδιαίο κόστος απαλλοτριώσεων κατά μήκος του έργου
 L : το συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου

5.4 Βήματα μεθοδολογίας – υπολογισμών μοντέλου

Τα βήματα που προτείνεται να ακολουθούνται για την επιτυχία της μεθοδολογίας και καλύτερη εποπτεία των περιορισμών που επιβάλλει το μοντέλο στην επιλογή υλικών είναι τα εξής:

- **Βήμα 1^ο**: Καθορισμός μήκους σιδηροδρομικού έργου
- **Βήμα 2^ο**: Επιλογή τροχιοσειρών γραμμής (μονή ή διπλή)
- **Βήμα 3^ο**: Καθορισμός ταχυτήτων επιβατικών και εμπορικών συρμών
- **Βήμα 4^ο**: Επιλογή τρόπου σύνδεσης σιδηροτροχιών ανάλογα με τους περιορισμούς της μεθοδολογίας
- **Βήμα 5^ο**: Καθορισμός μέγιστου αξονικού φορτίου γραμμής
- **Βήμα 6^ο**: Καθορισμός ημερήσιου κυκλοφοριακού φόρτου γραμμής
- **Βήμα 7^ο**: Επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς ανάλογα με τους περιορισμούς της μεθοδολογίας
- **Βήμα 8^ο**: Επιλογή τύπου στρωτήρα ανάλογα με τους περιορισμούς της μεθοδολογίας
- **Βήμα 9^ο**: Καθορισμός απόστασης στρωτήρων
- **Βήμα 10^ο**: Επιλογή τεμάχων σιδηροτροχιάς (για συγκολλήσεις-αμφιδέσεις)
- **Βήμα 11^ο**: Επιλογή φέρουσας ικανότητας υποδομής για υπολογισμό πάχους έδρασης
- **Βήμα 12^ο**: Καθορισμός ποσοστού γραμμής σε κλίση μεγαλύτερη του 5%
- **Βήμα 13^ο**: Καθορισμός ποσοστού γραμμής με σταθερή επιδομή
- **Βήμα 14^ο**: Επιλογή για εγκατάσταση ηλεκτροκίνησης και καθορισμό ποσοστού ηλεκτροκίνητων συρμών, επιλογή συστήματος σηματοδότησης και αριθμού ισόπεδων διαβάσεων
- **Βήμα 15^ο**: Επιλογή για εργασίες και τεχνικά έργα ανάλογα με το αν έχουμε πληροφορίες για αυτά ή για το ανάγλυφο της περιοχής
- **Βήμα 16^ο**: Επιλογή είδους σταθμών υπό κατασκευή και απαλλοτριώσεων έργου εφόσον υπάρχουν

5.5 Εφαρμογή μεθοδολογίας - Αποτελέσματα

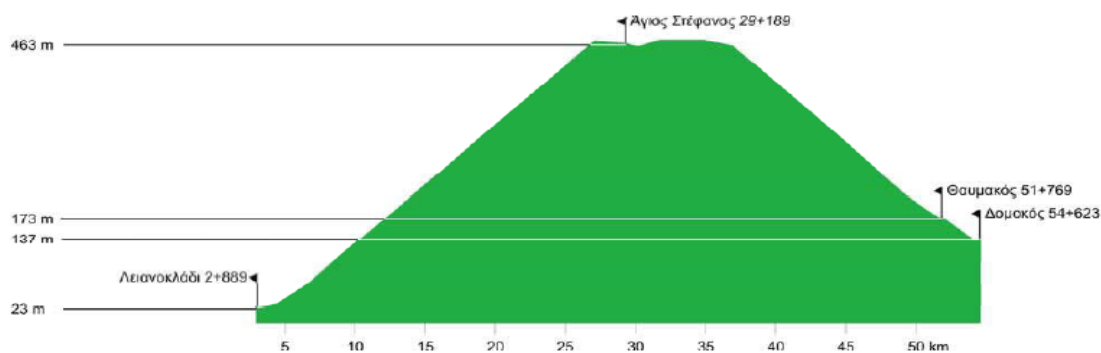
Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι μεταβλητές, τα δεδομένα υπολογισμού και οι αναλυτικές σχέσεις εκτίμησης του προϋπολογισμού οπουδήποτε έργου λαμβάνοντας υπόψη κρίσιμες παραμέτρους. Στο παρόν κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί η εφαρμογή της μεθοδολογίας με χρήση των λογιστικών φύλλων σε περιβάλλον Microsoft Excel 2007 και η αναληση στη συνέχεια των αποτελεσμάτων.

1^η Εφαρμογή

Το έργο που επιλέχτηκε ως παράδειγμα για την εφαρμογή είναι η νέα διπλή ηλεκτροκινούμενη σιδηροδρομική γραμμή του τμήματος Τιθορέας – Δομοκού, μήκους 106 χιλιομέτρων και μέγιστη ταχύτητα σχεδιασμού 160 km/h. Το έργο κοστολογήθηκε στα 1,4 δισεκατομμύρια ευρώ και περιλαμβάνει τις εξής κατασκευές (www.ergose.gr):

- 2 δίδυμες σήραγγες μονής γραμμής (σήραγγα Όθρυος και Καλλίδρομου) μήκους 15,3 km
- 12 σήραγγες διπλής γραμμής, συνολικού μήκους 4,4 km
- 18 Cut & Covers διπλής γραμμής, συνολικού μήκους 2,4 km
- 6 Cut & Covers μονής γραμμής, συνολικού μήκους 1,75 km
- 49 σιδηροδρομικές γέφυρες, συνολικού μήκους 6,0 km
- 32 ανισόπεδες διαβάσεις, συνολικού μήκους 2,7 km
- 2 νέους σιδηροδρομικούς σταθμούς στον Αγ. Στέφανο και στο Μώλο
- 2 νέες στάσεις στις Αγγείες και στο Θαυμακό
- Εγκατάσταση σηματοδότησης ETCS – Επίπεδο I

Επίσης σύμφωνα με τη «Μελέτη αξιολόγησης για αναβάθμιση του Άξονα 22» απαιτήθηκαν απαλλοτριώσεις 74,3 χιλιομέτρων ανοιχτής γραμμής. Τα παραπάνω στοιχεία είναι αρκετά για μια εκτίμηση κόστους ωστόσο θα χρησιμοποιηθούν και άλλα δεδομένα για την πληρέστερη εκμετάλλευση της μεθοδολογίας. Για το ποσοστό σταθερής επιδομής της γραμμής γνωρίζουμε ότι έχουμε κατασκευή μόνο στις σήραγγες Όθρυος και Καλλίδρομου μήκους 15,3 χιλιομέτρων (14,4% του έργου). Επίσης ένα χρήσιμο δεδομένο είναι η κατανομή μηκοτομικών κλίσεων της γραμμής για τον υπολογισμό στοιχείων επιδομής, όπως η τοποθέτηση αντιοδευτικών. Σύμφωνα με μελέτη της ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. «Σύγκριση υφιστάμενης και νέας σιδηροδρομικής γραμμής Λιανοκλαδίου - Δομοκού σε σχέση με παραμέτρους εκμετάλλευσης» (2006), η νέα χάραξη έχει την παρακάτω μηκοτομή:



Σχήμα 5.1: Μηκοτομή νέας χάραξης ΣΣ Λιανοκλάδι – ΣΣ Δοιμοκός

Σύμφωνα με αυτή η κατανομή των απολυτών μηκοτομηκών κλίσεων έχει ως εξής:

Κατανομή των απολυτών μηκοτομηκών κλίσεων	i [%]	Μήκος (m)	Ποσοστό επί του συνολικού μήκους [%]
	0	0	0
	$0 \leq i < 5$	8681	16,78
	$5 \leq i < 10$	4018	7,77
	$10 \leq i < 20$	39035	75,45
	$i \geq 20$	0	0

Άρα για το 83% του μήκους της γραμμής που παρουσιάζει κλίση μεγαλύτερη του 5% θα χρησιμοποιηθούν αντιοδευτικά σύμφωνα με τις πρότυπες προδιαγραφές. Για το δεύτερο υποτιμήμα (Λιανοκλάδι – Τιθορέα) δεν διαθέτουμε στοιχεία οπότε θα κάνουμε υπόθεση παρόμοιας κατανομής. Επίσης για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας συντάχθηκε υποθετικό σενάριο κυκλοφορίας της γραμμής που συμβαδίζει με τη μελέτη της ΕΡΓΟΣΕ. Αυτό περιλαμβάνει τη δρομολόγηση μιας επιβατικής αμαξοστοιχίας ανά ώρα από Αθήνα προς Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένων των απευθείας συνδέσεων με Καλαμπάκα και Βόλο και συνολικά έχει την εξής σύνθεση:

Πίνακας 5.3: Σενάριο σύνδεσης υπό εξέταση γραμμής (ΕΡΓΟΣΕ, 2006)

Τύπος	Ζεύγη ανά ημέρα	Σύνθεση
Intercity	8	6 ζεύγη με Η/Α Σειράς 120, $V_p=200\text{km/h}$ και 6 Ε/Α, 2 ζεύγη Α/Α Σειράς 520, $V_p=160\text{km/h}$
Ταχείες υπεραστικές αμαξοστοιχίες	7	Η/Α Σειράς 120, με 8 Ε/Α, $V_p=200\text{km/h}$
Περιφερικές αμαξοστοιχίες	3	Α/Α Σειράς 520, $V_p=160\text{km/h}$
Εμπορικές αμαξοστοιχίες	5	τυπικός συρμός Η/Α Σειράς 120 με 700 τόνους φορτίο (56 άξονες), $V_{fr}=100\text{km/h}$

Οι δυο αυτοκινητάμαξες σε μεταφορές Intercity και περιφερικών δρομολογίων επιλέχτηκε διότι τα τμήματα Παλαιοφάρσαλος – Καλαμπάκα και Λάρισα – Βόλος δε διαθέτουν ηλεκτροκίνηση. Όπως αναλύθηκε και στο 3ο Κεφάλαιο η ηλεκτράμαξα Σειράς 120 (Bo'Bo') έχει φορτίο 80t και για τις επιβατάμαξες υποθέτουμε μέσο αξονικό φορτίο 13t. Για τις αυτοκινητάμαξες Σειράς 520 (B' B' + 2' 2' + 2' 2' + 2' 2' + B' B') υποθέτουμε μέσο φορτίο επίσης 13t. Σύμφωνα με αυτά έχουμε ημερήσιο φόρτο:

- 5252t ελκόμενων επιβατικών οχημάτων
- 1560t κινητήριων επιβατικών οχημάτων
- 3500t ελκόμενων εμπορικών οχημάτων
- 400t κινητήριων εμπορικών οχημάτων

Οι παραπάνω επιλογές θα εισαχθούν στο λογιστικό φύλλο εργασίας που έχουμε διαμορφώσει και οι υπόλοιπες μεταβλητές θα πάρουν τιμές με βάση τις σχέσεις που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι μεταβλητές που εισαγάγαμε έχουν ως εξής:

Πίνακας 5.4 : Μεταβλητές εισόδου εφαρμογής στο τμήμα Τιθορέα - Δομοκός

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (Τιθορέα – Δομοκός)	Τιμή/Επιλογή
Συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)	106
Πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)	2
Σ.Σ.Σ ή Με αρμούς	ΣΣΣ
Μέγιστο αξονικό φορτίο Q (t)	22,5
Ταχύτητα σχεδιασμού επιβατικών συρμών (km/h)	160
Ταχύτητα σχεδιασμού εμπορικών συρμών (km/h)	100
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων οχημάτων επιβατικών συρμών (t)	5252
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητήριων οχημάτων επιβατικών συρμών (t)	1560
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων οχημάτων εμπορευματικών συρμών (t)	3500
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητήριων οχημάτων εμπορευματικών συρμών(t)	400
Ποσοστό των εμπορικών οχημάτων στη κυκλοφορία με αξονικό φορτίο 20t (%)	20 (παραδοχή)
Ποσοστό των εμπορικών οχημάτων στη κυκλοφορία με αξονικό φορτίο 22,5t (%)	0 (παραδοχή)
Στρωτήρες σκυροδέματος ή ξύλινους	Σκυροδέματος
Διατομή σιδηροτροχιάς (UIC 50, 54 ,60)	UIC 60
Απόσταση μεταξύ στρωτήρων (m)	0,60
Φέρουσα ικανότητα υποδομής (καλή, μέτρια ή κακή)	Μέτρια (παραδοχή)
Ποσοστό γραμμής με σταθερή επιδομή (%)	14,4

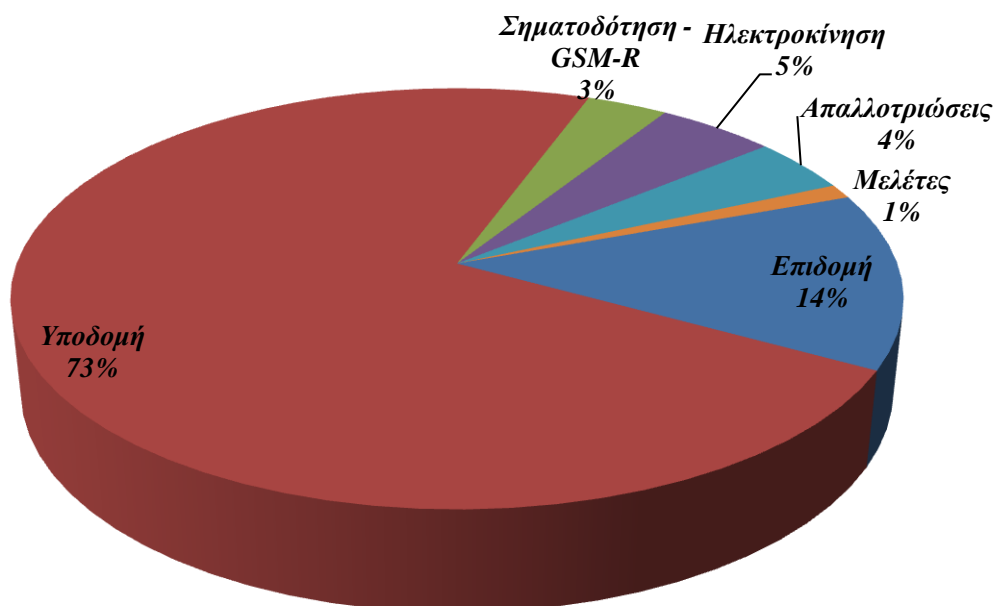
Ποσοστό έργου σε πεδινό ανάγλυφο	-
Ποσοστό έργου σε μετρίας ομαλότητας ανάγλυφο	-
Ποσοστό έργου σε ορεινό ανάγλυφο	-
Μήκος σήραγγας μονής γραμμής ή C&C (m)	1750
Μήκος σήραγγας διπλής γραμμής ή C&C (m)	6800
Μήκος δίδυμης σήραγγας (m)	15300
Μήκος γέφυρας μονής γραμμής (m)	-
Μήκος γέφυρας διπλής γραμμής (m)	6000
Πλήθος γεφυρών	49
Μήκος τεμάχων (μπλοκ) σιδηροτροχιάς (m)	18 (παραδοχή)
Ποσοστό γραμμής σε κλίση $i > 5\%$ (%)	80%
Πλήθος αλλαγών με μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	-
Πλήθος αλλαγών μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	-
Πλήθος αλλαγών μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	-
Πλήθος αλλαγών μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	-
Πλήθος αλλαγών μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	-
Πλήθος αλλαγών με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	-
Πλήθος διασταυρώσεων UIC60	-
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων επιβατικών συρμών (%)	73,3 (βάση σεναρίου)
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων εμπορικών συρμών(%)	100 (βάση σεναρίου)
Πλήθος ΑΣΙΔ με 2 μπάρες	0
Πλήθος ΑΣΙΔ με 4 μπάρες	0
Πλήθος στάσεων	2
Πλήθος ενδιάμεσων σταθμών μιας γραμμής	-
Πλήθος ενδιάμεσων σταθμών δυο γραμμών	2
Πλήθος μεγάλων επιβατικών σταθμών	-
Πλήθος εμπορευματικών κέντρων	-
Ποσοστό έργου στην περιοχή Πελοποννήσου (%)	-
Ποσοστό έργου στην περιοχή Θεσσαλίας ή Στερεάς Ελλάδας (%)	0,70
Ποσοστό έργου στην περιοχή Ανατολικής Μακεδονίας και Δυτικής Ελλάδας (%)	-
Ποσοστό έργου στην περιοχή της Ηπείρου(%)	-
Ποσοστό έργου στην περιοχή Αττικής, Κεντρικής ή Δυτικής Μακεδονίας (%)	-

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εισαγωγή των μεταβλητών του προηγούμενου πίνακα βάση και του σεναρίου κυκλοφορίας που διαμορφώσαμε είναι τα ακόλουθα:

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα μεθοδολογίας εκτίμησης κόστους (Τιθορέα – Δομοκός)

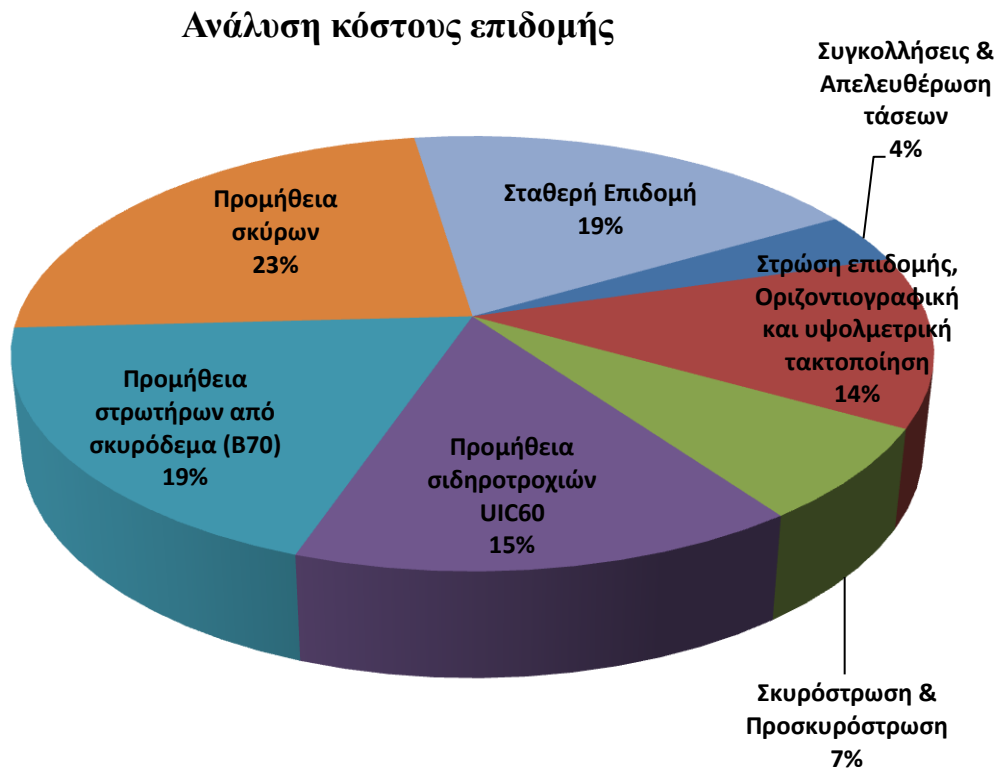
Εργασίες	Εκτίμηση Κόστους (€)
Επιδομής	160.121.409
Υποδομής	817.050.000
Ηλεκτροκίνησης	59.364.240
Σηματοδότησης – Τηλεδιοίκησης	40.545.000
Σταθμών	41.500.000
Απαλλοτριώσεων	50.085.000
Μελετών	13.374.706
Σύνολο:	1.205.095.355

Διπλή γραμμή Τιθορέας - Δομοκού



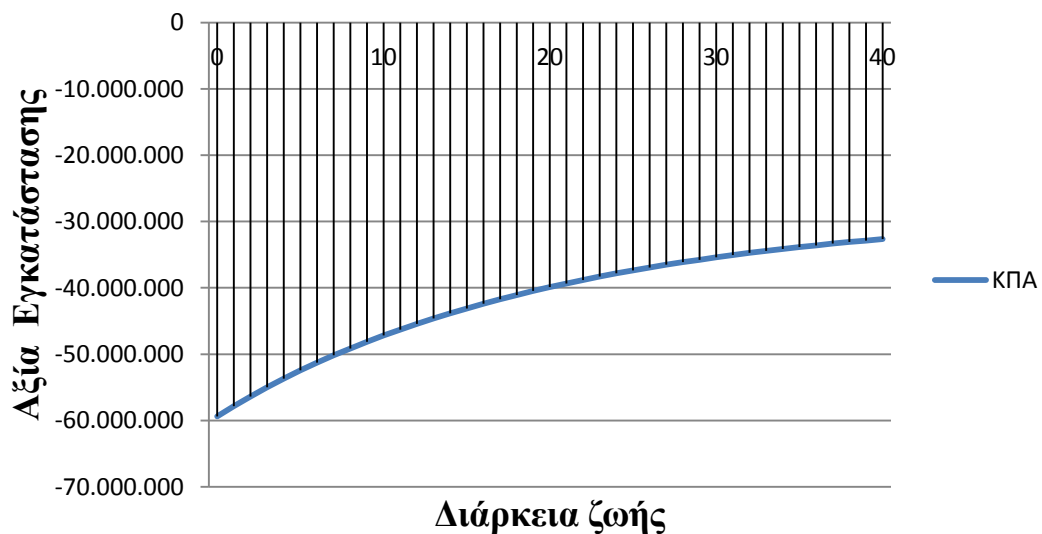
Σχήμα 5.2: Ανάλυση κόστους σιδηροδρομικού έργου σύμφωνα με την μεθοδολογία

Συγκεκριμένα για τα στοιχεία της επιδομής της οποίας το κόστος υπολογίστηκε αναλυτικά προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:



Σχήμα 5.3: Ανάλυση κόστους επιδομής

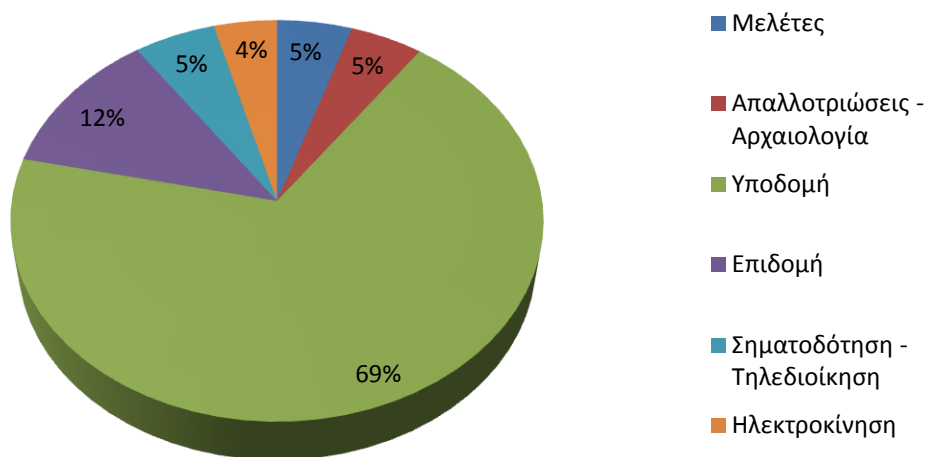
Για την αξιολόγηση της κατασκευής ή όχι ηλεκτροκίνησης της γραμμής με κριτήριο μόνο την εξοικονόμηση κατανάλωσης από τη δρομολόγηση Η/Α πρόεκυψε αρνητική τιμή καθαρής παρούσας άξιας για το δεδομένο σενάριο κυκλοφορίας.



Σχήμα 5.4: Καθαρή παρούσας άξιας Ηλεκτροκίνησης βάση μεθόδου αξιολογήσεως

Το συνολικό κόστος κατασκευής του σιδηροδρομικού έργου διπλής γραμμής στο τμήμα Τιθορέα – Δομοκός κατά τη μεθοδολογία εκτίμησης ανήλθε στα 1,205 δισεκατομμύρια ευρώ. Δηλαδή παρουσιάζει απόκλιση από τον πραγματικό προϋπολογισμό περίπου -13,9%. Συγκεκριμένα σύμφωνα με στοιχεία της Global View A.E το αναλυτικό κόστος υλοποίησης του έργου παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα (έως το έτος 2014):

Ανάλυση κόστους υλοποίησης έργου Τιθορέας - Δομοκού

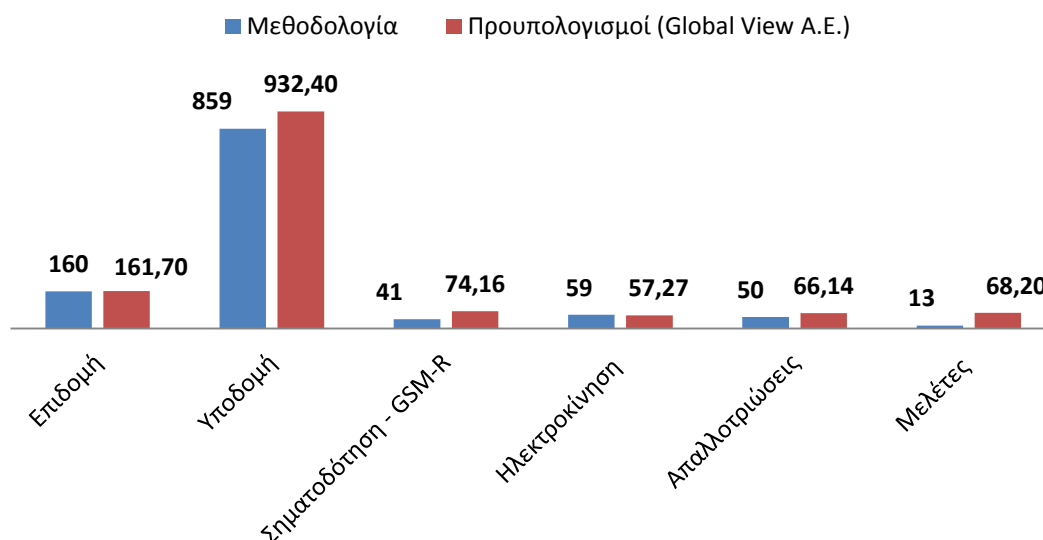


Σχήμα 5.5 Ανάλυση κόστους υλοποίησης έργου Τιθορέας - Δομοκού

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας με τα πραγματικά ποσοστά παρατηρούμε ότι υπάρχει μια πολύ καλή σύγκληση, η οποία παρουσιάζεται στο επόμενο γράφημα. Συγκεκριμένα έχουμε αποκλίσεις:

- -1% στο κόστος επιδομής
- -7,9% στο κόστος υποδομής
- -44,7% στο κόστος σηματοδότησης
- -2,9% στο κόστος ηλεκτροκίνησης
- -26,7% στο κόστος απαλλοτριώσεων
- -80% στο κόστος μελετών

Συγκριτική Ανάλυση



Σχήμα 5.6: Συγκριτικό διάγραμμα μεθοδολογίας – πραγματικού προϋπολογισμού

Παρατηρήσεις αποτελεσμάτων:

- Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζει κυρίως η μικρή απόκλιση στο κόστος επιδομής το οποίο και υπολογίστηκε αναλυτικά με τη βοήθεια τιμολογίων σιδηροδρομικών έργων και με χρήση μεθοδολογίας για εύρεση των στοιχείων της.
- Η μεγάλη απόκλιση στο κόστος σηματοδότησης δε μπορεί να εξηγηθεί άμεσα καθώς η τιμή που επιλέχτηκε είναι αντιπροσωπευτική των αναλυτικών τιμολογίων του έργου
- Η αυξημένη απόκλιση κόστους απαλλοτριώσεων μπορεί να οφείλεται στις απαλλοτριώσεις σταθμών και στάσεων οι οποίες δεν συμπεριλήφθησαν και θεωρήθηκε ότι περιλαμβάνονται στο κόστος κατασκευής τους
- Το μεγάλη απόκλιση στο κόστος μελετών πρέπει να επανεξεταστεί καθώς η τιμή βασίστηκε σε βιβλιογραφική πηγή, ωστόσο μπορεί να οφείλεται στο μέγεθος του έργου
- Η επένδυση της ηλεκτροκίνησης είχε αρνητική τιμή παρούσας αξίας με θεώρηση αποκλειστικού οφέλους κατανάλωσης ενέργειας με την δρομολόγηση ηλεκτροκινήτων συρμών στο τμήμα αυτό. Παρόλα αυτά παρατηρείται εξοικονόμηση με τη κατασκευή της περίπου 200.000€ ετησίως, με δεδομένο ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος παραμένει σταθερός. Η αρνητική τιμή μπορεί να δικαιολογηθεί ως εξής:
 - Ο κυκλοφοριακός φόρτος μπορεί να αυξηθεί (κατά πάσα πιθανότητα) στο μέλλον επιφέροντας μεγαλύτερη εξοικονόμηση. Πραγματοποιώντας επαναληπτικούς ελέγχους στο φύλλο εργασίας,

προκύπτει ότι ο διπλασιασμός της κυκλοφορίας προκαλεί διαφορά κατανάλωσης με καθαρά κέρδη (εξοικονόμησης) από το 21 έτος.

- Τα έσοδα της ηλεκτροκίνησης δεν προκύπτουν μόνο από την κατανάλωση. Ο οργανισμός έχει κέρδη και από της χρεώσεις παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και χρήσης του δικτύου του (αυξημένες σε ηλεκτροκινούμενα τμήμα).
- Η εξοικονόμηση δε μπορεί να υπολογίζεται μόνο για το τμήμα που κατασκευάζεται η ηλεκτροκίνηση καθώς αφορά το σύνολο του δικτύου. Η ύπαρξη έστω και ενός τμήματος του βασικού άξονα χωρίς ηλεκτροκίνηση προκαλεί έξοδα αλλαγής μηχανών έλξης μεταξύ των σταθμών και μείωση των δρομολογούμενων ηλεκτροκίνητων συρμών.
- Στη μέθοδο δε συμπεριλήφθηκε κάποια τιμή υπολειμματικής αξίας έστω για τα έργα πολιτικού μηχανικού που έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Τέλος το έργο επιδοτείται σχεδόν κατά 50% από το ΕΣΠΑ (www.ergose.gr) κάνοντας πιο εύκολη την απόδοση της δαπάνης.

2^η Εφαρμογή

Σε μια άλλη εφαρμογή του μοντέλου εκτιμήθηκε το κόστος νέας διπλής σιδηροδρομικής στο τμήμα Κιάτο – Ροδοδάφνη προϋπολογισμού 920 εκατομμυρίων ευρώ. Το έργο περιλαμβάνει την κατασκευή γραμμής, μήκους 71 χλμ. περίπου, στο τμήμα από το νέο Σ.Σ. Κιάτου μέχρι τη Ροδοδάφνη, μετά το σταθμό Αιγίου, με σηματοδότηση, τηλεδιοίκηση, τηλεπικοινωνίες και ηλεκτροκίνηση. Πιο συγκεκριμένα το έργο περιλαμβάνει:

- συντέλεση των απαλλοτριώσεων και επιτάξεων των αναγκαίων εκτάσεων έργα υποδομής της νέας σιδηροδρομικής γραμμής
- έργα επιδομής σε όλο το μήκος της νέας σιδηροδρομικής γραμμής
- έργα εγκατάστασης σύγχρονου συστήματος σηματοδότησης ETCS επιπέδου I
- τηλεπικοινωνιών Έργα εγκατάστασης ηλεκτροκίνησης
- Τεχνικά χαρακτηριστικά:
 - Ταχύτητα μελέτης: 200 χλμ/ώρα για Κιάτο-Λυκοποριά και 150 χλμ/ώρα για Λυκοποριά-Ροδοδάφνη
 - Σήραγγες: 6 σήραγγες συνολικού μήκους 11.932 m
 - 8 σήραγγες διαφυγής συνολικού μήκους 2.150 m
 - 13 Cut & Cover συνολικού μήκους 1.710 m περίπου
 - 18 Σιδ/κές γέφυρες συνολικού μήκους 1.271 m
 - 60 Ανισόπεδες διαβάσεις:
 - Σταθμοί/στάσεις: 3 Σιδηροδρομικοί Σταθμοί (Ξυλοκάστρου, Ακράτας, και Αιγίου) και 6 στάσεις (Διμηνιού, Λυκοποριάς, Λυγιάς (περιοχή Δερβενίου), Πλατάνου, Διακοφτού, Ελίκης).

Επειδή δε διαθέτουμε περαιτέρω στοιχεία θα υπολογίσουμε με φόρτο κυκλοφορίας ίσο με το μισό αυτόν του προηγούμενου παραδείγματος (συνήθη δρομολόγια ανά 2 ώρες). Οι μεταβλητές εισόδου έχουν ως εξής:

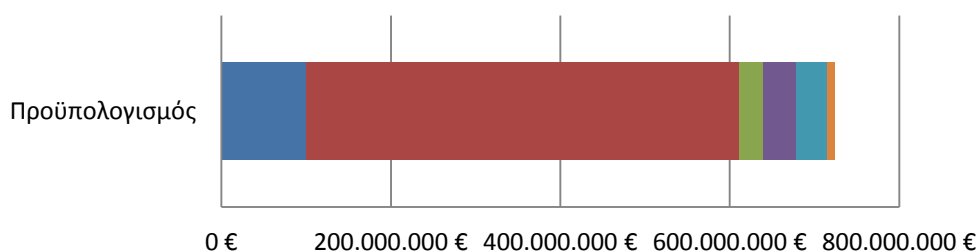
Πίνακας 5.6: Μεταβλητές εισόδου εφαρμογής στο τμήμα Κιάτο – Ροδοδάφνη

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (Κιάτο – Ροδοδάφνη)	Τιμή/Επιλογή
Συνολικό μήκος του σιδηροδρομικού έργου (km)	71
Πλήθος γραμμών (μονή ή διπλή)	2
Σ.Σ.Σ ή Με αρμούς	ΣΣΣ
Μέγιστο αξονικό φορτίο Q (t)	22,5
Ταχύτητα σχεδιασμού επιβατικών συρμών (km/h)	150
Ταχύτητα σχεδιασμού εμπορικών συρμών (km/h)	100
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων οχημάτων επιβατικών συρμών (t)	1616
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητήριων οχημάτων επιβατικών συρμών (t)	780
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων οχημάτων εμπορευματικών συρμών (t)	1750
Ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινητήριων οχημάτων εμπορευματικών συρμών(t)	200
Ποσοστό των εμπορικών οχημάτων στη κυκλοφορία με αξονικό φορτίο 20t (%)	10 (παραδοχή)
Ποσοστό των εμπορικών οχημάτων στη κυκλοφορία με αξονικό φορτίο 22,5t (%)	0 (παραδοχή)
Στρωτήρες σκυροδέματος ή ξύλινους	Σκυροδέματος
Διατομή σιδηροτροχιάς (UIC 50, 54 ,60)	UIC 60
Απόσταση μεταξύ στρωτήρων (m)	0,60
Φέρουσα ικανότητα υποδομής (καλή, μέτρια ή κακή)	Μέτρια (παραδοχή)
Ποσοστό γραμμής με σταθερή επιδομή (%)	0
Ποσοστό έργου σε πεδινό ανάγλυφο	-
Ποσοστό έργου σε μετρία ομαλότητας ανάγλυφο	-
Ποσοστό έργου σε ορεινό ανάγλυφο	-
Μήκος σήραγγας μονής γραμμής ή C&C (m)	2150
Μήκος σήραγγας διπλής γραμμής ή C&C (m)	13642
Μήκος δίδυμης σήραγγας (m)	-
Μήκος γέφυρας μονής γραμμής (m)	-
Μήκος γέφυρας διπλής γραμμής (m)	1271
Πλήθος γεφυρών	18
Μήκος τεμάχων (μπλοκ) σιδηροτροχιάς (m)	36 (παραδοχή)
Ποσοστό γραμμής σε κλίση $i > 5\%$ (%)	80% (παραδοχή)
Πλήθος αλλαγών με μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	-
Πλήθος αλλαγών μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC60	-
Πλήθος αλλαγών μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	-

Πλήθος αλλαγών μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και UIC54	-
Πλήθος αλλαγών μεγάλη κλίση (1:8 έως 1:9) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	-
Πλήθος αλλαγών με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες ξύλινους και UIC54	-
Πλήθος διασταυρώσεων UIC60	-
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων επιβατικών συρμών (%)	73,3 (βάση σεναρίου)
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων εμπορικών συρμών(%)	100 (βάση σεναρίου)
Πλήθος ΑΣΙΔ με 2 μπάρες	-
Πλήθος ΑΣΙΔ με 4 μπάρες	-
Πλήθος στάσεων	3
Πλήθος ενδιάμεσων σταθμών μιας γραμμής	-
Πλήθος ενδιάμεσων σταθμών δυο γραμμών	6
Πλήθος μεγάλων επιβατικών σταθμών	-
Πλήθος εμπορευματικών κέντρων	-
Ποσοστό έργου στην περιοχή Πελοποννήσου (%)	20
Ποσοστό έργου στην περιοχή Θεσσαλίας ή Στερεάς Ελλάδας (%)	-
Ποσοστό έργου στην περιοχή Ανατολικής Μακεδονίας και Δυτικής Ελλάδας (%)	80
Ποσοστό έργου στην περιοχή της Ηπείρου(%)	-
Ποσοστό έργου στην περιοχή Αττικής, Κεντρικής ή Δυτικής Μακεδονίας (%)	-

Με την εισαγωγή των παραπάνω μεταβλητών προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα για της σύνθεση του κόστους του έργου:

Εκτίμηση κόστους γραμμής Κιάτου – Ροδοδάφνης



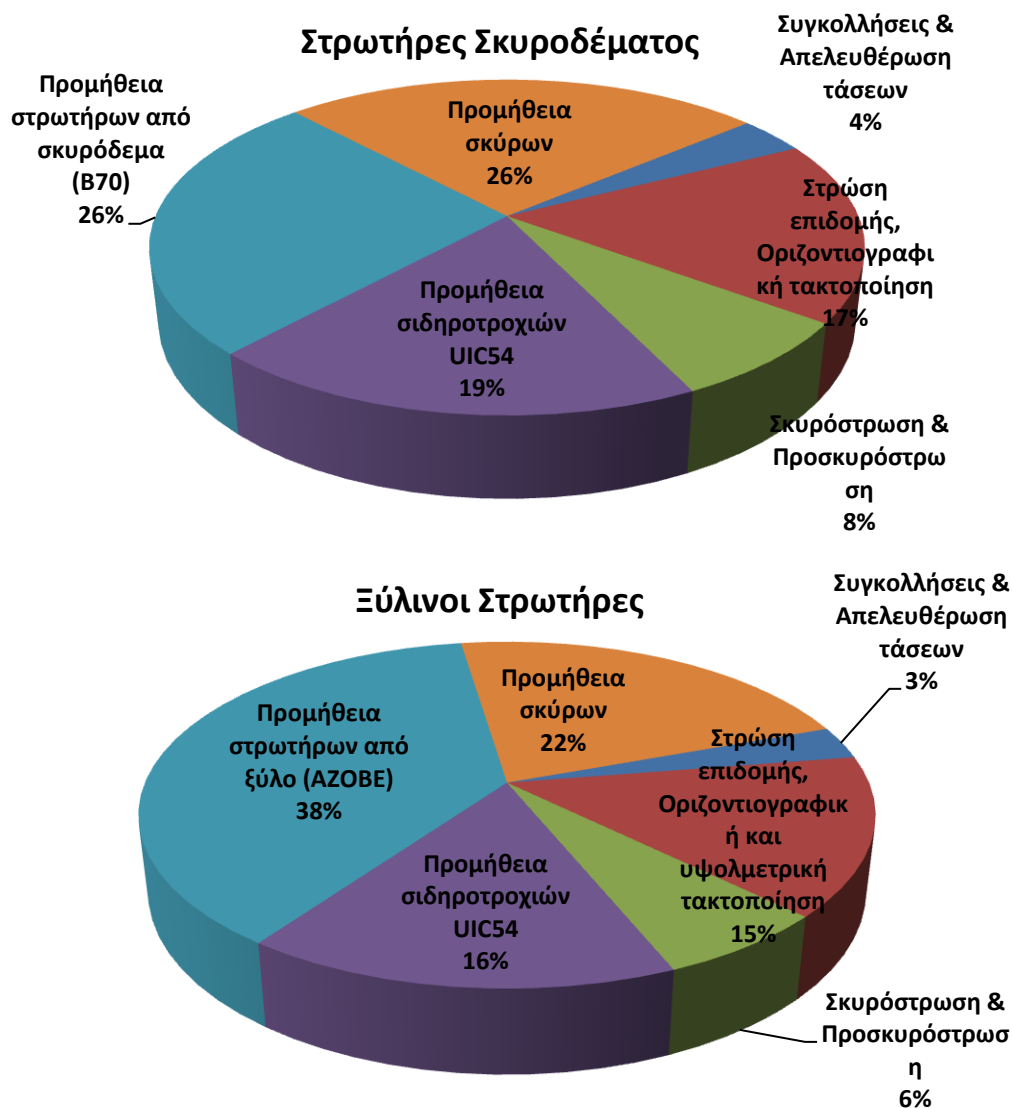
	Προϋπολογισμός
■ Επιδομή	100.234.286 €
■ Υποδομή	511.884.000 €
■ Σηματοδότηση - GSM-R	27.157.500 €
■ Ηλεκτροκίνηση	39.762.840 €
■ Απαλλοτριώσεις	36.210.000 €
■ Μελέτες	8.128.736 €

Ο συνολικός προϋπολογισμός ανέρχεται στα 723 εκατ. € Σύμφωνα με την ΕΡΓΟΣΕ το συνολικό κόστος του έργου αναμένεται στα 920 εκατ. €. Η μεθοδολογία υπολογισμού παρουσιάζει απόκλιση 21,3%. Δε διαθέτουμε περισσότερα στοιχεία για συγκριτική ανάλυση καθώς το έργο βρίσκεται σε εξέλιξη, ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζεται ο μεγάλος όγκος προϋπολογισμού που καταλαμβάνει η κατασκευή της υποδομής. Σε αυτήν περιλαμβάνονται τα μεγάλα έργα, οι χωματουργικές εργασίες στη γραμμή και η κατασκευή των σταθμών.

Λοιπές εφαρμογές

Το μοντέλο εκτός από ολοκληρωμένα μεγάλα σιδηροδρομικά έργα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τμηματικές εφαρμογές όπως αποκλειστικό υπολογισμό επιδομής είτε υποδομής, τον καθορισμό του φόρτου κυκλοφορίας για αποδοτικό σύστημα ηλεκτροκίνησης και άλλα. Ακολουθούν διάφορες αναλύσεις:

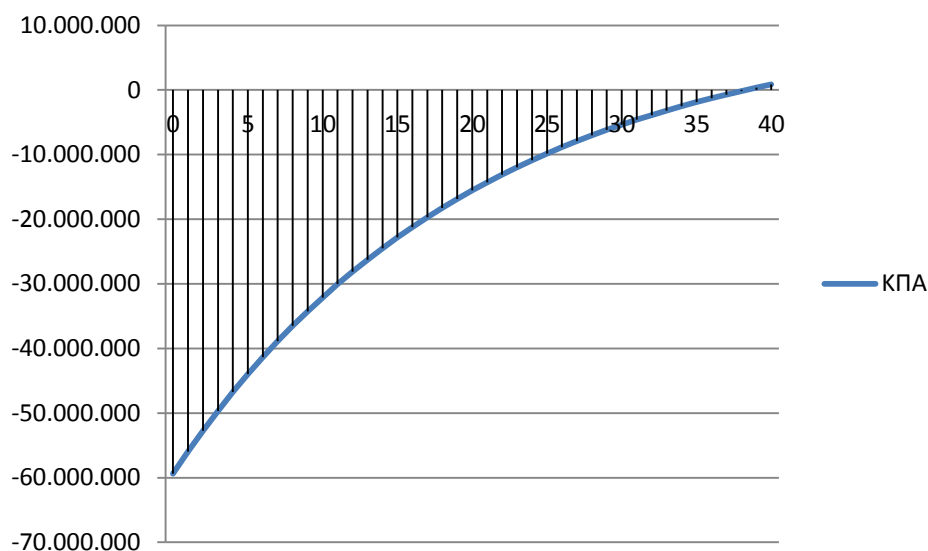
- Συγκριτική ανάλυση επιδομής με στρωτήρες σκυροδέματος και ξύλινους στρωτήρες



Το κόστος επιδομής διπλής γραμμής με UIC 54 και στρωτήρες σκυροδέματος κοστίζει 1,173 εκατ. €/km ενώ η αντίστοιχη με ξύλινους 1,387 εκατ. €/km. Η αύξηση αυτή κατά 18% μπορεί να είναι μεγάλη ή και όχι ανάλογα με τις υπόλοιπες παραμέτρους του σχεδιασμού π.χ. κακό υπέδαφος, επιθυμία για μείωσης θορύβου κλπ..

- Εφαρμογή για καθορισμό κρίσιμου κυκλοφοριακού φόρτου για θετική καθαρή παρούσα αξία ηλεκτροκίνησης από έσοδα – εξοικονόμησης κατανάλωσης ενέργειας.

Εξετάζοντας και πάλι το τμήμα της Τιθορέας – Δομοκού προσπαθούμε με επαναλήψεις να βρούμε το φόρτο κυκλοφορίας για τον οποίο η δαπάνη ηλεκτροκίνησης παρουσιάζει ΚΠΑ>0 για το έτος 40.



Για αύξηση κατά 70% του φόρτου κυκλοφορίας του σεναρίου που είχαμε επιλέξει στην πρώτη εφαρμογή, το προτελευταίο έτος της διάρκειας ζωής του έργου έχουμε κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Συνολικά συμπεράσματα

Το βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι το κατασκευαστικό κόστος σιδηροδρομικών έργων είναι ιδιαίτερα υψηλό. Το κόστος επηρεάζεται από επιλογές που αφορούν στη διατομή και στον τρόπο σύνδεσης της σιδηροτροχιάς, στο είδος του στρωτήρα, στο πάχος έδρασης, στην ύπαρξη ή όχι ηλεκτροκίνησης, στη κατασκευή τμημάτων με σταθερή επιδομή και στο σύστημα σηματοδότησης. Αυτά με τη σειρά τους επηρεάζονται από την ταχύτητα σχεδιασμού, τον κυκλοφοριακό φόρτο της γραμμής, το μέγιστο αξονικό φορτίο, την ποιότητα του εδάφους, τον στόλο του τροχαίου υλικού (ηλεκτροκίνητα ή μη) και τις ανάγκες της διεύθυνσης γραμμής για χαμηλό κόστος συντήρησης (εφαρμογή Σ.Ε).

Οι τιμές κόστους των κατασκευαστικών στοιχείων είναι δύσκολο να βρεθούν. Τα αναλυτικά τιμολόγια παρέχουν μεν τις απαραίτητες πληροφορίες κόστους, λείπει όμως ένας μηχανισμός που να καθοδηγεί τις κατασκευαστικές επιλογές. Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας σκόπευσε στην εκτίμηση της τάξης μεγέθους κόστους σιδηροδρομικών έργων με την χρήση γενικευμένης μεθοδολογίας που βασίζεται σε αναλυτικά τιμολόγια και προϋπολογισμούς παρόμοιων έργων. Ο στόχος της εργασίας αυτής, ωστόσο δεν είναι να προσφέρει απλά ένα κατάλογο τιμών άλλα να διαμορφώσει μια μεθοδολογία, η οποία οδηγεί τον ενδιαφερόμενο μέσω κριτηρίων και περιορισμών ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της γραμμής που επιλέγονται.

Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας μας βοήθη στην κατανόηση των σχέσεων και αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των διαφόρων υλικών της γραμμής και τον τρόπο με τον οποίο αυτά προσμετρούνται στο κόστος. Το λογιστικό φύλλο αρχικά διαμορφώθηκε για λόγους αυτοματισμού, όμως πλέον περιλαμβάνει ολόκληρη την μεθοδολογία και αποτελεί φιλικό προς το χρήστη με εύκολη επιλογή παραμέτρων. Είναι δομημένο έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμόζεται ανεξαρτήτως του μεγέθους έργου και δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων κυκλοφορίας και χαρακτηριστικών σχεδιασμού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περαιτέρω εφαρμογές. Μπορεί δηλαδή να χρησιμοποιηθεί στην συγκριτική ανάλυση μεταξύ διαφορετικών υλικών, είδος αλλαγών κ.α. Το μαθηματικό μοντέλο μαζί με την μεθοδολογία υπολογισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο μιας προκαταρκτικής μελέτης σχεδιασμού νέων σιδηροδρομικών έργων.

Από την εφαρμογή της μεθοδολογίας προέκυψαν χρήσιμες πληροφορίες για την κατασκευή τεχνικών έργων. Τη μεγαλύτερη δαπάνη σε κάθε περίπτωση καταλαμβάνει η κατασκευή της υποδομής με τα δαπανηρά έργα των σηράγγων, των γεφυρών και των απαραίτητων χωματουργικών εργασιών ώστε να γίνει η υποδοχή της επιδομής. Επίσης έγινε προφανής η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου και της σύνδεσης της κυκλοφορίας στο σχεδιασμό και στις εγκαταστάσεις της γραμμής. Ως κομμάτι της μεθοδολογίας επιλέχτηκε και το κριτήριο αξιολόγησης της επένδυσης σε

ηλεκτροκίνηση. Το συμπέρασμα ήταν ότι η εφαρμογή δεν είναι πάντα συμφέρουσα και πως πρέπει να υπάρχει επαρκής φόρτος κυκλοφορίας ηλεκτροκίνητων συρμών ώστε τα μελλοντικά (μειωμένα λόγω επιτοκίου) έσοδα να δικαιολογούν την δαπάνη.

6.2 Εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα

Οι χρονικοί περιορισμοί μιας διπλωματικής εργασίας αφήνουν ανοιχτά θέματα για περαιτέρω έρευνα. Πολλά από τα κεφάλαια που αναπτύχθηκαν στη μεθοδολογία μπορούν να αποτελέσουν απαρχή νέων ερευνών. Οι εισηγήσεις για νέες μελέτες ως συνέχεια της εργασίας μου είναι:

- Η εκτίμηση του κόστους συντήρησης (life cycle cost) της γραμμής και των λοιπών εγκαταστάσεων του σιδηροδρόμου.
- Η πληρέστερη αξιολόγηση εγκαταστάσεων ηλεκτροκίνησης από τη σκοπιά κόστους – οφέλους σύμφωνα με την καθαρή παρούσα αξία, άλλα με εισαγωγή παραμέτρων όπως δυνατότητες επιχορήγησης, υπολειμματικής αξίας έργου κλπ.
- Η ακριβέστερη μέθοδος υπολογισμού του κόστους υποδομής της γραμμής το ύψος του οποίου είναι ιδιαίτερα σημαντικό.
- Η ανάλυση και καταγραφή των σιδηροδρομικών εργασιών για την κατασκευή επιδομής σιδηροδρομικής γραμμής, όπως αυτές παρουσιάζονται στα αναλυτικά άρθρα τιμολογίου (που περιλαμβάνονται στα παραρτήματα της εργασίας), με τις διαδικασίες, τα μηχανήματα και τα εξαρτήματα με τα οποία αυτές ολοκληρώνονται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ATKINS, Jernbaneverket Norwegian High Speed Railway Assessment Project, 2011
- Balfour Beatty, Contribution to lowest life cycle cost of high speed, 2011
- Daniel Ling, Railway Renewal and Maintenance Cost Estimating, PhD Thesis, 2005
- Dominique Rulens, Technical Memorandum Earthwork and Track Bed Design Guidelines, 2009
- Heidelberg, Transport in China: Energy Consumption and Emissions of Different Transport Modes, 2008
- Inara Trabo, Steen Lichtenberg, Handling of benchmarking information and uncertainties in large infrastructure projects, UNITE 2013 Conference, 2013
- J.P. Baumgartner, Prices and costs in the railway sector, Λοζάνη 2001
- Quandel Consultants, LLC Cost Estimating Methodology for High-Speed Rail on Shared Rightof-Way, 2011
- RAIL.ONE, Concrete sleepers, 2011
- UIC, Code 719 R, 2005
- UIC, ETCS Implementation handbook, Παρίσι 2008
- Vassilios A., Profillidis Railway Management and Engineering, 2006
- Von Brown, Jeffrey Tyler, "a planning methodology for railway construction cost estimation in north america", Graduate Theses and Dissertations. Paper 10389, 2011
- WS ATKINS International, Μελέτη αξιολόγησης για την αναβάθμιση του Σιδηροδρομικού Άξονα 22 και Τεχνική Υποστήριξη στον ΟΣΕ, 2011
- Γιαννακός Κ., Εκτίμηση Των Δράσεων Επί Της Σιδηροδρομικής Γραμμής ως Φορτίων Σχεδιασμού, 2011
- ΕΔΙΣΥ Α.Ε, Κατασκευή σταθερής επιδομής, Αθήνα 2009
- ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ, Υπουργείο οικονομίας και οικονομικών, Γενική γραμματεία επενδύσεων και ανάπτυξης, Οδηγίες σχετικά με τη Χρηματοοικονομική Ανάλυση για τα έργα των επιχειρησιακών προγραμμάτων του ΕΣΠΑ που παράγουν έσοδα, Αθήνα 2009

- Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή, Γενικές Διατάξεις Στρώσης Γραμμής – Όρια Σφαλμάτων Γραμμής - Τυπικές Διατομές, 2004
- ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε, Ολοκλήρωση κατασκευής δύο κάτω διαβάσεων στις θέσεις Σαραγια και Γκαζελο του δήμου Τρικκαίων και κατασκευή ΑΣΙΔ στη Σ.Γ Παλαιοφάρσαλος – Καλαμπάκα, Αθήνα 2012
- ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε, Υπηρεσία Σιδηροδρομικών Έργων – Τμήμα Επιδομής & Διάταξης Σταθμών, Σύγκριση υφιστάμενης και νέας σιδηροδρομικής γραμμής Λιανοκλαδίου-Δομοκού σε σχέση με παραμέτρους εκμετάλλευσης, 2006
- ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε, Σιδηροδρομικές σήραγγες στο τμήμα Κιάτο – Πάτρα, Παρουσίαση για την επίσκεψη της Ε.Ε.Σ.Υ.Ε, 2008
- ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε., Μελέτες για την κατασκευή νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής για τη σύνδεση του Σιδηροδρομικού Κέντρου Αχαρνών (ΣΚΑ) με την κύρια γραμμή του ΟΣΕ προς Β. Ελλάδα με παράκαμψη του Δήμου Αχαρνών, Αθήνα 2012
- ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε., Προϋπολογισμός μελέτης και άρθρα τιμολόγιου: Υπολειπόμενες εργασίες ολοκλήρωσης της υποδομής και των κτιριακών εγκαταστάσεων και κατασκευή της επιδομής, των Η/Μ εγκαταστάσεων, της σηματοδότησης, των τηλεπικοινωνιών και της ηλεκτροκίνησης της νέας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων Τιθορέα – Δομοκός, 2012
- ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε., Άρθρα τιμολόγιου: Υπολειπόμενες Εργασίες Ανακαίνισης Σιδηροδρομικής Γραμμής και Κατασκευής Ηλεκτροκίνησης στο τμήμα Σ.Σ Πειραιά - Σ.Σ Αθηνών, 2013
- ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε: Άρθρα τιμολόγιου: Σιδηροδρομική σύνδεση νέου προβλήτα εμπορευματοκιβωτίων λιμένα Αλεξανδρούπολης, 2013
- Ζουλούμης Γ., Μπάσμπας Σ., Αξιολόγηση Δυτικού Σιδηροδρομικού Άξονα – Ωφέλειες από την εφαρμογή της μεθόδου της Σταθερής Επιδομής, Αθήνα 2005
- Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ., Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, Οικονομικά του Περιβάλλοντος και των Υδατικών Πόρων, Αθήνα 2008
- Καλτσούνης Α., Σιδηροδρομική, 2000
- Λυμπέρης, Κ, Σιδηροδρομική Θεωρία και Εφαρμογές. Αθήνα : Συμμετρία, 2009.
- Νελλάς Γ., Εκσυγχρονισμός σιδ/κου άξονα Πάτρα-Αθήνα-Θεσ/νικη-Ειδομένη (ΠΑΘΕ/Π), 2010

- Οργανισμός σιδηρόδρομων Ελλάδος, Γενικές Διατάξεις Στρώσης και συντήρησης γραμμής με αρμούς, 2011
- Οργανισμός σιδηρόδρομων Ελλάδος, Γενικός κανονισμός κινήσεως Έκδοση 2009
- Οργανισμός σιδηρόδρομων Ελλάδος, Δήλωση Δικτύου, 2013
- ΟΣΕ Νέος Κανονισμός Επιδομής Γραμμής (NKEΓ), Σεπτέμβριος 2000
- Πλουμίδης Μ., Catenary Τραμ (Αλυσοειδείς Τροφοδοσίας) Μορφή, Υλικά, Τροφοδοσία με Ρεύμα, Αισθητική Ένταξη σε πόλεις, 2006
- Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές, Στρώση - απελευθέρωση των τάσεων των σιδηροτροχιών των συγκολλημένων σε μεγάλα μήκη (Σ.Σ.Σ.), 2009
- Πυργίδης, Χρίστος, Διέλευση Σιδηροδρομικής Γραμμής Υψηλών Ταχυτήτων Κάτω από Τεχνικά Έργα Υπολογισμός Ελάχιστου Ελεύθερου Ύψους, 2004
- Πυργίδης, Χρίστος, Συστήματα Σιδηροδρομικών Μεταφορών. Θεσσαλονίκη : Ζήτη, 2009.
- ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε, Ετήσιο απολογιστικό δελτίο χρήσης 2011 της ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε
- Φώλας Α., Έδραση σιδηροδρομικής γραμμής σε πλάκα σκυροδέματος, 2009

Δικτυακοί τόποι:

- www.ypodomes.com
- sate.gr
- www.ergose.gr
- www.inforail-ose.gr
- www.eesy.gr
- library.tte.gr
- www.railway-technical.com/
- www.anaptyxi.gov.gr
- www.networkrail.co.uk/
- www.railway-technology.com
- wikipedia.org

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Κατηγορίες εδαφικών υλικών για προσδιορισμό φέρουσας ικανότητας υποδομής και ελαχίστου πάχους στρώσης διαμόρφωσης:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΓΙΑ ΤΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

α/α Υποκατηγορίας	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Υδρογ/κες και υδρολ/κες συνθήκες ³	Κατηγορία εδαφικού υλικού	Παρατηρήσεις ως προς τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για επιχώματα
0.1	Οργανικά υλικά (περιεκτικότητα σε οργανικά υλικά $\geq 30\%$ κ.β.)			
0.2	Λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά, (με διερχόμενο ποσοστό ⁴ από το κόσκινο Νο 200 ⁵ μεγαλύτερο του 15% κ.β.) που είναι ταυτοχρόνως διογκωμένα και υγρά και επομένως μη συμπυκνώσιμα.			
0.3	Θιξοτροπικά εδαφικά υλικά (π.χ. ρέουσα άργιλος)	-	ΣΕ0	Ακατάλληλο
0.4	Διαλυτά εδαφικά υλικά (π.χ. έδαφος που περιέχει ορυκτό αλάτι ή γύψο)			
0.5	Ρυπαντικά υλικά (π.χ. βιομηχανικά υπολείμματα)			
0.6	Μίγματα εδαφικών υλικών με οργανικά υλικά (Περιεκτικότητα σε οργανικά υλικά $>5\%$ και $<30\%$ κ.β)			
1.1.α	Εδαφικά υλικά με διερχόμενο	-	ΣΕ 1	Κακό

	ποσοστό ⁴ , από το κόσκινο Νο 200 ⁵ μεγαλύτερο από 40% κ.β. (1) Με L.L. > 35 (2) Με L.L. ≤ 35 που δεν τηρούν τις πρόσθετες απαιτήσεις της υποκατηγορίας 1.1.β			
1.1.β	Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό ⁴ από το κόσκινο Νο. 200 ⁵ μεγαλύτερο από 40% κ.β., με L.L. ≤ 35 και επιπλέον με : - Μέγιστη ξηρά πυκνότητα ⁶ $\gamma_d > 1,7 \text{ t/m}^3$ - CBR ⁷ > 5 - Διόγκωση (κατά τη δοκιμή CBR) ≤ 2% - Περιεκτικότητα σε οργανικά ⁸ ≤ 2%	-	ΣΕ 1	Κακό
1.2	Εύκολα αποσαθρώσιμος βράχος [π.χ. Μάργες, ή εξαλλοιωμένος σχιστόλιθος, (με ξηρά πυκνότητα $\gamma_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ και υψηλό βαθμό ευθρυπτότητας)]	-	ΣΕ 1	Κακό
1.3	Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό ⁴ από το κόσκινο Νο. 200 ⁵ μεταξύ 15% και 40% κ.β..	Κακές	ΣΕ 1	Κακό
1.4	Αποσαθρώσιμος βράχος (π.χ. μη εξαλλοιωμένος σχιστόλιθος μικρού βαθμού ευθρυπτότητας και ξηράς πυκνότητας $\gamma_d < 1,7 \text{ t/m}^3$)	Καλές	ΣΕ 2	Μέτριο
1.5	Μαλακός βράχος (π.χ. Δείκτης	Καλές	ΣΕ 2	Μέτριο

	Microdeval ⁹ παρουσία νερού MDE>40 και απώλεια κατά Los Angeles ¹⁰ LA>40)			
2.1	Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό ⁴ από το κόσκινο No 200 ⁵ μεταξύ 5% και 15% κ.β.	Κακές	ΣΕ 2	Μέτριο
2.2	Εδαφικά υλικά κακής διαβάθμισης ($C_u^{11} \leq 6$) με διερχόμενο ποσοστό από το κόσκινο No 200 ⁵ μικρότερο του 5% κ.β.	Καλές	ΣΕ 3	Καλό
2.3	Μέτρια σκληρός βράχος (δείκτης Microdeval ⁹ παρουσία νερού $25 < MDE \leq 40$ και απώλεια κατά Los Angeles ¹⁰ $30 < LA \leq 40$)	Καλές	ΣΕ 3	Καλό
3.1	Εδαφικά υλικά με διερχόμενο ποσοστό ⁴ από το κόσκινο No 200 ⁵ μικρότερο από 5% κ.β.	-	ΣΕ 3	Καλό
3.2	Σκληρός βράχος (δείκτης Microdeval ⁹ παρουσία νερού MDE ≤ 25 και απώλεια κατά Los Angeles ¹⁰ LA ≤ 30)	-	ΣΕ 3	Καλό

Εικόνες λογιστικού φύλου υπολογισμού κόστους σιδηροδρομικών έργων:

Φύλλα εισαγωγής δεδομένων - μεταβλητών εισόδου:

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΡΑΜΜΗΣ	
Συνολικό μήκος γραμμής:	<input type="text" value="1"/> km
Τύπος γραμμής:	<input type="text" value="Μονή Γραμμή"/>
	<input type="text" value="Γραμμή με Συνεχώς Συγκολλημένες Σιδηροτροχιές"/>
ΥΠΟΔΟΜΗ	
Χωρίς πληροφορίες για μεγάλα τεχνικά έργα:	<input type="checkbox"/>
Με πληροφορίες για μεγάλα τεχνικά έργα:	<input type="checkbox"/>
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΔΟΜΗΣ	
Τύπος στρωτήρα:	<input type="text" value="Στρωτήρες από ακυρόδεμα"/>
Διατομή σιδηροτροχιάς:	<input type="text" value="UIC 60"/>
Φέρουσα ικανότητα Υποδομής:	<input type="text" value="Μέτρια υποδομή (κατηγορίας P2)"/>
ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ	
Εγκατάσταση:	<input type="text" value="ΟΧΙ"/>
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων επιβατικών συρμών:	<input type="text" value="0"/> %
Ποσοστό ηλεκτροκίνητων εμπορικών συρμών:	<input type="text" value="0"/> %

▶ ◀ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΙΜΕΣ ΜΟΝΑΔΟΣ **ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ**

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΡΑΜΜΗΣ

Συνολικό μήκος γραμμής: km

Τύπος γραμμής:

ΥΠΟΔΟΜΗ

Χωρίς πληροφορίες για μεγάλα τεχνικά έργα:

Ποσοστό γραμμής σε ΠΕΔΙΝΟ ανάγλυφο: %

Ποσοστό σε ΜΕΤΡΙΑΣ ΟΜΑΛ/ΤΑΣ ανάγλυφο: %

Ποσοστό γραμμής σε ΟΡΕΙΝΟ ανάγλυφο: %

Με πληροφορίες για μεγάλα τεχνικά έργα:

Μήκος Σήραγγας Μονής Γραμμής: m

Μήκος Σήραγγας Διπλής Γραμμής: m

Μήκος Δίδυμης Σήραγγας: m

Μήκος Γέφυρας Μονής Γραμμής: m

Μήκος Γέφυρας Διπλής Γραμμής: m

Πλήθος γεφυρών:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΔΟΜΗΣ

Τύπος στρωτήρα:

Διατομή σιδηροτροχιάς:

Φέρουσα ικανότητα Υποδομής:

ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ

Εγκατάσταση:

Ποσοστό ηλεκτροκίνητων επιβατικών συρμών: %

Ποσοστό ηλεκτροκίνητων εμπορικών συρμών: %

Μη ΣΥΜΦΕΡΟΥΣΑ

<p>Ταχύτητα Επιβατικών Συρμών <input type="text" value="0"/> km/h</p> <p>Ταχύτητα Εμπορικών Συρμών <input type="text" value="0"/> km/h</p> <p>Μέγιστο αξονικό φορτίο <input type="text" value="22,5"/> t</p>	<p>Λεπτομέρεια Τυπικής Διατομής</p>	<p>ΑΠΑΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ</p> <p>Έργο στην περιοχή της:</p> <p>Πελοποννήσου <input type="checkbox"/></p> <p>Στεριάς Ελλάδας, Θεσσαλίας <input type="checkbox"/></p> <p>Ανατολικής Μακεδονίας ή Δυτικής Ελλάδας <input type="checkbox"/></p> <p>Ηπείρου <input type="checkbox"/></p> <p>Αττικής ή Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας <input type="checkbox"/></p>
<p>ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ</p> <p>Μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινήτριων οχημάτων επιβατικών συρμών: <input type="text" value="2652"/></p> <p>Μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων επιβατικών οχημάτων: <input type="text" value="8928"/></p> <p>Μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας κινήτριων οχημάτων εμπορικών συρμών: <input type="text" value="680"/></p> <p>Μέσο ημερήσιο φορτίο κυκλοφορίας ελκόμενων εμπορικών οχημάτων: <input type="text" value="5950"/></p> <p>Ποσοστό αξονικών φορτίων 20 τόνων: <input type="text" value="30"/></p> <p>Ποσοστό αξονικών φορτίων 22,5 τόνων: <input type="text"/></p>		<p>ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ</p> <p>Μεγάλος Επιβατικός Τερματικός Σταθμός: <input type="text"/></p> <p>Ενδιάμεσος Σταθμός μια γραμμή εξ/σης: <input type="text"/></p> <p>Ενδιάμεσος Σταθμός δύο γραμμές εξ/σης: <input type="text"/></p> <p>Μικρός Σταθμός - Στάση: <input type="text"/></p> <p>Εμπορευματικός σταθμός: <input type="text"/></p>
<p>Μέση απόσταση στρωτήρων: <input type="text" value="60"/> cm</p> <p>Τεμάχια Σιδηροτροχιάς: <input type="text" value="54"/> m</p> <p>Ποσοστό γραμμής με Σ.Ε.: <input type="text" value="0"/> %</p>		<p>Είδος αλλαγών στην περιοχή των Σ.Σ: <input type="text" value="Αλλαγή με μικρή κλίση (1:16 έως 1:20) με στρωτήρες σκυροδέματος και U"/></p> <p>Ποσοστό γραμμής με κλίση ≥3%: <input type="text"/></p>
<p>ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ-ΤΗΛΕΔΙΟΙΚΗΣΗ</p> <p>Εγκατάσταση Συστήματος: <input type="text" value="Χωρίς εγκατάσταση"/></p> <p>Εγκατάσταση GSM-R: <input type="text" value="ΟΧΙ"/></p> <p>Πλήθος ΑΣΙΔ με 2 μπάρες: <input type="text"/> τεμ.</p> <p>Πλήθος ΑΣΙΔ με 4 μπάρες: <input type="text"/> τεμ.</p>		<p style="font-size: 1.5em; font-weight: bold; background-color: #e0e0e0; padding: 10px; display: inline-block;">Κόστος ΕΡΓΟΥ</p>

ΜΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ /
 ΚΟΣΤΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ /
 ΑΝΑΛΥΣΗ /
 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ /
 ΠΡΟΧΕΙΡΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ /
 NPV

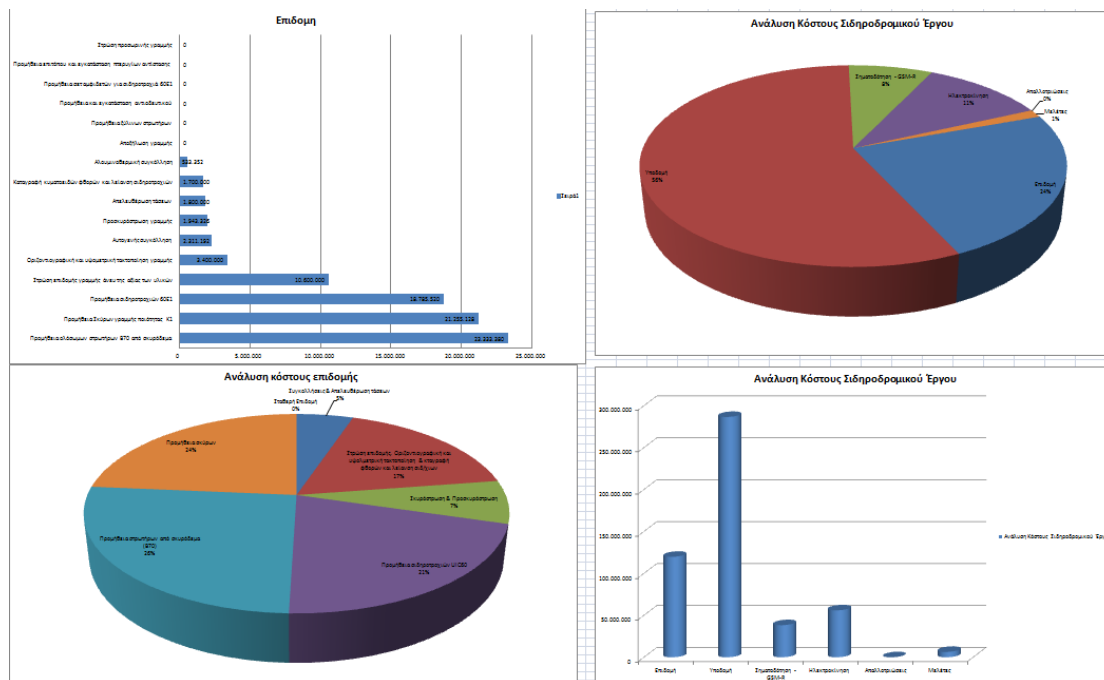
Φύλλα εξαγωγής δεδομένων κόστους και ανάλυσης προϋπολογισμών:

Οι αναγραφόμενες τιμές κόστους αφορούν Διπλή Γραμμή μήκους 100 χιλιομέτρων. Προκειται για Γραμμή με Συνεγώς Συγκολλημένες Σιδηροτροχιές με UIC 60, Στριπτήρες από σκυρόδεμα και μέση απόσταση μεταξύ τους 60 εκατοστά.

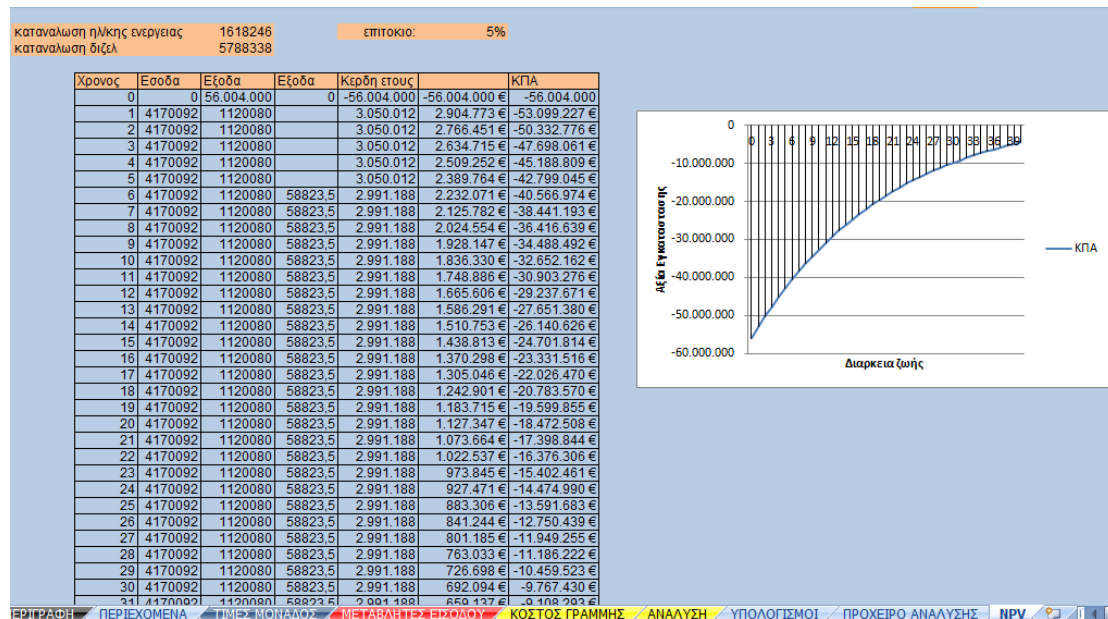
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΙΔΟΜΗΣ		ΜΕΡΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)	Έργα	Μερ. Κόστος (€)
Εργασίες	Στρώση προσωρινής γραμμής	0	Ηλεκτροκίνησης	56.004.000
	Προσκυρότρωση γραμμής άνευ της προμήθειας των σκύρων	1.943.326	Σηματοδότησης-Τηλεδιοίκηση	38.250.000
	Σκυρότρωση σιδηροδρομικής γραμμής άνευ της αξίας των σκύρων	4.372.484	Υποδομής	286.600.000
	Στρώση επιδομής γραμμής επί έρματος άνευ της αξίας των υλικών επιδομής	10.600.000	Απαλλωτρώσεις	0
	Αυτογενής συγκόλληση σιδηροτροχιών	2.311.192	ΑΣΙΔ	0
	Άλουμοθερμική συγκόλληση σιδηροτροχιών	533.352	Σταθμοί	0
	Απελευθέρωση τάσεων	1.800.000	Μελέτες	6.381.715
	Οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση γραμμής, μόρφωση διατομής έρματος και σταθεροποίηση γραμμής με βαρέα μηχανήματα γραμμής	3.400.000		
	Καταγραφή κυματοειδών φθορών και λείανση σιδηροτροχιών	1.700.000		
	Αποξήλωση, μεταφορά και αποθήκευση γραμμής	0		
Προμήθεια ενός μετρηκού τόνου σιδηροτροχιών		18.785.520		
Προμήθεια Σκύρων γραμμής ποιότητας K1 (DRI >=16)		21.255.128		
Προμήθεια ολόσωμων στριπτήρων B70 από σκυρόδεμα, πλήρων μετά των συνδέσμων και υποθεμάτων		23.333.380		
Προμήθεια ξύλινων στριπτήρων από αφρικανική ξυλεία AZOBE πλήρων μετά των αντίστοιχων συνδέσμων και υποθεμάτων		0	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	500.671.452
Προμήθεια και εγκατάσταση αντοδευτικού		1.777.778	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕ ΜΕΛΕΤΕΣ	507.053.167
Προμήθεια σετ αμφιδέτων για σιδηροτροχιά 60E1, πλήρων, μετά του απαραίτητου ψιλού υλικού		0		
Προμήθεια επιτόπιου και εγκατάσταση ενός ζεύγους συσκευών διαστολής, ειδικού τύπου - ειδικής κατασκευής		1.344.000		
Σταθερή επιδομή		0		
Αλλαγές σε ΣΣ		0		
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€):		93.156.159		
Κόστος μαζί με επισφαλή έξοδα, εργαλεία, εγκαταστάσεις, για πάσης φύσεως βάρη ή υποχρεώσεις του Αναδόχου καθώς και για απρόβλεπτες δαπάνες ή μη δυνάμενες να εκτιμηθούν		119.817.452		

Ανάλυση

ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ



Φύλλο αξιολόγησης εγκατάστασης ηλεκτροκίνησης:



ΟΜΑΔΑ Θ: ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

ΑΡΘΡΟ Θ.01 (Ν ΟΔΟ Α-2.2)

Αποξήλωση, μεταφορά και αποθήκευση γραμμής

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1123.Α

Για την αποξήλωση ενός μέτρου μήκους γραμμής (και οι δύο σιδηροτροχιές) ανεξαρτήτως τύπου στρωτήρα ή σιδηροτροχιάς συγκολλημένη συνεχώς ή όχι, ήτοι:

1. Την κοπή των σιδηροτροχιών εκατέρωθεν των συγκολλήσεων σε απόσταση, που θα καθορισθεί επί τόπου από τον επιβλέποντα μηχανικό με δισκοπρίονο ή το λύσιμο των αμφιδετών στην περίπτωση αρμών.
2. Το λύσιμο της γραμμής.
3. Την ταξινόμηση κατ' είδος, φόρτωση, μεταφορά, εκφόρτωση και αποθήκευση του μικρού υλικού σε χώρο, που θα υποδειχθεί από την Υπηρεσία και σε απόσταση έως 50χλμ. Η ταξινόμηση του μικρού υλικού θα γίνει ως εξής:
 - α. Τα ελαστικά υποθέματα σε δέματα των 50 τεμ.
 - β. Τα βλήτρα αγκυρίων ή βλήτρα αμφιδετών σε πλαστικούς σάκους βαρέων φορτίων ανά 50 τεμάχια.
 - γ. Τα αγκύρια, τα μπουλόνια γραμμής ή αμφιδετών και διπλές ελατηριωτές ροδέλες ή απλές αμφιδετών περασμένα σε σύρμα ανά 25 τεμ.
 - δ. Όλο δε το ανωτέρω μικρό υλικό συμπεριλαμβανόμενων και των αμφιδετών, κατόπιν θα τοποθετείται και θα παραδίδεται εντός ξύλινων κιβωτίων, που θα προμηθεύσει ο Ανάδοχος άνευ ιδιαίτερης αποζημίωσης, με δυνατότητα φορτοεκφόρτωσης δια περονοφόρου μηχανήματος. Κάθε δε κιβώτιο εξωτερικά θα φέρει σε εμφανές σημεία ενδείξεις του περιεχομένου είδους του υλικού ή την εναπόθεσή τους για επαναχρησιμοποίηση του είδους του υλικού, ως και της ποσότητας αυτού.
4. Τη φόρτωση, μεταφορά, εκφόρτωση και κανονική στοίβαξη των σιδηροτροχιών σε χώρο, που θα υποδειχθεί από την Υπηρεσία και σε απόσταση έως 50χλμ.

5. Τη φόρτωση, μεταφορά εκφόρτωση και κανονική στοίβαξη των στρωτήρων σε χώρο, που θα υποδειχθεί από την Υπηρεσία και σε απόσταση έως 50χλμ.
6. Ως και κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη αλλά απαραίτητη για τον πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της όλης εργασίας.

Τιμή ανά μέτρο μήκους μονής γραμμής.

(ΜΜ)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Είκοσι ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : **20,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.02 (Ν ΟΔΟ Α-2.3)

Αποξήλωση, μεταφορά και αποθήκευση αλλαγών τροχιάς

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 2312

Για την αποξήλωση, αποσυναρμολόγηση, μεταφορά σε απόσταση έως 50χλμ και πρόχειρη συναρμολόγηση ξανά μιας αλλαγής τροχιάς οποιουδήποτε τύπου (UIC 60, UIC 54, UIC 50, S33, B.O. Γερμανικού τύπου) αριστεράς ή δεξιάς, επί ξύλινων ή μεταλλικών στρωτήρων καθώς και :

1. τη σήμανση με τρία διαφορετικά ανεξίτηλα χρώματα όλων των άκρων των σιδηροτροχιών που αποτελούν μία αλλαγή τροχιάς. Ο συνδυασμός των χρωμάτων θα είναι διαφορετικός για κάθε αλλαγή.
2. την αρίθμηση όλων των στρωτήρων της αλλαγής με μεταλλικά νούμερα που θα στερεώνονται επί των ξύλινων στρωτήρων.
3. την αποσύνδεση της αλλαγής από τις εκατέρωθεν σιδηροδρομικές γραμμές.
4. την αποσυναρμολόγηση μετά προσοχής όσων τεμαχίων της αλλαγής κρίνεται απαραίτητο για την μεταφορά.
5. τη φόρτωση, μεταφορά εκφόρτωση και κανονική στοίβαξη όλων των εξαρτημάτων της αλλαγής σε χώρο, που θα υποδειχθεί από την υπηρεσία σε απόσταση έως 50χλμ.

6. την συναρμολόγηση της αλλαγής σε χώρο που θα υποδειχθεί από την επίβλεψη εντός χώρου του ΟΣΕ και σε απόσταση έως 50 χλμ. από το σημείο αποξήλωσης. Η αποθήκευση των αλλαγών θα γίνει καθ' ύψος και κατά είδος.

Στην τιμή περιλαμβάνονται επίσης η τυχόν ηλεκτρική αποσύνδεση, η αποξήλωση, μεταφορά και αποθήκευση του χειριστηρίου, ηλεκτρικού ή μη, ως και των λοιπών εξαρτημάτων, περιλαμβάνεται δε και το κόστος από τις καθυστερήσεις των εργασιών λόγω της διέλευσης των τραίνων, που θα μας αναγκάζουν να εργαζόμαστε στα «περιθώρια» μεταξύ των διελεύσεων τους, όπου αυτό συμβαίνει, και επίσης πάσα άλλη εργασία μη ρητώς κατανομαζόμενη αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της όλης εργασίας. Η τιμή αυτή εφαρμόζεται και στην περίπτωση που λόγω καταστροφής των στρωτήρων δεν είναι δυνατή η επανασυναρμολόγηση της αλλαγής, οπότε αυτή αποθηκεύεται χωρίς να συναρμολογηθεί. Λαμβάνεται βεβαίως υπ' όψη και συνεκτιμάται στο κόστος τους, ότι κατά την εκτέλεση των εργασιών δεν επιτρέπεται σε καμία περίπτωση να σταματήσει εντελώς η λειτουργία της γραμμής ή του σταθμού.

Τιμή ανά τεμάχιο αποξηλούμενης αλλαγής τροχιάς.

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Τέσσερις Χιλιάδες ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 4.000,00

ΑΡΘΡΟ Θ.03 (Ν ΟΔΟ Α-14.2)

Στρώση προσωρινής γραμμής

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1211

Για την πλήρη κατασκευή (στρώση) ενός μέτρου μήκους (1,00 m) προσωρινής σιδηροδρομικής γραμμής κυκλοφορίας κανονικού εύρους (2 σιδηροτροχιές), με σιδηροτροχιές, στρωτήρες, υλικό συνδέσεως (μικρό υλικό) και οριστική τακτοποίηση (υψομετρικά και οριζοντιογραφικά), σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές του Ο.Σ.Ε. και τις οδηγίες της Υπηρεσίας.

Στην παραπάνω εργασία περιλαμβάνονται :

1. Στρώση γραμμής

- 1.1 Η φόρτωση των σιδηροτροχιών ενδεικτικών ,τύπου S33 ή UIC 54 και μήκους 18,0 m από τους αποθηκευτικούς χώρους όπου αυτοί βρίσκονται

σε απόσταση έως 50 χλμ, η μεταφορά και εκφόρτωση στις θέσεις ενσωμάτωσής τους, σύμφωνα με τα οριζόμενα από την Υπηρεσία .

- 1.2 Η φόρτωση από τους χώρους εναπόθεσης, η μεταφορά και εκφόρτωση στις θέσεις ενσωμάτωσής των στρωτήρων (μεταλλικών, μπετόν ή ξύλινων) και των υλικών σύνδεσης τους.
 - 1.3 Η συναρμολόγηση της γραμμής (τοποθέτηση των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων, γώνιασμα, δέσιμο, σύσφιξη κλπ.) σύμφωνα με τα σχέδια στρώσης της γραμμής, τους κανονισμούς του Ο.Σ.Ε. και τις οδηγίες της Υπηρεσίας ήτοι:
 - 1.3.1 Η τοποθέτηση των στρωτήρων ανά 0,60m
 - 1.3.2 Η τοποθέτηση των ελαστικών υποθεμάτων επί των στρωτήρων.
 - 1.3.3 Η τοποθέτηση των σιδ/χιών επί των στρωτήρων με διάκενο μεταξύ των σιδηροτροχιών 2 εκατ. $\pm 0,5$ εκατ, για την αμφίδεσή τους.
 - 1.3.4 Η τοποθέτηση των συνδέσμων (τέσσερις συνδέσμους ανά στρωτήρα).
 - 1.3.5 Η σύσφιξη των προσηλώσεων με βοήθεια ειδικών μηχανημάτων κοχλίωσης.
 - 1.3.6 Η διάτρηση των σιδηροτροχιών και η μεταξύ τους σύνδεση με αμφιδέτες ή σφικτήρες όπου απαιτηθεί. (στις προσωρινές παραλλαγές ή στις προσωρινές συνδέσεις).
 - 1.4 Η στρώση βοηθητικών γραμμών και γραμμών κυλίσεων πυλώνων, σε περίπτωση χρησιμοποίησης πυλώνων για τη στρώση γραμμών, καθώς και κάθε άλλη βοηθητική εργασία που απαιτείται, ανάλογα με τον τρόπο επιλογής στρώσης της γραμμής.
 - 1.5 Η τακτοποίηση της γραμμής στην οριστική της θέση και η απαιτούμενη προσωρινή υψομετρική τακτοποίησή της για την ασφαλή διέλευση των σιδηροδρομικών οχημάτων και μηχανημάτων γραμμής.
 - 1.6 Η περισυλλογή όλων των υλικών που θα περισσέψουν, η μεταφορά και αποθήκευσή τους σε θέσεις που θα υποδειχθούν από την Υπηρεσία.
 - 1.7 Ο ποιοτικός έλεγχος όλων των εργασιών.
 - 1.8 Κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της στρώσης γραμμής.
2. Σκυρόστρωση και τακτοποίηση γραμμής (όπως αναφέρεται στο αντίστοιχο άρθρο του παρόντος τιμολογίου).

Στην εργασία συμπεριλαμβάνονται όλα τα έξοδα ποιοτικού ελέγχου της εργασίας, της λειτουργίας των μηχανημάτων (περιλαμβανομένων των βαρέων μηχανημάτων γραμμής, του συρμού σκυρόστρωσης, της ελκτικής μονάδας κλπ) ήτοι όλες οι δαπάνες εργατικών [χειριστές, βοηθητικό προσωπικό], συμπεριλαμβανόμενης της υπερωριακής απασχόλησης, ανταλλακτικών για κάθε φύσεως επισκευές και συντήρησης, καυσίμων, λιπαντικών, ασφάλισης ως επίσης και της σταλίας των μηχανημάτων.

Στην τιμή περιλαμβάνονται επίσης και τα έξοδα του τοπογραφικού συνεργείου που συνοδεύει την μπουρέζα καταγράφοντας τα στοιχεία οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης σύμφωνα με τις οδηγίες της επίβλεψης.

Η τιμή αφορά πλήρη στρώση της γραμμής καθώς και σκυρόστρωση και τακτοποίηση αυτής.

Στην τιμή περιλαμβάνεται και κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της στρώσης γραμμής.

Τιμή ανά μέτρο (m) μήκους μονής γραμμής.

(MM)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Σαράντα ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 40,00

ΑΡΘΡΟ 0.04 (Ν ΟΔΟ Α-2.4)

Στρώση προσωρινών αλλαγών

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1123.Α

Για το δέσιμο (συναρμολόγηση) μιας αλλαγής τύπου S33 ή B0 ή UIC 50, επί τόπου ή προσωρινά σε αποθηκευτικό χώρο, σε μεταλλικούς ή ξύλινους στρωτήρες καινούργιας ή από αποξήλωση, οιοδήποτε σχεδίου στρώσης, ήτοι για :

A. Τις προπαρασκευαστικές εργασίες:

1. Την απομάκρυνση τυχόν υπάρχοντος σκύρου στο σημείο στρώσης (και ενδεχομένως εκσκαφή εφ' όσον υπάρχει μικρό πάχος σκύρου) σε βάθος τέτοιο ώστε μετά την τοποθέτηση η ερυθρά της αλλαγής να είναι περίπου 5 cm

χαμηλότερα από την εκατέρωθεν γραμμή (τελική ερυθρά γραμμής). Τα προϊόντα αυτά θα μεταφερθούν και απορριφθούν σε κατάλληλο σημείο.

2. Την κατασκευή τυχόν απαιτούμενου επίπεδου δαπέδου εργασίας πάνω στο οποίο θα δεθεί η αλλαγή (από παλαιές σιδηροτροχιές οι οποίες θα αλφαδιασθούν κατάλληλα κλπ και θα διατεθούν στον ανάδοχο με μέριμνα της Υπηρεσίας)
3. Την μεταφορά όλων των μερών της αλλαγής (στρωτήρων, μεταλλικών μερών, μικρού υλικού, χειριστηρίων κλπ) από τον χώρο αποθήκευσής τους σε απόσταση έως 50 χλμ στον χώρο ενσωμάτωσης ή συναρμολόγησης της αλλαγής επί της γραμμής.

B. Τις κύριες εργασίες

1. Τη συναρμολόγηση των μερών της αλλαγής, στα οποία περιλαμβάνονται οι μεταβατικές σιδηροτροχιές και οι μηχανισμοί της (όχι ηλεκτροδοτούμενοι μηχανισμοί), σύμφωνα με το σχέδιο της αλλαγής.
2. Την φόρτωση, μεταφορά και εκφόρτωση της αλλαγής στο σημείο της τελικής τοποθέτησης, εφ' όσον η προσωρινή συναρμολόγηση έγινε σε αποθηκευτικό χώρο.
3. Την σύνδεση (ενσωμάτωση) της αλλαγής με την γραμμή εκατέρωθεν με αμφιδέτες.
4. Το τυχόν απαιτούμενο τακάρισμα της αλλαγής (η προμήθεια των τάκων θα βαρύνει τον ανάδοχο) κατά τρόπον που να είναι ασφαλής η με βραδυπορία των 20 χλμ/ώρα διέλευση σιδηροδρομικών οχημάτων (δραιζίνες, δηζελάμαξες με σύνθεση σκυροβάγονων κλπ).
5. Την σκυρόστρωση και τακτοποίηση της αλλαγής οριζοντιογραφικά και υψομετρικά με την χρήση μηχανήματος υπογόμεωσης ή ελαφρών φορητών μηχανημάτων υπογόμεωσης. Περιλαμβάνεται η δημιουργία της τυπικής διατομής (έρματος).
6. Την αμφίδεση της αλλαγής.
7. Την περισυλλογή των περισσευόντων υλικών και την μεταφορά τους σε χώρο που θα υποδειχθεί από την Υπηρεσία.
8. Τον ποιοτικό έλεγχο των εργασιών

Γ. Σκυρόστρωση και τακτοποίηση της αλλαγής

1. Την φόρτωση του συρμού σκυρόστρωσης.
2. Την μεταφορά των σκύρων με τον συρμό σκυρόστρωσης.

3. Την εκφόρτωση επί τόπου σε διαδοχικά περάσματα [διελεύσεις] συμπληρώνοντας το απαραίτητο σκύρο μετά την εργασία των βαρέων μηχανημάτων.
4. Την οριστική τακτοποίηση της αλλαγής (υψομετρικά και οριζοντιογραφικά) με τα βαρέα μηχανήματα γραμμής .

Καθώς και για την φορτοεκφόρτωση, απολυμένο χρόνο φορτοεκφόρτωσης και μεταφοράς επί τόπου όλων των απαιτούμενων υλικών, τις σταλίες των αυτοκινήτων και μηχανημάτων, τις πάσης φύσεως δαπάνες μηχανημάτων κλπ., την εργασία κατασκευής ως και για κάθε άλλη δαπάνη μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις οδηγίες της επίβλεψης.

Τιμή ανά τεμάχιο αλλαγής.

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Έξι Χιλιάδες ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 6.000,00

ΑΡΘΡΟ Θ.05 (Ν ΟΔΟ Α-18.3.3)

Προσκυρόστρωση γραμμής Άνευ της προμήθειας των σκύρων

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1510

Για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) προσκυρόστρωσης γραμμής, ήτοι την διάστρωση ενός κυβικού μέτρου (1 m³) σκύρων γραμμής, επί ετοιμού επιχώματος σε πάχος 25 ± 2εκ. και σε πλάτος που ορίζεται από τα σχέδια στρώσης. Στη τιμή περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες για το κοσκίνισμα όλης της ποσότητας των σκύρων καθώς και η πλήση μέρους της ποσότητας που θα χρησιμοποιηθεί, η φόρτωση των σκύρων σε οχήματα πάσης φύσεως προς μεταφορά, η μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση στον τόπο του έργου, η σταλία των μηχανημάτων, η εκφόρτωσή τους επιτόπου, η διάστρωση στο επιθυμητό πάχος, η ελαφρά συμπύκνωση με δονητικό στρωτήρα ή άλλο κατάλληλο μηχανήμα, η μόρφωση της διατομής χειρωνακτικά, κάθε άλλη επιβάρυνση λόγω κυκλοφοριακού φόρτου των παρακείμενων γραμμών ως και κάθε άλλη δαπάνη μη ρητώς κατονομαζόμενη αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της όλης εργασίας. Τα σκύρα θα διατίθενται στον Ανάδοχο από την ΕΡΓΟΣΕ στις θέσεις όπου είναι αποθηκευμένα τα υλικά αυτά, εντός της ευρύτερης περιοχής του έργου. Ο Ανάδοχος πριν την μεταφορά των σκύρων από τις σκουραποθήκες και την στρώση τους

στη γραμμή, θα προβεί στο κοσκίνισμα αυτών σε κόσκινα, ούτως ώστε η κοκκομετρία τους να είναι σύμφωνη με την Προδιαγραφή της ΤΣΥ, ενώ θα γίνει και πλύση μέρους της ποσότητας των σκύρων σύμφωνα και με τις οδηγίες της Επίβλεψης.

Η ποσότητα θα επιμετρηθεί με λήψη διατομών πριν και μετά την διάστρωση και την συμπύκνωση των σκύρων, σύμφωνα με την τυπική διατομή των σκύρων. Οι ποσότητες πέραν της τυπικής διατομής δεν θα επιμετρώνται και δεν θα αποζημιώνεται ο Ανάδοχος γι' αυτές.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m^3) συμπυκνωμένης διατομής προσκυροστρωμένης γραμμής.
(m^3)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Οκτώ ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : **8,00**

ΑΡΘΡΟ 0.06 (Ν ΟΔΟ Α-23.3)

Σκυρόστρωση σιδηροδρομικής γραμμής Άνευ της αξίας των σκύρων

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 3121.Α

Σκυρόστρωση επί προσκυροστρωμένης σιδηροδρομικής γραμμής και συσκευών γραμμής με συρμό (σύνθεση μηχανής έλξης - σκυροβαγόνων), άνευ της προμήθειας των σκύρων γραμμής.

Τα σκύρα θα διατίθενται στον Ανάδοχο από την ΕΡΓΟΣΕ από τις σκυραποθήκες όπου είναι αποθηκευμένα τα σκύρα. Ο Ανάδοχος πριν την μεταφορά των σκύρων από τις σκυραποθήκες και την στρώση τους στη γραμμή, θα προβεί στο κοσκίνισμα αυτών σε κόσκινα, ούτως ώστε η κοκκομετρία τους να είναι σύμφωνη με την Προδιαγραφή της ΤΣΥ.

Στην τιμή του άρθρου περιλαμβάνεται :

1. Η φόρτωση και μεταφορά των σκύρων από τις προσωρινές σκυραποθήκες σε οποιαδήποτε απόσταση, η φόρτωση επί του συρμού σκυρόστρωσης, συμπεριλαμβανομένων όλων των σταλιών αυτοκινήτων και των λοιπών μηχανημάτων.
2. Η μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση των σκύρων με τον συρμό σκυρόστρωσης (μηχανή έλξης – σκυροβάγονα).
3. Η σκυρόστρωση της γραμμής από το Συρμό Εργων σε διαδοχικά περάσματα [διελεύσεις] με συμπλήρωση του απαραίτητου σκύρου γραμμής

και για όσες διελεύσεις απαιτηθεί, σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη, την ΤΣΥ και τις προδιαγραφές του ΟΣΕ.

Συμπεριλαμβάνονται ακόμη όλα τα έξοδα ποιοτικού ελέγχου της εργασίας, της λειτουργίας των μηχανημάτων (συρμού σκυρόστρωσης, ελκτικής μονάδας κλπ.) ήτοι όλες οι δαπάνες εργατικών (χειριστές, βοηθητικό προσωπικό), συμπεριλαμβανομένης της υπερωριακής απασχόλησης, ανταλλακτικών για κάθε φύσεως επισκευές και συντήρηση, καυσίμων, λιπαντικών, ασφάλισης ως επίσης και οι σταλίες των μηχανημάτων, ως και κάθε άλλη εργασία μη ρητώς αναφερόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της σκυρόστρωσης.

4. Οι δαπάνες για το κοσκίνισμα όλων των σκύρων που θα διατεθούν από την ΕΡΓΑΟΣΕ για την στρώση των γραμμών καθώς και για την πλήση μέρους της ποσότητας των διαθέσιμων σκύρων.

Η ποσότητα θα επιμετρηθεί με λήψη διατομών μετά την διάστρωση και την συμπύκνωση των σκύρων. Για ένα κυβικό μέτρο σκυροστρωμένης γραμμής (συμπυκνωμένου επιχώματος) μετρούμενο δια λήψεως διατομών.

(1 m³) Κυβικό μέτρο

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Δεκαοκτώ ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : **18,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.07 (Ν ΟΔΟ Α-18.3.5)

Οριζοντιογραφική, υψομετρική τακτοποίηση, μόρφωση διατομής έρματος και σταθεροποίηση της γραμμής με χρήση βαρέων μηχανημάτων γραμμής.

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1520

Για την πλήρη τακτοποίηση της γραμμής από απόψεως υπογόμεωσης, οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης μετά της σταθεροποίησης της γραμμής σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια, τεχνικές προδιαγραφές και τις εντολές του ΟΣΕ ή της «ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε.», με χρήση βαρέως μηχανήματος οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης της γραμμής [μπουρέζας], βαρέως μηχανήματος τακτοποίησης έρματος [ρεγκαλέζας] και βαρέως μηχανήματος σταθεροποίησης γραμμής [σταμπιλιζάτορας].

Όλα τα απαιτούμενα μηχανήματα για την στρώση και οριστική τακτοποίηση της γραμμής θα διατεθούν από τον Ανάδοχο και θα πρέπει να είναι σύγχρονης τεχνολογίας (όχι παλαιότερα της δεκαετίας) και να έχουν χρησιμοποιηθεί για την στρώση γραμμών υψηλών ταχυτήτων.

Η υπογόμωση της γραμμής περιλαμβάνει 3 φάσεις εργασίας:

Α' φάση συμπίεσης

Α' φάση σταθεροποίησης

Β' φάση σταθεροποίησης

Η κάθε ανύψωση, στη Α φάση συμπίεσης του έρματος πάνω στην ήδη σκυροστρωμένη γραμμή σε πάχος περίπου 20 εκ δεν θα ξεπερνά τα 6 εκ. Θα εκτελείται διπλό μπουράρισμα, με παράλληλη χρήση του δονητή έρματος του μηχανήματος. Το βάθος εισχώρησης του συστήματος συμπίεσης (μπούρα) θα γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή μηχανήματος και η συμπίεση θα ρυθμίζεται ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή για το είδος των σκύρων που θα χρησιμοποιηθούν. Στη φάση αυτή γίνεται και οριζοντιογραφική τακτοποίηση της γραμμής. Η φάση μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα του 1 περάσματα (διελεύσεις εργασίας).

Στην Α φάση σταθεροποίησης του έρματος η γραμμή ανυψώνεται έως 2,5 εκ. ενώ τα μπουρά βυθίζονται δύο φορές κατά 2 έως 3 εκ. χαμηλότερα από το κάτω πέλμα του στρωτήρα και γίνεται και χρήση του δονητή έρματος. Η φάση μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα του 1 περάσματα (διελεύσεις εργασίας).

Στην Β φάση σταθεροποίησης του έρματος η γραμμή ανυψώνεται μέχρι 1,5 εκ. ενώ τα μπουρά βυθίζονται μόνο μια φορά 2 έως 3 εκ. χαμηλότερα από το κάτω πέλμα του στρωτήρα και γίνεται και χρήση του δονητή έρματος.

Σε κάθε φάση εργασίας της μπουρέζας ακολουθεί η ρεγκαλέζα που διαμορφώνει τα σκύρα σύμφωνα με την τυπική διατομή και ο σταμπιλιζάτορας που παρέχει την απαραίτητη σταθεροποίηση της γραμμής, ο οποίος πρέπει να διαθέτει δύο μηχανικά εξαρτήματα για συχνότητα 0÷45 Hz ρυθμιζόμενη, συνολική δύναμη κρούσης 0÷320 KN, κάθετη φόρτιση 240KN ρυθμιζόμενη, επίσης να είναι εφοδιασμένος με εγκατάσταση ελέγχου και μέτρησης που να δείχνει την βύθιση της γραμμής.

Η ποιότητα εργασίας της μπουρέζας θα πιστοποιείται και από κατάλληλη καταγραφική συσκευή, με την οποία αυτή θα είναι απαραίτητως εφοδιασμένη.

Ο Ανάδοχος θα μελετήσει και συντάξει μηκοτομή της γραμμής, την οποία θα υποβάλει προς έγκριση στην Υπηρεσία. Μετά την έγκρισή της, αυτή θα είναι δεσμευτική, μετά δε το πέρας των εργασιών θα υποβάλλει την τελική μηκοτομή, με τυχόν εγκεκριμένες αλλαγές.

Στην εργασία συμπεριλαμβάνονται όλα τα έξοδα ποιοτικού ελέγχου της εργασίας, της διάθεσης ή μίσθωσης και λειτουργίας των μηχανημάτων (περιλαμβανομένων των βαρέων μηχανημάτων γραμμής, του συρμού σκυρόστρωσης, της ελκτικής μονάδας κλπ), καθυστερήσεων λόγω υπαιτιότητας του Αναδόχου, ήτοι όλες οι δαπάνες εργατικών [χειριστές, βοηθητικό προσωπικό], συμπεριλαμβανόμενης της υπερωριακής απασχόλησης, ανταλλακτικών για κάθε φύσεως επισκευές και συντήρηση, καυσίμων, λιπαντικών, ασφάλισης ως επίσης και της σταλίας των μηχανημάτων.

Για την διέλευση βαρέως μηχανήματος σταθεροποίησης γραμμής [σταμπιλιζάτορας] από κάθε τεχνικό έργο, ο Ανάδοχος με δικά του έξοδα, θα λαμβάνει άδεια από τον μελετητή του αντίστοιχου τεχνικού.

Σε περίπτωση που τα μηχανήματα γραμμής προκαλέσουν, λόγω κακών χειρισμών, ζημιές στη γραμμή, τα υλικά και οι εργασίες αποκατάστασης θα βαρύνουν τον Ανάδοχο.

Στην τιμή περιλαμβάνονται επίσης και τα έξοδα του τοπογραφικού συνεργείου που συνοδεύει την μπουρέζα καταγράφοντας τα στοιχεία οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης σύμφωνα με τις οδηγίες της επίβλεψης.

Η τιμή αφορά πλήρη οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση της γραμμής που περιλαμβάνει ενδεχομένως περισσότερα του 1 περάσματα (διελεύσεις εργασίας) ανά φάση εργασίας, μέχρι την τελική τακτοποίηση της γραμμής σύμφωνα με τις Προδιαγραφές του ΟΣΕ.

Στην τιμή περιλαμβάνεται η τακτοποίηση των υπαρχόντων στη γραμμή συσκευών διαστολής.

Η παραλαβή της γραμμής θα γίνει με την χρήση του καταγραφικού μηχανήματος του Ο.Σ.Ε. (EM 120) ή αντίστοιχου εγκεκριμένου από τον ΟΣΕ μηχανήματος και σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο Νέο Κανονισμό Επιδομής Γραμμής. Όλα τα σφάλματα που προκύπτουν με την καταγραφή θα διορθώνονται από τον Ανάδοχο χωρίς καμία πρόσθετη αμοιβή.

Στην τιμή περιλαμβάνεται και κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της εργασίας.

Τιμή ανά μέτρο μήκους (μμ) μονής γραμμής

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Δεκαεπτά ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 17,00

ΑΡΘΡΟ 0.08 (Ν ΟΔΟ Α-14.1)

Στρώση επιδομής γραμμής επί έρματος άνευ της αξίας των υλικών επιδομής

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1310

Για την κατασκευή (στρώση) ενός μέτρου μήκους (1,00 m) μονής σιδ/κής γράμμης κανονικού εύρους (2 σιδ/χίες), με σιδ/χίες, στρωτήρες και υλικό συνδέσεως (ψιλό υλικό), οιοδήποτε τύπου, σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές του Ο.Σ.Ε. και τις οδηγίες της Υπηρεσίας, στη τιμή περιλαμβάνονται :

1. Όλες οι απαιτούμενες προεργασίες για την στρώση ήτοι τοπογραφικές εργασίες – εξασφαλίσεις, στρώση γραμμών κυλίσεως πυλώνων κλπ.
2. Η φόρτωση, από τους χώρους αποθήκευσης, και μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση των σιδηροτροχιών τύπου UIC 60 ή UIC 54 και εκφόρτωση στις θέσεις ενσωμάτωσής τους στη γραμμή.
3. Η φόρτωση, από τους χώρους αποθήκευσης, μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση και εκφόρτωση στις θέσεις ενσωμάτωσης των ολόσωμων στρωτήρων σκυροδέματος ή ξύλινων στρωτήρων, πλήρων μετά των υλικών καθώς και η διασπορά και στρώση τους στην κανονική τους θέση επί της γραμμής.
4. Η συναρμολόγηση της γραμμής (τοποθέτηση των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων, γώνιασμα, δέσιμο, σύσφιξη κλπ.) σύμφωνα με τα σχέδια στρώσης της γραμμής, τους κανονισμούς του Ο.Σ.Ε. και τις οδηγίες της Υπηρεσίας ήτοι:
 - 3.1 Η τοποθέτηση των στρωτήρων σε κανονική μεταξύ τους απόσταση (60 εκ. \pm 2 εκ.), στην οριστική τους θέση ως προς τον άξονα (με ανοχή 5 εκ.) και γώνιασμά τους
 - 3.2 Η τοποθέτηση των ελαστικών υποθεμάτων επί των στρωτήρων.
 - 3.3 Η τοποθέτηση των σιδ/χιών επί των στρωτήρων με κατάλληλο διάκενο μεταξύ των σιδηροτροχιών.
 - 3.4 Η τοποθέτηση των συνδέσμων σιδ/χιάς – στρωτήρα (τέσσερις συνδέσμους ανά στρωτήρα).
 - 3.5 Η σύσφιξη των συνδέσμων με βοήθεια ειδικών μηχανημάτων κοχλίωσης και με την κανονική ροπή συσφίξεως.
5. Η αμφίδεση της γραμμής με προσωρινούς αμφιδέτες και ειδικούς σφιγκτήρες (όχι διάνοιξη οπών), που θα επιτρέπουν στα μηχανήματα γραμμής να εργάζονται ελεύθερα και θα εξασφαλίζουν την κυκλοφορία των εργοταξιακών σιδηροδρομικών οχημάτων και μηχανημάτων, μέχρι την εκτέλεση των απαιτούμενων συγκολλήσεων.
6. Η στρώση βοηθητικών γραμμών και γραμμών κυλίσεως πυλώνων, σε περίπτωση χρήσης πυλώνων στρώσης γραμμών, καθώς και κάθε άλλη βοηθητική εργασία που απαιτείται, ανάλογα με τον τρόπο επιλογής στρώσης της γραμμής.
7. Η προσωρινή τακτοποίηση της γραμμής στην οριστική της θέση (οριζοντιογραφική απόκλιση \pm 5÷10 cm από τον άξονα) και η απαιτούμενη προσωρινή υψομετρική τακτοποίησή της για την ασφαλή διέλευση των σιδηροδρομικών οχημάτων και μηχανημάτων γραμμής.

8. Η περισυλλογή όλων των υλικών που θα περισσέψουν, η μεταφορά και αποθήκευσή τους σε θέσεις που θα υποδειχθούν από την Υπηρεσία.
9. Η στρώση μικρών τμημάτων γραμμής σε σημεία σύνδεσης με υφιστάμενες γραμμές, με αλλαγές τροχιάς, σε ισόπεδες διαβάσεις κλπ.
10. Ο ποιοτικός έλεγχος όλων των εργασιών.
11. Κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της στρώσης γραμμής.

Στην εργασία συμπεριλαμβάνονται όλα τα έξοδα ποιοτικού ελέγχου της εργασίας, της λειτουργίας των μηχανημάτων και μεταφορικών μέσων, ήτοι όλες οι δαπάνες εργατικών [χειριστές, βοηθητικό προσωπικό], συμπεριλαμβανόμενης της υπερωριακής απασχόλησης, ανταλλακτικών για κάθε φύσεως επισκευές και συντήρησης, καυσίμων, λιπαντικών, εργαλείων, εξαρτημάτων, εργατοτεχνιτών, ασφάλισης ως επίσης και της σταλίας των μηχανημάτων, του απολυμένου χρόνου και κάθε είδους επιβάρυνση ή δαπάνη, που προκύπτει από κυκλοφοριακό φόρτο των γραμμών του Ο.Σ.Ε., βλάβες μηχανημάτων ή μηχανών, εξασφάλιση του προσωπικού από την κυκλοφορία των αμαξοστοιχιών κλπ.

Στην τιμή περιλαμβάνεται και κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της στρώσης γραμμής.

Επισημαίνεται ότι ο Ανάδοχος έχει υποχρέωση ώστε κατά την διάρκεια των εργασιών να μην προξενηθούν βλάβες στις υπόλοιπες εγκαταστάσεις και των εργασιών από άλλες εργολαβίες, στην περιοχή, ήτοι : στις εγκαταστάσεις ηλεκτροκίνησης (πυλώνες, βάσεις πυλώνων, ερμάρια κλπ.) σηματοδότησης τηλεπικοινωνιών (κανάλια, ερμάρια, ιστούς τηλεφώνων, ιστούς φωτοσημάτων κλπ.) στα υπάρχοντα τεχνικά έργα (cut and cover, γέφυρες, οχετοί, Ανισόπεδες Διαβάσεις, κρηπιδώματα κλπ.) καθώς και στην επιδομή της παράπλευρης γραμμής όπου θα γίνεται η κυκλοφορία των αμαξοστοιχιών. Η αποκατάσταση τυχόν βλαβών καθώς και οι επιπτώσεις που μπορεί να υπάρξουν στην κυκλοφορία των αμαξοστοιχιών από αυτές θα χρεώνονται στον Ανάδοχο, κοστολογούμενες από τον Ο.Σ.Ε ή την Υπηρεσία.

Η δαπάνη για την προμήθεια των υλικών επιδομής (σιδ/χιές, στρωτήρες, ψιλό υλικό) δεν περιλαμβάνεται στην τιμή μονάδος.

Τιμή ανά μέτρο (m) μήκους μονής γραμμής
(MM)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ)

: Πενήντα Τρία ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ)

: 53,00

ΑΡΘΡΟ Θ.09 (Ν ΟΔΟ Α-19.2)

Συναρμολόγηση και στρώση αλλαγής τροχιάς ή διασταύρωσης οποιουδήποτε τύπου μετά της μεταφοράς της στον τόπο του έργου

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1510 50,00%

ΟΔΟ 2312 50,00%

Για τη φόρτωση, από τους χώρους αποθήκευσης, και μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση με οποιοδήποτε μέσο, τη συναρμολόγηση και τη στρώση μίας απλής αλλαγής τροχιάς οποιουδήποτε τύπου γεωμετρίας, στρωτήρων (ολόσωμων ή ξύλινων) και σιδηροτροχιών 54E1 ή 60E1 και την ένταξή της στην σιδηροδρομική γραμμή σύμφωνα με το σχέδιο στρώσης αυτής και με τα προβλεπόμενα στις προδιαγραφές και κανονιστικές διατάξεις. Η τιμή περιλαμβάνει :

A. Τις απαιτούμενες προπαρασκευαστικές εργασίες:

- Την απομάκρυνση τυχόν υπάρχοντος σκύρου στο σημείο στρώσης της αλλαγής (και ενδεχομένως εκσκαφή εφ' όσον υπάρχει μικρότερο από το προβλεπόμενο πάχος σκύρου) σε βάθος τέτοιο ώστε μετά την τοποθέτηση η ερυθρά της αλλαγής να είναι περίπου 5 cm χαμηλότερα από την εκατέρωθεν γραμμή. Τα προϊόντα αυτά θα μεταφερθούν και απορριφθούν σε κατάλληλο σημείο, υποκείμενο στην έγκριση του Επιβλέποντος το έργο Μηχανικού.
- Την κατασκευή τυχόν απαιτούμενου επίπεδου δαπέδου εργασίας, επάνω στο οποίο θα συναρμολογηθεί η διαγώνιος, από παλαιές σιδηροτροχιές ή άλλα μέσα του αναδόχου, οι οποίες θα αλφαδιασθούν κατάλληλα.
- Τη μεταφορά όλων των τμημάτων της αλλαγής (στρωτήρων, μεταλλικών μερών, μικρού (ψιλού) υλικού, χειριστηρίων κλπ) από το χώρο αποθήκευσής τους στο χώρο όπου θα γίνει το δέσιμο της διαγωνίου.

B. Τις κύριες εργασίες συναρμολόγησης

- Τη συναρμολόγηση των μερών της διαγωνίου, στα οποία περιλαμβάνονται οι μεταβατικές σιδηροτροχιές, εφόσον απαιτούνται και ο μηχανισμός της αλλαγής (όχι ηλεκτροκίνητοι μηχανισμοί). Σημειώνεται ότι επιτρέπεται, σε περίπτωση συναρμολόγησης σε αποθηκευτικό χώρο, η στοίβαξη έως τριών αλλαγών επί αλλήλων.
- Τη φόρτωση, μεταφορά από οποιαδήποτε θέση και εκφόρτωση της αλλαγής τροχιάς στο σημείο της τελικής τοποθέτησης με οποιαδήποτε μέσα του

αναδόχου και με τρόπο που να διασφαλίζει την ακεραιότητα της συσκευής και την εύρυθμη λειτουργία της.

- Τη σύνδεση (ενσωμάτωση) της αλλαγής με τη γραμμή εκατέρωθεν με την εκτέλεση των απαιτούμενων αλουμινοθερμικών συγκολλήσεων σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του ΟΣΕ και τις προδιαγραφές της ΕΡΓΟΣΕ. Στα σημεία που θα γίνει συγκόλληση θα αφεθεί το κατάλληλο διάκενο και η σύνδεση, μέχρι να γίνει η συγκόλληση, θα γίνει με κατάλληλα μέσα (πχ. σφιγκτήρες) του αναδόχου.
- Το τυχόν απαιτούμενο τακάρισμα της αλλαγής τροχιάς (η προμήθεια των τάκων θα βαρύνει τον ανάδοχο) κατά τρόπο που να είναι ασφαλής η με βραδυπορία των 20 χλμ/ώρα διέλευση σιδηροδρομικών οχημάτων (δραιζίνες, δηζελάμαξες με σύνθεση σκυροβάγονων κλπ),
- όλες τις εσωτερικές συγκολλήσεις της διαγωνίου με αλουμινοθερμική μέθοδο σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο άρθρο «Αλουμινοθερμικές συγκολλήσεις» και την τεχνική οδηγία εσωτερικής συγκόλλησης των αλλαγών 269857/713-A468 29-2-92 Ο.Σ.Ε./Δ.Γ. του Ο.Σ.Ε.
- Την περισυλλογή των περισσευόντων υλικών και τη μεταφορά τους σε χώρο που θα υποδειχθεί από την Υπηρεσία.
- Τον ποιοτικό έλεγχο των εργασιών.

Τιμή μονάδος για ένα τεμάχιο πλήρως εγκατεστημένης και εντεταγμένης στη γραμμή αλλαγής τροχιάς.

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Οκτώ Χιλιάδες Πεντακόσια ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : **8.500,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.10 (Ν ΟΔΟ Α-15.1)

Σκυρόστρωση, οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση αλλαγής ή διασταύρωσης κανονικού εύρους, με χρήση βαρέως μηχανήματος γραμμής

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1510

Για την σκυρόστρωση και τακτοποίηση αλλαγών τροχιάς κανονικού εύρους οιοδήποτε τύπου, υλικών και διαστάσεων, ήτοι :

- Φόρτωση και μεταφορά των σκύρων από τις σκυραποθήκες, εκφόρτωση αυτών με κανονική στοίβαξη σε χώρους πλησίον των σιδ/κών γραμμών και φόρτωση του συρμού σκυρόστρωσης, συμπεριλαμβανομένων όλων των σταλιών αυτοκινήτων και λοιπών μηχανημάτων.
- Τη μεταφορά των σκύρων με τον συρμό σκυρόστρωσης.
- Τη εκφόρτωση επί τόπου σε διαδοχικά περάσματα [διελεύσεις] συμπληρώνοντας το απαραίτητο σκύρο μετά την εργασία των βαρέων μηχανημάτων.
- Την οριστική τακτοποίηση της αλλαγής (υψομετρικά και οριζοντιογραφικά) με την μπουρέζα αλλαγών και τα λοιπά βαρέα μηχανήματα γραμμής.

Στην εργασία συμπεριλαμβάνονται τα μισθώματα και τα λειτουργικά έξοδα των μηχανημάτων, όλα τα έξοδα ποιοτικού ελέγχου της εργασίας, της ενοικίασης και λειτουργίας των μηχανημάτων (περιλαμβανομένων των βαρέων μηχανημάτων γραμμής, του συρμού σκυρόστρωσης, της ελκτικής μονάδας κλπ), ήτοι όλες οι δαπάνες εργατικών [χειριστές, βοηθητικό προσωπικό], συμπεριλαμβανομένης της υπερωριακής απασχόλησης, ανταλλακτικών για κάθε φύσεως επισκευές και συντήρηση, καυσίμων, λιπαντικών, ασφάλισης ως επίσης και της σταλίας των μηχανημάτων.

Στην τιμή περιλαμβάνονται επίσης και τα έξοδα του τοπογραφικού συνεργείου, που συνοδεύει την μπουρέζα καταγράφοντας τα στοιχεία οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης σύμφωνα με τις οδηγίες της επίβλεψης.

Η τιμή αφορά πλήρη τακτοποίηση της αλλαγής μέχρι επιτεύξεως της τελικά επιθυμητής κατάστασης σύμφωνα με τους όρους δημοπράτησης του έργου.

Η παραλαβή της αλλαγής θα γίνει με την χρήση του καταγραφικού μηχανήματος του Ο.Σ.Ε. (EM 120) ή αντίστοιχου εγκεκριμένου από τον ΟΣΕ μηχανήματος. Όλα τα σφάλματα που θα προκύψουν κατά την καταγραφή θα διορθώνονται από τον ανάδοχο χωρίς βέβαια πρόσθετη αμοιβή.

Σε περίπτωση που τα μηχανήματα γραμμής προκαλέσουν, λόγω κακών χειρισμών, ζημιές στη γραμμή, τα υλικά και οι εργασίες αποκατάστασης θα βαρύνουν τον ανάδοχο.

Η ποιότητα εργασίας της μπουρέζας θα πιστοποιείται και από κατάλληλη καταγραφική συσκευή, με την οποία αυτή θα είναι απαραίτητως εφοδιασμένη.

Στην τιμή περιλαμβάνεται και κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της τακτοποίησης της αλλαγής.

Τιμή ανά τεμάχιο πλήρως τακτοποιημένης αλλαγής

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Τέσσερις Χιλιάδες Πεντακόσια ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 4.500,00

ΑΡΘΡΟ Θ.11 (Ν ΟΔΟ Α-18.3.4)

Αυτογενής συγκόλληση σιδηροτροχιών

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1510

Για μια συγκόλληση (ένα τεμάχιο) δύο σιδηροτροχιών οποιοδήποτε μήκους (σύνηθες μήκος σιδ/χιών 18,0m & 36,0m) και τύπου UIC 54 ή UIC 60 με την ειδική μηχανή αυτογενούς συγκόλλησης, εκτελούμενης επί κρηπιδώματος ή ανοιχτής (ελεύθερης) γραμμής. Ήτοι :

Για υλικά (πλην σιδηροτροχιών) και εργασία μιας πλήρους και έντεχνης περαιωμένης συγκόλλησης.

Στην προσφερόμενη τιμή περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες των υλικών (πλην αξίας σιδ/χιών), των παντός είδους μηχανημάτων (μηχανήματος ηλεκτροσυγκόλλησης, λείανσης, κλπ) και μεταφορικών μέσων, με τις σταλίες αυτών, των εργαλείων, των καυσίμων, των λιπαντικών κ.λ.π., των χειριστών, των βοηθών χειριστών, των οδηγών και των εργατοτεχνικών που απαιτούνται για την προετοιμασία και εκτέλεση της συγκόλλησης. Περιλαμβάνεται επίσης στην τιμή η τυχόν απαιτούμενη ενοικίαση χώρου για την κατασκευή του κρηπιδώματος καθώς και η κατασκευή κρηπιδώματος συγκόλλησης σιδ/χιών σε περιοχή που θα επιλέξει ο Ανάδοχος και θα εγκρίνει η Υπηρεσία, η κατασκευή βοηθητικών γραμμών, καθώς και η αποξήλωση και απομάκρυνση του τυχόν νέου κρηπιδώματος και των τυχόν απαιτούμενων βοηθητικών γραμμών μετά το πέρας όλων των εργασιών.

Επίσης στην προσφερόμενη τιμή συμπεριλαμβάνονται και όλες οι δαπάνες των παρακάτω εργασιών – προεργασιών – ενεργειών, που είναι απαραίτητες και αναγκαίες για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της συγκόλλησης.

- α) Η φόρτωση των σιδηροτροχιών μήκους 18,0m & 36,0m από τους χώρους αποθήκευσης, η μεταφορά και η εκφόρτωση επί του επιχώματος ή του κρηπιδώματος, σ' οποιαδήποτε απόσταση κι αν βρίσκεται τούτο.
- β) Η τοποθέτηση των σιδηροτροχιών επί των κυλίστρων του επιχώματος ή του κρηπιδώματος και ο διαρκής έλεγχος και η ρύθμισή τους ώστε να επιτυγχάνεται το απόλυτο υψομετρικό αλφάδιασμα των σιδηροτροχιών.

- γ) Το τρόχισμα των άκρων, σε μήκος τουλάχιστον 50 cm, κάθε σιδηροτροχιάς στον κορμό και το μέτωπο για την απομάκρυνση τυχόν επιφανειακών οξειδώσεων, ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- δ) Η πλήρης οριζοντιογραφική και υψομετρική ταύτιση των προς συγκόλληση σιδηροτροχιών και εν συνεχεία η συγκόλλησή τους, ώστε να δημιουργηθεί μία συνεχής σιδηροτροχιά μήκους της τάξης των 150 m τουλάχιστον.
- ε) Η αποκοπή του πλεονάζοντος υλικού συγκόλλησης και η λείανση (τρίχισμα) της συγκόλλησης για την πλήρη αποκατάσταση της διατομής της σιδηροτροχιάς. (Λειασμένη θεωρείται μία συγκόλληση όταν με την μέτρηση κανόνα μήκους ενός (1,00) m παρουσιάζει οριζοντιογραφικά απόκλιση κατά την έννοια αύξησης του εύρους (βέλος) $\pm 0,3$ mm, ενώ κατά την έννοια μείωσης του εύρους μηδέν (0) και υψομετρική $\pm 0,3$ mm ή $2 \pm 0,3$ mm εάν μετρηθεί στο άκρο του κανόνα για υπερύψωση και $-0,2$ mm αντίστοιχα για βύθιση.
- στ) οι φορτοεκφορτώσεις των σιδηροτροχιών σε κάθε φάση εκτέλεσης της εργασίας και οι μεταφορές τους στις προβλεπόμενες θέσεις κατά περίπτωση.
- ζ) Η προσωρινή εναπόθεση, με παράλληλη μετατόπιση των συγκολλημένων σιδηροτροχιών μήκους από 90,00 m έως 162,00 m, σε παράλληλη θέση στο άκρο του επιχώματος προκειμένου να εκτελεστεί η εργασία της προσκυρόστρωσης.
- η) οι δαπάνες του ποιοτικού ελέγχου όλων των εργασιών συγκόλλησης. Η ποιότητα των συγκολλήσεων θα τεκμηριώνεται και με κατάλληλο καταγραφικό διάγραμμα ημερήσιου δελτίου, στο οποίο θα επισυνάπτεται και το αντίστοιχο πλήθος των καταγραφικών διαγραμμάτων
- θ) η κατασκευή προσωρινού κρηπιδώματος για την εκτέλεση των συγκολλήσεων με δαπάνες του αναδόχου
- ι) η τελική λείανση της συγκόλλησης (φινίρισμα) μετά την τελική τακτοποίηση της γραμμής.

Η μηχανή αυτογενούς συγκόλλησης του αναδόχου θα πρέπει να έχει έγκριση τύπου από ένα σιδηροδρομικό Δίκτυο της Ε.Ε. και να τύχει της έγκρισης της Υπηρεσίας.

Η εκτέλεση της συγκόλλησης με την μηχανή αυτογενούς συγκόλλησης σιδηροτροχιών επί ανοικτής (ελεύθερης) γραμμής θα πρέπει να τύχει της σχετικής έγκρισης της Υπηρεσίας μετά από λεπτομερή παρουσίαση της μεθόδου, ιδίως όσον αφορά την ποιοτική διασφάλιση της συγκόλλησης, η οποία πρέπει να έχει τους ίδιους ποιοτικούς όρους ως ανωτέρω.

Τιμή ανά τεμάχιο (τεμ)
(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ)

: **Εκατόν Τριάντα ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ)

: **130,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.12 (Ν ΟΔΟ Β-30.2.2)

Αλουμινοθερμική συγκόλληση σιδηροτροχιών

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 2734

Για τη συγκόλληση ενός τεμαχίου σιδηροτροχιών τύπου UIC 60 ή UIC 54 επί γραμμής, για οιοδήποτε μήκος σιδηροτροχιάς, για σκληρότητα σιδηροτροχιάς 90 κ/χλστ², με την αλουμινοθερμική μέθοδο τεχνολογίας Railtech ή Elektro-Thermit ή αντίστοιχης τεχνολογίας, που χρησιμοποιείται σε δίκτυο της ΕΕ για γραμμές υψηλών ταχυτήτων, σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες εκτέλεσης αλουμινοθερμικών συγκολλήσεων του ΟΣΕ και των προδιαγραφών των κατασκευαστριών εταιριών, ήτοι για την εκτέλεση των παρακάτω εργασιών :

- Λύσιμο της γραμμής εκατέρωθεν της συγκόλλησης σε μήκος έως 8 στρωτήρες.
- Κοπή της σιδηροτροχιάς με δισκοπρίονο για τη δημιουργία του απαιτούμενου διακένου και την πλήρη υψομετρική και οριζοντιογραφική ταύτιση των προς συγκόλληση σιδηροτροχιών με τη χρήση των συσκευών ευθυγράμμισης.
- Την δημιουργία λάκκου για την τοποθέτηση των εξαρτημάτων.
- Την εκτέλεση της συγκόλλησης.

Οι συγκολλήσεις θα εκτελούνται βάσει των προδιαγραφών των κατασκευαστριών εταιριών των μερίδων συγκολλήσεων, των τεχνικών προδιαγραφών του Ο.Σ.Ε. και των οδηγιών του Ο.Σ.Ε. ή της ΕΡΓΟΣΕ.

Συγκολλήσεις που παρουσιάζουν οπτικώς κακή συνένωση σιδηροτροχιών, έλλειψη μετάλλου στη κεφαλή της σιδηροτροχιάς, ρηγματώσεις στη ψυχή της σιδηροτροχιάς, εγκλεισμό κορουνδίου ή άμμου, εμφάνιση μεγάλων ή μικρών οπών μέχρι την επιφάνεια, εμφάνιση μαύρων κηλίδων, φυσαλίδες γύρω από τη ραφή του πέλματος, αποκολλήσεις μετάλλου στη κεφαλή ή το πέλμα, και αν η συγκόλληση είναι πεισμένη, θα απορρίπτονται.

Από αυτές που παραλαμβάνονται μετά την οπτική επιθεώρηση, ιδανική θεωρείται αυτή που μετρούμενη μετά τη λείανση με κανόνα ενός μέτρου, παρουσιάζει στη μεν άνω επιφάνεια της κεφαλής της σιδηροτροχιάς, υπερύψωση και βύθιση 0 χλστ οι δε κάθετες παρειές της κεφαλής των σιδηροτροχιών είναι τελείως κατακόρυφες. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες αποκλίσεις είναι για το άνω μέρος της κεφαλής +0,3 χλστ για

υπερύψωση και $-0,2$ χλστ για βύθιση, για τις δε κάθετες παρειές $+0,3$ χλστ, κατά την έννοια αύξησης του εύρους στο μέσον του κανόνα και μηδέν (0) κατά την έννοια μείωσης του εύρους.

Οι δαπάνες αποκατάστασης για τυχόν αστοχίες κατά την εκτέλεση της συγκόλλησης θα βαρύνουν τον Ανάδοχο. Ως δαπάνες αποκατάστασης θεωρούνται η κοπή της ελαττωματικής συγκόλλησης, η κοπή της σιδηροτροχιάς σε μήκος άνω των 6 μέτρων, η διευθέτησή της ώστε να δημιουργηθούν δύο αρμοί κατάλληλου εύρους, η εκτέλεση των δύο νέων συγκολλήσεων και η αξία του υλικού.

Η ορθή ευθυγράμμιση των συγκολλήσεων θα τεκμηριώνεται με κατάλληλο καταγραφικό διάγραμμα (υψομετρικό και οριζοντιογραφικό) ημερήσιου δελτίου στο οποίο θα επισυνάπτεται και το αντίστοιχο πλήθος των καταγραφικών διαγραμμάτων.

Τη λείανση των συγκολλήσεων 25 λεπτά μετά το πέρας της συγκόλλησης.

Την σήμανση της συγκόλλησης με τον κωδικό του εκτελέσαντος αυτή τεχνίτη, την ημερομηνία συγκόλλησης και τον αύξοντα αριθμό αυτής.

Το δέσιμο της γραμμής στη προτεραιία θέση της.

Οι συγκολλήσεις θα γίνονται υπό θερμοκρασία έως 35° C σιδηροτροχιάς στρωμένης στη γραμμή.

Την τελική λείανση της συγκόλλησης (φινίρισμα) μετά την τελική τακτοποίηση της γραμμής.

Στην τιμή περιλαμβάνεται η δαπάνη προμήθειας όλου του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού, των αναλώσιμων υλικών για την εκτέλεση των συγκολλήσεων και της λείανσης τους, καθώς και η κάθε είδους επιβάρυνση λόγω ενδεχόμενου κυκλοφοριακού φόρτου των γραμμών, η σταλία και ο απολυμένος χρόνος όλων των αυτοκινήτων και μηχανημάτων, καθώς επίσης και για κάθε άλλη δαπάνη μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις οδηγίες της επίβλεψης.

Τιμή ανά τεμάχιο (τεμ)

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ)

: **Εκατόν Είκοσι ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ)

: **120,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.13 (Ν ΟΔΟ Α-15.1)

Απελευθέρωση τάσεων

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1320

Για την απελευθέρωση τάσεων ενός μέτρου μήκους (m) μίας στρωμένης με Συνεχώς Συγκολλημένες Σιδ/χιές (Σ.Σ.Σ.) γραμμής (και τις δύο σιδηροτροχιές), σύμφωνα με την τεχνική οδηγία «Προσωρινά οδηγία δια την απελευθέρωση τάσεων των Σ.Σ.Σ. με την χρησιμοποίηση συσκευών θέρμανσης» ή την «Προσωρινή οδηγία για την απελευθέρωση τάσεων των Σ.Σ.Σ με την χρησιμοποίηση υδραυλικών εντατήρων» της ΕΣΥ, ήτοι εργασία και υλικά για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της όλης εργασίας, όπως αυτή περιγράφεται στις ανωτέρω οδηγίες (Απαιτούμενη προεργασία, κοπή σιδηροτροχιάς, μετατόπιση στρωτήρα και διάνοιξη λάκκου για εκτέλεση συγκόλλησης, λύσιμο γραμμής, ανύψωση και τοποθέτηση επί κυλίστρων ανά 8 στρωτήρες, τεχνητή θέρμανση επίσης όπου απαιτείται, επανατοποθέτηση και σύσφιξη της γραμμής) και παράδοση της εκ νέου σφιγμένης γραμμής με κατάλληλο διάκενο ή την τοποθέτηση τμημάτων σιδηροτροχιάς (εφόσον απαιτηθεί, όχι μικρότερων των 9 m) μεταξύ των προς συγκόλληση σιδηροτροχιών για την εκτέλεση των αλουμινοθερμικών συγκολλήσεων.

Η εργασία εφόσον εκτελεσθεί μετά την παράδοση σε κυκλοφορία, θα γίνει σε διακοπή κυκλοφορίας και σε χρονικό διάστημα που θα καθορίζεται από την εκμετάλλευση της γραμμής και ενδέχεται να γίνει και εξολοκλήρου κατά τις νυκτερινές ώρες.

Επίσης στην τιμή περιλαμβάνεται η τυχόν απαιτούμενη θέρμανση καθώς και η ομαλοποίηση των τάσεων που θα γίνεται 50 m εκατέρωθεν κάθε κοψίματος της γραμμής, όπως και κάθε άλλη εργασία μη ρητώς κατονομαζόμενη, αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις οδηγίες της επίβλεψης. Στην δαπάνη του άρθρου δεν περιλαμβάνεται η εκτέλεση των αλουμινοθερμικών συγκολλήσεων.

Τιμή ανά μέτρο (m) μήκους μονής γραμμής
(MM)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Εννέα ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : **9,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.14 (Ν ΟΔΟ Β-30.2.3)

Προμήθεια και μεταφορά αποκρουστήρα

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 2612

Για την προμήθεια και προσκόμιση οποιουδήποτε τύπου αποκρουστήρα τριβής επί τόπου των έργων, πλήρους μετά συνδέσμων και λοιπών υλικών, κατά τα λοιπά σύμφωνα με την συνημμένη στα Τεύχη σχετική Τεχνική Προδιαγραφή και τους λοιπούς όρους δημοπράτησης.

Στην τιμή μονάδος συμπεριλαμβάνεται όλο το υλικό του αποκρουστήρα μετά των συνδέσμων, αναλωσίμων, παρελκομένων και λοιπών υλικών, που απαιτείται για την τοποθέτηση τους επί της βάσης έδρασης.

Στην τιμή περιλαμβάνεται η φόρτωση, η μεταφορά, η εκφόρτωση και η αποθήκευση του αποκρουστήρα σε χώρους που θα εξευρεθούν και εξασφαλιστούν (ενοικίαση, αγορά, κλπ.) με δαπάνες του Αναδόχου και θα εγκριθούν από την Υπηρεσία, συμπεριλαμβανομένων όλων των σταλιών των αυτοκινήτων και μηχανημάτων. Επίσης περιλαμβάνονται ανηγμένες στην τιμή του τιμολογίου όλες οι δαπάνες για την διαμόρφωση των απαραίτητων χώρων και οι δαπάνες για την προσωρινή αποθήκευση των προσκρουστήρων επί τόπου του έργου μέχρι τη στιγμή ενσωμάτωσής τους σ' αυτό, όπου και εφόσον απαιτούνται, καθώς και οι δαπάνες για τη Μελέτη εφαρμογής του Αναδόχου, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην Ε.Σ.Υ.

Τιμή ανά τεμάχιο (τεμ)
(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Εικοσιπέντε Χιλιάδες Ευρώ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : **25.000,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.15 (Ν ΟΔΟ Β-30.1.3)

Εγκατάσταση αποκρουστήρα

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 2611

Για την πλήρη τοποθέτηση ενός αποκρουστήρα στο τέρμα των σιδηροδρομικών γραμμών σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια στρώσης γραμμής, και τις απαραίτητες συνδέσεις των επιμέρους τεμαχίων του, μονώσεων, κλπ, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Στην τιμή περιλαμβάνονται η εργασία συναρμολόγησης, η μεταφορά των κάθε είδους υλικών επί τόπου των έργων, με τις δαπάνες φορτοεκφορτώσεων και απολυμένων χρόνων μηχανημάτων, η πλήρης τοποθέτηση του αποκρουστήρα στην προβλεπόμενη από την εγκεκριμένη μελέτη θέση, η ρύθμιση σύμφωνα με τις οδηγίες

του κατασκευαστή καθώς και κάθε άλλη εργασία ή υλικό, μη ρητώς αναφερόμενα που απαιτούνται για την πλήρη και έντεχνο κατασκευή.

Τιμή ανά τεμάχιο πλήρως εγκατεστημένου αποκρουστήρα.

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Χίλια Τετρακόσια ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : **1.400,00**

ΑΡΘΡΟ Θ.16 (Ν ΟΔΟ Α-19.3)

Προμήθεια σκύρων γραμμής ποιότητας K1

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 3121.B

Για την προμήθεια και προσκόμιση επιτόπου ενός (1) τόνου σκύρων γραμμής ποιότητας K1, κατάλληλης κοκκομετρικής σύνθεσης, σχήματος κόκκων, ομοιογένειας και καθαρότητας σύμφωνα με την συνημμένη στα Τεύχη σχετική Τεχνική Προδιαγραφή.

Στην τιμή περιλαμβάνεται η δαπάνη προμήθειας του υλικού, η φόρτωση, η μεταφορά, η εκφόρτωση και η αποθήκευση των σκύρων σε χώρους που θα εξευρεθούν και εξασφαλιστούν (ενοικίαση, αγορά, κλπ.) με δαπάνες του Αναδόχου και θα εγκριθούν από την Υπηρεσία, συμπεριλαμβανομένων όλων των σταλιών των αυτοκινήτων και μηχανημάτων.

Επίσης περιλαμβάνονται ανηγμένες στην τιμή του τιμολογίου όλες οι δαπάνες για την διαμόρφωση των απαραίτητων χώρων και οι δαπάνες για την προσωρινή αποθήκευση των σκύρων επί τόπου του έργου μέχρι τη στιγμή ενσωμάτωσής τους σ' αυτό, όπου και εφόσον απαιτούνται .

Η παραλαβή και οι έλεγχοι ποιότητας των παραδιδόμενων σκύρων θα γίνεται σύμφωνα με τη Τεχνική Προδιαγραφή , η οποία είναι συνημμένη στην Τ.Σ.Υ.

(t)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : **Είκοσι Πέντε ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ)

: 25,00

ΑΡΘΡΟ Θ.17

Προμήθεια σετ συνδέσμων

Για την προμήθεια και την μεταφορά επί τόπου του έργου ή σε οποιοδήποτε άλλο αποθηκευτικό σημείο ορισθεί από την ΕΡΓΟΣΕ, προσκόμιση και παράδοση ενός σετ συνδέσμων SKL-12 τύπου VOSSLOH ή αναλόγου, για σιδ/χιές UIC60 επί ξύλινων στρωτήρων κανονικής γραμμής. Στο ΣΕΤ συνδέσμων SKL 12 τύπου VOSSLOH ή αναλόγου, περιλαμβάνονται τα παρακάτω :

- α) 2 πλάκες έδρασης, συγκολλησίμες, τύπου "Κ" τεσσάρων οπών
 - β) 4 ελατηριωτά αγκύρια SKL-12, τύπου VOSSLOH ή αναλόγου
 - γ) 4 βλήτρα αγκυρίων Hs 32x65 με περικόχλια
 - δ) 8 διπλές ελατηριωτές ροδέλες
 - ε) 4 ροδέλες απλού τύπου Uis6
 - στ) 8 ελικωτά
 - ζ) 2 ελαστικά υποθέματα τύπου EVA ή αναλόγου
- (Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ)

: **Είκοσι ΕΥΡΩ**

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ)

: 20,00

ΑΡΘΡΟ Θ.18

Προμήθεια πλακιδίων διαπλάτυνσης εύρους σε κλειστές καμπύλες

Για την προμήθεια και την μεταφορά επί τόπου του έργου ή σε οποιοδήποτε άλλο αποθηκευτικό σημείο ορισθεί από την ΕΡΓΟΣΕ, προσκόμιση και παράδοση ενός σετ πλακιδίων διαπλάτυνσης εύρους, για σιδ/χιές UIC60 επί στρωτήρων B70 κανονικής γραμμής. Στο ΣΕΤ περιλαμβάνονται τα παρακάτω :

- α) 4 πλακίδια ανά στρωτήρα
- β) 2 ελαστικά υποθέματα τύπου EVA ή αναλόγου
- γ) 4 κατάλληλους συνδέσμους

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Δεκαπέντε ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 15,00

ΑΡΘΡΟ Θ.19 (Ν ΟΔΟ Β-30.2.14)

Προμήθεια επιτόπου και εγκατάσταση πτερυγίων αντίστασης επί στρωτήρων, για εφαρμογή σε γραμμή Σ.Σ.Σ. επί γραμμής με έρμα

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 2612

Για την προμήθεια και την μεταφορά επί τόπου του έργου και πλήρη εγκατάσταση πτερυγίων αντίστασης επί στρωτήρων, σύμφωνα με την σχετική Τεχνική προδιαγραφή της ΕΡΓΟΣΕ. Η τοποθέτησή των θα γίνει στις προβλεπόμενες από τη μελέτη θέσεις. Τα πτερύγια αντίστασης θα τοποθετηθούν σε μονή γραμμή με συνεχώς συγκολλημένες σιδηροτροχιές (Σ.Σ.Σ.) και σε επιδομή με έρμα. Στην τιμή περιλαμβάνεται :

1. Η προμήθεια και μεταφορά των πτερυγίων και όλων των παρελκομένων από το εργοστάσιο παραγωγής επιτόπου του έργου με σκοπό την ενσωμάτωση της στην Σιδηροδρομική Γραμμή. Περιλαμβάνονται και όλες οι φορτοεκφορτώσεις, πλάγιες μεταφορές και σταλίες.
2. Η συναρμολόγηση των, επί των στρωτήρων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Υπηρεσίας και τις οδηγίες του Προμηθευτή.
3. Όλες απαραίτητες εργασίες και τα υλικά για την πλήρη τοποθέτηση των πτερυγίων επί της γραμμής.

Τιμή ανά τεμάχιο (τεμ)

(Τεμ.)

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Ογδόντα ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 80,00

ΑΡΘΡΟ Θ.20

Αντικατάσταση ξύλινων στρωτήρων οποιουδήποτε τύπου, μονής γραμμής οποιουδήποτε εύρους (Κ.Ε./Μ.Ε./Σ.Ε.) από στρωτήρα Β70.

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1310

Για την εκτέλεση εργασιών αντικατάστασης ενός τεμαχίου ξύλινου στρωτήρα οποιουδήποτε τύπου, δια χειρών και μηχανικών μέσων, σε μονή γραμμή οποιουδήποτε εύρους υπό κυκλοφορία και σε οποιαδήποτε θέση (ελεύθερη γραμμή, σήραγγες, γέφυρες), όπου προβλέπεται η εξαγωγή συνδέσμων και σιδ/χιών, άνευ της αξίας των υλικών, ήτοι αναλυτικότερα για τις ακόλουθες εργασίες :

- 1) Την απομάκρυνση του έρματος χειρωνακτικά.
- 2) Την εξαγωγή των ελικωτών που συνδέουν τον στρωτήρα με τις πλάκες έδρασης.
- 3) Την εξαγωγή του στρωτήρα, φόρτωση προς μεταφορά, εκφόρτωση και τακτοποίησή του σε χώρους αποθήκευσης που θα υποδειχθεί από την Υπηρεσία.
- 4) Την φόρτωση προς μεταφορά, από χώρους αποθήκευσης, εκφόρτωση και τοποθέτηση, στη θέση του εξαγχθέντος, του νέου στρωτήρα.
- 5) Την επαναφορά και τακτοποίηση του έρματος και την υπογόμευση του νέου στρωτήρα χειρωνακτικά.

Στην τιμή του άρθρου περιλαμβάνονται όλα τα αναγκαία μηχ/τα (γερανοί, μηχανήματα αντικατάστασης στρωτήρων κινούμενα επί γραμμής κλπ.) , όλες οι σταλίες των μηχ/των καθώς και κάθε δαπάνη λόγω καθυστερήσεων εξ' αιτίας του κυκλοφοριακού φόρτου στις γραμμές Ο.Σ.Ε.

ΤΙΜΗ ΑΝΑ ΤΕΜΑΧΙΟ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΘΕΝΤΟΣ ΣΤΡΩΤΗΡΑ

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Δεκαέξι ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 16,00

ΑΡΘΡΟ Θ.21 (Ν ΟΔΟ Α-18.3.5)

Οριζοντιογραφική, υψομετρική τακτοποίηση και σταθεροποίηση της γραμμής με χρήση βαρέων μηχανημάτων γραμμής.

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1520

Για την πλήρη τακτοποίηση της γραμμής από απόψεως υπογόμευσης, οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης μετά της σταθεροποίησης της γραμμής, με χρήση βαρέως μηχανήματος οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης της γραμμής

[μπουρέζας], βαρέως μηχανήματος τακτοποιήσεως έρματος [ρεγκαλέζας] και βαρέως μηχανήματος σταθεροποίησης γραμμής [σταμπιλιζάτορας].

Στην τιμή περιλαμβάνονται όσες διελύσεις των μηχ/των γραμμής απαιτούνται μέχρι επιτεύξεως της τελικά επιθυμητής κατάστασης.

Όλα τα απαιτούμενα μηχανήματα για την οριστική τακτοποίηση και σταθεροποίηση της γραμμής θα διατεθούν από τον Ανάδοχο και θα πρέπει να είναι σύγχρονης τεχνολογίας. Επισημαίνεται ότι η έγκαιρη διάθεση των ανωτέρω μηχανημάτων είναι αποκλειστικής ευθύνης του Αναδόχου. Σε περίπτωση μη έγκαιρης διάθεσης των μηχανημάτων για οποιονδήποτε λόγο ο Ανάδοχος υποχρεούται να προβεί στην εκτέλεση των εργασιών με μισθωμένα μηχανήματα. Η δαπάνη μίσθωσης των ανωτέρω μηχανημάτων περιλαμβάνεται ανηγμένα στην τιμή του παρόντος άρθρου.

Σε περίπτωση που παρουσιαστούν οριζοντιογραφικά ή υψομετρικά σφάλματα στη γραμμή, ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος, χωρίς πρόσθετη αποζημίωση, να προβεί σε επανάληψη των διελύσεων μέχρι επίτευξης της επιθυμητής κατάστασης. Σε περίπτωση που τα μηχανήματα γραμμής προκαλέσουν, λόγω κακών χειρισμών, ζημιές στη γραμμή, τα υλικά και οι εργασίες αποκατάστασης θα βαρύνουν τον Ανάδοχο. Η ποιότητα εργασίας των μηχανημάτων θα πιστοποιείται και από κατάλληλη καταγραφική συσκευή, με την οποία αυτή θα είναι απαραίτητως εφοδιασμένη. Της εργασίας θα έχει προηγηθεί, από Μηχανικό του Αναδόχου, μελέτη των γεωμετρικών στοιχείων της γραμμής σύμφωνα με τους κανονισμούς και τις οδηγίες της επίβλεψης. Επίσης ο Ανάδοχος θα μελετήσει και συντάξει μηκοτομή της γραμμής την οποία θα υποβάλει προς έγκριση στην Υπηρεσία. Μετά την έγκρισή της, αυτή θα είναι δεσμευτική, μετά δε το πέρας των εργασιών θα υποβάλλει την τελική μηκοτομή, με τυχόν εγκεκριμένες αλλαγές. Η παραλαβή της γραμμής θα γίνει με την χρήση Καταγραφικού Οχήματος της επιλογής του ΟΣΕ και όλα τα σφάλματα που προκύπτουν με την καταγραφή θα διορθώνονται από τον ανάδοχο χωρίς πρόσθετη αμοιβή.

Στην εργασία συμπεριλαμβάνονται όλα τα έξοδα ποιοτικού ελέγχου της εργασίας, της λειτουργίας των μηχανημάτων (περιλαμβανομένων των βαρέων μηχανημάτων γραμμής, της ελκτικής μονάδας κλπ.) ήτοι όλες οι δαπάνες εργατικών (χειριστές, βοηθητικό προσωπικό), συμπεριλαμβανομένης της υπερωριακής απασχόλησης, ανταλλακτικών για κάθε φύσεως επισκευές και συντήρηση, καυσίμων, λιπαντικών, ασφάλισης ως επίσης και οι σταλίες των μηχανημάτων. Επίσης περιλαμβάνονται τα έξοδα του τοπογραφικού συνεργείου που συνοδεύει την μπουρέζα καταγράφοντας τα στοιχεία οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης σύμφωνα με τις οδηγίες της επίβλεψης.

Τιμή ανά μέτρο μήκους (μμ) μονής γραμμής

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

Εννέα ΕΥΡΩ και πενήντα ΛΕΠΤΑ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) :

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 9,50

ΑΡΘΡΟ Θ.22

Αντικατάσταση συνδέσμων σε γραμμές Κ.Ε.

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση ΟΔΟ 1310

Αντικατάσταση συνδέσμων για οποιοδήποτε τύπο στρωτήρα και σιδηροτροχιάς, σε γραμμές κανονικού/μετρικού εύρους, άνευ της αξίας των υλικών. Δηλαδή αντικατάσταση συνδέσμων, οιοδήποτε τύπου σύνδεσης, με υλικά που θα διαθέσει η ΕΡΓΟΣΕ ή θα προμηθευτεί ο Ανάδοχος, άνευ της αξίας των υλικών, ήτοι για τα ακόλουθα :

α) εξαγωγή των παλαιών συνδέσμων και όλου του ψιλού υλικού, μεταφορά και ταξινόμησή τους – αποθήκευση σύμφωνα τις οδηγίες της επίβλεψης.

β) Η φόρτωση από τις θέσεις εναπόθεσης, μεταφορά, εκφόρτωση, διασπορά του μικρού υλικού γραμμής (πλάκες έδρασης, ελαστικά υποθέματα, σύνδεσμοι οιοδήποτε τύπου, αντιοδευτικά, αγκύρια, ελικωτά, βλήτρα, ροδέλες, αμφιδέτες κλπ), το οποίο θα διατεθεί από την ΕΡΓΟΣΕ ή θα προμηθευτεί ο Ανάδοχος για την εκτέλεση της συγκεκριμένης εργασίας.

γ) Ανύψωση της σιδηροτροχιάς, τοποθέτηση και δέσιμο του νέου ψιλού υλικού και σύσφιξη των συνδέσμων. Η εργασία αυτή πρέπει να γίνεται με μηχανήμα με ρυθμιζόμενη σύσφιξη και ενδεικτικό όργανο μέτρησης ροπής και περιλαμβάνει την ρύθμιση σύσφιξης των μηχανημάτων, τον έλεγχο της θέσης των συνδέσμων , την διόρθωση τυχόν μετατοπισθέντων, και την τελική σύσφιξη των συνδέσμων.

στ) Μπουράρισμα της γραμμής εφόσον απαιτείται.

Η τιμή του άρθρου είναι γενικής εφαρμογής, ανεξάρτητα από το ελεύθερο περιθώριο κυκλοφορίας (σε γραμμές υπό κυκλοφορία ή σε πλήρη αποκοπή κυκλοφορίας). Στην τιμή του άρθρου περιλαμβάνονται όλες οι σταλίες και κάθε δαπάνη λόγω καθυστερήσεων εξ' αιτίας του κυκλοφοριακού φόρτου στις γραμμές Ο.Σ.Ε.

ΤΙΜΗ ΑΝΑ ΣΕΤ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΘΕΝΤΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ που αντιστοιχεί σε δύο σιδηροτροχιές ανά στρωτήρα.

(1 ΣΕΤ) ΣΕΤ

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : Έξι ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 6,00

ΑΡΘΡΟ Θ.23

Πλήρης Κατασκευή Ισόπεδης Διάβασης από σύστημα προκατασκευασμένων πλακών εξ ολοκλήρου από ελαστικό υλικό (καουτσούκ) ή προκατασκευασμένων πλακών από σκυρόδεμα και με αντιολισθηρή επιφάνεια.

Αντίστοιχο κονδύλιο για την αναθεώρηση: ΑΤΟΕ 3216 70,00%, ΝΑΤΕΟ 1510 30,00%

Για τη πλήρη κατασκευή 1 Μ. Μήκους ισόπεδης διάβασης με επιφάνεια από ελαστικές προκατασκευασμένες πλάκες ή πλάκες από πολυμερές σκυρόδεμα, που έχει χρησιμοποιηθεί αποδεδειγμένα με επιτυχία σε σιδηροδρομικά δίκτυα των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και θα τύχει και της έγκρισης του ΟΣΕ. Ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να προσκομίσει στην Υπηρεσία δείγμα των πλακών που πρόκειται να τοποθετήσει, μαζί με τις προδιαγραφές της κατασκευάστριας εταιρείας και συνοδεία των απαραίτητων πιστοποιητικών από άλλα σιδηροδρομικά δίκτυα των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η τιμή αφορά στρώση Ισόπεδης διάβασης με υλικά επιδομής που θα διαθέσει ο ΟΣΕ και θα μεταφέρει επί τόπου ο Ανάδοχος.

ΣΤΗΝ ΤΙΜΗ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ

1. Η αποξήλωση και απομάκρυνση του ασφαλτικού υλικού με χρήση ασφαλτοκόπτη και του υλικού οδοστρωσίας σε έκταση όση καταλαμβάνουν οι σιδηροτροχιές μεταξύ τους και σε πλάτος τουλάχιστον 0,90 μ. εκατέρωθεν των εξωτερικών σιδηροτροχιών, σύμφωνα με τις οδηγίες της Επίβλεψης. Η καθ/ση πρέπει να γίνει σε ικανό βάθος για την υποδοχή των προκατασκευασμένων ολόσωμων ελαστικών πλακών (εξώπλακες) οι οποίες πρέπει να εφαρμόζουν μεταξύ τους σύμφωνα με τις οδηγίες του Κατασκευαστή και να είναι σταθερές ώστε να μην μετατοπίζονται από την βαριά κυκλοφορία.
2. Η αποξήλωση των σιδηροτροχιών, των αντιτροχιών αν υπάρχουν και των στρωτήρων οποιουδήποτε τύπου και απομάκρυνση αυτών εκεί που θα υποδείξει η Υπηρεσία. Το μήκος της γραμμής που θα αποξηλώνεται είναι τουλάχιστον 6,00 μ. εκτός της διάβασης και εκατέρωθεν και σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας.
3. Η εκσκαφή και απομάκρυνση των υλικών σε βάθος 80 εκ. από την κεφαλή της σιδηροτροχιάς, η επίχωση με 3Α σε πάχος 15 εκ. και η συμπύκνωση αυτού με μικρό οδοστρωτήρα καθώς και η επί αυτού τοποθέτηση γεωφάσματος.
4. Η τοποθέτηση 3 σωλήνων PVC Φ 160 σε κάθε μία από τις τρεις πλευρές της διάβασης (2 διελεύσεις γραμμής, 1 οδού) για την διέλευση καλωδίων κατά την κατασκευή της Αυτόματης Σηματοδότησης (ΑΣΙΔ) κατόπιν υπόδειξης της Υπηρεσίας.
5. Η κατασκευή καναλιού αποχέτευσης ομβρίων στην οδό, για τη διευθέτηση της απορροής υδάτων, εκατέρωθεν και παράλληλα προς τη γραμμή, διαστάσεων σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Υπηρεσίας, από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας Σ260 (Β300) . Το κανάλι καλύπτεται με χυτοσιδηρά εσχάρα βαρέως

τύπου σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας, το οποίο όμως πληρώνεται από άλλο άρθρο του παρόντος τιμολογίου.

6. Η προμήθεια και διάστρωση σκύρου γραμμής πάνω στο 3Α σε πάχος 30 εκ, η συμπύκνωση αυτού με μικρό οδοστρωτήρα

7. Η μεταφορά υλικών επιδομής επιτόπου και η στρώση γραμμής με υλικά που θα διαθέσει ο ΟΣΕ (είτε πρόκειται για γραμμή κανονικού εύρους, είτε για συνδυασμένου εύρους.

8. Η σύνδεση της γραμμής με την υπόλοιπη γραμμή. Όλες οι απαιτούμενες συγκολλήσεις πληρώνονται ιδιαίτερα.

9. Η υψομετρική και οριζοντιογραφική τακτοποίηση της γραμμής βάσει των εκατέρωθεν πασσάλων εξασφάλισης και η υπογόμευση της με μικρά φορητά μηχανήματα υπογόμευσης (τύπου Jackson).

10. Η τελική σκυρόστρωση της γραμμής με σκύρα προδιαγραφών του ΟΣΕ.

11. Προμήθεια, μεταφορά επιτόπου και τοποθέτηση των προκατασκευασμένων ελαστικών - αντισιδηρών πλακών, σύμφωνα με τις αναλυτικές οδηγίες και τεχνικές περιγραφές που συνοδεύουν τα υλικά, των προκατασκευασμένων πλακών. Οι διαστάσεις των πλακών θα πρέπει να εξασφαλίζουν το πλάτος της Ι.Δ. να μην είναι μικρότερο από 2,70 μ. Οι πλάκες θα εφαρμόζουν μεταξύ τους με τρόπο που σύμφωνα με τις οδηγίες του Κατασκευαστή θα είναι σταθερές και δεν θα μετατοπίζονται από τη βαριά οδική κυκλοφορία, ενώ θα διευκολύνεται η συναρμολόγηση – αποσυναρμολόγησή τους. Οι τελευταίες εκατέρωθεν πλάκες θα σταθεροποιηθούν στους στρωτήρες με ειδικά μεταλλικά στηρίγματα αναλόγως του υλικού κατασκευής των στρωτήρων. Θα πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει δυνατότητα εύκολης απομάκρυνσης των πλακών για την συντήρηση της γραμμής με μηχανή καθαρισμού και μηχανή υπογόμευσης. Οι προδιαγραφές των πλακών δίδονται σε παράρτημα της ΕΣΥ του παρόντος έργου.

12. Έλεγχος καθετότητας ελαστικών πλακών και στρωτήρων και ρύθμιση ευθυγραμμίας των πλακών ως προς τους στρωτήρες.

13. Τοποθέτηση ειδικών σταθεροποιητικών τερματικών στοιχείων στα δυο κατά πλάτος άκρα της διασταύρωσης και ειδικών συνδέσμων έδρασης για στερέωση των ελαστικών πλακών στους στρωτήρες.

14. Κατασκευή ειδικού κρασπέδου έδρασης εξωπλακών από οπλισμένο σκυρόδεμα τύπου C30/37.

15. Η ασφαλτόστρωση του τμήματος μεταξύ του υφιστάμενου ασφαλτοτάπητα της οδού και των προκατασκευασμένων πλακών της ισόπεδης διάβασης μετά την οριστική τοποθέτησή τους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή και άνετη κυκλοφορία των οδικών οχημάτων.

16. Η παράδοση στην υπηρεσία των ειδικών εργαλείων (ειδικού μεταλλικού μοχλού) για τη συναρμολόγηση - αποσυναρμολόγηση των πλακών για τις περιπτώσεις συντήρησης της ισόπεδης διάβασης.

17. Οι σταλίες των μηχανημάτων και κάθε άλλη δαπάνη μη ρητώς κατονομαζόμενη αλλά απαραίτητη για την πλήρη και έντεχνο εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις οδηγίες της επίβλεψης.

18. Η απόθεση σε χώρους που θα υποδείξει η Υπηρεσία των προϊόντων εκσκαφών - καθ/σεων.

19. Όλες οι αναγκαίες γειώσεις που είναι απαραίτητες λόγω ηλεκτροκίνησης, στο τμήμα της Ισόπεδης Διάβασης.

20. Όλες οι αναγκαίες υπόγειες διελεύσεις καλωδίων σηματοδότησης - τηλεπικοινωνιών.

Επίσης ο Ανάδοχος θα πρέπει να εξασφαλίσει όλες τις απαιτούμενες άδειες από τους κατά περίπτωση αρμοδίους φορείς για την διακοπή της οδικής κυκλοφορίας στην Ι.Δ. καθώς και όλες οι προβλεπόμενες σημάνσεις και μέτρα ασφαλείας για την ομαλή διεξαγωγή της κυκλοφορίας των τροχοφόρων. Επίσης υποχρεούται αμέσως μετά την απόδοση της διάβασης στην οδική κυκλοφορία να τοποθετήσει τα προβλεπόμενα από τον Κ.Ο.Κ. οδικά σήματα προσέγγισης και σήμανσης Ισόπεδων Διαβάσεων. Οι αρμόδιοι φορείς πιθανόν να επιβάλουν όπως η κατασκευή ορισμένων Διαβάσεων, για λόγους διευκόλυνσης της οδικής κυκλοφορίας, να γίνει κατά τη διάρκεια της νύκτας ή σε ημέρα Αργίας. Αυτό θα γίνει χωρίς την καταβολή επιπλέον αποζημίωσης στον Ανάδοχο. Επίσης ο Ανάδοχος οφείλει να λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας για τους εργαζομένους στο έργο.

ΤΙΜΗ ΓΙΑ 1 ΜΕΤΡΟ ΜΗΚΟΥΣ ΕΤΟΙΜΗΣ ΙΣΟΠΕΔΗΣ ΔΙΑΒΑΣΗΣ ΜΕ

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ) : ΤΡΕΙΣ ΧΙΛΙΑΔΕΣ ΤΕΤΡΑΚΟΣΙΑ ΟΓΔΟΝΤΑ ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ) : 3.480

ΑΡΘΡΟ Θ.24

Αυτόματο Σύστημα Ισόπεδης Διάβασης (ΑΣΙΑ) με δύο μηχανισμούς δρυφράκτων

Αναθεωρείται ως εξής:

Για ένα ερμάριο κεντρικής μονάδας διαχείρισης του κάθε Α.Σ.Ι.Δ. με τους, ανάλογα με την τεχνολογία, απαιτούμενους ηλεκτρονόμους ή/ και με ηλεκτρικά προγραμματισμένα στοιχεία – διατάξεις λειτουργίας (μονάδες εισόδου – εξόδου κτλ) του Α.Σ.Ι.Δ., των απαιτούμενων διατάξεων τροφοδοσίας του Α.Σ.Ι.Δ., ήτοι του συστήματος αδιάλειπτης παροχής ισχύος (UPS), περιλαμβανομένων και των συσσωρευτών, του ηλεκτρικού πίνακα, με το απαιτούμενο ερμάριο εγκατεστημένο κοντά στο κύριο ερμάριο ελέγχου με την βάση από μπετόν, των διατάξεων χρονικών και διαλειπούσης λειτουργίας, τον απαιτούμενο ηλεκτρικό πίνακα, την απαιτούμενη σωλήνωση για την παροχή της Δ.Ε.Η., τις απαιτούμενες ασφάλειες και διατάξεις

προστασίας, τις διατάξεις κατάληψης– απελευθέρωσης συμπεριλαμβανομένων των ακροκιβωτίων, τον πίνακα τοπικού χειρισμού του Α.Σ.Ι.Δ., όπου απαιτείται με το ερμάριο του, πλήρως εξοπλισμένο, καλωδιωμένο και εγκατεστημένο, τις καλωδιώσεις όπως περιγράφεται λεπτομερώς στην Τεχνική Περιγραφή και στις Τεχνικές Προδιαγραφές. Δηλαδή προμήθεια, προσκόμιση επί τόπου του έργου του ανωτέρω εξοπλισμού του Α.Σ.Ι.Δ., πλήρους μετά των αναγκαίων υλικών και μικροϋλικών, εγκατάσταση, προγραμματισμός, σύνδεση, αυτού με τα πάσης φύσεως καλώδια, ρύθμιση και θέση σε λειτουργία.

Επίσης περιλαμβάνεται:

Η προμήθεια, προσκόμιση επί τόπου του έργου, εγκατάσταση, σύνδεση με τα πάσης φύσεως καλώδια, δοκιμές και θέση σε λειτουργία μετά των αναγκαίων υλικών και μικροϋλικών, των:

- διπλών οδικών φωτεινών σηματοδοτών αποτελούμενων από τους φέροντες ιστούς, τα διπλά ερυθρά αναλάμποντα φώτα προς την οδό, τα φωτοσημάτα προς τον μηχανοδηγό ή και τα επαναληπτικά φωτοσήματων, το ηχητικό σήμα τοποθετούμενο επί του κάθε οδικού φωτεινού σηματοδότη, όπου απαιτείται, και τις απαραίτητες καλωδιώσεις όπως περιγράφεται λεπτομερώς στην Τεχνική Περιγραφή και στις Τεχνικές Προδιαγραφές.
- δρυφράκτων ήτοι μηχανισμός κίνησης και δρύφρακτα από αλουμίνιο ή από ενισχυμένο πλαστικό με ίνες υάλου και τις καλωδιώσεις του όπως περιγράφεται λεπτομερώς στην Τεχνική Περιγραφή και στις Τεχνικές Προδιαγραφές. Δηλαδή προμήθεια, προσκόμιση επί τόπου του έργου του ανωτέρω εξοπλισμού, πλήρους μετά των αναγκαίων υλικών και μικροϋλικών, εγκατάσταση, σύνδεση αυτού με τα πάσης φύσεως καλώδια, ρύθμιση, δοκιμές και θέση σε λειτουργία.

Στην τιμή περιλαμβάνονται και οι τυχόν απαιτούμενες εργασίες διασύνδεσης – ομαδοποίησης με άλλο πλησιέστερο Α.Σ.Ι.Δ., εφόσον απαιτείται.

Επίσης περιλαμβάνονται οι εργασίες του συστήματος καταγραφής, ήτοι προμήθεια υπολογιστικών συστημάτων (ΚΕΚ και τοπικά), καθώς και του συναφούς περιφερειακού εξοπλισμού, του εξοπλισμού καταγραφής ήχου και εικόνας με κάμερα υπέρυθρης λήψης παντός καιρού, της σύνδεσης, της ανάπτυξης λογισμικού διαχείρισης, της προμήθειας SIM κάρτας κ.λ.π.

(τεμ)

ΤΙΜΗ ΑΝΑ ΤΕΜΑΧΙΟ ΑΣΙΔ ΜΕ ΔΥΟ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥΣ ΔΡΥΦΡΑΚΤΩΝ

ΤΙΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΥΡΩ

(ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ)

: ΕΚΑΤΟΝ ΣΑΡΑΝΤΑ ΧΙΛΙΑΔΕΣ ΕΥΡΩ

(ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ)

: 140.000