



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
TECHNICAL UNIVERSITY
OF CRETE

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“Ανάλυση του σιδηροδρομικού δυστυχήματος των
Τεμπών με την χρήση κοινωνικό – τεχνικών μεθόδων”**

Εκπόνηση : **Βασίλης Καϊμακάς**

Αριθμός Μητρώου : **2018010184**

Επιβλέπων Καθηγητής : **Θωμάς Κοντογιάννης**

Χανιά, 2025

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την ανάλυση του σιδηροδρομικού δυστυχήματος των Τεμπών (28 Φεβρουαρίου 2023), μιας τραγωδίας που συγκλόνισε την ελληνική κοινωνία, όχι μόνο λόγω του μεγέθους των ανθρώπινων απωλειών, αλλά και λόγω των ελλείψεων στη διαχείριση της ασφάλειας στις σιδηροδρομικές μεταφορές. Σκοπός της εργασίας είναι να εξετάσει σε μεγαλύτερο βάθος τις αιτίες που οδήγησαν στο συμβάν, χρησιμοποιώντας δύο σύγχρονες κοινωνικό - τεχνικές μεθοδολογίες: την μέθοδο **ACCIMAP** και την μέθοδο **STAMP**. Αντί για μια στενή αιτιολογική προσέγγιση που αποδίδει την ευθύνη σε ανθρώπινα σφάλματα πρώτου επιπέδου (π.χ. σταθμάρχης), η μελέτη επιχειρεί να αναλύσει τις συστημικές αποτυχίες που αναδύονται από τη δυναμική και πολυεπίπεδη φύση των σύγχρονων σιδηροδρομικών συστημάτων.

Η μεθοδολογία ACCIMAP, που εισήχθη από τους Rasmussen και Svedung, επιτρέπει την αποτύπωση των αποτυχιών σε πολλαπλά επίπεδα, όπως από την πολιτική ηγεσία, τις ρυθμιστικές αρχές, τις οργανωτικές δομές μέχρι τις άμεσες συνθήκες εργασίας και την ανθρώπινη απόδοση. Η εφαρμογή της στο δυστύχημα των Τεμπών ανέδειξε την απουσία απαραίτητων πολιτικών ασφάλειας, την έλλειψη επενδύσεων στο ECTS και στις τηλεδιοικήσεις, την πολυδιάσπαση αρμοδιοτήτων (ΟΣΕ, ΕΡΓΟΣΕ, Hellenic Train, ΡΑΣ), την αδυναμία του ελεγκτικού μηχανισμού να επιβάλει ελέγχους και την αποτυχία του συστήματος εκπαίδευσης και πιστοποίησης.

Η προσέγγιση STAMP (System-Theoretic Accident Model and Processes) προσεγγίζει το δυστύχημα μέσα από την οπτική της θεωρίας ελέγχου και των ανατροφοδοτικών μηχανισμών. Αναδεικνύει την αποτυχία του συστήματος ελέγχου να διατηρήσει το σιδηροδρομικό σύστημα εντός ασφαλών ορίων. Ειδικότερα, φάνηκαν κρίσιμες ελλείψεις στην ανάδραση (feedback) από τα κάτω προς τα πάνω, όπως η μη αξιολόγηση προειδοποιητικών σημάτων, αλλά και εσφαλμένες δράσεις ελέγχου (π.χ. από τον σταθμάρχη), οι οποίες όμως δεν μπορούσαν να αναγνωριστούν εγκαίρως από το

σύστημα λόγω αδύναμων μηχανισμών παρακολούθησης. Το μοντέλο STAMP ανέδειξε επιπλέον τη διακοπή επικοινωνίας μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και την έλλειψη κοινής γνώσης σχετικά με τις πραγματικές συνθήκες στο δίκτυο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας, το οποίο αποτελεί την ανακεφαλαίωση και τη σύνθεση των ευρημάτων, καταδεικνύεται ότι το δυστύχημα ήταν η συνέπεια ενός ευρύτερου «συστημικού χάους». Η καθυστέρηση στην υλοποίηση του ECTS, η απουσία ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας, η ελλιπής επανεκπαίδευση του προσωπικού, η αποδιοργάνωση των θεσμικών ρόλων και η παντελής έλλειψη κουλτούρας πρόληψης και διαφάνειας συνέθεσαν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες δεν θα μπορούσε να αποτραπεί ένα ατύχημα.

Ως απάντηση σε αυτές τις διαπιστώσεις, η εργασία διατυπώνει συγκεκριμένες προτάσεις: (1) άμεση εγκατάσταση και λειτουργία του ECTS σε όλο το δίκτυο, (2) σύσταση ανεξάρτητου εθνικού οργανισμού ασφάλειας σιδηροδρόμων, (3) δημιουργία εθνικής βάσης δεδομένων αναφοράς συμβάντων και σχεδόν ατυχημάτων, (4) ενοποίηση των δομών ευθύνης και σαφής διαχωρισμός μεταξύ διαχειριστή και παρόχου, (5) καθιέρωση διαρκούς εκπαίδευσης με βάση ρεαλιστικά σενάρια κινδύνου. Επίσης, είναι απαραίτητη αν όχι σημαντική η ανάγκη αλλαγής κουλτούρας, ώστε η ασφάλεια να αντιμετωπίζεται ως διαρκής διαδικασία μάθησης και όχι ως μια γραφειοκρατική υποχρέωση.

Η εργασία συμβάλλει ουσιαστικά στη συστηματική μελέτη των σιδηροδρομικών ατυχημάτων στην Ελλάδα, προτείνοντας ένα πλαίσιο που συνδυάζει θεωρία και πράξη, με στόχο την πρόληψη μελλοντικών τραγωδιών μέσω δομικών μεταρρυθμίσεων και θεσμικής ενίσχυσης της ασφάλειας.

Ευχαριστίες

Με την διπλωματική εργασία αυτή ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους με βοήθησαν να ολοκληρώσω αυτόν τον κύκλο. Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Θωμά Κοντογιάννη για την την βοήθεια που μου έδωσε όλο αυτό το διάστημα. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου για την αγάπη και την στήριξη που μου έδωσαν όλο αυτό το διάστημα.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 : Ιστορία σιδηροδρόμου και σιδηροδρομικών ατυχημάτων

1.1 Εισαγωγή.....	8
1.2 Η ιστορία του σιδηρόδρομου.....	8
1.3 Η ιστορία του σιδηροδρόμου στην Ελλάδα.....	9
1.4 Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος.....	9
1.4.1 Οργανόγραμμα Οργανισμού Σιδηροδρόμου Ελλάδος.....	10
1.4.2 ΕΡΓΟΣΕ.....	11
1.4.3 ΓΑΙΑ ΟΣΕ.....	12
1.4.4 ΤΡΑΙΝΟΣΕ.....	12
1.5 Hellenic Train.....	12
1.6 Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων (ΡΑΣ).....	13
1.7 Σιδηροδρομικά ατυχήματα στην Ευρώπη.....	13
1.7.1 Παραδείγματα σιδηροδρομικών δυστυχημάτων.....	14
1.7.1.1 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 1998 στην Γερμανία.....	14
1.7.1.2 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 1998 στην Αγγλία.....	15
1.7.1.3 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2006 στο Μαυροβούνιο..	16
1.7.1.4 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2010 στο Βέλγιο.....	16
1.7.1.5 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2013 στην Ισπανία.....	17
1.7.1.6 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2016 στην Ιταλία.....	17

Κεφάλαιο 2 : Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας σε Σιδηροδρομικά Δίκτυα

2.1 Συστήματα διαχείρισης ασφάλειας.....	19
2.2 Ευρωπαϊκό Σύστημα Διαχείρισης Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας (ERTMS).....	21
2.2.1 Διευρωπαϊκό Σύστημα Προστασίας και Ελέγχου Κίνησης Συρμών (ECTS).....	23
2.2.1.1 Παρατρόχιος εξοπλισμός.....	23
2.2.1.2 Ασύρματο δίκτυο επικοινωνιών και μετάδοσης δεδομένων (GSM-R).....	25
2.2.1.3 Εποχούμενος εξοπλισμός.....	25
2.2.2 Έλεγχος εντολών και επίπεδα συστήματος ETCS.....	27
2.2.2.1 Επίπεδο 0 του ECTS.....	27
2.2.2.2 Επίπεδο 1 του ECTS.....	27
2.2.2.3 Επίπεδο 2 του ECTS.....	30
2.2.2.4 Επίπεδο 3 του ECTS.....	31

Κεφάλαιο 3 : Τεχνικές Διερεύνησης Ατυχημάτων

3.1 Σκοπός διερεύνησης ατυχημάτων.....	33
3.2 Κατηγορίες τεχνικών διερεύνησης ατυχημάτων.....	33
3.2.1 Ανάλυση της ακολουθίας των γεγονότων και ενεργειών (STEP).....	33
3.2.2 Ανάλυση ανθρωπίνων λαθών και συνθηκών εργασίας.....	35
3.2.2.1 Ανάλυση Δέντρων Αστοχιών.....	35
3.2.2.2 Ανάλυση Διαγραμμάτων Μεταβλητότητας.....	37
3.2.3 Ανάλυση διοίκησης τεχνοοικονομικών συστημάτων.....	38
3.2.3.1 ACCIMAP.....	38
3.2.3.1 STAMP.....	40

Κεφάλαιο 4 : Διερεύνηση Δυστυχήματος Τεμπών

4.1 Σύντομη περιγραφή του δυστυχήματος.....	45
4.2 Θεωρητικό υπόβαθρο δομής και λειτουργίας των σιδηροδρομικών μεταφορών.....	45
4.2.1 Διακλαδώσεις γραμμής και σύνδεση παράλληλων γραμμών..	45
4.2.2 Τρόπος κυκλοφορίας συρμών στο σιδηροδρομικό δίκτυο.....	47
4.2.3 Διαχωρισμός και διαχείριση των τμημάτων στον ελληνικό σιδηρόδρομο.....	47
4.2.4 Διαχείριση συρμών κατά την είσοδο και την έξοδό τους από τους σταθμούς.....	48
4.2.5 Περιγραφή γραμμολογίας σιδηροδρομικού σταθμού Λάρισας και Νέων Πόρων.....	49
4.3 Αναλυτική περιγραφή του δυστυχήματος των Τεμπών.....	50
4.3.1 Αλληλουχία γεγονότων πριν την εισαγωγή στο σιδηροδρομικό δίκτυο των συρμών IC 62 και 63503.....	50
4.3.2 Αλληλουχία γεγονότων κατά την είσοδο στο σταθμό της Λάρισας των συρμών IC 62 και 63503 μέχρι και την στιγμή σύγκρουσης.....	52
4.4 Ανάλυση του δυστυχήματος με την χρήση τεχνοοικονομικών συστημάτων.....	53
4.4.1 Ανάλυση του δυστυχήματος με την χρήση της μεθόδου ACCIMAP	54
4.4.2 Ανάλυση του δυστυχήματος με την χρήση της μεθόδου STAMP	55
4.4.3 Συμπεράσματα Ανάλυσης Δυστυχήματος με βάση την μέθοδο STAMP	68
4.4.4 Σύγκριση των μεθόδων STAMP και ACCIMAP	71

4.5 Προτάσεις βελτίωσης ελληνικών σιδηροδρομικών μεταφορών....	72
--	----

Κεφάλαιο 5 : Ανακεφαλαίωση και Συμπεράσματα

5.1 Ανακεφαλαίωση.....	73
5.2 Συμπεράσματα.....	74

Βιβλιογραφία.....	76
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ιστορία σιδηροδρόμου και σιδηροδρομικών ατυχημάτων

1.1 Εισαγωγή

Το κύριο θέμα που μελετά η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι η ανάλυση του δυστυχήματος των Τεμπών με την εφαρμογή κοινωνικό – τεχνικών συστημάτων. Για να φτάσουμε σε αυτό το σημείο όμως πρέπει να αναφερθούν σημαντικά στοιχεία τα οποία θα βοηθήσουν στην ανάλυση του δυστυχήματος. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αρχικά γίνεται μια ιστορική αναδρομή του σιδηροδρόμου σε Ελλάδα και Ευρώπη. Έπειτα αναφέρονται όλες οι εταιρίες και οργανισμοί που εμπλέκονται στον ελληνικό σιδηρόδρομο και αναφέρονται έξι παραδείγματα σιδηροδρομικών ατυχημάτων για να δοθεί μια πρώτη γεύση από παρόμοια τέτοια ατυχήματα. Στο δεύτερο κεφάλαιο παραθέτονται αναλυτικά όλα τα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας που χρησιμοποιούνται στα σιδηροδρομικά δίκτυα αλλά και ο τρόπος λειτουργίας τους. Στο τρίτο κεφάλαιο επισημαίνονται κατηγορίες τεχνικών διερεύνησης ατυχημάτων και πως αυτές χρησιμοποιούνται ανάλογα με το που θέλει να εμβαθύνει ο εκάστοτε μελετητής. Στο τέταρτο κεφάλαιο είναι εφικτό πλέον με βάση αυτά που έχουν αναφερθεί στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο να πραγματοποιηθεί μια πλήρης ανάλυση των γεγονότων που οδήγησαν στο δυστύχημα αλλά και να εφαρμοστούν οι δύο κοινωνικό – τεχνικές μέθοδοι (ACCIMAP, STAMP) από τις οποίες θα εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί μια ανασκόπηση αλλά και θα τονιστούν τα συμπεράσματα ολόκληρης της εργασίας.

1.2 Η ιστορία του σιδηρόδρομου

Η αρχή εκκίνησης των σιδηροδρόμων φημολογείται ότι ξεκινά περίπου από το 1550 σε ορυχεία στην Ευρώπη όπου χρησιμοποιούνταν βαγόνια για την μεταφορά μετάλλων από τα ορυχεία προς τις περιοχές επεξεργασίας τους. Οι ράγες στις οποίες κινούνταν ήταν κατασκευασμένες από ξύλο και τα βαγόνια έλκονταν από ανθρώπους ή ζώα. Η εφεύρεση της ατμομηχανής είχε καθοριστική σημασία για την εξέλιξη των σιδηροδρομικών μεταφορών. Το πρώτο επιτυχημένο ταξίδι με τρένου με ατμομηχανή έγινε στις 21 Φεβρουαρίου του 1804 στην Ουαλία. Ωστόσο αργότερα περίπου το 1837 δημιουργήθηκε η πρώτη ηλεκτράμαξα η οποία τροφοδοτούνταν με μπαταρίες. Στην σύγχρονη εποχή έχουν καταργηθεί τα τρένα με ατμομηχανές ενώ χρησιμοποιούνται ακόμη οι ηλεκτράμαξες (οι οποίες είναι πολύ πιο σύγχρονες), καθώς και τρένα με μηχανές εσωτερικής καύσης που καταναλώνουν πετρέλαιο αλλά και μαγνητικά τρένα που χρησιμοποιούν την τεχνολογία της μαγνητικής αιώρησης. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται όλες οι προαναφερθείσες κατηγορίες συρμών



Εικόνα 1.1: Τρένο με ατμομηχανή



Εικόνα 1.2: Τρένο με ηλεκτράμαξα



Εικόνα 1.3: Τρένο με πετρελαιοκινητήρα



Εικόνα 1.4: Μαγνητικό Τρένο

1.3 Η ιστορία του σιδηροδρόμου στην Ελλάδα

Ο πρώτος σιδηρόδρομος στην Ελλάδα ολοκληρώθηκε το 1869 και συνέδεε την Αθήνα με το λιμάνι του Πειραιά. Το 1909 είχαν κατασκευαστεί 1606 χιλιόμετρα σιδηροδρομικής γραμμής και τα πρώτα τρένα τότε πραγματοποίησαν το δρομολόγιο Αθήνα – Θεσσαλονίκη μήκους 507 χιλιομέτρων. Αργότερα το 1920 ξεκίνησαν να λειτουργούν στο σιδηροδρομικό δίκτυο οι Σιδηρόδρομοι Ελληνικού Κράτους (ΣΕΚ) και το 1926 οι Ελληνικοί Ηλεκτρικοί Σιδηρόδρομοι (ΕΗΣ) ανέλαβαν την λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου στην Αθήνα. Το 1970, οι ΣΕΚ σταμάτησαν να λειτουργούν τις παραπάνω σιδηροδρομικές γραμμές και από το 1971, όλες τις σιδηροδρομικές γραμμές εκτός από τις βιομηχανικές και τους ΕΗΣ, άρχισε να τις λειτουργεί ο ΟΣΕ. Ο Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος ιδρύθηκε το 1971, ως μετεξέλιξη των Σιδηροδρόμων Ελληνικού Κράτους. Από τότε, το σιδηροδρομικό δίκτυο της Ελλάδας έχει εκσυγχρονιστεί και σε τμήματά του έχει εγκατασταθεί και ηλεκτροκίνηση όπως η κύρια γραμμή Αθηνών - Θεσσαλονίκης και οι γραμμές του προαστιακού Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Παρακάτω θα αναφερθούν εκτενέστερα όλες και οι εταιρίες και οργανισμοί που έχουν άμεση σχέση με τον ελληνικό σιδηρόδρομο.

1.4 Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος

Ο Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος έπεται από σύμβασή που έχει πραγματοποιήσει με το ελληνικό δημόσιο είναι ο διαχειριστής των σιδηροδρομικών γραμμών σε ολόκληρη την Ελλάδα. Εκτός από την διαχείριση ο Ο.Σ.Ε. είναι

υπεύθυνος για την συντήρηση, την λειτουργία και τον εκσυγχρονισμό του σιδηροδρομικού δικτύου. Το μήκος του δικτύου αυτού που διαχειρίζεται ο Ο.Σ.Ε. εκτείνεται περίπου στα 2.552 χιλιόμετρα. Οι δύο βασικοί στόχοι του Ο.Σ.Ε. είναι :

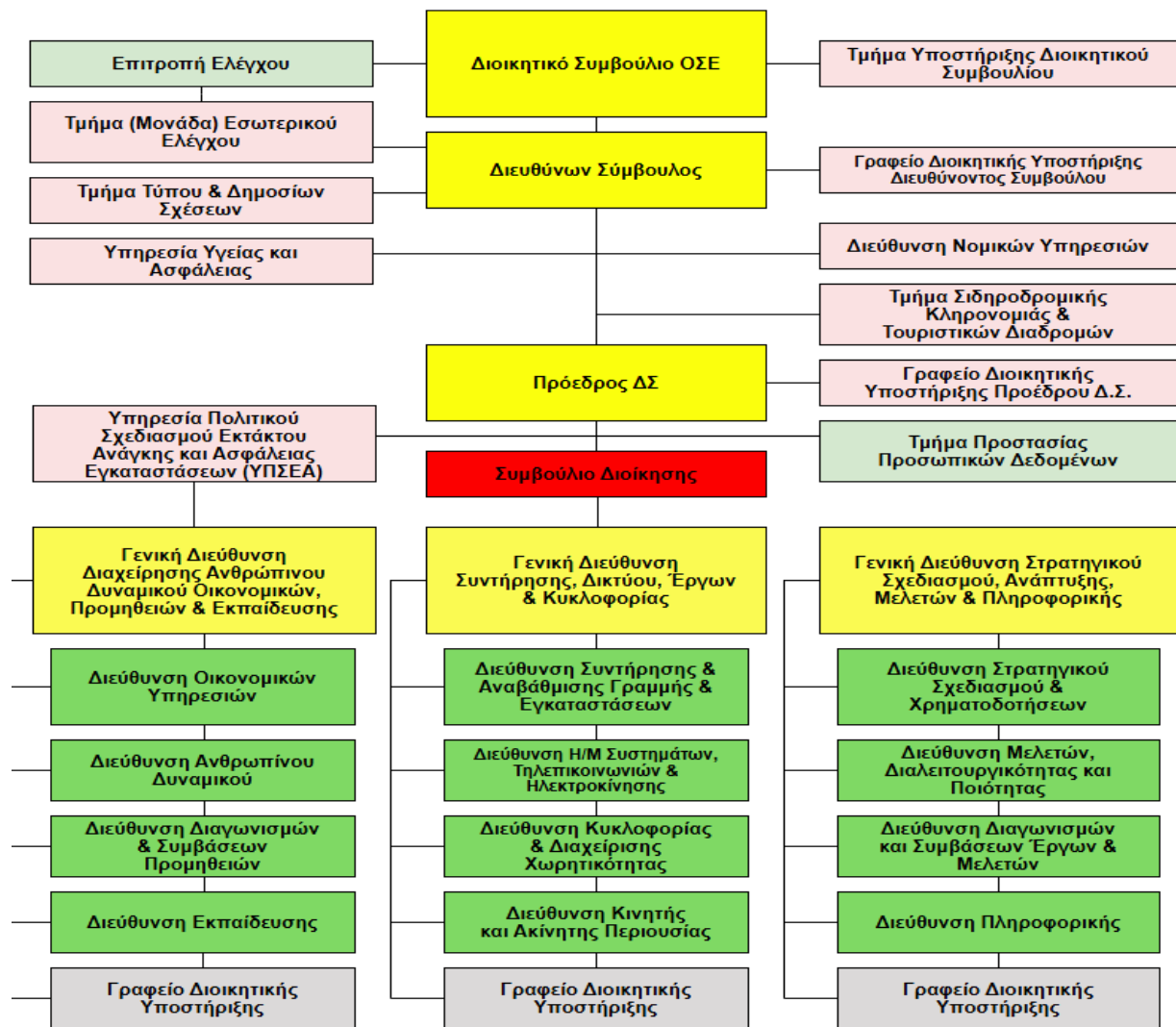
- 1) Ο εκσυγχρονισμός και η βελτιστοποίηση των σιδηροδρομικών επιβατικών μεταφορών έτσι ώστε να παρέχεται η μέγιστη ασφάλεια και να βρίσκεται στην κορυφή των μεταφορικών επιλογών του πολίτη.
- 2) Η εξέλιξη των εμπορευματικών συνδέσεων και η σιδηροδρομική σύνδεση της Ελλάδας με άλλες χώρες με αποτέλεσμα να ενδυναμωθεί η ελληνική οικονομία.

Πέρα από αυτούς τους δύο βασικούς στόχους ο Ο.Σ.Ε. επιδιώκει να υλοποιήσει και τα παρακάτω σχέδια :

- Τον εκσυγχρονισμό του ελληνικού δικτύου και των κτιριακών εγκαταστάσεων του οργανισμού
- Την σύνδεση του δικτύου με τα λιμάνια τις βιομηχανικές περιοχές της χώρας αλλά και με χώρες του εξωτερικού
- Την συνεργασία με διάφορες σιδηροδρομικές επιχειρήσεις με σκοπό την μεγιστοποίηση της ασφάλειας, της ταχύτητας και την διευκόλυνση των σιδηροδρομικών μεταφορών αλλά και την ελαχιστοποίηση του κόστους
- Την αναβάθμιση της λειτουργίας του με σκοπό να γίνει πιο ανταγωνιστικός και να τραβήξει την προσοχή διάφορων επενδυτών
- Την εκμετάλλευση ολόκληρης της περιουσίας του η οποία θα επεκτείνει την σιδηροδρομική γραμμή και συνεπώς θα αυξήσει τα έσοδα του οργανισμού αλλά και θα μειώσει τις κρατικές δαπάνες
- Τον εκσυγχρονισμό των υποδομών χρησιμοποιώντας ψηφιακές δομές οι οποίες θα διευκολύνουν την λειτουργία του οργανισμού

1.4.1 Οργανόγραμμα Οργανισμού Σιδηροδρόμου Ελλάδος

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω οργανόγραμμα ο Ο.Σ.Ε. αποτελείται από 3 γενικές διευθύνσεις και 14 διευθύνσεις. Επίσης το διοικητικό του συμβούλιο είναι εφταμελές.



Σχήμα 1.1: Οργανόγραμμα ΟΣΕ (Πηγή : ΟΣΕ)

Εκτός όμως του διοικητικού συμβουλίου και των γενικών διευθύνσεων ο ΟΣΕ διατηρεί στην κατοχή του και κάποιες θυγατρικές εταιρίες οι οποίες είναι αρμόδιες για την διαχείριση συγκεκριμένων θεμάτων γύρω από τον σιδηρόδρομο. Αυτές οι εταιρίες αναφέρονται εκτενέστερα παρακάτω.

1.4.2 ΕΡΓΟΣΕ

Το 1996 δημιουργήθηκε η ΕΡΓΟΣΕ, ως θυγατρική εταιρεία υπεύθυνη για την πραγματοποίηση μελετών και για την προμήθεια υλικών. Ειδικότερα, στα πλαίσια της αναδιάρθρωσης του ΟΣΕ και των δραστηριοτήτων του, η νέα εταιρεία ανέλαβε την διαχείριση και πραγματοποίηση έργων και παρεμβάσεων επί του σιδηροδρομικού υλικού, καθώς και την διαχείριση των κονδυλίων τα οποία προέρχονται από ευρωπαϊκά προγράμματα. Ταυτόχρονα, η εταιρεία αυτή έως και σήμερα είναι υπεύθυνη για την διεξαγωγή απαλλοτριώσεων σε εκτάσεις που τίθενται προς αξιοποίηση για την επέκταση της σιδηροδρομικής υποδομής.

1.4.3 ΓΑΙΑ ΟΣΕ

Το 2001 ιδρύθηκε η θυγατρική εταιρία ΓΑΙΑΟΣΕ, η οποία δραστηριοποιείται έως και σήμερα στον τομέα του κτηματολογίου της εταιρείας και στη διαχείριση της ακίνητης περιουσίας του οργανισμού και του σιδηροδρομικού τροχαίου υλικού. Η συγκεκριμένη εταιρία παρόλο που δεν χρηματοδοτείται από το κράτος παρουσιάζει σημαντική κερδοφορία. Εκτός από τη διαχείριση των ακινήτων και του τροχαίου υλικού, οι δράσεις της ΓΑΙΑΟΣΕ Α.Ε. επικεντρώνονται και στην προστασία του περιβάλλοντος στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην μείωση των εκπομπών αερίων, με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών, καθώς και με έργα βέλτιστης διαχείρισης αποβλήτων και απορριμμάτων.

1.4.4 ΤΡΑΙΝΟΣΕ

Το 2005, από τον Ο.Σ.Ε. συστάθηκε μια νέα θυγατρική εταιρία, η οποία ανέλαβε την εκμετάλλευση του δικτύου, την εκτέλεση του μεταφορικού έργου επιβατών και εμπορευμάτων και την διοίκηση του Ε.ΔΙ.Σ.Υ. (Εθνικός Διαχειριστής Σιδηροδρομικής Υποδομής) που αφορά τη διαχείριση και συντήρηση της σιδηροδρομικής υποδομής. Από την 1η Ιανουαρίου 2007 και μετά, αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία απόσχισης, η ΤΡΑΙΝΟΣΕ λειτουργεί ως πλήρως ανεξάρτητη εταιρεία με ξεχωριστή διοίκηση και οργάνωση και ανήκει στο Ελληνικό δημόσιο. Από τις 18 Ιανουαρίου 2017 η ΤΡΑΙΝΟΣΕ πωλείται από το ελληνικό δημόσιο στον ιταλικό όμιλο FSI και μετονομάζεται σε Hellenic Train.

1.5 Hellenic Train

Η σιδηροδρομική εταιρία Hellenic Train ανήκει στο ιταλικό όμιλο Ferrovie dello Stato Italiane (FSI) ο οποίος αποτελεί την τρίτη μεγαλύτερη σιδηροδρομική εταιρεία στην Ευρώπη και δραστηριοποιείται ήδη στη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ολλανδία και τη Βρετανία. Είναι η εταιρία μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων σε ολόκληρο τον ελληνικό σιδηρόδρομο καθώς στις 18 Ιανουαρίου 2017 υπογράφηκε η σύμβαση πώλησης της ΤΡΑΙΝΟΣΕ Α.Ε. στον ιταλικό όμιλο FSI και πλέον λειτουργεί με την επωνυμία Hellenic Train. Είναι ο βασικός πάροχος σιδηροδρομικής μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων. Η Εταιρεία παρέχει τις σιδηροδρομικές υπηρεσίες χρησιμοποιώντας το δίκτυο και την εν γένει σιδηροδρομική υποδομή η οποία ανήκει στον ΟΣΕ. Είναι μέλος της Ρυθμιστικής Αρχής Σιδηροδρόμων (ΡΑΣ), της Διεθνούς Ένωσης Σιδηροδρόμων (UIC), της Κοινότητας Ευρωπαϊκών Εταιριών Σιδηροδρόμων και Υποδομών (CER), της Επιτροπής Διεθνών Σιδηροδρόμων (CIT) και του Forum Train Europe.

1.6 Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων (Ρ.Α.Σ.)

Η Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων ή εν συντομία Ρ.Α.Σ. αποτελεί πλήρως ανεξάρτητη διοικητική αρχή και ιδρύθηκε το 2010. Έχει κυρίως εποπτικό χαρακτήρα και από το 2013 οι αρμοδιότητές της είναι οι παρακάτω :

1. Είναι ο ρυθμιστικός φορέας για την ελληνική σιδηροδρομική αγορά καθώς και υπεύθυνος για θέματα ανταγωνισμού στο ελληνικό σιδηρόδρομο.
2. Είναι υπεύθυνη για την αδειοδότηση και τον έλεγχο των σιδηροδρομικών επιχειρήσεων έτσι ώστε να τηρούνται όλες οι βασικές προϋποθέσεις.
3. Είναι ο φορέας έκδοσης κανονισμών σχετικά με τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των επιβατών.
4. Αποτελεί και εθνική αρχή ασφάλειας όσον αφορά τις σιδηροδρομικές μεταφορές.

Εκτός από την διοικητική ανεξαρτησία η Ρ.Α.Σ διαθέτει λειτουργική και οικονομική ανεξαρτησία καθώς δεν ελέγχεται ούτε υπάγεται σε κάποιο κυβερνητικό όργανο ή άλλη διοικητική αρχή.

1.7 Σιδηροδρομικά ατυχήματα στην Ευρώπη

Σύμφωνα με την έκθεση της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας (Eurostat) το 2021 αναφέρθηκαν 1389 σημαντικά σιδηροδρομικά συμβάντα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Από το 2010 μέχρι και το 2020 ο αριθμός των ατυχημάτων στην ΕΕ μειώνεται συνεχώς με μοναδικές εξαιρέσεις τις χρονιές 2014 (αύξηση + 6,7%) και το 2017(αύξηση + 2%). Το 2021 ο αριθμός των σημαντικών ατυχημάτων αυξήθηκε κατά 58 σε σύγκριση με το 2020. Την πρωτιά των σιδηροδρομικών ατυχημάτων την κατέχει η χώρα της Γερμανίας με 237 ατυχήματα, ενώ ακολουθούν η Πολωνία με 209 ατυχήματα, η Γαλλία με 138 ατυχήματα, η Τσεχία με 112 ατυχήματα και η Ουγγαρία με 102 σιδηροδρομικά ατυχήματα. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρεται σύμφωνα με την Eurostat το πλήθος των ευρωπαϊκών σιδηροδρομικών ατυχημάτων (αλλά και το πλήθος των ατυχημάτων για κάποιες συγκεκριμένες κατηγορίες) από το 2007 έως και το 2015.

	Είδος Ατυχήματος	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ευρωπαϊκή Ένωση – 27 χώρες (από το 2020)	Συγκρούσεις αμαξοστοιχιών	180	123	89	127	132	86	101	131	172
	Εκτροχιασμός τρένων	411	223	133	209	227	94	108	98	198
	Ατυχήματα ισόπεδης διάβασης	1194	986	865	835	724	625	541	529	656
	Ατυχήματα που προκαλούνται από τροχαίο υλικό σε κίνηση	1729	1699	1573	1423	1426	1185	1143	1216	1046
	Φωτιές στο τροχαίο υλικό	89	55	53	21	21	13	23	29	30
	Σύνολο ατυχημάτων	3806	3369	2917	2727	2602	2095	2011	2134	2220

Πίνακας 1.1: Πλήθος σε κάθε είδος ατυχημάτων στην Ε.Ε. για το 2007-2015
(Πηγή : Eurostat)

1.7.1 Παραδείγματα σιδηροδρομικών δυστυχημάτων

Το σιδηροδρομικό δυστύχημα των Τεμπών είναι ένα δυστύχημα που σημάδεψε όχι μόνο την Ελλάδα αλλά και την σιδηροδρομική ιστορία της Ευρώπης. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά και παρουσιάζονται εικόνες από τα πιο πολύνεκρα δυστυχήματα που συνέβησαν σε διάφορες χώρες της Ευρώπης (Κουσούνης 2023).

1.7.1.1 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 1998 στην Γερμανία

Στις 3 Ιουνίου 1998 κοντά στο χωρίο Εσέντε στην περιοχή Σέλλε της Κάτω Σαξονίας ένα τρένο υψηλής ταχύτητας εκτροχιάστηκε και προσέκρουσε σε οδική γέφυρα με αποτέλεσμα 101 άνθρωποι να σκοτωθούν και 88 να τραυματιστούν. Αιτία ήταν μία μοναδική ρωγμή κόπωσης σε ένα τροχό που όταν αστοχούσε, είχε ως αποτέλεσμα ένα τμήμα του τροχού να πιαστεί στις σε ένα σύνολο σημείων (διακλαδώσεων), αλλάζοντας ουσιαστικά τη ρύθμιση των σημείων ενώ το τρένο περνούσε από πάνω τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα βαγόνια του τρένου να πάρουν δύο ξεχωριστές γραμμές με αποτέλεσμα το τρένο να εκτροχιαστεί και να συγκρουστεί με τις κολώνες μιας τσιμεντένιας οδικής γέφυρας η οποία στην συνέχεια κατάρρευσε και συνέτριψε δύο βαγόνια. Τα υπόλοιπα βαγόνια έπεσαν στα συντρίμια.



Εικόνα 1.5: Εκτροχιασμός στο Εσέντε (Γερμανία 1998)

1.7.1.2 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 1988 στην Αγγλία

Στις 12 Δεκεμβρίου 1988 στην διασταύρωση Κλαπχαμ μία επιβατική αμαξοστοιχία έπεσε στο πίσω μέρος ενός άλλου συρμού που είχε σταματήσει σε σήμα και στην συνέχεια παρέσυρε ένα άδειο τρένο που ταξίδευε προς την αντίθετη κατεύθυνση. Από την σύγκρουση έχασαν την ζωή τους 35 άνθρωποι ενώ τραυματίστηκαν 484. Η σύγκρουση ήταν αποτέλεσμα βλάβης που προκλήθηκε από σφάλμα καλωδίωσης. Λόγω του ότι είχε εγκατασταθεί νέα καλωδίωση, η παλιά καλωδίωση είχε παραμείνει στην θέση και δεν είχε ασφαλιστεί πλήρως.



Εικόνα 1.6: Ατύχημα στην διασταύρωση Κλαπχαμ (Αγγλία 1988)

1.7.1.3 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2006 στο Μαυροβούνιο

Στις 2 Ιανουαρίου 2006 η ηλεκτροκίνητη αμαξοστοιχία που εκτελεί το δρομολόγιο από το Μπιέλο Πόλιε έως την Ποντγκόριτσα και το Μπαρ κοντά στην ορεινή περιοχή Μπιότσε στην έξοδο από τούνελ εκτροχιάστηκε και έπεσε σε χαράδρα. Ο τελικός απολογισμός αυτού του δυστυχήματος είναι 47 επιβάτες να χάσουν την ζωή τους και 234 να τραυματιστούν. Η αιτία του δυστυχήματος οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος καθώς ο μηχανοδηγός της αμαξοστοιχίας δεν κατάφερε να ενεργοποιήσει το σύστημα πέδησης με αποτέλεσμα ο συρμός να μειώσει την ταχύτητά του.



Εικόνα 1.7: Εκτροχιασμός στην περιοχή Μπιότσε (Μαυροβούνιο 2006)

1.7.1.4 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2010 στο Βέλγιο

Στις 15 Φεβρουαρίου 2010 στην περιοχή Χάλλε (περίπου 12 χιλιόμετρα από τις Βρυξέλλες) συγκρούστηκαν 2 επιβατικές αμαξοστοιχίες οι οποίες μετέφεραν περίπου 250 με 300 άτομα. Η σύγκρουση πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες χιονόπτωσης όπου η μία αμαξοστοιχία κινούνταν από το Λέβεν προς το Braine le Comte και του τρένου όπου κινούνταν από το Κιεβραίν στην Λιέγη. Ένα τρίτο τρένο κατάφερε να σταματήσει την στιγμή που έπρεπε. Από αυτή την μετωπική σύγκρουση 19 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους και οι τραυματίες ξεπέρασαν τους 170. Η αιτία του δυστυχήματος οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος του μηχανοδηγού του συρμού που κινείται από το Λέβεν καθώς αναφέρεται ότι παραβίασε κόκκινο σήμα χωρίς να του έχει χορηγηθεί κάποια άδεια για αυτή του την ενέργεια.



Εικόνα 1.8: Μετωπική σύγκρουση στο Χάλλε (Βέλγιο 2010)

1.7.1.5 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2013 στην Ισπανία

Στις 24 Ιουλίου 2013 στην περιοχή της Γαλικίας (συγκεκριμένα στην κοινότητα Σαντιάγο Ντε Καμποστέλα) μία αμαξοστοιχία με 218 επιβάτες και τέσσερα μέλη πληρώματος εκτροχιάζεται με αποτέλεσμα 13 βαγόνια του συρμού να βρεθούν εκτός της σιδηροδρομικής γραμμής. Ο αριθμός των νεκρών ήταν 79 ενώ οι τραυματίες του δυστυχήματος έφτασαν τους 143. Η αιτία του δυστυχήματος ήταν η υπερβολική ταχύτητα που είχε αναπτύξει ο συρμός σε μία στροφή όπου το όριο ταχύτητας είναι 80 χιλιόμετρα την ώρα ενώ ο συρμός φαίνεται να κινούνταν με 190 χιλιόμετρα την ώρα.



Εικόνα 1.9: Εκτροχιασμός στην περιοχή της Γαλικίας (Ισπανία 2013)

1.7.1.6 Σιδηροδρομικό ατύχημα το 2016 στην Ιταλία

Στις 12 Ιουλίου 2016 βόρεια της περιοχής Μπάρι (πιο συγκεκριμένα μεταξύ των πειοχών Ρούβο και Κοράτο) δύο αμαξοστοιχίες συγκρούστηκαν μετωπικά ενώ ταξίδευαν με 100 χιλιόμετρα την ώρα με αποτέλεσμα να χάσουν την ζωή τους 23 άνθρωποι και να τραυματιστούν πάνω από 50. Όπως αναφέρεται στην συγκεκριμένη διαδρομή δεν λειτουργεί το αυτόματο σύστημα με αποτέλεσμα η διέλευση των τρένων να πραγματοποιείται με τηλεφωνική επικοινωνία μεταξύ των σταθμαρχών και των μηχανοδηγών. Επομένως η αιτία της σύγκρουσης οφείλεται στον έναν εκ των δύο σταθμαρχών ο οποίος δεν ενημέρωσε εγκαίρως τον άλλον σταθμάρχη ή δεν ακολούθησε την προβλεπόμενη διαδικασία ώστε να κρατήσει τον συρμό στον σταθμό μέχρι την άφιξη του άλλου συρμού ο οποίος ήταν ήδη στην μονή σιδηροδρομική γραμμή.



Εικόνα 1.10: Μετωπική σύγκρουση στο Μπάρι (Ιταλία 2016)

Κεφάλαιο 2

Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας σε Σιδηροδρομικά Δίκτυα

2.1 Συστήματα διαχείρισης ασφάλειας

Η ασφάλεια των σιδηροδρόμων οφείλεται να αναπτύσσεται, να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα και να βελτιώνεται συνεχώς. Οι διαχειριστές υποδομής και οι σιδηροδρομικές επιχειρήσεις είναι οι αρμόδιοι να διατηρούν, να συντηρούν και να εξελίσσουν τα συστήματα ασφαλείας με σκοπό την επίτευξη της μέγιστης ασφάλειας στην σιδηροδρομική μεταφορά και τον εκμηδενισμό των ατυχημάτων. Παρακάτω θα αναφερθούν μερικά συστήματα ασφαλείας που χρησιμοποιούνται ευρέως στους σιδηρόδρομους της Ευρώπης αλλά και στην Ελλάδα. Στον Πίνακα 2.1 επίσης φαίνονται τα εθνικά συστήματα σηματοδότησης στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Κράτος μέλος	Ονομασία
Βέλγιο	Crocodile, TBL 1, TBL 2, TVM 430, TBL1+
Βουλγαρία	EBICAB 700
Τσέχικη Δημοκρατία	LS
Δανία	ZUB 123
Γερμανία	INDUSI/PZB, LZB
Εσθονία	ALSN
Ιρλανδία	CAWS, ATP
Ελλάδα	CLS
Ισπανία	ASFA, EBICAB 900, LZB, SELCAB
Γαλλία	Crocodile, KVB, TVM 300, TVM 430, KVBP, KCVP, KCVB, NEXTEO, DAAT
Κροατία	INDUSI/PZB
Ιταλία	BACC, RSDD/SCMT, SSC
Λετονία	ALSN
Λιθουανία	ALSN
Λουξεμβούργο	MEMOR II+
Ουγγαρία	EVM
Κάτω χώρες	ATB πρώτης γενεάς, ATB νέας γενεάς
Αυστρία	INDUSI/PZB, LZB
Πολωνία	SHP, PKP Ραδιοσύστημα με λειτουργία RADIOSTOP
Πορτογαλία	EBICAB 700
Ρουμανία	INDUSI
Σλοβενία	INDUSI/PZB
Σλοβακία	LS
Φιλανδία	ATP-VR/RHK
Σουηδία	EBICAB 700
Ηνωμένο Βασίλειο	GW ATP, RETB, TPWS, TVM 430, Chiltren-ATP, Mechanical Tranzistors, KVB

*Πίνακας 2.1: Κατάλογος εθνικών συστημάτων σηματοδότησης στα κράτη μέλη της ΕΕ
(Πηγή : ERA)*

2.2 Ευρωπαϊκό Σύστημα Διαχείρισης Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας (ERTMS)

Στις αρχές τις δεκαετίας του '90 η ευρωπαϊκή σιδηροδρομική βιομηχανία στόχευε στην ανατροπή των εθνικών συστημάτων σηματοδότησης και στην δημιουργία ενός ενιαίου ευρωπαϊκού σιδηροδρομικού χώρου. Το ERTMS είναι το σύστημα που κατασκευάστηκε τότε το οποίο είναι ακόμη και σήμερα ένα σύστημα ελέγχου – χειρισμού, σηματοδότησης και επικοινωνίας. Η κατάργηση των εθνικών συστημάτων σηματοδότησης και η κατασκευή του ERTMS είχε στόχο να προωθήσει την δια λειτουργικότητα των εθνικών σιδηροδρομικών δικτύων και των δια συντοριακών σιδηροδρομικών μεταφορών. Επίσης δημιουργείται και ένα κοινό πρότυπο που θα επιτρέπει στις αμαξοστοιχίες να κινούνται σε διαφορετικές χώρες.

Με τον όρο δια λειτουργικότητα εκφράζεται η δυνατότητα του σιδηροδρομικού συστήματος να επιτρέπει την ασφαλή και συνεχή κυκλοφορία αμαξοστοιχιών. Αυτή η δυνατότητα εξαρτάται από το σύνολο των κανονιστικών, τεχνικών και επιχειρησιακών προϋποθέσεων που πρέπει να τηρούνται προκειμένου να πληρούνται οι κανονιστικές απαιτήσεις (Χατζηκωσταντίνου 2018).

Εκτός της δια λειτουργικότητας το ERTMS έχει και άλλα σημαντικά οφέλη τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω και αποτελεί το πιο αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου αμαξοστοιχίας στον κόσμο. Τα σημαντικά οφέλη του είναι :

- **Αυξημένη χωρητικότητα** στις υπάρχουσες γραμμές και μεγαλύτερη ικανότητα ανταπόκρισης στις αυξανόμενες απαιτήσεις μεταφορών: ως σύστημα συνεχούς σηματοδότησης που βασίζεται στην επικοινωνία, το ERTMS μειώνει την πρόοδο μεταξύ των τρένων, επιτρέποντας έως και 40% μεγαλύτερη χωρητικότητα στις υπάρχουσες υποδομές.
- **Υψηλότερες ταχύτητες:** Το ERTMS επιτρέπει μέγιστη ταχύτητα έως 500 km/h.
- **Υψηλότερα ποσοστά αξιοπιστίας:** Το ERTMS μπορεί να αυξήσει σημαντικά την αξιοπιστία και την ακρίβεια, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας τόσο για τη μεταφορά επιβατών όσο και για τις εμπορευματικές μεταφορές.
- **Χαμηλότερο κόστος παραγωγής:** Ένα αποδεδειγμένο, εναρμονισμένο σύστημα είναι ευκολότερο στην εγκατάσταση, τη συντήρηση και την κατασκευή του.
- **Μειωμένο κόστος συντήρησης:** Με το επίπεδο ERTMS 2, δεν απαιτείται πλέον παρατρόχια σηματοδότηση, γεγονός που μειώνει σημαντικά το κόστος συντήρησης.
- **Ανοιχτή αγορά εφοδιασμού:** Οι πελάτες θα μπορούν να αγοράζουν εξοπλισμό για εγκατάσταση οπουδήποτε στην Ευρώπη και όλοι οι

προμηθευτές θα μπορούν να υποβάλλουν προσφορές για οποιαδήποτε ευκαιρία. Ο παρατρόχιος και ο ενσωματωμένος εξοπλισμός μπορεί να κατασκευαστεί από οποιονδήποτε από τους έξι προμηθευτές ERTMS, γεγονός που καθιστά την αγορά εφοδιασμού πιο ανταγωνιστική.

- **Μειωμένος χρόνος παράδοσης συμβολαίου** λόγω της σημαντικής μείωσης της μηχανικής διαδικασίας.
- **Απλοποιημένη διαδικασία έγκρισης** στην Ευρώπη και σημαντική μείωση του κόστους πιστοποίησης που παραδοσιακά συνδέεται με την εισαγωγή νέων συστημάτων.
- **Βελτιωμένη ασφάλεια για τους επιβάτες**

Ως προς την **ασφάλεια** τα πλεονεκτήματα του ERTMS είναι :

- Παρακολούθηση σταθερής ταχύτητας
- Λήψη σημάτων στην αμαξοστοιχία
- Άμεση επιτήρηση των σημάτων πληροφοριών
- Κοινές ευρωπαϊκές πινακίδες οδήγησης
- Αποστολή της μείωσης ταχύτητας στο δίκτυο

Σχετικά με το **κόστος** τα πλεονεκτήματα του ERTMS φαίνονται παρακάτω :

- Λιγότερες καλωδιακές συνδέσεις
- Ευρωπαϊκά πρότυπα
- Φθηνότερα συστήματα σηματοδότησης

Και ως προς την **δια λειτουργικότητα** επιτυγχάνονται τα εξής :

- Τυποποιημένες οθόνες πληροφοριών για τους μηχανοδηγούς στην Ευρώπη
- Ενιαία διασύνδεση μεταξύ αμαξοστοιχίας και υποδομής

Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Διαχείρισης Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας αποτελείται από δύο πυλώνες :

- 1) Το διευρωπαϊκό σύστημα προστασίας και ελέγχου κίνησης συρμών (**ECTS**)
 - Για την μετάδοση δεδομένων οχήματος – γραμμής

- Για την φωνητική επικοινωνία μεταξύ μηχανοδηγού και ελεγκτών κυκλοφορίας
- Για οποιαδήποτε μετάδοση πληροφοριών που αφορούν την λειτουργία του

2) Το διευρωπαϊκό σύστημα ασύρματων επικοινωνιών μεταξύ αμαξοστοιχιών και εδάφους (**GSM-R**)

2.2.1 Διευρωπαϊκό Σύστημα Προστασίας και Ελέγχου Κίνησης Συρμών (ECTS)

Η ιστορία του ECTS ξεκινά από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Αποτελεί το σύστημα σηματοδότησης και ελέγχου του ERTMS. Η εφαρμογή του ECTS απαιτεί την εγκατάσταση δύο ειδών εξοπλισμού :

1. **Παρατρόχιος εξοπλισμός** που τοποθετείται επί της γραμμής ή σε κάποια θέση σιδηροδρομικής υποδομής γενικότερα
2. **Εποχούμενος εξοπλισμός** που τοποθετείται στο τροχαίο υλικό

2.2.1.1 Παρατρόχιος εξοπλισμός

Ο παρατρόχιος εξοπλισμός αποτελείται από τις ακόλουθες συσκευές (Χατζηκωσταντίνου 2018):

- **Ραδιοφάροι** : Πρόκειται για παθητικούς αναμεταδότες που χρειάζονται για την λειτουργία τους ηλεκτρικό ρεύμα. Ενεργοποιούνται από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του αναγνώστη επί του συρμού. Χρησιμοποιούνται για να αποστέλλουν προτυποποιημένα μηνύματα στις κινητήριες μονάδες (τηλεγραφήματα). Τα τηλεγραφήματα μπορεί να είναι σταθερού ή μεταβλητού περιεχομένου. Τα σταθερού περιεχομένου τηλεγραφήματα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της θέσης του συρμού και την διόρθωση του οδομέτρου (Σταθεροί ραδιοφάροι). Για την επίδοση στο θάλαμο οδήγησης της εντολής που δίνει ένα φωτόσημα παρά τη γραμμή θα αποστέλλουν τηλεγράφημα μεταβαλλόμενου περιεχομένου, αντίστοιχου της κάθε ένδειξης, οπότε πρόκειται για διαφανείς ραδιοφάρους. Η δυνατότητα αποστολής μεταβαλλόμενου τηλεγραφήματος απαιτεί οι Ραδιοφάροι να είναι συνδεδεμένοι με Ηλεκτρονική Μονάδα Γραμμής (LEU). Οι Ραδιοφάροι τοποθετούνται σε ομάδες, έτσι ώστε κάθε Ραδιοφάρος να μεταδίδει ένα τηλεγράφημα και ο συνδυασμός όλων των τηλεγραφημάτων να καθορίζει το μήνυμα που αποστέλλεται από την ομάδα των Ραδιοφάρων προς το συρμό. Ένας μεμονωμένος ραδιοφάρος (είναι η συνήθης περίπτωση των ραδιοφάρων που αποστέλλουν τηλεγράφημα χιλιομετρικής θέσης) θεωρείται και αυτός ως ομάδα. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις και κυρίως για τις εφαρμογές του Επιπέδου 1, οι ραδιοφάροι συνδέονται σε ομάδες από 2 ως μέγιστο 8 ραδιοφάρων. Η σύνδεση των ραδιοφάρων σε ομάδες από δύο και

άνω είναι αναγκαία επίσης και για τη διαπίστωση της φοράς της αμαξοστοιχίας.

- **Ηλεκτρική Μονάδα Γραμμής (LEU)** : Είναι ο ηλεκτρικός εξοπλισμός που παράγει τα τηλεγραφήματα που θα αποστέλλουν μέσω των ραδιοφάρων στους συρμούς λαμβάνοντας πληροφορίες από τα φωτοσήματα (παρατρόχιος εξοπλισμός σηματοδότησης).
- **Βρόχος (Euroloop)** : Είναι ένα εξάρτημα που αποτελείται από ένα ακτινοβολούν καλώδιο τοποθετημένο κατά μήκος της εσχάρας της γραμμής. Συνδέεται μέσω ενός μόντεμ με την LEU. Χρησιμοποιείται προαιρετικά σε γραμμές οι οποίες έχουν ήδη εγκατεστημένο το ECTS Επιπέδου 1 για την αποστολή τηλεγραφημάτων στους συρμούς. Εκτείνονται σε αρκετό μήκος πριν τα φωτοσήματα (περίπου 800m) με σκοπό να παρέχεται έγκαιρα η δυνατότητα ανανέωσης Άδειας Κίνησης του συρμού.
- **Μονάδες ασύρματης και ενδιάμεσης επικαιροποίησης** : Εξοπλισμός ασύρματης μετάδοσης πληροφοριών που χρησιμοποιείται προαιρετικά σε γραμμές ETCS Επιπέδου 1 για την αποστολή τηλεγραφημάτων στους συρμούς. Ο εξοπλισμός χρησιμοποιεί το δίκτυο GSM-R και τοποθετείται πριν από τα φωτοσήματα, έτσι ώστε να παρέχεται έγκαιρα ανανέωση της Άδειας Κίνησης του συρμού. Και στην περίπτωση των μονάδων αυτών απαιτείται χρήση ειδικού εξοπλισμού στις κινητήριες μονάδες (Euroradio).
- **Ασύρματο Κέντρο Αποκλεισμού (Radio Block Centre – RBC)**: Πρόκειται για ηλεκτρονικό / υπολογιστικό σύστημα που παράγει τις Άδειες Πορείας που αποστέλλονται στους συρμούς με βάση τις πληροφορίες που το RBC λαμβάνει από τον παρατρόχιο εξοπλισμό σηματοδότησης (συστήματα αλληλεξαρτήσεων / αποκλεισμού και ισόπεδων διαβάσεων) και τις πληροφορίες περί θέσης του συρμού που λαμβάνει από τον εποχούμενο εξοπλισμό του ETCS. Το Ασύρματο Κέντρο ελέγχει την κατάσταση του συστήματος αλληλεξαρτήσεων (ελεύθερα / κατειλημμένα κυκλώματα ανίχνευσης εμπρός από τους συρμούς, θέσεις αλλαγών κλπ), διαθέτει αποθηκευμένα στοιχεία για την υποδομή (κλίσεις γραμμής, όρια ταχυτήτων, θέσεις αλλαγών και τμηματισμού) και υπολογίζει την Άδεια Πορείας για κάθε συρμό, που βρίσκεται στη δικαιοδοσία του συγκεκριμένου Κέντρου. Οι Άδειες Πορείας μεταδίδονται ασύρματα, μέσω του συστήματος GSM-R. Αφορά αποκλειστικά τα Επίπεδα 2 και 3.

Στην παρακάτω εικόνα είναι εμφανές ο τρόπος με τον οποίο τοποθετείται ο παρατρόχιος εξοπλισμός στην σιδηροδρομική γραμμή. Σκοπός αυτής της διάταξης πέρα από την αποστολή τηλεγραφημάτων είναι η αποθήκευση δεδομένων όπως τα όρια ταχύτητας και οι αναφορές θέσεων.



Εικόνα 2.1: Παρατρόχιος εξοπλισμός ECTS (Πηγή : Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο 2017)

2.2.1.2 Ασύρματο δίκτυο επικοινωνιών και μετάδοσης δεδομένων (**GSM-R**)

Το συγκεκριμένο δίκτυο έχει ως στόχο την υψηλή αξιοπιστία στην ασύρματη φωνητική επικοινωνία και στην ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των μηχανοδηγών και του προσωπικού που διαχειρίζεται την κυκλοφορία των συρμών. Είναι ένα σύστημα κινητής τηλεφωνίας το οποίο αν συγκριθεί με την συμβατική τηλεφωνία που χρησιμοποιείται καθημερινά διαθέτει λόγω του εξοπλισμού του πολύ υψηλότερη ασφάλεια, διαθεσιμότητα, αξιοπιστία και δυνατότητα χρήσης ακόμα και όταν η αμαξοστοιχία κινείται με πού υψηλές ταχύτητες (έως και 500 km/h). Παρέχει την δυνατότητα κλίσεων με ιεραρχημένη προτεραιότητα, κατάλληλων για την σιδηροδρομική κυκλοφορία (κλήση κινδύνου, ομαδικές κλήσεις, κλήσεις προς συνδρομητές σε εντοπισμένη περιοχή του δικτύου κ.ά.). Το GSM-R όμως αποτελεί και δομικό στοιχείο του συστήματος προστασίας/ελέγχου, χρησιμοποιούμενο στην αμφίδρομη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του εποχούμενου εξοπλισμού και του Ασύρματου Κέντρου Αποκλεισμού/RBC (για τα Επίπεδα 2 και 3) ή των Μονάδων Ασύρματης Ενδιάμεσης Επικαιροποίησης (για το Επίπεδο 1). Έτσι σε γραμμές εξοπλισμένες για λειτουργία Επιπέδων 2 ή 3 θα πρέπει να έχουν καλυφθεί πλήρως με τον κατάλληλο εξοπλισμό του GSM-R (σταθμούς βάσης κλπ.) (Χατζηκωσταντίνου 2018).

2.2.1.3 Εποχούμενος εξοπλισμός

Ο βασικός εποχούμενος εξοπλισμός για την εφαρμογή του συστήματος δια λειτουργικότητας ECTS αποτελείται από (Χατζηκωσταντίνου 2018):

- **Ευρωπαϊκός κεντρικός ζωτικός υπολογιστής (European Vital Computer):** Ο ζωτικός υπολογιστής της κινητήριας μονάδας υπολογίζει, με τα στοιχεία του οδομέτρου και των χαρακτηριστικών του συρμού (βάρος, μήκος, πέδη), την ασφαλή τιμή ταχύτητας που πρέπει να αναπτύξει ο συρμός.

- **Κεραία ή αναγνώστης ραδιοφάρων (Balise Transmission Module – BTM):** Βρίσκεται κάτω από το δάπεδο της κινητήριας μονάδας (στις μηχανές) ή του θαλάμου οδήγησης.
- **Οδόμετρο:** Για τον υπολογισμό της θέσης και της ταχύτητας του συρμού.
- **Καταγραφική μονάδα (Juridical Recording Unit – JRU):** Καταγράφονται όλα τα γεγονότα και οι ενέργειες του συρμού και του μηχανοδηγού του. Χρησιμοποιείται κυρίως για τις ανάγκες διερεύνησης συμβάντων.
- **Διεπαφή μηχανοδηγού – μηχανής (Driver Machine Interface DMI – Eurocab):** Προτυποποιημένη οθόνη στο θάλαμο οδήγησης η οποία υποδεικνύει κατάλληλα στο μηχανοδηγό τις οδηγίες που προκύπτουν από τους υπολογισμούς του ζωτικού υπολογιστή καθώς και άλλα βασικά στοιχεία όπως την ταχύτητα. Επιπλέον επιτρέπει την είσοδο από το μηχανοδηγό βασικών στοιχείων που απαιτούνται από τον υπολογιστή για τους υπολογισμούς και τις καταγραφές (δηλαδή τον αριθμό της αμαξοστοιχίας, βάρη, πέδηση κτλ.).
- **Διεπαφή με σύστημα έλξης και πέδησης (TIU):** Σκοπός αυτού του συστήματος είναι η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του Ζωτικού Υπολογιστή και του συστήματος ελέγχου ισχύος και πέδης της κινητήριας μονάδας, ούτως ώστε να ελέγχεται η πορεία της αμαξοστοιχίας.



Εικόνα 2.2: Εποχούμενος εξοπλισμός ECTS : Διεπαφή Μηχανοδηγού και Μηχανημάτων (Πηγή : Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο 2017)

Ακολουθούν σχηματικά όλα τα παραπάνω συστήματα για την καλύτερη κατανόηση της σύνδεσής τους.



Σχήμα 2.1: Σύνδεση εποχούμενου εξοπλισμού με το σύστημα ασύρματο δίκτυο επικοινωνιών και μετάδοσης δεδομένων (GSM-R) (Πηγή : Χατζηκωσταντίνου 2018)

2.2.2 Έλεγχος εντολών και επίπεδα συστήματος ETCS

Σχετικά με τον ορισμό του συστήματος ECTS υπάρχουν 2 απόψεις στα τεχνικά κείμενα που το ορίζουν. Η μία άποψη το ορίζει σαν ένα εξελιγμένο σύστημα προστασίας και η άλλη το ορίζει σαν ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου χωρίς την αυτόματη λειτουργία του συρμού. Ο λόγος για τον οποίο θεωρείται αυτόματο σύστημα ελέγχου είναι διότι η επιβράδυνση του συρμού μέσω της πέδης ενεργοποιείται αυτόματα χωρίς τον ανθρώπινο παράγοντα και η ταχύτητα της αμαξοστοιχίας ελέγχεται αυτόματα και ο μηχανοδηγός οφείλει απλά να ακολουθήσει τις οδηγίες. Το ECTS χωρίζεται σε διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα που εξαρτώνται από τον εξοπλισμό του σιδηροδρομικού συστήματος και τον τρόπο με οποίον ο συρμός λαμβάνει τις πληροφορίες. Αν ο συρμός έχει εξοπλιστεί πλήρως με το σύστημα ERTMS, τότε έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει σε όλα τα επίπεδα (Χατζηκωσταντίνου 2018).

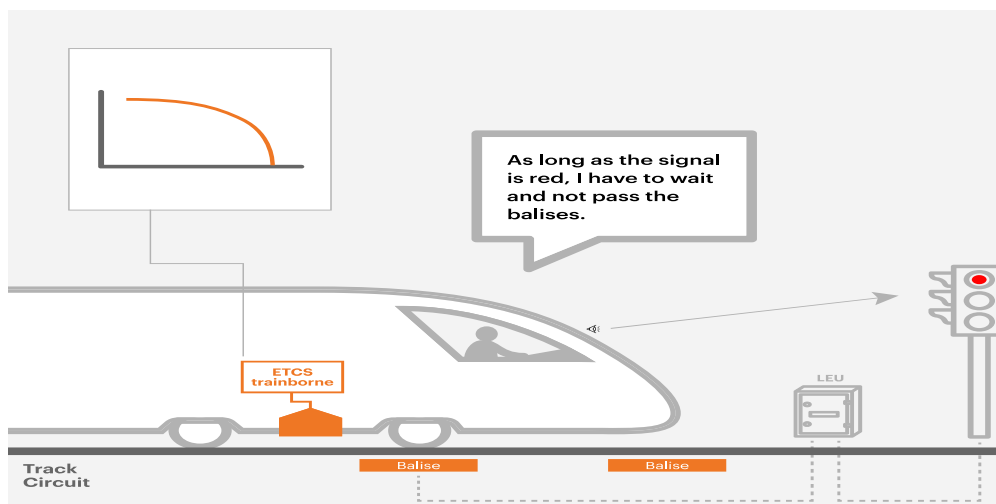
2.2.2.1 Επίπεδο 0 του ECTS

Σε αυτό το επίπεδο ο μηχανοδηγός είναι υπεύθυνος να παρακολουθεί τα σήματα της γραμμής και ο εξοπλισμός της αμαξοστοιχίας είναι αυτός που παρακολουθεί τον συρμό για να τηρούνται τα όρια της μέγιστης ταχύτητας.

2.2.2.2 Επίπεδο 1 του ECTS

Το συγκεκριμένο επίπεδο του συστήματος ECTS ενδείκνυται για σιδηροδρομικές γραμμές στις οποίες υπάρχει ήδη η ηλεκτρική πλευρική σηματοδότηση. Τα δεδομένα λαμβάνονται μέσω παράπλευρων ηλεκτρικών μονάδων (LEUs). Αυτές με την σειρά τους συνδέονται με ραδιοφάρους. Ο εντοπισμός της τοποθεσίας των

αμαξοστοιχιών πραγματοποιείται με εξοπλισμό επί της γραμμής και συνήθως με κυκλώματα γραμμής ή μετρητές αξόνων. Οι πληροφορίες εμφανίζονται στο μηχανοδηγό είτε μέσω πλευρικής συμβατικής ηλεκτρικής σηματοδότησης είτε με σηματοδότηση μέσα στο θάλαμο οδήγησης (Χατζηκωσταντίνου 2018). Για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του ETCS επιπέδου 1 μπορούμε να παρατηρήσουμε την Εικόνα 2.3 όπου ο μηχανοδηγός λαμβάνει μηνύματα μέσω των ραδιοφάρων και πρέπει να περιμένει εφόσον το σήμα είναι κόκκινο.



Εικόνα 2.3: Σχηματική παράσταση του ETCS Επιπέδου 1: Ο οδηγός λαμβάνει μηνύματα σημειακά από τους ραδιοφάρους μέσω του LEU, και πρέπει να περιμένει όσο το σήμα είναι κόκκινο (Πηγή : ERTMS)

Τρόπος Λειτουργίας

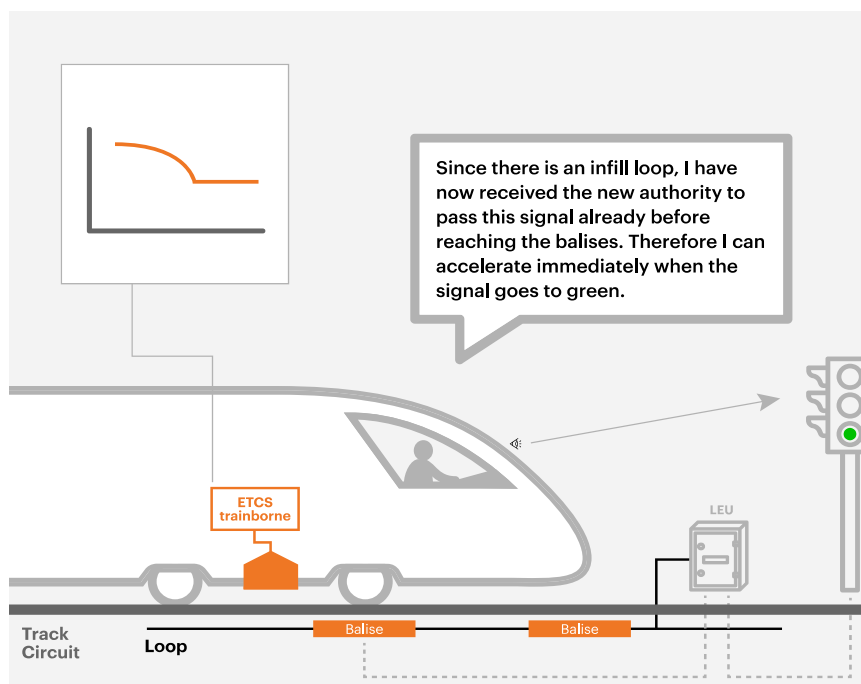
Με τη διέλευση της αμαξοστοιχίας από μία ομάδα ραδιοφάρων αυτή λαμβάνει μήνυμα συντιθέμενο από τηλεγράφημα με την εκάστοτε ένδειξη του φωτοσήματος που είναι συνδεδεμένο με τους ραδιοφάρους (μέσω του LEU) καθώς και τις ενσωματωμένες πληροφορίες στους ραδιοφάρους που αφορούν στα χαρακτηριστικά της γραμμής. Λαμβάνοντας το τηλεγράφημα ο υπολογιστής της κινητήριας μονάδας υπολογίζει, με τα στοιχεία του οδομέτρου και των χαρακτηριστικών του συρμού (βάρος, μήκος, πέδη), την ασφαλή ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει ο συρμός και την υποδεικνύει κατάλληλα στο μηχανοδηγό. Εάν ο Μηχανοδηγός δεν ανταποκριθεί έγκαιρα στις «εντολές» του εποχούμενου συστήματος, το σύστημα παρεμβαίνει, (κλείσιμο του επιταχυντή, επιβολή ήπιας πέδησης) με σκληρότερο μέτρο παρέμβασης την ακαριαία πέδηση, όταν ο μηχανοδηγός έχει υπερβεί την οροφή επιβολής της ή όταν ο εποχούμενος εξοπλισμός δε διαθέτει διασύνδεση με την υπηρεσιακή πέδη.

Με άλλα λόγια, μέσω του παρατρόχιου εξοπλισμού, επαναλαμβάνεται η εντολή των φωτοσημάτων εντός του θαλάμου οδήγησης και επιβάλλεται στη συνέχεια, μέσω του εποχούμενου εξοπλισμού, η συμμόρφωση του μηχανοδηγού προς αυτά. Ως εκ τούτου, το ETCS – Επίπεδο 1 είναι ένα σύστημα που μπορεί να προστεθεί στο

υπάρχον παρατρόχιο σύστημα σηματοδότησης, χωρίς να απαιτείται η ανακαίνιση ή η αναβάθμισή του.

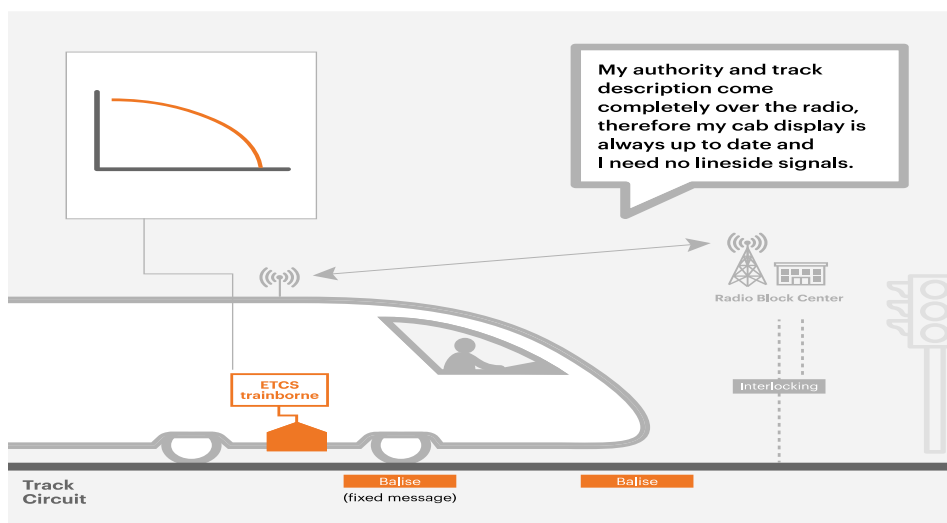
Το ETCS-1 όπως γίνεται αντιληπτό από την περιγραφή που προηγήθηκε, είναι κατά βάση ένα σημειακό σύστημα προστασίας και η λειτουργία του θυμίζει τη λογική του Indusi / PZB. Η μετάδοση όμως των δεδομένων γίνεται μόνο στα σημεία όπου υπάρχουν ραδιοφάροι.

Αυτό αποτελεί και το βασικό μειονέκτημα του ETCS Επιπέδου 1, καθώς ο εποχούμενος εξοπλισμός δεν μπορεί να ανταποκριθεί σε αλλαγές των φωτοσημάτων που λαμβάνουν χώρα όταν ο συρμός βρίσκεται μεταξύ των ραδιοφάρων. Έτσι, ένας συρμός που προσεγγίζει ένα κλειστό φωτόσημα είναι υποχρεωμένος να σταματήσει πριν από αυτό, ακόμη και εάν ο Μηχανοδηγός το δει, από απόσταση, να ανοίγει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλούνται άσκοπες καθυστερήσεις στην κίνηση των συρμών και να προκαλείται σύγχυση στους Μηχανοδηγούς. Για να μειωθούν αυτά τα προβλήματα, στο σύστημα μπορεί να προβλεφθεί, κάποια μορφή «ημι-συνεχούς» μεταφοράς δεδομένων, όπως η χρήση ενδιάμεσων ραδιοφάρων ή βρόχου ή, τέλος, Μονάδων Ασύρματης Ενδιάμεσης Επικοινωνίας, με ανάλογη αύξηση του κόστους εγκατάστασης του συστήματος ελέγχου. Αυτό ακριβώς απεικονίζει και η Εικόνα 2.4 δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο ο μηχανοδηγός λαμβάνει την πληροφορία με αποτέλεσμα περνώντας τον τελευταίο ραδιοφάρο και αναλόγως το χρώμα του φωτοσήματος να του επιτραπεί η συνέχιση της πορείας του ή η ακινητοποίησή του.



Εικόνα 2.4: Απεικόνιση ETCS Επιπέδου 1: Ο οδηγός λαμβάνει μηνύματα μέσω ημι-συνεχούς μετάδοσης από βρόχο ή ενδιάμεσους ραδιοφάρους, οι οποίοι ανανεώνουν την Άδεια Πορείας, προτού ο συρμός φτάσει στον τελευταίο ραδιοφάρο, έτσι μπορεί να αναπτύξει ξανά ταχύτητα, εφόσον το φωτόσημα είναι πράσινο (Πηγή : ERTMS)

2.2.2.3 Επίπεδο 2 του ECTS



Εικόνα 2.5: Απεικόνιση ECTS Επίπεδο 2: ο οδηγός λαμβάνει μηνύματα χωρίς να απαιτείται πλευρική ηλεκτρική σηματοδότηση. Η Άδεια Πορείας επιδίδεται μέσω του ασύρματου συστήματος τηλεπικοινωνιών GSM-R και η θέση του συρμού δίνεται από τους ραδιοφάρους. (Πηγή : ERTMS)

Ο σχεδιασμός του συστήματος ECTS επιπέδου 2 μπορεί να λειτουργήσει και στις γραμμές στις οποίες δεν υπάρχει παράπλευρη ηλεκτρική σηματοδότηση. Η μετάδοση των δεδομένων εξασφαλίζεται μέσω ραδιοκυμάτων (GSM-R) κατά μήκος της γραμμής (Εικόνα 2.5). Ο εντοπισμός της τοποθεσίας των συρμών πραγματοποιείται με εξοπλισμό επί της γραμμής και πιο συγκεκριμένα με κυκλώματα γραμμής ή με μετρητές αξόνων. Οι πληροφορίες γίνονται εμφανείς στον μηχανοδηγό με σηματοδότηση μέσα στον θάλαμο οδήγησης (cab signaling)

Το ECTS επιπέδου 2 επιλέγεται στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ήδη στην σιδηροδρομική γραμμή παράπλευρη ηλεκτρική σηματοδότηση. Με την εγκατάσταση όμως του συγκεκριμένου επιπέδου η γραμμή εξοπλίζεται με πλευρική ηλεκτρική σηματοδότηση. Τα σιδηροδρομικά οχήματα πρέπει και αυτά να είναι εφοδιασμένα με τον εξοπλισμό του ECTS επιπέδου 2. Τα οχήματα που λειτουργούν σε γραμμές με άλλο σύστημα ελέγχου πρέπει να είναι εξοπλισμένα με τις κατάλληλες συσκευές. Αν η γραμμή είναι εξοπλισμένη με το ECTS επιπέδου 1 τότε δεν μπορεί να γίνει αναβάθμιση στο ECTS επιπέδου 2. Αντιθέτως αυτή η αναβάθμιση μπορεί να γίνει στον εξοπλισμό του συρμού (Χατζηκωσταντίνου 2018).

Τρόπος Λειτουργίας

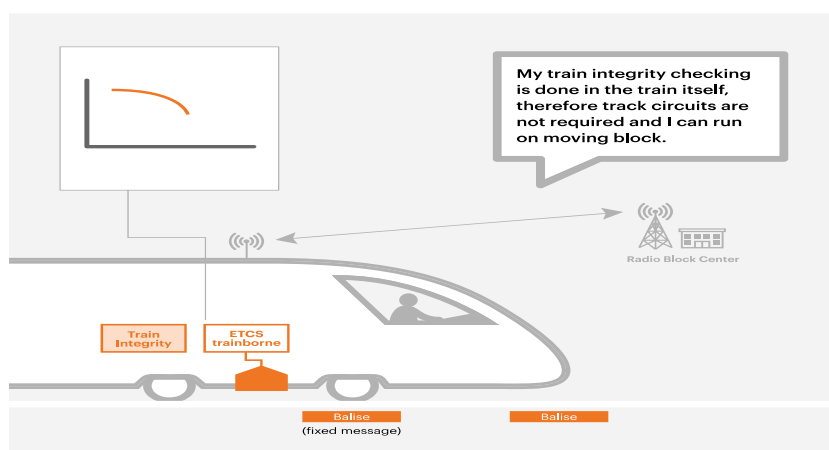
Σε σχέση με το Επίπεδο 1, στο Επίπεδο 2 :

➤ Το παρατρόχιο σύστημα σηματοδότησης περιορίζεται στη χάραξη διαδρομών σύμφωνα με την κατάσταση των κυκλωμάτων ανίχνευσης (ελευθερία ή κατάληψη)

και τις εντολές που δίνονται από το χειριστή του συστήματος αλληλεξαρτήσεων. Τα στοιχεία από τα τοπικά συστήματα αλληλεξαρτήσεων και αποκλεισμού διαβιβάζονται στο ασύρματο κέντρο αποκλεισμού.

- Η επίδοση των Αδειών Πορείας γίνεται από το ασύρματο κέντρο αποκλεισμού προς τις αμαξοστοιχίες που βρίσκονται στην περιοχή της δικαιοδοσίας του με βάση τα στοιχεία που λαμβάνει από τα τοπικά συστήματα αλληλεξαρτήσεων.
- Οι συρμοί που είναι εξοπλισμένοι με τον πλήρη εξοπλισμό ETCS δεν λαμβάνουν εντολές μέσω φωτοσημάτων. Οι εντολές (ελεύθερη πορεία, μείωση ταχύτητας, οφειλόμενη ταχύτητα, ακινητοποίηση) επιδίδονται μέσω του ασύρματο κέντρο αποκλεισμού απευθείας στο θάλαμο οδήγησης.
- Έτσι ο όγκος του παρατρόχιου εξοπλισμού (φωτοσημάτων και των καλωδιώσεων τους κλπ) μειώνεται. Ωστόσο, εάν προβλέπεται κυκλοφορία και μη εξοπλισμένων με ETCS Επιπέδου 2 μονάδων, τότε είναι υποχρεωτικό να υπάρχουν κάποια φωτοσήματα τουλάχιστον για την κάλυψη των σταθμών.
- Ως σύστημα συνεχούς ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ ασύρματο κέντρο αποκλεισμού και συρμών, το ETCS Επιπέδου 2 δεν έχει καμία αρνητική επίπτωση στη χωρητικότητα της γραμμής: Η απελευθέρωση ενός κυκλώματος ανίχνευσης, που έχει ως αποτέλεσμα την ανανέωση της Άδειας Πορείας για τον συρμό που ακολουθεί, μεταδίδεται αμέσως στο συρμό και έτσι αποφεύγεται η παροδική και άσκοπη ελάττωση της ταχύτητάς τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για γραμμές υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου ή/και υψηλών ταχυτήτων.

2.2.2.4 Επίπεδο 3 του ECTS



Εικόνα 2.6: Απεικόνιση ECTS επίπεδο 3: η Άδεια Πορείας επιδίδεται μέσω του ασύρματος συστήματος τηλεπικοινωνιών GSM-R, η θέση του συρμού δίνεται από τους ραδιοφάρους, ο έλεγχος της ακεραιότητας του τρένου γίνεται από το ίδιο το τρένο και το τρένο κινείται σε κινούμενο μήκος αποκλεισμού. (Πηγή : ERTMS)

Το ECTS επιπέδου 3 αποτελεί την εξέλιξη του ECTS επιπέδου. Η τοποθεσία του συρμού φαίνεται συνεχώς μέσω ραδιοκυμάτων και η ακεραιότητα του συρμού ελέγχεται με συσκευή επί του οχήματος. Συνεπώς δεν είναι απαραίτητες οι συσκευές ανίχνευσης των συρμών. Η μετάδοση δεδομένων εξασφαλίζεται μέσω του συστήματος GSM-R κατά μήκος της γραμμής. Ο εντοπισμός της θέσης του συρμού πραγματοποιείται από τον ίδιο τον συρμό με εξοπλισμό που βρίσκεται πάνω στο όχημα χωρίς την βοήθεια εξοπλισμού που βρίσκεται πάνω στην σιδηροδρομική γραμμή (Εικόνα 2.6). Τα δεδομένα θέσης του συρμού καταχωρούνται στο σύστημα επεξεργασίας δεδομένων του υποσυστήματος ελέγχου-χειρισμού. Όλες οι απαραίτητες πληροφορίες γίνονται γνωστές στον μηχανοδηγό με σηματοδότηση μέσα στον θάλαμο οδήγησης (cab signaling).

Τρόπος λειτουργίας

➤ Στο Επίπεδο 3 του ETCS (ETCS Level 3) ο σχεδιασμός του αλλάζει σε σχέση με το Επίπεδο 2 όσον αφορά την ανίχνευση της θέσης των συρμών και την ακεραιότητα του συρμού.

➤ Συγκεκριμένα ο συρμός αποστέλλει διαρκώς τη θέση του και την επιβεβαίωση της ακεραιότητάς του στο Ασύρματο Κέντρο Αποκλεισμού (RBC), μέσω του GSM-R. Το RBC χρησιμοποιεί τις πληροφορίες σχετικά με τη θέση των συρμών και την κατάσταση του εξοπλισμού γραμμής, για να υπολογίσει τις Άδειες Πορείας των συρμών που βρίσκονται στην περιοχή ελέγχου του. Ο χειρισμός των κινητών στοιχείων της γραμμής (π.χ. των αλλαγών) γίνεται από τοπικά συστήματα αλληλεξαρτήσεων, συνδεδεμένα με το RBC.

➤ Επιπλέον, δεν είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός της γραμμής σε σταθερά τμήματα αποκλεισμού. Αντίθετα εφαρμόζει την τεχνική των «κινούμενων τμημάτων αποκλεισμού» στα οποία η απόσταση μεταξύ διαδοχικών συρμών είναι το μήκος πέδησης τους συν μία ελάχιστη απόσταση ασφαλείας (overlap) μήκους περίπου 50m.

Σε σχέση με το Επίπεδο 2, στο Επίπεδο 3:

Τα τρένα έχουν τη διαμόρφωση του Επιπέδου 2 και επιπλέον διαθέτουν σύστημα ελέγχου ακεραιότητας. Μέχρι στιγμής ένα αποδεκτό και ασφαλές σύστημα ελέγχου ακεραιότητας δεν έχει βρεθεί. Ο εξοπλισμός γραμμής περιορίζεται σε Ραδιοφάρους για τον προσδιορισμό της θέσης και τη διόρθωση του Οδομέτρου. Αντί της ανίχνευσης γίνεται προσδιορισμός της θέσης των αμαξοστοιχιών μέσω της μετάδοσης στο Ασύρματο Κέντρο Αποκλεισμού των δεδομένων που εκπέμπονται από τους συρμούς. Το επίπεδο 3 δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί σαν τεχνολογία και συνεπώς δεν έχει εφαρμοσθεί ακόμα στην πράξη (Χατζηκωσταντίνου 2018).

Κεφάλαιο 3

Τεχνικές Διερεύνησης Ατυχημάτων

3.1 Σκοπός διερεύνησης ατυχημάτων

Η ανάλυση ατυχημάτων, δυστυχημάτων και παρολίγον ατυχημάτων θεωρείται πολύ χρήσιμη και αναγκαία διότι φανερώνει ανεπάρκειες και παθογένειες στον τρόπο σχεδιασμού και λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης ασφάλειας (ΣΔΑ) της κάθε διαδικασίας. Το κάθε ατύχημα χαρακτηρίζεται από το εναρκτήριο γεγονός το οποίο συμβαίνει ξαφνικά σε μία στιγμή όπου το σύστημα λειτουργεί υπό κανονικές συνθήκες. Εάν αυτό το γεγονός δεν ελεγχθεί άμεσα το σύστημα θα βρεθεί σε μία ανεξέλεγκτη κατάσταση. Η πραγματοποίηση όμως του εναρκτηρίου γεγονότος σημαίνει ότι δεν είχε προβλεφθεί ή ότι δεν είχαν ληφθεί μέτρα ασφαλείας για αυτό. Κατά πλειοψηφία τα ατυχήματα δεν προκαλούνται από μοναδικό παράγοντα αλλά από συνδυασμό αρκετών παραγόντων. Το κάθε ατύχημα βέβαια, χαρακτηρίζεται από μοναδικό συνδυασμό συνθηκών το οποίο το προκάλεσαν. Παρόλα αυτά οι μέθοδοι που θα αναλυθούν παρακάτω εξετάζουν όλα τα ατυχήματα με την ίδια λογική (η οποία διαφέρει σε κάθε μέθοδο) ανεξαρτήτως την πολυπλοκότητά τους, τον εργασιακό τομέα και τον συνδυασμό παραγόντων που προκαλούν το ατύχημα.

3.2 Κατηγορίες τεχνικών διερεύνησης ατυχημάτων

Η διερεύνηση των ατυχημάτων δεν εξαρτάται μόνο από τις πηγές και τα δεδομένα πληροφόρησης που υπάρχουν για το κάθε ατύχημα αλλά και από το νοητικό μοντέλο του μελετητή. Με βάση αυτό ο κάθε μελετητής θα ερμηνεύσει με διαφορετικό τρόπο τα ίδια δεδομένα εστιάζοντας είτε στην χρονική σειρά των γεγονότων από όπου προήλθε το ατύχημα, είτε στα λάθη και τις αστοχίες κατά την διαχείριση των γεγονότων, είτε σε πιο αναλυτικές αιτίες ατυχημάτων (όπως για παράδειγμα οι συνθήκες εργασίας). Παρακάτω αναφέρονται οι κατηγορίες διερεύνησης ατυχημάτων :

- Ανάλυση της ακολουθίας των γεγονότων και ενεργειών (STEP)
- Ανάλυση των ανθρώπινων λαθών και συνθηκών εργασίας
- Ανάλυση της διοίκησης των τεχνοοικονομικών συστημάτων

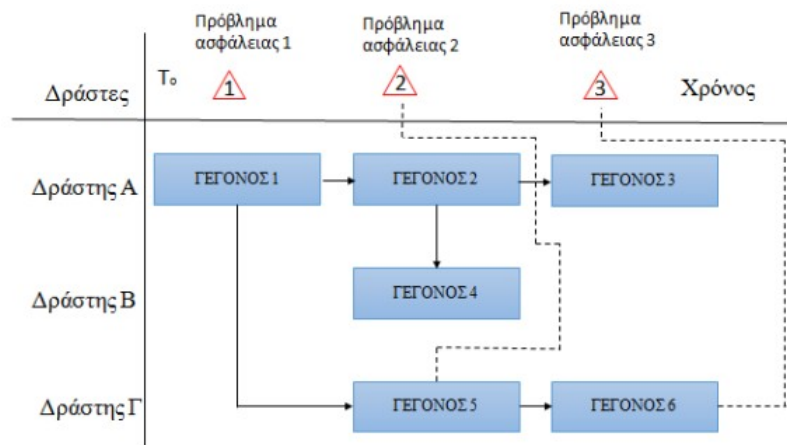
3.2.1 Ανάλυση της ακολουθίας των γεγονότων και ενεργειών (Sequential Time & Event Plotting)

Σε αυτές τις τεχνικές η αρχική ενέργεια είναι ο προσδιορισμός της χρονικής σειράς των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα. Με βάση αυτή την σειρά ανακαλύπτονται οι ενέργειες οι οποίες έγιναν κατά διάρκεια των γεγονότων αυτών και απέτυχαν να αποτρέψουν το ατύχημα. Στην μέθοδο STEP θεωρείται ότι το ατύχημα δεν είναι αποτέλεσμα μιας γραμμικής σύνδεσης γεγονότων αλλά ότι είναι

ένα δίκτυο παράλληλων ενεργειών που πραγματοποιούνται από διαφορετικά πρόσωπα και συστήματα. Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου προβλέπεται η χρήση ενός φύλλου εργασίας στο οποίο καταγράφονται τα γεγονότα με την μορφή ενός διαγράμματος ροής. Στο διάγραμμα αυτό στις γραμμές είναι τοποθετημένοι οι δράστες που συμμετείχαν στο κάθε γεγονός ανεξάρτητα από το πόσο συχνά ή σπάνια ενέργησαν κατά την διάρκεια της εξέλιξης του συμβάντος και στις στήλες είναι τοποθετημένες οι διαφορετικές κρίσιμες χρονικές στιγμές. Ονομάζεται φύλλο εργασίας διότι κατά την διάρκεια της διερεύνησης πραγματοποιούνται αλλαγές και αναπτύσσεται διαδοχικά, ενώ έχει την μορφή ενός πίνακα με γραμμές και στήλες. Με βάση αυτόν τον τρόπο οργάνωσης των γεγονότων είναι πιο εύκολο να παρακολουθηθούν οι ενέργειες του κάθε δράστη στο χρονικό διάστημα εξέλιξης του συμβάντος. Επίσης είναι και πιο εύκολο να βρεθούν τα πιο κρίσιμα γεγονότα που καθόρισαν το αποτέλεσμα του ατυχήματος. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι δυναμική το οποίο σημαίνει ότι οι ερευνητές έχουν την δυνατότητα να αλλάζουν πολλές φορές την σειρά των γεγονότων έως ότου βεβαιωθούν για την σειρά τους με βάση τις πληροφορίες και τις μαρτυρίες που κατέχουν. Συνεπώς το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου STEP είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί δυναμικά από ερευνητές που εργάζονται ομαδικά και χρησιμοποιούν ένα μεγάλο πίνακα για να αναπαραστήσουν τις σειρές των γεγονότων. Στα Σχήματα 3.1 και 3.2 φαίνονται παραδείγματα φύλλων εργασίας STEP (Κοντογιάννης 2021).



Σχήμα 3.1 : Φύλλο εργασίας STEP (Πηγή : Κοντογιάννης 2021)



Σχήμα 3.2: Φύλλο εργασίας STEP με πρόβλημα ασφάλειας (Πηγή : Κοντογιάννης 2021)

3.2.2 Ανάλυση ανθρωπίνων λαθών και συνθηκών εργασίας

Η τεχνική STEP όπως αναλύθηκε και παραπάνω προσδιορίζει κάποιες μηχανικές αστοχίες και ανθρώπινα λάθη αλλά δεν αναλύει περαιτέρω τους μηχανισμούς των λαθών και τις καθυστερημένες διορθωτικές κινήσεις οι οποίες αν δεν καθυστερούσαν θα μπορούσαν να αποτρέψουν το ατύχημα. Για την αναλυτική μελέτη αυτών των παραγόντων καθώς και των εργασιακών παραγόντων που συνέβαλλαν στην εξέλιξη του ατυχήματος χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές που βασίζονται στην θεωρία των φραγμών σε βάθος. Αυτές οι τεχνικές είναι το Δένδρο Αστοχιών και το Διάγραμμα Μεταβλητότητας.

3.2.2.1 Ανάλυση Δέντρων Αστοχιών

Η τεχνική των δένδρων αστοχιών χρησιμοποιείται τόσο για την πρόβλεψη επικίνδυνων γεγονότων όσο και για την ανάλυση ανεπιθύμητων συμβάντων. Τα δένδρα αστοχιών αναλύουν τις σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών γεγονότων και φανερώνουν μια λογική αλληλουχία βασικών γεγονότων τα οποία είναι αναγκαία για να προκαλέσουν ένα επικίνδυνο γεγονός (κορυφαίο – βασικό γεγονός).









Σχήμα 3.3: Δενδροειδής ανάλυση αστοχιών (Πηγή : Μερταράκη 2021)

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για την διαχείριση ασφάλειας σε επιχειρήσεις με στόχο της ποσοτικοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης μιας αστοχίας. Ένα από τα πλεονεκτήματά της είναι ότι έχει την δυνατότητα να προβλέψει γρήγορα πιθανά ατυχήματα. Επιπλέον μπορεί να προβλέψει τις πιθανότερες αιτίες σε μία ενδεχόμενη κατάρρευση του συστήματος (Κοντογιάννης 2021).

Τα δένδρα αστοχιών αποτελούνται από τα παρακάτω στοιχεία :

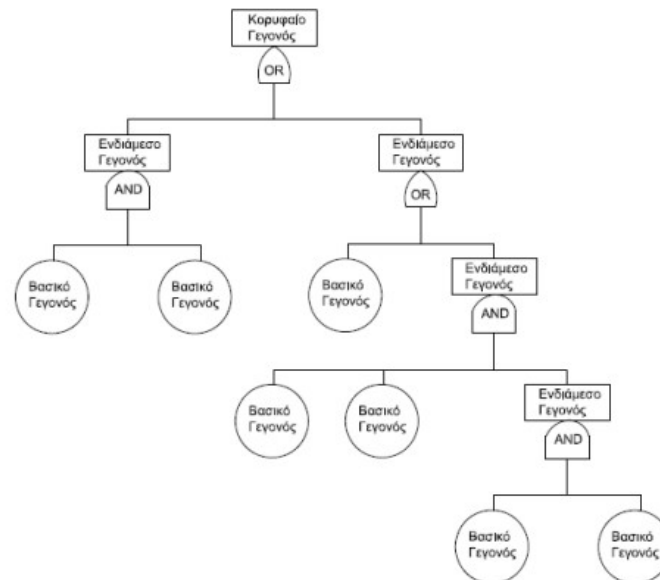
- **Βασικό γεγονός (basic event):** βρίσκονται στη κατώτερη βαθμίδα του δέντρου αστοχιών και για αυτό τοποθετείται στη βάση αυτού και δεν απαιτείται περαιτέρω ανάλυση.
- **Πρωτογενές γεγονός (primary event):** είναι το γεγονός στο οποίο οφείλεται η δυσλειτουργία του συστήματος και προέρχεται από κάποιο χαρακτηριστικό του ίδιου στοιχείου του συστήματος (ενδογενές).
- **Δευτερογενές γεγονός (secondary event):** τα γεγονότα που προκαλούνται από εξωτερικούς παράγοντες.
- **Κορυφαίο γεγονός (top event):** βρίσκονται στην κορυφή του δέντρου, η ανάλυση του οποίου μας οδηγεί στη επίλυση του και στη διερεύνηση των αρχικών αιτίων και των γεγονότων που οδηγούν σ' αυτό το ανεπιθύμητο γεγονός

	<i>Βασικό γεγονός: ένα σφάλμα ή μια αποτυχία του εξοπλισμού που δεν απαιτεί επιπλέον περιγραφή.</i>
	<i>Ενδιάμεσο γεγονός: αναπαριστά ένα λανθασμένο γεγονός που προκύπτει από τις αλληλεπιδράσεις άλλων γεγονότων.</i>
	<i>Μη ανεπτυγμένο γεγονός: δεν εξετάζεται περαιτέρω επειδή δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία.</i>
	<i>Εξωτερικό γεγονός: αναπαριστά μια συνθήκη ή ένα γεγονός που υποτίθεται ότι υπάρχει ως μια οριακή συνθήκη για το δέντρο αστοχιών.</i>
<div>OUT</div>  <div>IN</div> 	<i>Σύμβολα μεταφοράς που υποδηλώνουν ότι το δέντρο αστοχιών αναπτύσσεται περαιτέρω σε άλλη σελίδα.</i>

Πίνακας 3.1: Σύμβολα περιγραφής γεγονότων στο δένδρο αστοχιών (Πηγή : Κοντογιάννης 2021)

Υπάρχουν δύο είδη πυλών τα οποία συνδέουν τα γεγονότα του συμβάντος :

1. **Πύλη ΚΑΙ (AND Gate):** η πύλη αυτή χρησιμοποιείται για να ενώσει το κορυφαίο γεγονός στο Δέντρο Αστοχιών με όλες τις απαραίτητες αιτίες.
2. **Πύλη Ή (OR Gate):** η πύλη αυτή χρησιμοποιείται για να ενώσει οποιαδήποτε από τις άμεσες αιτίες οδηγούν στο κορυφαίο γεγονός.



Σχήμα 3.4: Διαφορετικά είδη πυλών ανάμεσα στα γεγονότα (Πηγή : Κοντογιάννης 2021)

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται το δέντρο αστοχιών το οποίο αποτελείται από ένα κορυφαίο γεγονός, τέσσερα ενδιάμεσα γεγονότα και επτά βασικά γεγονότα

3.2.2.2 Ανάλυση Διαγραμμάτων Μεταβλητότητας

Όπως και τα δένδρα αστοχιών έτσι και η μέθοδος διαγραμμάτων μεταβλητότητας ανιχνεύει αστοχίες και λάθη σε ένα σύστημα με την διαφορά ότι ξεκινάει από ένα πραγματικό ατύχημα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι το διάγραμμα δεν περιέχει όλα τα κλαδιά που οδηγούν σε πιθανά ατυχήματα αλλά μόνο το κλαδί που οδηγεί στο πραγματικό συμβάν.

Οι βασικές αρχές των διαγραμμάτων μεταβλητότητας είναι :

1. Το ανθρώπινο λάθος προκύπτει ως αποτέλεσμα κάποιων αλλαγών στις ήδη υπάρχουσες συνθήκες εργασίας
2. Η προέλευση ενός ατυχήματος εντοπίζεται σε περιστατικά τα οποία ο μελετητής πρέπει να αναγνωρίσει, προκειμένου να τα αναπαραστήσει σε διάγραμμα με την εφαρμογή καθορισμένων κανόνων όπως :

- 2.1 Η σχέση της αλυσίδας των γεγονότων ($X \rightarrow Y$) δηλώνει ότι αν το X γεγονός δεν είχε πραγματοποιηθεί τότε το Y δεν θα είχε συμβεί.
- 2.2 Η σχέση της συμβολής ($X_1, X_2 \rightarrow Y$) δηλώνει ότι αν τα δύο γεγονότα (X_1, X_2) δεν είχαν συμβεί τότε και το γεγονός Y δεν θα είχε συμβεί.
3. Οι μεταβλητότητες αντιπροσωπεύουν μόνο ένα υποσύνολο από τις αιτίες που προκαλούν το ατύχημα. Οι μεταβλητότητες που αναπαριστώνται είναι μόνο αναγκαίες συνθήκες για την πρόκληση ενός γεγονότος που φαίνεται δεξιά του βέλους αλλά γενικά δεν είναι ικανές συνθήκες.
4. Η κατανόηση των μεταβλητοτήτων χρήζει αναγκαία την ακριβή γνώση των συνθηκών εργασίας ώστε ο μελετητής να αναγνωρίσει κάποια μη σύνηθες γεγονότα
5. Οι σχέσεις μεταξύ των γεγονότων απαιτούν καλή γνώση του συστήματος εργασίας, η οποία δεν χρειάζεται να είναι τόσο εμπειριστατωμένη όσο αυτή που απαιτείται στην ανάπτυξη του δένδρου αστοχιών.

3.2.3 Ανάλυση διοίκησης τεχνοοικονομικών συστημάτων

Με την εξέλιξη και τον εκσυγχρονισμό των συστημάτων παραγωγής και των συστημάτων ασφαλείας έχει αυξηθεί και η πολυπλοκότητα διερεύνησης των αιτιών των ατυχημάτων. Από αυτό το γεγονός εύλογα συμπεραίνεται ότι δεν είναι αρκετή η ανάλυση της σύνδεσης των γεγονότων και είναι αναγκαία η εμβάθυνση στους κοινωνικο-τεχνικούς παράγοντες για την διερεύνηση των αιτιών των ατυχημάτων. Οι προηγούμενες κατηγορίες μεθόδων ανάλυσης ατυχημάτων μπορεί να εξετάζουν την επιρροή των συνθηκών εργασίας στην πρόκληση ανθρωπίνων λαθών αλλά δεν επαρκούν για την ανάδειξη του συνδυασμού των εργασιακών και οργανωτικών παραγόντων που υπάρχουν στο σύστημα παραγωγής σε μία ανεξέλεγκτη κατάσταση. Οι δύο τεχνικές οι οποίες θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω και εστιάζουν στις πιθανές αιτίες σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης των συστημάτων είναι η **ACCIMAP** και η **STAMP**.

3.2.3.1 ACCIMAP

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τους Rasmussen και Svedung (2000) και χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών και συστημάτων παραγωγής τόσο του ιδιωτικού όσο και του δημοσίου τομέα. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή για να υπάρχει ασφάλεια σε μία επιχείρηση θα πρέπει να εξετάζονται τόσο οι δραστηριότητες των εργαζομένων, όσο και οι έλεγχοι που ασκούνται από τα ανώτερα και διευθυντικά στρώματα της επιχείρησης. Επίσης είναι σημαντικό να ελεγχθεί η αξιολόγηση και η εποπτεία των Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας από τις αρμόδιες ρυθμιστικές αρχές. Ο έλεγχος όλων των στρωμάτων της επιχείρησης πραγματοποιείται διότι όλα τα επίπεδα εμπλέκονται με κάποιο τρόπο στην διαχείριση ασφάλειας. Για παράδειγμα οι αποφάσεις που λαμβάνονται στα διευθυντικά επίπεδα της επιχείρησης πρέπει να δημοσιεύονται στα χαμηλότερα στρώματα της επιχείρησης έτσι ώστε να διαμορφωθεί το σύστημα παραγωγής διατηρώντας την μέγιστη ασφάλεια. Αντίθετα στα χαμηλότερα επίπεδα της επιχείρησης οι πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του συστήματος πρέπει να

μεταφέρονται στα υψηλότερα στρώματα με σκοπό την λήψη αποφάσεων και την ενημέρωση των που πραγματοποιούνται στο σύστημα παραγωγής. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ των επιπέδων του συστήματος παραγωγής ονομάζεται κάθετη ολοκλήρωση και χωρίς αυτή είναι πολύ εύκολο να χαθεί ο έλεγχος διαδικασιών του συστήματος παραγωγής (Κοντογιάννης 2021). Τα στάδια ανάλυσης που προτείνει η μέθοδος ACCIMAP φαίνονται παρακάτω :

- Μελέτη των καθημερινών εργασιών, όπως εκτελούνται πραγματικά από τους χειριστές, καθώς και των συνθηκών εργασίας που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων και το σχεδιασμό δράσεων.
- Μελέτη των πληροφοριακών αναγκών των χειριστών και των τμηματάρχων, τόσο για τη διεκπεραίωση των εργασιών όσο και για την αξιολόγηση της προόδου των εργασιών και του συντονισμού μεταξύ των τμημάτων (ανάδραση).
- Ανασκόπηση των τρόπων διακίνησης των προφορικών και γραπτών πληροφοριών σε όλες τις κατευθύνσεις στον οργανισμό.
- Ανάλυση της επάρκειας των μέσων για την εκτέλεση των εργασιών, καθώς και των σχεδιαστικών χαρακτηριστικών του συστήματος που μπορεί να διευκολύνουν ή να παρακωλύουν τη διόρθωση των αστοχιών.

Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους για την ανάλυση ατυχημάτων η προσέγγιση αυτή συγκεντρώνει όλους τους παράγοντες που συμβάλουν σε ένα ατύχημα σε ένα συνεκτικό διάγραμμα που απεικονίζει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των παραγόντων φανερώνοντας έτσι και τις προβληματικές περιοχές που πρέπει να εντοπιστούν για την πρόληψη παρόμοιων ατυχημάτων που μπορεί να συμβούν στο μέλλον. Η ανάλυση επικεντρώνεται στον έλεγχο όλων των δραστηριοτήτων του οργανισμού προσπαθώντας να διερευνήσει τα ακόλουθα :

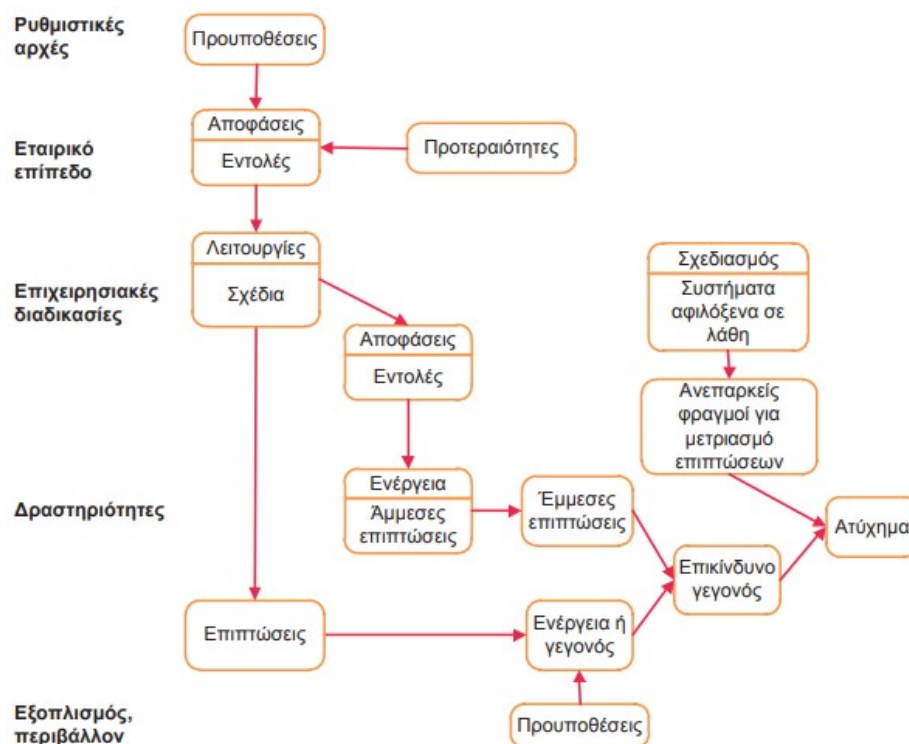
- Τις αποφάσεις και τις δράσεις του προσωπικού σε όλα τα ιεραρχικά επίπεδα του κοινωνικο-τεχνικού συστήματος
- Την οριοθέτηση των περιοχών ευθύνης κάθε εργαζόμενου-προϊστάμενου, καθώς και τον προσδιορισμό των αρμοδιοτήτων που μπορεί να επικαλύπτονται σε ιδιαίτερες συνθήκες
- Την επικοινωνιακή δομή της επιχείρησης που επηρεάζει τον τρόπο διακίνησης των πληροφοριών, τη συχνότητα ανάδρασης, και την προσαρμογή των εντολών από τα ανώτερα κλιμάκια

Το διάγραμμα της ACCIMAP βασίζεται σε μια ιεραρχική ανάλυση του συστήματος που απεικονίζει το σύστημα εργασίας με την χρήση ενός μικρού αριθμού ιεραρχικών επιπέδων τα οποία περιλαμβάνουν :

- **Το επίπεδο των ρυθμιστικών αρχών**, όπου οι νομοθετικές αρχές μετατρέπονται σε κανόνες ασφάλειας και κανονισμούς που ρυθμίζουν τις υποχρεώσεις των επιχειρήσεων και τις ανάγκες των ΣΔΑ.
- **Το εταιρικό επίπεδο**, όπου οι επιχειρήσεις αναπτύσσουν τις πολιτικές ασφάλειας και τα ΣΔΑ για να συμμορφωθούν με τις νομοθετικές υποχρεώσεις

- **Το επίπεδο των επιχειρησιακών διαδικασιών**, όπου οι προϊστάμενοι και οι τμηματάρχες φροντίζουν ώστε οι εργαζόμενοι να εφοδιάζονται με τα κατάλληλα εργαλεία και μέσα εργασίας, τις απαραίτητες δικλείδες ασφαλείας, και τέλος, τις γραπτές οδηγίες για την υποστήριξη της ανθρώπινης αξιοπιστίας. Στο επίπεδο αυτό μοντελοποιούνται οι αποφάσεις/εντολές και οι λειτουργίες/σχέδια των μεσαίων στελεχών που έχουν επιπτώσεις στους εργαζόμενους και στον εξοπλισμό
- **Το επίπεδο των δραστηριοτήτων**, όπου οι εργαζόμενοι ασκούν τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τον έλεγχο των επικίνδυνων γεγονότων
- **Το επίπεδο του εξοπλισμού και του περιβάλλοντος εργασίας**, όπου λαμβάνουν χώρα οι δραστηριότητες με τον κατάλληλο εξοπλισμό και χώρο εργασίας

Το διάγραμμα της ACCIMAP αποτελεί μια χαρτογράφηση των παραγόντων και των συσχετίσεων που έχουν την δυνατότητα να συμβάλουν σε μία σειρά ανεπιθύμητων γεγονότων μέχρις ότου να προκληθεί ένα ατύχημα.



Σχήμα 3.5: Διάγραμμα ACCIMAP με τις ροές αποφάσεων και πληροφοριών που επηρεάζουν την αλληλουχία των γεγονότων στα δύο κατώτερα επίπεδα (Πηγή : Κοντογιάννης 2021)

3.2.3.2 STAMP (System Theoretic Accident Model and Processes)

Η μέθοδος αυτή δημιουργήθηκε από την Nancy G. Leveson και έχει στόχο να αναπτύξει διαδικασίες ελέγχου τόσο του προσωπικού όσο και τεχνολογικού

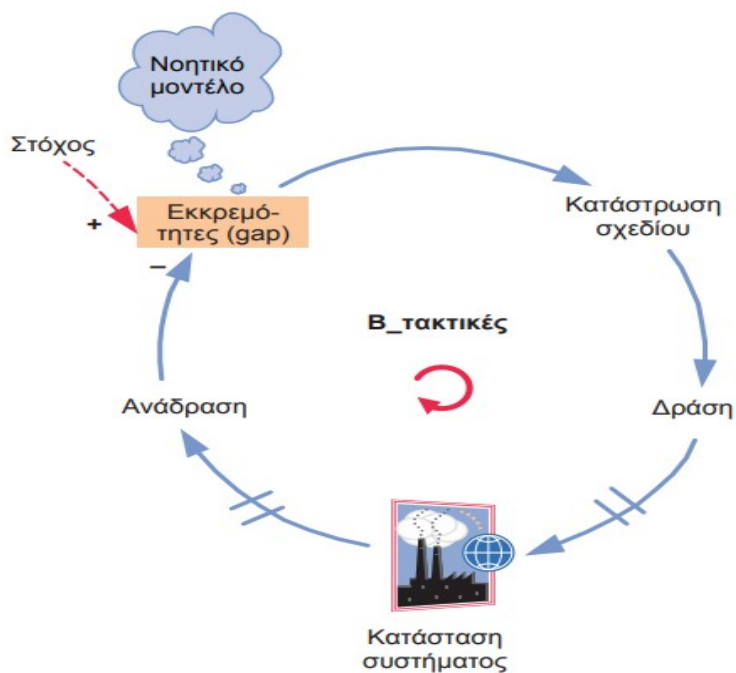
εξοπλισμού ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει σε απροσδόκητα γεγονότα και να οδηγήσει τον μελετητή σε ξεκάθαρα συμπεράσματα. Αυτό το μοντέλο χωρίζει το κοινωνικό – τεχνικό σύστημα σε επίπεδα ελέγχου όπου εξετάζονται οι προβληματικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ στοιχείων και οι προβληματικές αναταραχές.

Τα ατυχήματα θεωρούνται αποτέλεσμα ανεπάρκειας του ελέγχου στα διάφορα ιεραρχικά επίπεδα.

Το κάθε επίπεδο διαθέτει ένα μοντέλο ελέγχου που περιλαμβάνει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνεται το σύστημα, καθώς και τις αρχές, τα εργαλεία και τους μηχανισμούς λήψης αποφάσεων. Το κάθε επίπεδο επικοινωνεί με τα ανώτερα και κατώτερα επίπεδα σε δύο κατευθύνσεις: τον έλεγχο και την ανάδραση. Τα ανώτερα επίπεδα ασκούν έλεγχο με την παροχή οδηγιών, πόρων και πληροφοριών προς τα κάτω, ενώ δέχονται ανάδραση με τη μορφή αναφορών, πληροφοριών και αιτημάτων. Σύμφωνα με την STAMP ένας βρόγχος ελέγχου μπορεί να αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία :

- **Τον στόχο** ο οποίος πρέπει να είναι συμβατός με τις οδηγίες που λαμβάνονται από τα ανώτερα επίπεδα διοίκησης
- **Το νοητικό μοντέλο** που χρησιμοποιείται για την ερμηνεία των πληροφοριών
- **Το σχέδιο δράσης** το οποίο αναπτύσσεται σύμφωνα με τους κανόνες ασφάλειας
- **Η υλοποίηση της δράσης** που γίνεται μέσω των εντολών προς τους υφισταμένους ή απευθείας μέσω πράξεων στον εξοπλισμό
- **Η ανάδραση – ενημέρωση** για την πρόοδο των εργασιών ώστε να γίνει μία ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης του συστήματος και να εκτιμηθεί πόσο κοντά βρισκόμαστε στην επίτευξη του στόχου

Το νοητικό μοντέλο εκφράζεται ως η κατανόηση και η ερμηνεία ενός προβλήματος. Αυτό σημαίνει ότι το νοητικό μοντέλο περιλαμβάνει τις θεωρητικές γνώσεις για την λειτουργία του συστήματος παραγωγής, των γνώση των ορίων ευθύνης για κάθε θέση εργαζομένου αλλά και την γνώση των διαδικασιών συντονισμού στην συνεργασία των εργαζομένων. Βέβαια σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται ότι το νοητικό μοντέλο των εργαζομένων είναι ανεπαρκές, δεν είναι ενημερωμένο για τις πρόσφατες αλλαγές στο σύστημα παραγωγής ή μπορεί να είναι ακόμη και λανθασμένο. Στο Σχήμα 3.6 φαίνεται πως από από το νοητικό μοντέλο ο άνθρωπος φτάνει στο τελικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 3.6: Θεμελιώδης κύκλος σκέψης - δράσης του ανθρώπου
(Πηγή : Κοντογιάννης 2021)

Η πιο σημαντική έννοια της STAMP είναι ο περιορισμός και όχι το γεγονός. Δηλαδή θεωρείται ότι τα ατυχήματα προκύπτουν από ελλείψεις περιορισμών του συστήματος. Στις περισσότερες μεθόδους ανάλυσης ατυχημάτων χρησιμοποιείται για την διερεύνησή τους η χρονική αλληλουχία των γεγονότων. Όμως στην περίπτωση ενός σύνθετου κοινωνικο-τεχνικού συστήματος δεν βοηθούν στην ανάλυση όλων των παραγόντων σε κάθε ιεραρχικό επίπεδο που συνέβαλαν στο ατύχημα. Το σημείο που εστιάζει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι στο σύστημα ελέγχου της επιχείρησης από την υψηλότερη διοικητική θέση έως τους εργαζομένους που βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της παραγωγής. Η μέθοδος STAMP προτείνει ένα συγκεκριμένο σχήμα ταξινόμησης των πιθανών αστοχιών στο έλεγχο των συστημάτων παραγωγής το οποίο είναι εμφανές στον παρακάτω πίνακα.

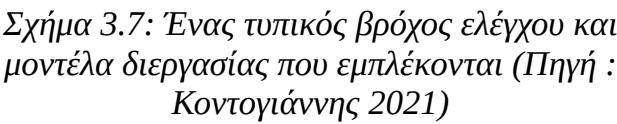
Στοιχεία ελέγχου	Περιγραφή
Στόχοι και αποφάσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Ο στόχος οδηγεί σε παραβάσεις ασφαλείας • Λάθος εκτίμηση προτεραιοτήτων στην επιλογή στόχων • Εστίαση σε ένα μόνον στόχο ή λάθος στην αναθεώρηση
Νοητικό Μοντέλο <ul style="list-style-type: none"> • Ανεπαρκής • Λανθασμένο • Αντιφατικό 	<ul style="list-style-type: none"> • Ελλιπής νοητικό μοντέλο λόγω θεωρητικών γνώσεων • Ανεπαρκής ενημέρωση του μοντέλου για πρόσφατες αλλαγές • Ανεπαρκής αναθεώρηση/προσαρμογή βάσει ανάδρασης που έχει ανακριβή και καθυστερημένα δεδομένα
Κατευθύνσεις και σχέδια δράσης	<ul style="list-style-type: none"> • Αστοχίες στην δημιουργία σχεδίου δράσης • Ανεπαρκής ενημέρωση κανονισμών σε αλλαγές • Ανεπαρκής αναθεώρηση προσαρμογή σχεδίου
Εκτελέσεις Δράσεις (Πράξεις)	<ul style="list-style-type: none"> • Αστοχία στην χρήση χειριστηρίων ελέγχου • Πρόβλημα στην επικοινωνία • Καθυστέρηση • Ανεπαρκής συντονισμός δράσεων μεταξύ χειριστών
Ανάδραση	<ul style="list-style-type: none"> • Παράλειψη απεικόνισης πληροφοριών • Αστοχία ενδεικτικών οργάνων • Πρόβλημα στην επικοινωνία • Καθυστέρηση
Επικοινωνίες	<ul style="list-style-type: none"> • Καθυστερημένη μετάδοση πληροφορίας • Λανθασμένη μετάδοση πληροφορίας • Ανεπαρκή/αδιευκρίνιστη μετάδοση πληροφορίας

Πίνακας 3.2: Αστοχίες σε κύκλους σκέψης - δράσης σε όλα τα ιεραρχικά επίπεδα (Πηγή : Κοντογιάννης 2021)

Συνεπώς με βάση την παρουσίαση της ιεραρχικής δομής του συστήματος ελέγχεται στον κάθε βρόγχο ελέγχου η αλληλεπίδραση που έχει με ανώτερα και τα κατώτερα στρώματα της επιχείρησης. Για να πραγματοποιηθεί ένας έλεγχος συστήματος απαιτούνται τέσσερις συνθήκες οι οποίες φαίνονται παρακάτω :

- Ο ελεγκτής πρέπει να έχει ένα στόχο
- Ο ελεγκτής πρέπει να είναι σε θέση να επηρεάσει την κατάσταση του συστήματος
- Ο ελεγκτής πρέπει να είναι μέρος του συστήματος
- Ο ελεγκτής πρέπει να είναι σε θέση να εξακριβώσει την κατάσταση του συστήματος.

Ένας τυπικός βρόχος ελέγχου ενός συστήματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 3.7)



Κεφάλαιο 4

Διερεύνηση Δυστυχήματος Τεμπών

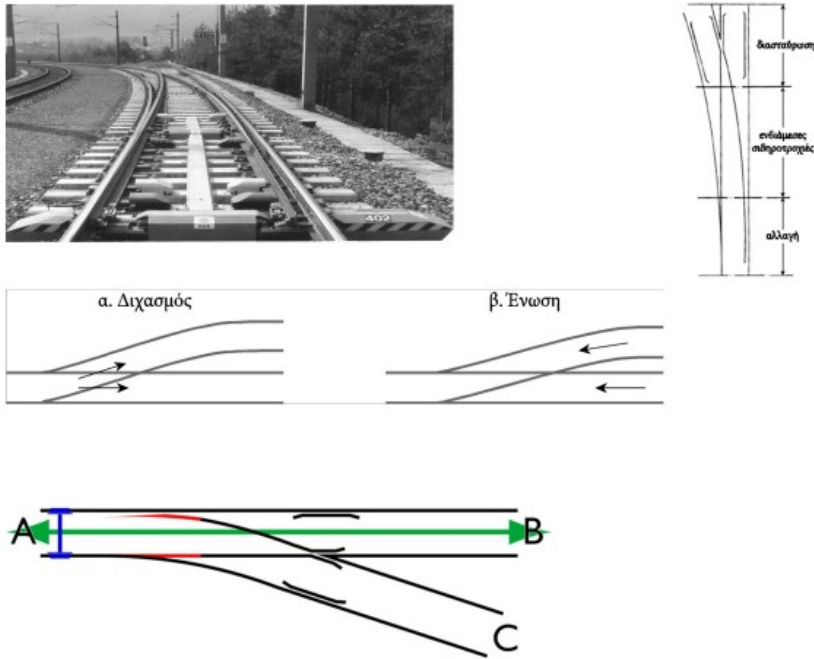
4.1 Σύνοψη περιγραφή του δυστυχήματος

Το σιδηροδρομικό δυστύχημα στα Τέμπη συνέβη στις 28 Φεβρουαρίου 2023 στην περιοχή του Ευαγγελισμού Λάρισας (27,3 χιλιόμετρα βόρεια της Λάρισας) όταν η επιβατική αμαξοστοιχία της εταιρίας Hellenic Train συγκρούστηκε μετωπικά με εμπορευματική αμαξοστοιχία της ίδιας εταιρίας. Πιο συγκεκριμένα στις 23:21 ο επιβατικός συρμός **Intercity 62** ο οποίος εκτελούσε το δρομολόγιο Αθήνα – Θεσσαλονίκη συγκρούστηκε μετωπικά με την εμπορική αμαξοστοιχία **63503** η οποία εκτελούσε το δρομολόγιο Θεσσαλονίκη – Λάρισα. Αποτέλεσμα αυτής της τραγικής σύγκρουσης ήταν ο εκτροχιασμός των συρμών, η ανάφλεξή τους και η επακόλουθη έκρηξη. Αναφέρεται ότι στην αμαξοστοιχία επέβαιναν περισσότεροι από 350 επιβάτες από τους οποίους οι 57 βρήκαν τραγικό θάνατο λόγω της έκρηξης ενώ οι τραυματίες ξεπέρασαν τους 85 με τους 25 από αυτούς να βρίσκονται σε σοβαρή κατάσταση. Το συγκεκριμένο δυστύχημα αναφέρεται ως το πιο πολύνεκρο που έχει συμβεί ποτέ στην Ελλάδα.

4.2 Θεωρητικό υπόβαθρο δομής και λειτουργίας των σιδηροδρομικών μεταφορών

4.2.1 Διακλαδώσεις γραμμής και σύνδεση παράλληλων γραμμών

Διακλάδωση γραμμής αναφέρεται ως ο σχηματισμός επιδομής γραμμής με τον οποίον είναι εφικτό να αλλάξουν γραμμή οχήματα και συρμοί χωρίς να διακοπεί η πορεία τους. Μία διακλάδωση γραμμών επιτυγχάνεται συνδέοντας μία αλλαγή (ψαλίδι ή κλειδί) και μία διασταύρωση (σταυρός) με ένα τμήμα γραμμών από συνήθεις σιδηροτροχιές (ενδιάμεσες σιδηροτροχιές). Πιο συγκεκριμένα η διασταύρωση ή σταυρός είναι το όργανο γραμμής που επιτρέπει την συνάντηση της εσωτερικής σιδηροτροχιάς της μιας γραμμής με την εξωτερική σιδηροτροχιά της άλλης γραμμής με τέτοιο τρόπο ώστε η διέλευση των οχημάτων και των συρμών να γίνεται όσο το δυνατόν πιο ομαλά.



Εικόνα 4.1: Διακλάδωση γραμμών (Πηγή : Πόρισμα επιτροπής εμπειρογνομόνων 2023)

Όταν ο συρμός πηγαίνει να διασχίσει μία διακλάδωση γραμμής υπάρχει ένα ανώτατο όριο ταχύτητας το οποίο δεν πρέπει να υπερβεί έτσι ώστε να μην εκτροχιαστεί και βρεθεί εκτός των σιδηροτροχιών. Το όριο αυτό υπολογίζεται από μία μαθηματική σχέση στην οποία συμπεριλαμβάνονται διάφοροι παράγοντες. Η σχέση αυτή εμφανίζεται παρακάτω :

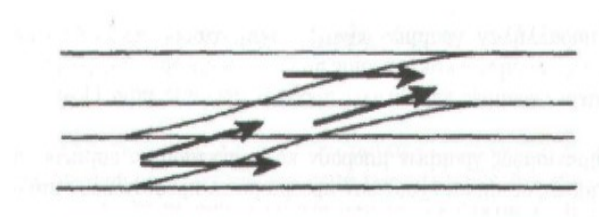
$$V = 0,29 * \sqrt{R * I}$$

όπου **V** : η ταχύτητα διέλευσης αλλαγής σε km/h

R : η ακτίνα αλλαγής σε m

I : η ανεπάρκεια υπερύψωσης σε mm ($I_{\max} = 105$ mm για την περίπτωση του ελληνικού σιδηρόδρομου)

Στην περίπτωση αλλαγής γραμμής του συρμού όταν αυτές είναι παράλληλες χρησιμοποιείται η διαγώνιος (crossover). Πιο αναλυτικά η διαγώνιος είναι ο σχηματισμός επιδομής γραμμής που υλοποιείται χρησιμοποιώντας μία απλή διακλάδωση σε κάθε γραμμή με τέτοιο τρόπο ώστε ο παρεκκλίνων κλάδος να είναι κοινός και για τις 2 διακλαδώσεις.



Εικόνα 4.2: Σύνδεση παράλληλων γραμμών (Διαγώνιος) (Πηγή : Πόρισμα επιτροπής εμπειρογνομόνων 2023)



Εικόνα 4.3: Σύνδεση παράλληλων γραμμών (Διαγώνιος) (Πηγή : Πόρισμα επιτροπής εμπειρογνομόνων 2023)

4.2.2 Τρόπος κυκλοφορίας συρμών στο σιδηροδρομικό δίκτυο

Σε οποιοδήποτε σιδηροδρομικό δίκτυο οι δύο πιο σημαντικοί κίνδυνοι που πρέπει να αποφευχθούν είναι η σύγκρουση δυο αντίθετα κινούμενων συρμών σε γραμμή αμφίδρομης κυκλοφορίας (μετωπική σύγκρουση) και η σύγκρουση δύο διαδοχικών συρμών σε γραμμή μιας ή δύο κατευθύνσεων οι οποίοι κινούνται κατά την ίδια φορά (οπισθομετωπική σύγκρουση). Για την καλύτερη διαχείριση και τον απόλυτο έλεγχο των σιδηροδρόμων η σιδηροδρομική γραμμή χωρίζεται σε τμήματα μέσα από τα οποία κυκλοφορεί το πολύ ένας συρμός. Όταν σε αυτό το τμήμα κυκλοφορεί ένας συρμός τότε αυτό καλείται τμήμα αποκλεισμού. Στην αντίθετη περίπτωση καλείται απλώς ελεύθερο τμήμα. Για να είναι ένα τμήμα ελεύθερο απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο τελευταίος άξονας του συρμού να έχει εγκαταλείψει το τμήμα αυτό ενώ στην περίπτωση όπου τουλάχιστον ένας άξονας βρίσκεται πάνω στο σιδηροδρομικό τμήμα τότε αυτομάτως μιλάμε για τμήμα αποκλεισμού.

4.2.3 Διαχωρισμός και διαχείριση των τμημάτων στον ελληνικό σιδηρόδρομο

Η οριοθέτηση και η διαχείριση της κυκλοφορίας των συρμών γίνεται με την χρήση των παρακάτω οργάνων :

- Με ηλεκτρική πλευρική σηματοδότηση

Στην αρχή και στο τέλος κάθε τμήματος υπάρχει ένα ζεύγος προειδοποιητικού σήματος και ένα ζεύγος κύριου σήματος των οποίων οι ενδείξεις (κίτρινο, πράσινο, κόκκινο) λειτουργούν με αντίστοιχο τρόπο όπως και στο οδικό δίκτυο συμβολίζοντας την παρουσία ή όχι συρμού στο κάθε τμήμα.

- Με συστήματα σηματοδότησης με υποβοήθηση της οδήγησης

Σε ένα δίκτυο στο οποίο υπάρχει ήδη η ηλεκτρική πλευρική σηματοδότηση μπορεί πρόσθετα να εγκατασταθεί ένα σύστημα που βοήθα κυρίως τον μηχανοδηγό στον χειρισμό του συρμού. Μπορεί να του παρέχει πληροφορίες όπως η πραγματική ταχύτητα του συρμού και η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει στο τμήμα όπου κινείται αλλά και να λειτουργήσει ως σύστημα ασφάλειας ακινητοποιώντας τον συρμό σε περιπτώσεις υπέρβασης του ορίου ταχύτητας.

- Με τηλεφωνικό σύστημα αποκλεισμού

Αυτός ο τρόπος διαχείρισης σιδηροδρομικών δικτύων των συρμών εφαρμόζεται σε τμήματα μικρής κυκλοφορίας και πιο συγκεκριμένα σε τμήματα μονής γραμμής αλλά αμφίδρομης κυκλοφορίας. Συνεπώς κάθε τμήμα αυτής της γραμμής οριοθετείται μεταξύ δύο σταθμών οι οποίοι διαχειρίζονται από τους αντίστοιχους σταθμάρχες. Οι σταθμάρχες δηλαδή λειτουργούν όπως η ηλεκτρική πλευρική σηματοδότηση επιτρέποντας ή όχι την διέλευση του συρμού ακολουθώντας ένα

πολύ συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ τους αλλά και μεταξύ των μηχανοδηγών. Τα βήματα που ακολουθούνται στην περίπτωση μονής γραμμής αλλά και αμφίδρομης κυκλοφορίας είναι :

- 1) Αίτηση από το σταθμάρχη του σταθμού Α προς το σταθμάρχη του σταθμού Β για παραχώρηση ελεύθερης γραμμής (δηλαδή αν μπορεί να στείλει τρένο από το σταθμό Α στο σταθμό Β)
- 2) Χορήγηση ελεύθερης γραμμής από το σταθμάρχη του σταθμού Β στο σταθμάρχη του σταθμού Α (δηλαδή ο σταθμάρχης Α μπορεί να στείλει τρένο από το σταθμό Α στο σταθμό Β)
- 3) Αγγελία από το σταθμάρχη του σταθμού Α αναχώρησης συρμού από το σταθμό Α με προορισμό το σταθμό Β
- 4) Αγγελία από το σταθμάρχη του σταθμού Β ότι αφίχθη στο σταθμό Β ο συρμός που είχε προηγουμένως αγγελθεί από το σταθμάρχη του σταθμού Α με προορισμό το σταθμό Β

Στο τέταρτο βήμα ο σταθμάρχης του σταθμού Β πέρα από την αναγγελία άφιξης ελέγχει ότι ο συρμός έχει φτάσει ολόκληρος στον σταθμό χωρίς να έχει αποκοπεί κάποιο βαγόνι του έτσι ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος οπισθομετωπικής σύγκρουσης από κάποιον άλλον διερχόμενο συρμό.

4.2.4 Διαχείριση συρμών κατά την είσοδο και την έξοδό τους από τους σταθμούς

Οι σταθμοί διαθέτουν και αυτοί σηματοδότηση όπως τα τμήματα της σιδηροδρομικής γραμμής και οριοθετούνται από το σημείο εισόδου του συρμού στο σταθμό έως το σημείο εξόδου. Ο σκοπός της φωτισήμανσης και σε αυτή την περίπτωση είναι για την επίτευξη της υψίστης ασφάλειας κατά την παρουσία του συρμού στον σταθμό. Όταν ένας συρμός εισέρχεται ή εξέρχεται από τον σταθμό τότε είναι πολύ πιθανό να διασχίσει κάποιες αλλαγές οι οποίες είναι κατάλληλα διευθετημένες έτσι ώστε ο συρμός να ακολουθήσει μια προκαθορισμένη διαδρομή. Η διευθέτηση αυτών των αλλαγών έτσι ώστε ο συρμός να ακολουθήσει μια συγκεκριμένη διαδρομή ονομάζεται χάραξη διαδρομής. Η χάραξη διαδρομής μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους παρακάτω τρεις τρόπους :

1. Αυτόματα από τον πίνακα τηλεχειρισμού των αλλαγών
2. Χειρωνακτικά από τον σταθμάρχη με χρήση κομβίων από τον πίνακα τηλεχειρισμού των αλλαγών
3. Επί τόπου στην σιδηροδρομική γραμμή από τον κλειδούχο με χρήση ειδικού εργαλείου (Μανιβέλα)

Παρατηρούμε ότι δύο από τους τρεις τρόπους χάραξης διαδρομής χρησιμοποιούν τον πίνακα τηλεχειρισμού και ενδείξεων. Αυτός ο πίνακας υπάρχει σε κάθε σιδηροδρομικό σταθμό και είναι απαραίτητος για την διαχείριση της κυκλοφορίας των συρμών εντός και εκτός των ορίων του σταθμού. Αναλόγως με την γραμμολογία του κάθε σταθμού ο πίνακας αυτός διαφοροποιείται ελαφρώς καθώς

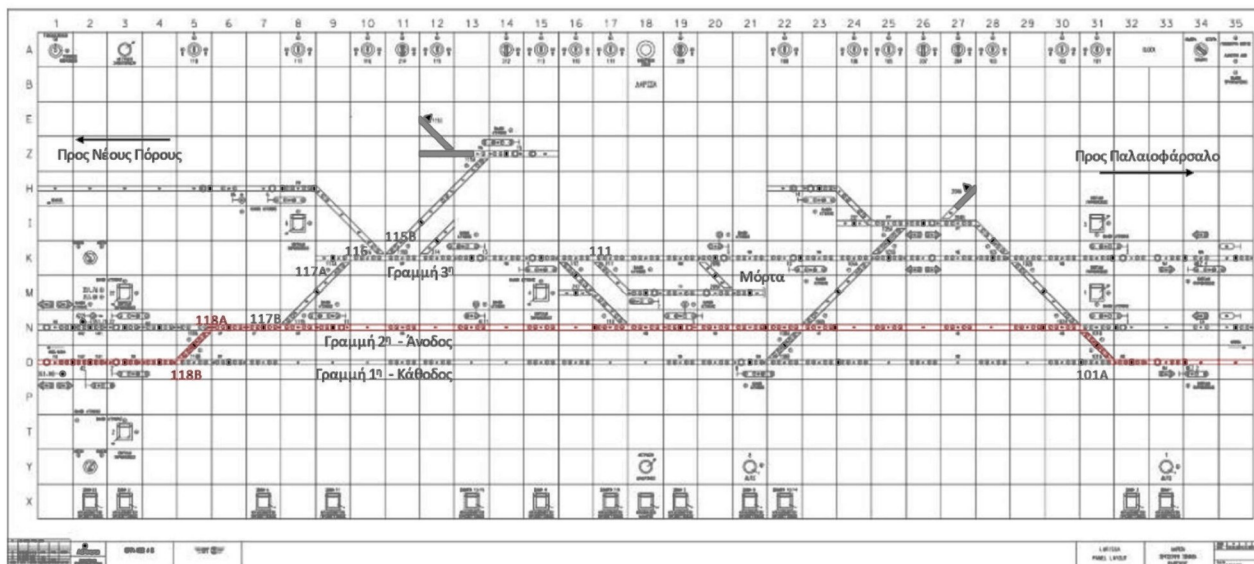
απεικονίζει την σιδηροδρομική γραμμή πριν από τον σταθμό, εντός του σταθμού και μετέπειτα του σταθμού. Παρέχει με φωτεινές ενδείξεις πάρα πολύ βασικές πληροφορίες όπως οι ενδείξεις των φωτοσημάτων, οι θέσεις των αλλαγών, εάν ένα τμήμα σιδηροδρομικής γραμμής είναι τμήμα αποκλεισμού ή όχι καθώς και αν σε ένα τμήμα σιδηροδρομικής γραμμής υπάρχουν βλάβες στο σύστημα σηματοδότησης ή όχι. Πέρα από αυτές τις ενδείξεις αυτός ο πίνακας διαθέτει και διάφορα πλήκτρα χειρισμού (φωτοσημάτων, αλλαγών και άλλων λειτουργιών) όπου μέσω αυτών ο σταθμάρχης μπορεί να πραγματοποιήσει τις κατάλληλες ενέργειες για να γίνει εφικτή η χάραξη των δρομολογίων. Η χάραξη των δρομολογίων διακρίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες στην αυτόματη και στην χειροκίνητη. Η αυτόματη χάραξη δρομολογίων πραγματοποιείται από τον πίνακα τηλεχειρισμού χρησιμοποιώντας τα κομβία (πλήκτρα) της αφετηρίας και τελικού προορισμού. Πατώντας αυτά τα δύο πλήκτρα ταυτόχρονα φαίνεται στον πίνακα τηλεχειρισμού η ακριβής διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει ο συρμός και όλες οι αλλαγές ρυθμίζονται αυτόματα. Αντιθέτως στην χειροκίνητη χάραξη δρομολογίου τις αλλαγές τις ρυθμίζει ο ίδιος ο σταθμάρχης χρησιμοποιώντας και άλλα κομβία που υπάρχουν στον πίνακα τηλεχειρισμού και συνεπώς είναι αυτός που καθορίζει ποια πορεία θα ακολουθήσει η αμαξοστοιχία. Και σε αυτήν την περίπτωση φαίνεται με χρωματική ένδειξη η διαδρομή στην οποία θα κινηθεί ο συρμός. Ένας τέτοιος πίνακας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :



Εικόνα 4.5: Πίνακας τηλεχειρισμού και ενδείξεων (Πηγή : Πόρισμα επιτροπής εμπειρογνομόνων 2023)

4.2.5 Περιγραφή γραμμολογίας σιδηροδρομικού σταθμού Λάρισας και Νέων Πόρων

Ο σιδηροδρομικός σταθμός Λάρισας αποτελείται από έξι σιδηροδρομικές γραμμές από τις οποίες δύο είναι γραμμές κύριας κυκλοφορίας, μία είναι γραμμή απόθεσης και τρεις γραμμές είναι παρακαμπτήριες. Μια απεικόνιση του σιδηροδρομικού σταθμού της Λάρισας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :



Εικόνα 4.6: Σχηματική απεικόνιση σιδηροδρομικού σταθμού Λάρισας (Πηγή : Πόρισμα επιτροπής εμπειρογνομένων 2023)

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα η γραμμή 1 είναι γραμμή καθόδου (δηλαδή με κατεύθυνση από την Θεσσαλονίκη προς την Αθήνα) και η γραμμή 2 είναι γραμμή ανόδου (δηλαδή με κατεύθυνση από την Αθήνα προς την Θεσσαλονίκη). Η γραμμή απόθεσης φαίνεται στην εικόνα ως γραμμή 3.

Το δυστύχημα των Τεμπών που θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω συνέβη στο τμήμα αποκλεισμού που ορίζουν οι σταθμοί της Λάρισας και των Νέων Πόρων. Για τον σιδηροδρομικό σταθμό των Νέων Πόρων είναι γνωστό ότι αποτελείται από τέσσερις γραμμές από τις οποίες δύο είναι οι κύριες (δηλαδή ανόδου και καθόδου).

4.3 Αναλυτική περιγραφή του δυστυχήματος των Τεμπών

Η μετωπική σύγκρουση των δύο συρμών η οποία οδήγησε στο τραγικό δυστύχημα είναι ένα σύνθετο αποτέλεσμα δυσλειτουργιών της σιδηροδρομικής γραμμής, ανθρώπινου λάθους και διάφορων γεγονότων τα οποία προηγήθηκαν του δυστυχήματος. Έχοντας κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο σιδηρόδρομος και τα συστήματα ασφαλείας που μπορεί να διαθέτει (Κεφάλαιο 2) θα προχωρήσουμε σε μία αναλυτική περιγραφή των γεγονότων πριν και μετά την είσοδο των δύο συγκρουόμενων συρμών.

4.3.1 Αλληλουχία γεγονότων πριν την εισαγωγή στο σιδηροδρομικό δίκτυο των συρμών IC 62 και 63503

Στις 28/2/2023 κατά την στάθμευση (στην γραμμή ανόδου) του συρμού IC 56 στον σταθμό Παλαιοφάρσαλου προκαλείται βραχυκύκλωμα και στις δύο γραμμές κύριας κίνησης από την αποκοπή κάποιου αγωγού εναέριας γραμμής του συστήματος ηλεκτροκίνησης. Ο ρυθμιστής έλξης Θεσσαλονίκης ανακοινώνει (στις 15:52) στους

σταθμούς Παλαιοφαρσάλων και Λάρισας ότι το βραχυκύκλωμα είναι μόνιμο και ότι τροφοδοτημένη με ρεύμα είναι μόνο η γραμμή καθόδου (από τις 16:15 και μετά). Από τον συρμό IC 56 αποβιβάζονται όλοι οι επιβάτες (στις 18:00) και μετέπειτα μετονομάζεται ως αμαξοστοιχία 93506 η οποία κατευθύνεται στην Λάρισα μέσω της γραμμής ανόδου με την βοήθεια δύο δηζελάμαξων.

Ο επιβατικός συρμός 2594 αναχωρεί (στις 18:54) από την Λάρισα για Θεσσαλονίκη από την γραμμή ανόδου όμως ένα πρόβλημα που εμφανίζεται στην πέδηση υποχρεώνει τον ίδιο συρμό να ξαναγυρίσει στην Λάρισα (στις 21:30) μέσω εφεδρικής μηχανής που του στάλθηκε. Όπως είναι λογικό σε αυτό το χρονικό διάστημα η κυκλοφορία γίνεται αμφίδρομα μέσω της γραμμής καθόδου. Μετά την επιστροφή του συρμού 2594 στην Λάρισα η κυκλοφορία αποκαθίσταται (πιο συγκεκριμένα στις 21:38) και επομένως η γραμμή ανόδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Έπειτα εισέρχεται ο συρμός IC 63 (στις 21:47) με κατεύθυνση από τον σταθμό των Νέων Πόρων προς τον σταθμό της Λάρισας (άφιξη στην Λάρισα στις 22:12). Εφόσον η κυκλοφορία πραγματοποιείται υπό κανονικές συνθήκες ο συρμός αυτός διασχίζει την γραμμή καθόδου. Η στάθμευση του συρμού αυτού γίνεται στην γραμμή 1 και μέσω αυτόματης χάραξης δρομολογίου ορίζεται η πορεία του από τον σταθμό της Λάρισας προς τον σταθμό Παλαιοφαρσάλων. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο δρομολόγιο χαρακτηρίζεται ως το τελευταίο στο οποίο πραγματοποιήθηκε αυτόματη χάραξη δρομολογίου από τον σταθμό της Λάρισας.

Έπειτα από αυτόν τον συρμό ακολουθεί η αμαξοστοιχία 2597 η οποία εκτελεί το δρομολόγιο Θεσσαλονίκη – Λάρισα. Η αναχώρηση αυτής της αμαξοστοιχίας από τον σταθμό των Νέων Πόρων γίνεται στις 22:14 και η άφιξή του στον σταθμό της Λάρισας είναι στις 22:50. Η διαχείριση αυτού του συρμού στον σταθμό της Λάρισας γίνεται μέσω χειροκίνητης χάραξης (εφόσον η τελευταία αυτόματη χάραξη δρομολογίου έχει πραγματοποιηθεί για τον συρμό IC 63) και συνεπώς ο σταθμάρχης μέσω του πίνακα τηλεχειρισμού θα διευθετήσει κατάλληλα τις αλλαγές 118Α, 118Β, 117Α, 117Β, 115, 116, και 111. Με βάση τον σταθμάρχη της Λάρισας η πορεία αυτής αμαξοστοιχίας εντός του σταθμού της Λάρισας (με βάση την Εικόνα 4.6) ήταν από την γραμμή καθόδου (γραμμή 1) να διέλθει στην γραμμή ανόδου (γραμμή 2) και μετέπειτα να εισέλθει στην γραμμή 3 (μόρτα γραμμή) όπου θα πραγματοποιούταν και η αποβίβαση των επιβατών και συνεπώς η ολοκλήρωση του δρομολογίου. Κατά την υλοποίηση αυτής της διαδρομής η αμαξοστοιχία 2597 πραγματοποίησε οπισθοδρόμηση καθώς κάποια από τις αλλαγές δεν είχε διευθετηθεί σωστά (πιο συγκεκριμένα αναφέρονται οι αλλαγές 115 ή 116).

Πολύ σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι να επισημανθεί ότι μετά την ολοκλήρωση του δρομολογίου 2597 οι αλλαγές ήταν τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε μια αμαξοστοιχία που σταθμεύει στην γραμμή ανόδου και έχει κατευθύνεται προς τον σταθμό των Νέων Πόρων να συναντήσει μπροστά της :

- 1) Την αλλαγή 117B τοποθετημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να διασχίσει ο συρμός έπρεπε να παραβιάσει την συγκεκριμένη αλλαγή από πτέρνη. Αν αυτή η παραβίαση γίνει σε πολύ υψηλές ταχύτητες τότε αυτό μπορεί να συνεπάγεται τον εκτροχιασμό του συρμού. Σε αντίθετη περίπτωση είναι πολύ πιθανόν να καταστραφεί ο μηχανισμός της αλλαγής κάτι το οποίο φαίνεται στον πίνακα τηλεχειρισμού με φωτεινές ενδείξεις.
- 2) Μετά την αλλαγή 117B η αμαξοστοιχία να συναντήσει τις αλλαγές 118A και 118B σε τέτοια θέση ώστε από την γραμμή ανόδου να μετακινηθεί μέσω διαγωνίου και εισέλθει στην γραμμή καθόδου.

4.3.2 Αλληλουχία γεγονότων κατά την είσοδο στο σταθμό της Λάρισας των συρμών IC 62 και 63503 μέχρι και την στιγμή της σύγκρουσης

Η αμαξοστοιχία IC 62 φτάνει στον σταθμό Παλαιοφαρσάλου και κατά την στάθμευσή της αλλάζει το προσωπικό της με αυτό του συρμού IC 63. Έπειτα από καθυστέρηση σχεδόν μιας ώρας αναχωρεί για τον σταθμό της Λάρισας χρησιμοποιώντας την γραμμή καθόδου (γραμμή 2) καθώς μόνο σε αυτήν λειτουργεί η ηλεκτροκίνηση (λόγω βραχυκυκλώματος που έχει προηγηθεί κατά την στάθμευση του συρμού IC 56 στα Παλαιοφάρσαλα). Λίγο πριν εισέλθει στην γραμμολογία του σταθμού της Λάρισας ο μηχανοδηγός ρωτάει τον σταθμάρχη αν μπορεί να εισέλθει και ο σταθμάρχης ύστερα από την επικοινωνία του κλειδούχο του επιβεβαιώνει το αίτημά του. Η επικοινωνία του σταθμάρχη με τον κλειδούχο πραγματοποιήθηκε διότι η αλλαγή 101A η οποία έπρεπε να διασχίσει ο συρμός για να μπει στην γραμμή ανόδου δεν μπορούσε να ρυθμιστεί από τον πίνακα τηλεχειρισμού χρησιμοποιώντας αυτόματη χάραξη αλλά ούτε και με χειροκίνητο τρόπο χρησιμοποιώντας τα κομβία του πίνακα τηλεχειρισμού. Συνεπώς ο IC 62 διέρχεται από την αλλαγή 101A (διαγώνιος που συνδέει τις γραμμές ανόδου και καθόδου) και από την γραμμή καθόδου εισέρχεται στην γραμμή ανόδου όπου και σταθμεύει στην αποβάθρα του σταθμού της Λάρισας και γίνεται επιβίβαση και αποβίβαση των επιβατών. Για να αναχωρήσει η αμαξοστοιχία από τον σταθμό πρέπει να προηγηθεί η χάραξη του δρομολογίου και έπειτα ο σταθμάρχης να αναγγείλει την αναχώρησή του από τον σταθμό. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι με βάση έγγραφη εντολή της Διεύθυνσης κυκλοφορίας του Ο.Σ.Ε. η χάραξη όλων των δρομολογίων των συρμών που διέρχονται από τον σταθμό της Λάρισας πρέπει να γίνεται υποχρεωτικά αυτόματα. Όμως το τελευταίο δρομολόγιο στο οποίο έγινε αυτόματη χάραξη δρομολογίου είναι αυτό του συρμού IC 63 (με κατεύθυνση από την Λάρισα στα Παλαιοφάρσαλα). Συνεπώς η χάραξη δρομολογίου του IC 62 πραγματοποιήθηκε χειροκίνητα μέσω του πίνακα τηλεχειρισμού (μέσω των κομβίων των αλλαγών) από τον σταθμάρχη της Λάρισας. Πιο συγκεκριμένα ο σταθμάρχης της Λάρισας ρύθμισε χειροκίνητα τις αλλαγές 117B, 118A και 118B. Με βάση το δρομολόγιο 2597 η αλλαγή 117B ήταν σε τέτοια θέση έτσι ώστε αν περνούσε ο IC 62 θα είχαμε παραβίαση λόγω πτέρνης. Κάτι τέτοιο όμως δεν έχει αναφερθεί ούτε έχει διαπιστωθεί σαν γεγονός και επομένως η διευθέτηση της αλλαγής αυτής έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε η αμαξοστοιχία να συνεχίσει να κινείται στην γραμμή ανόδου.

Έπειτα από αυτήν αλλαγή ο συρμός συναντά τις αλλαγές 118Α και 118Β. Με βάση το δρομολόγιο 2597 οι αλλαγές αυτές ήταν τοποθετημένες στην διαγώνιο και οι γραμμές ανόδου και καθόδου συνδεόντουσαν. Τα πιθανά ενδεχόμενα τα οποία καθοδήγησαν τον συρμό IC 62 μέσω των αλλαγών 118Α και 118Β από την γραμμή ανόδου στην γραμμή καθόδου είναι:

- 1) Οι αλλαγές να ξεχάστηκαν σε αυτήν θέση από την χάραξη του δρομολογίου 2597
- 2) Οι αλλαγές να ρυθμίστηκαν λάθος στην γραμμή καθόδου
- 3) Ο σταθμάρχης να προσπάθησε να ρυθμίσει σωστά τις αλλαγές αλλά το σύστημα να μην εφάρμοσε τις εντολές του

Στην τελευταία περίπτωση το σύστημα ενημερώνει τον σταθμάρχη ότι η εντολή που έδωσε δεν πραγματοποιήθηκε εμφανίζοντας στον πίνακα τηλεχειρισμού μία φωτεινή ένδειξη. Σε αυτή την περίπτωση η αλλαγή πρέπει να ρυθμιστεί επί τόπου μέσω του κλειδούχου. Μέχρι να ρυθμιστεί η αλλαγή και να τοποθετηθεί στην σωστή θέση ο συρμός πρέπει να μείνει ακινητοποιημένος στον σταθμό σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό Κίνησης. Ο σταθμάρχης αναγγέλλει στον μηχανοδηγό του IC 62 να υπερβεί το κόκκινο φωτόσημα λόγω του ότι η πλευρική ηλεκτρική σηματοδότηση δεν λειτουργεί. Η αναγγελία του σταθμάρχη για την αναχώρηση του συρμού είναι συμβατή με το ότι ο συρμός θα κινηθεί στην γραμμή ανόδου. Στην περίπτωση όπου ο σταθμάρχης ήθελε να αποστείλει την αμαξοστοιχία από την γραμμή καθόδου τότε οι ενέργειες που έπρεπε να κάνει ήταν :

- 1) Στην αναγγελία του προς τον μηχανοδηγό να του αναγγείλει ξεκάθαρα ότι θα κινηθεί στην γραμμή καθόδου
- 2) να συντάξει και αποστείλει με τηλεγράφημα στον μηχανοδηγό του IC 62 αλλά και στον σταθμάρχη των Νέων Πόρων το Δελτίο Ειδοποίησης (Υπόδειγμα 1001) το οποίο όμως χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης

Ο IC 62 αναχωρεί με καθυστέρηση 53 λεπτών (στις 23:04) για τον σταθμό των Νέων Πόρων. Διερχόμενος από τις αλλαγές 118Α και 118Β εισέρχεται στην γραμμή καθόδου. Η εμπορική αμαξοστοιχία αναχωρεί από τον σταθμό των Νέων Πόρων (στις 23:05) προς τον σταθμό της Λάρισας κινούμενη στην γραμμή καθόδου. Η σύγκρουση των 2 αμαξοστοιχιών έγινε 2,6 χιλιόμετρα πριν τον Ευαγγελισμό με τα γνωστά τραγικά αποτελέσματα.

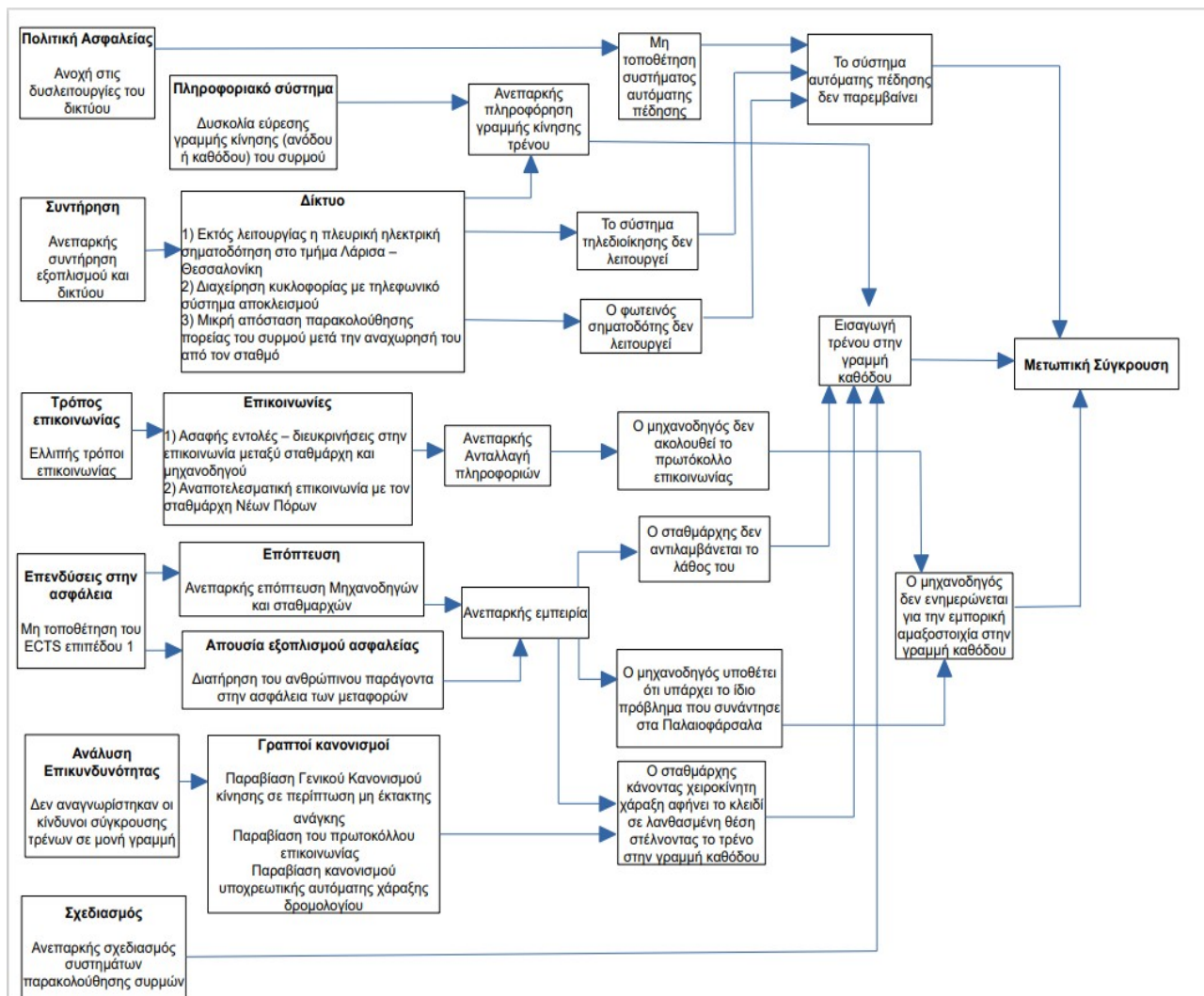
4.4 Ανάλυση του δυστυχήματος με την χρήση τεχνοοικονομικών συστημάτων

Το δυστύχημα των Τεμπών αποτελεί και αυτό με την σειρά του ένα σύνθετο δυστύχημα αφού δεν είναι ξεκάθαρο αποτέλεσμα μιας αιτίας αλλά είναι ένας συνδυασμός πολλών αιτιών. Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3 η χρήση τεχνοοικονομικών συστημάτων για την διερεύνηση ατυχημάτων εξετάζει σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης τις πιθανές αιτίες οι οποίες προκάλεσαν το ατύχημα. Οι δύο

τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω για να εξεταστεί εις βάθος το συγκεκριμένο δυστύχημα είναι η **STAMP** και η **ACCIMAP**.

4.4.1 Ανάλυση του δυστυχήματος με την χρήση της μεθόδου ACCIMAP

Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα της μεθόδου ανάλυσης ατυχημάτων ACCIMAP θα γίνει ξεκάθαρη η αλυσιδωτή σύνδεση των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα με τους εργασιακούς και διοικητικούς παράγοντες των επιχειρήσεων που εμπλέκονται στο δυστύχημα. Στην Εικόνα 4.7 φαίνεται το διάγραμμα που είναι σχεδιασμένο για το δυστύχημα των Τεμπών. Παρατηρώντας το είναι εμφανές ότι οι πιο άμεσες αιτίες είναι πιο κοντά στο τελικό αποτέλεσμα ενώ οι εργασιακοί και οι διοικητικοί παράγοντες είναι στα αρχικά επίπεδα του διαγράμματος. Αυτός ο τρόπος παρουσίασης δίνει την δυνατότητα εμφάνισης όλων των αιτιών που συνέβαλαν στο δυστύχημα καθώς επίσης και την αλληλουχία μεταξύ αυτών. Πιο αναλυτικά στην πρώτη στήλη του διαγράμματος καταγράφονται όλοι οι διοικητικοί παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με τις διευθύνσεις των εμπλεκόμενων επιχειρήσεων και οργανισμών (ΟΣΕ, Hellenic Train, ΡΑΣ). Σε αυτό το πρωταρχικό επίπεδο αναφέρεται η κοινή πολιτική ασφαλείας που είχαν οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί που αποτελούν τον ελληνικό σιδηρόδρομο, η συντήρηση του δικτύου και του εξοπλισμού, οι τρόποι επικοινωνίας μεταξύ των επιχειρήσεων και οργανισμών, οι επενδύσεις που έγιναν για την ενίσχυση της ασφάλειας, η ανάλυση επικινδυνότητας που πραγματοποιήθηκε ώστε να επισημανθεί η σημαντικότητα του κινδύνου της μετωπικής σύγκρουσης συρμών και ο σχεδιασμός των συστημάτων παρακολούθησης συρμών.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα μεθόδου ACCIMAP που αφορά το δυστύχημα των Τεμπών

Προχωρώντας στην δεύτερη στήλη φαίνονται οι εργασιακοί παράγοντες (Πληροφοριακό σύστημα, Κατάσταση δικτύου, Τρόπος επικοινωνίας, Επόπτευση των εργαζόμενων και η παραβίαση των γραπτών κανονισμών) που ελέγχονται από τους επιβλέποντες και προϊσταμένους των σιδηροδρομικών επιχειρήσεων. Από το δεύτερο επίπεδο και έπειτα φαίνεται ο συνδυασμός των γεγονότων και η αναλυτική κατάσταση του δικτύου όπου οδήγησαν στην μετωπική σύγκρουση.

4.4.2 Ανάλυση του δυστυχήματος με την χρήση της μεθόδου STAMP

Από το Κεφάλαιο 3 είναι γνωστό ότι η κοινωνικό – τεχνική μέθοδος ανάλυσης ατυχημάτων STAMP δεν εστιάζει στην χρονική αλληλουχία γεγονότων που προκάλεσαν το ατύχημα αλλά επικεντρώνεται στην ιεραρχική δομή του συστήματος ελέγχου και στον τρόπο με το οποίο τα επίπεδα ελέγχου λειτουργούν μεταξύ τους. Συνεπώς για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε το συστημικό μοντέλο STAMP πρέπει να δημιουργήσουμε την ιεραρχική δομή του συστήματος ελέγχου για το

The diagram illustrates the organizational structure of the Hellenic Railways Administration (OSE) and its interactions with various entities. At the top is the **Ευρωπαϊκός Οργανισμός Σιδηροδρόμων** (European Union), which provides **Κανονισμοί Εποπτεία** (Regulatory Framework) to the **Υπουργείο Μεταφορών** (Ministry of Transport) and the **Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων** (Regulatory Authority for Railways). Both the Ministry and the Regulatory Authority have **Ανάδραση** (Feedback) loops to the EU. The Ministry also issues **Κανονισμοί Συμβάσεις έργων** (Regulations for Work Contracts) to the **Διοικητικό Συμβούλιο ΟΣΕ** (OSE Administrative Board). The Regulatory Authority issues **Κανονισμοί Επιθεωρήσεις Χορήγηση άδειας λειτουργίας και πιστοποιητικού ασφαλείας** (Regulations for Inspections, Issuance of Operating Licenses and Safety Certificates) to the **Διοίκηση Hellenic Train** (Hellenic Train Administration). The Administrative Board and the Hellenic Train Administration have **Ανάδραση** loops to each other and to the Regulatory Authority. The Administrative Board issues **Εποπτεία Επιβλεψη** (Supervision and Oversight) to the **Γενική Διεύθυνση Συντήρησης Δικτύων, Έργων και Κυκλοφορίας** (General Directorate of Network Maintenance, Works and Traffic). The Hellenic Train Administration issues **Εκπαίδευση χειρισμού συρμών και εκμάθηση βασικών χαρακτηριστικών τους** (Training of locomotive operators and learning of their basic characteristics) to the **Μηχανοδηγός τρένου** (Train Driver). The General Directorate issues **Επιβλεψη Οδηγίες** (Supervision and Instructions) to the **Α Σταθμάρχες** (Station Masters) and the **Μηχανοδηγός τρένου**. The Station Masters issue **Αναφορές** (Reports) to the General Directorate and the **Μηχανοδηγός τρένου**. The Train Driver issues **Αιτήματα Επιβεβαιώσεις** (Requests for Confirmation) to the Station Masters. The Station Masters issue **Οδηγίες** (Instructions) to the **Αίθουσα τηλεχειρισμού και ενδείξεων** (Control Room and Indicators) and the **Κλειδούχος** (Lockman). The Control Room issues **Αναφορές** (Reports) to the Station Masters and the **Κλειδούχος**. The Lockman issues **Πρωτοβάθμιος έλεγχος κυκλοφορίας Έλεγχος κατάστασης σιδηροδρομικών γραμμών Χειρισμός κλειδιών** (Primary control of traffic, Control of status of railway lines, Operation of locks) to the **Θάλαμος Μηχανοδηγών (Συρμός)** (Locomotive Cabin (Locomotive)). The Locomotive Cabin issues **Μέσω διεπαφής μηχανοδηγού με το περιβάλλον** (Through the locomotive interface with the environment) to the **Περιβάλλον** (Environment). The Environment includes **Σιδηροδρομική γραμμή, Τρένο, Επιβάτες, Εμπορεύματα** (Railway line, Train, Passengers, Freight). The Control Room also issues **Σωστή χάραξη δρομολογίων** (Correct routing) to the **ECTS** (European Train Control System), which issues **Σύστημα Ασφάλειας** (Safety System) to the Control Room. The Control Room also issues **Έλεγχος κυκλοφορίας συρμών Χειρισμός αλλαγών** (Control of locomotive traffic, Operation of changes) to the **Αίθουσα τηλεχειρισμού και ενδείξεων**. The Control Room also issues **Εντολές Οδηγίες** (Commands and Instructions) to the **Ρυθμιστής Κυκλοφορίας (ΑΘΗΝΑ)** (Traffic Controller (ATHENS)), which issues **Ανάδραση** (Feedback) to the General Directorate. The Control Room also issues **Καταγραφή κυκλοφορίας** (Traffic recording) to the General Directorate. The General Directorate issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Control Room. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Station Masters. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Lockman. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Locomotive Cabin. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the Environment. The Control Room also issues **Ανάδραση** (Feedback) to the ECTS. The Control Room also issues

Στο χαμηλότερο επίπεδο φαίνεται το περιβάλλον στο οποίο έγινε το δυστύχημα (σιδηροδρομική γραμμή) καθώς και τι περιέχει αυτό (τρένο, επιβάτες εμπορεύματα).

Η αλληλεπίδραση των μηχανοδηγών του επιβατικού συρμού IC 62 και της εμπορικής αμαξοστοιχίας 63503 με το περιβάλλον γίνεται μέσω του θαλάμου του συρμού όπου χειρίζονται και κατευθύνουν το τρένο. Όσον αφορά τους σταθμάρχες και πιο συγκεκριμένα τους σταθμάρχες του σταθμού της Λάρισας (οι οποίοι ήταν 2 κατά την διάρκεια του δυστυχήματος και συμβολίζονται με Α και Β στο Σχήμα 4.2) αυτοί αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον μέσω των κλειδούχων αλλά και της αίθουσας τηλεχειρισμού και ενδείξεων (χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο πίνακα (Εικόνα 4.5)) από όπου θέτουν σε λειτουργία το σύστημα ασφαλείας ECTS που έχουμε αναφέρει στο Κεφάλαιο 2. Στο ίδιο επίπεδο με τον κλειδούχο βρίσκεται και ο ρυθμιστής κυκλοφορίας (βρίσκεται στην Αθήνα) ο οποίος δεν επιδρά με κανέναν τρόπο στο περιβάλλον αλλά μόνο καταγράφει την κυκλοφορία των αμαξοστοιχιών. Στο ανώτερο επίπεδο ελέγχου βρίσκεται η Γενική Διεύθυνση Συντήρησης Δικτύων, Έργων και Κυκλοφορίας η οποία εποπτεύει τους μηχανοδηγούς, τους σταθμάρχες και τον ρυθμιστή κυκλοφορίας. Επίσης η Γενική Διεύθυνση Συντήρησης Δικτύων, Έργων και Κυκλοφορίας αλληλεπιδρά και με το κατώτερο επίπεδο ελέγχου αφού όπως φαίνεται και στο όνομά της είναι η αρμόδια για την συντήρηση του σιδηροδρομικού δικτύου, για την επίβλεψη των έργων που γίνονται στο σιδηροδρομικό δίκτυο αλλά και της κυκλοφορίας. Στο ανώτερο επίπεδο ελέγχου από την γενική διεύθυνση βρίσκονται οι δύο άμεσα εμπλεκόμενες επιχειρήσεις των σιδηροδρομικών μεταφορών. Αυτές είναι ο Ο.Σ.Ε. και η Hellenic Train. Η Γενική Διεύθυνση Συντήρησης Δικτύων, Έργων και Κυκλοφορίας είναι η μία από τις τρεις γενικές διευθύνσεις του Ο.Σ.Ε. (Οργανόγραμμα Ο.Σ.Ε. Εικόνα 1.5). Η Hellenic Train όπως έχει αναφερθεί είναι μέλος του ιταλικού ομίλου FSI και εποπτεύει τους μηχανοδηγούς οι οποίοι χειρίζονται τους συρμούς της αλλά και συνεχώς τους ενημερώνει και τους εκπαιδεύει περί τον χειρισμό των συρμών. Οι δύο αυτές σιδηροδρομικές εταιρίες συνδέονται μεταξύ τους μέσω του μνημονίου αμοιβαίας κατανόησης και συνεργασίας όπου η θυγατρική εταιρία του Ο.Σ.Ε. η ΤΡΑΙΝΟΣΕ πωλείται στο ιταλικό όμιλο FSI και μετονομάζεται σε Hellenic Train. Με την σειρά τους αυτές οι δύο επιχειρήσεις εποπτεύονται από την Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων η οποία χορηγεί τα πιστοποιητικά λειτουργίας αλλά και των αδειών ασφαλείας στις σιδηροδρομικές επιχειρήσεις. Στο ίδιο επίπεδο με την Ρ.Α.Σ βρίσκεται και το υπουργείο μεταφορών που ορίζει τους κανονισμούς και τις συμβάσεις έργων για τον Ο.Σ.Ε. και σε συνεργασία με την Ρ.Α.Σ. ορίζουν το νομοθετικό πλαίσιο για τις μεταφορές στον ελληνικό σιδηρόδρομο. Οι δύο τελευταίοι οργανισμοί και συνεπώς όλοι οι εποπτευόμενοι τους οφείλουν να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς και το νομοθετικό πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Σιδηροδρόμων (ERA).

Εφόσον δείξαμε και αναλύσαμε την ιεραρχική δομή του συστήματος για το δυστύχημα των Τεμπών θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο STAMP για να εξετάσουμε κάποιους βρόγχους ελέγχου σε όλα τους τα στοιχεία όπως έχουμε αναφέρει στο Κεφάλαιο 3. Τα στοιχεία αυτά είναι οι στόχοι και οι αποφάσεις, το νοητικό μοντέλο, οι κατευθύνσεις και τα σχέδια δράσης, η εκτέλεση δράσης και η επικοινωνία. Η μεθοδολογία αυτή της STAMP που χρησιμοποιεί αυτό το σχήμα ταξινόμησης των πιθανών αστοχιών ονομάζεται Αστοχία σε κύκλους σκέψης –

δράσης. Ο πρώτος κύκλος σκέψης δράσης που θα αναλύσουμε αφορά τον βρόγχο του σταθμάρχη της Λάρισας.

Σταθμάρχης Λάρισας	
1) Στόχοι και αποφάσεις	
Στόχοι του σταθμάρχη είναι ο έλεγχος της ακεραιότητας της σύνθεσης του κάθε αφιχθέντος συρμού, η χάραξη του δρομολογίου του (αυτόματα ή χειροκίνητα) και η ολιγόλεπτη παρακολούθηση σε έναν πίνακα τηλεχειρισμού των αλλαγών για το αν ο συρμός ακολουθεί την πορεία που χάραξε ο σταθμάρχης.	
2) Νοητικό Μοντέλο	
Το νοητικό μοντέλο του σταθμάρχη ήταν ανεπαρκές καθώς ο ίδιος πίστευε ότι έχει διευθετήσει σωστά τις αλλαγές από την χειροκίνητη χάραξη δρομολογίου που έκανε και ο επιβατικός συρμός κατευθύνεται στην γραμμή ανόδου.	
3) Κατευθύνσεις και σχέδια δράσης	
Το σχέδιο δράσης του σταθμάρχη είναι αρχικά η αυτόματη χάραξη δρομολογίου, έπειτα να αιτηθεί στον σταθμάρχη του επόμενου σταθμού για τον αν μπορεί να αποστείλει τον συρμό και μετά από την επιβεβαίωση του αιτήματος από τον σταθμάρχη του επόμενου σταθμού να αναγγείλει την αναχώρηση του συρμού προς τον επόμενο σταθμό.	
4) Εκτέλεση δράσης (Πράξεις)	
Ο σταθμάρχης επιλέγει την χειροκίνητη χάραξη του δρομολογίου παρόλο που η χάραξη των δρομολογίων πρέπει να γίνεται υποχρεωτικά αυτόματα. Επίσης αν η πρόθεσή του ήταν να στείλει τον συρμό από την γραμμή καθόδου δεν υπήρχε λόγος να διευθετήσει την αλλαγή 101 σε διαγώνιο και να αποστείλει τον συρμό στην γραμμή ανόδου και μετά μέσω της αλλαγής 118 να επαναφέρει τον συρμό στην γραμμή καθόδου.	
5) Επικοινωνία	
Ο σταθμάρχης έχει ανεπαρκή επικοινωνία με τον μηχανοδηγό του καθώς θα έπρεπε να του αναγγείλει ότι ο συρμός θα κινηθεί στην γραμμή καθόδου. Επίσης θα έπρεπε υποχρεωτικά να συντάξει και να αποστείλει με τηλεγράφημα Δελτίο Ειδοποίησης (Υπόδειγμα 1001) στον μηχανοδηγό του συρμού αλλά και στον σταθμάρχη Νέων Πόρων καθώς το συγκεκριμένο υπόδειγμα συντάσσεται μεταξύ άλλων και στην περίπτωση απόκλισης από την κανονική πορεία του δρομολογίου. Επιπλέον όταν ο μηχανοδηγός ζητάει την επανάληψη του τηλεγραφήματος από τον σταθμάρχη της Λάρισας πάλι ο τελευταίος δεν προσδιορίζει την γραμμή κυκλοφορίας σκεπτόμενος με βάση ότι το τρένο κινείται στην γραμμή ανόδου.	

Πίνακας 4.1: Κύκλος σκέψης – δράσης για τον βρόγχο του Σταθμάρχη Λάρισας

Στον Πίνακα 4.1 φαίνεται ξεκάθαρα ο τρόπος με τον οποίο ο σταθμάρχης της Λάρισας πρέπει να εφαρμόσει το νοητικό μοντέλο για να επεξεργαστεί τα δεδομένα που έχει εκείνη την στιγμή για τον σιδηρόδρομο και τον συρμό και να προβεί στις

κατάλληλες ενέργειες σε συνεργασία με τον μηχανοδηγό αλλά και τον σταθμάρχη Νέων Πόρων έτσι ώστε να πετύχει τον στόχο του. Ο στόχος του σταθμάρχη είναι να αποστείλει ακέραιο ως προ την σύνθεσή του τον συρμό στον επόμενο σταθμό στέλνοντάς τον από την σωστή γραμμή. Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι ενέργειες του σταθμάρχη της Λάρισας οι οποίες οδήγησαν στο ατύχημα.

Σταθμάρχης Λάρισας
<p><i>Πλαίσιο εργασιών</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο σταθμάρχης λειτούργησε με την αντίληψη ότι είναι σε πλήρη λειτουργία τόσο η γραμμή ανόδου όσο και η γραμμή καθόδου • Γνωρίζει από τον σταθμάρχη Ν. Πόρων ότι κινείται στην γραμμή καθόδου ο εμπορικός συρμός 63503
<p><i>Ανεπαρκή νοητικά μοντέλα</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Πίστευε ότι μετά την χειροκίνητη χάραξη που πραγματοποίησε ο συρμός θα οδηγηθεί στην γραμμή ανόδου • Εφαρμόζει χειροκίνητη χάραξη παρόλο που γνωρίζει ότι η χάραξη στο τμήμα Λάρισα – Νέοι Πόροι πρέπει να γίνεται υποχρεωτικά αυτόματα • Παραλείπει να παρακολουθήσει την πορεία του συρμού από τον τοπικό πίνακα τηλεχειρισμού αλλαγών για να διαπιστώσει αν αυτός ακολουθεί την διαδρομή που ο ίδιος χάραξε ή όχι
<p><i>Ανεπαρκής αποφάσεις και σχέδια δράσης</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Όταν ο μηχανοδηγός ζητάει την επανάληψη του τηλεγραφήματος ο σταθμάρχης δεν αναφέρει ως προς ποια γραμμή (ανόδου ή καθόδου) θα κινηθεί ο συρμός
<p><i>Ανεπαρκής συντονισμός</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ελλιπής επικοινωνία του σταθμάρχη με τον μηχανοδηγό του συρμού για την διευκρίνιση της πορείας του συρμού

Πίνακας 4.2: Διερεύνηση ενεργειών Σταθμάρχη Λάρισας

Στο ίδιο επίπεδο με τον σταθμάρχη (με βάση την Εικόνα 4.8) βρίσκεται και ο μηχανοδηγός της αμαξοστοιχίας IC 62. Για τον μηχανοδηγό ο κύκλος σκέψης - δράσης φαίνεται στον Πίνακα 4.3

Μηχανοδηγός συρμού INTERCITY (IC) 62

1) Στόχοι και αποφάσεις

Στόχοι του μηχανοδηγού είναι ο χειρισμός και η οδήγηση του συρμού αλλά και έλεγχος ότι η αμαξοστοιχία ακολουθεί την σωστή πορεία με βάση την χάραξη του δρομολογίου η οποία έχει πραγματοποιηθεί από τον σταθμάρχη. Σε αντίθετη περίπτωση είναι υποχρεωτική η άμεση στάθμευση του τρένου.

2) Νοητικό Μοντέλο

Το νοητικό μοντέλο του μηχανοδηγού είναι ανεπαρκές καθώς όταν αντιλήφθηκε ότι ο συρμός κινείται στην γραμμή καθόδου και μετά και από το δεύτερο τηλεγράφημα από τον σταθμάρχη της Λάρισας διατηρούσε τις αμφιβολίες του δεν ακινητοποίησε αμέσως τον συρμό.

3) Κατευθύνσεις και σχέδια δράσης

Το σχέδιο δράσης του μηχανοδηγού ύστερα από την αναχώρησή του από τον σταθμό της Λάρισας αλλά και από τις αλλαγές 117 και 118 (δηλαδή κατευθυνόμενος προς Θεσσαλονίκη) είναι ο έλεγχος της πορείας αλλά και της ταχύτητας του συρμού με βάση τα φωτοσήματα και τις σημάνσεις του σιδηροδρομικού δικτύου. Οποιοδήποτε πρόβλημα προκύψει κατά την διάρκεια κίνησης του τρένου ο μηχανοδηγός οφείλει την ακαριαία πέντησή του και την άμεση επικοινωνία με τους σταθμάρχες από τους σταθμούς Λάρισας και Νέων Πόρων.

4) Εκτέλεση δράσης (Πράξεις)

Ο μηχανοδηγός μετά από την επικοινωνία του με τον σταθμάρχη Λάρισας αναχωρεί για τον σταθμό Νέων Πόρων. Διασχίζοντας την αλλαγή 118 αντιλαμβάνεται ότι κινείται στην γραμμή καθόδου καθώς τα φωτοσήματα είναι από αριστερά ενώ αν ακολουθούσε την κανονική πορεία έπρεπε να είναι από δεξιά του. Ζητάει από τον σταθμάρχη Λάρισας επανάληψη του τηλεγραφήματος και αφού ο τελευταίος του επιβεβαιώνει να συνεχίσει την πορεία του συνεχίζει παρόλο που διατηρεί τις αμφιβολίες του μέχρι το σημείο σύγκρουσης των δύο αμαξοστοιχιών.

5) Επικοινωνία

Αντίστοιχα και με τον σταθμάρχη Λάρισας έτσι και ο μηχανοδηγός του IC 62 έχει ανεπαρκή επικοινωνία διότι δεν προσδιορίζει στον σταθμάρχη Λάρισας ότι κινείται στην γραμμή καθόδου. Επίσης έχει ανεπαρκή επικοινωνία και με τον σταθμάρχη Νέων Πόρων και με τους μηχανοδηγούς της εμπορικής αμαξοστοιχίας καθώς και δεν ενημερώνει κανέναν ότι κινείται στην γραμμή καθόδου ώστε να γίνει αντιληπτό ότι θα γίνει μετωπική σύγκρουση μεταξύ των δύο αμαξοστοιχιών.

Πίνακας 4.3: Κύκλος σκέψης – δράσης για τον βρόγχο του Μηχανοδηγού της αμαξοστοιχίας IC 62

Από τον Πίνακα 4.3 παρατηρείται ότι ο κύκλος σκέψης – δράσης του μηχανοδηγού έχει αρκετές ατέλειες και αποκλίνει από τους στόχους του μηχανοδηγού που είναι ο χειρισμός του συρμού, ο έλεγχος της ακεραιότητάς του και ο έλεγχος της πορείας που ακολουθεί ο συρμός. Οποιαδήποτε αμφιβολία κατά την διάρκεια κίνησης του

τρένου συνεπάγεται την άμεση ακινητοποίησή του. Στον Πίνακα 4.4 που καταγράφονται οι ενέργειες του μηχανοδηγού από την στιγμή που αναχώρησε από τον σταθμό της Λάρισας μέχρι και λίγο πριν την σύγκρουση φαίνεται ότι κάτι τέτοιο δεν έγινε ποτέ. Αντίθετα παρόλο που ο μηχανοδηγός αντιλήφθηκε αμέσως ότι κάτι δεν πάει καλά συνέχισε την πορεία του.

Μηχανοδηγός συρμού INTERCITY (IC) 62

Πλαίσιο εργασιών

- Γνωρίζει ότι η κατεύθυνση που πρέπει να ακολουθήσει (εφόσον είναι σε πλήρη λειτουργία και η γραμμή ανόδου και η γραμμή καθόδου) για το δρομολόγιο που πραγματοποιεί είναι η γραμμή ανόδου

Ανεπαρκή νοητικά μοντέλα

- Πιστεύει ότι επειδή ακολουθεί την χάραξη δρομολογίου που του δόθηκε από τον σταθμάρχη είναι και η σωστή παρόλο που κινείται σε ανοδική πορεία στην γραμμή καθόδου
- Παρόλο που γνωρίζει ότι είναι λειτουργικές και οι δύο αμφίδρομες γραμμές κίνησης των συρμών δεν διευκρινίζει στον σταθμάρχη Λάρισας ότι κινείται στην γραμμή καθόδου και για πιο λόγο κινείται στην γραμμή αυτή όταν ζητάει την επανάληψη του τηλεγραφήματος
- Εφόσον αντιλήφθηκε ότι κινείται στην γραμμή καθόδου και δεν έχει λάβει δελτίο ειδοποίησης (Υπόδειγμα 1001) το οποίο είναι απαραίτητο σε περιπτώσεις απόκλισης του δρομολογίου δεν επικοινωνεί με τον σταθμάρχη Λάρισας σχετικά με αυτό το ότι δεν έλαβε το δελτίο ειδοποίησης και απλά ζητά την επανάληψη του τηλεγραφήματος

Ανεπαρκής αποφάσεις και σχέδια δράσης

- Όταν αντιλαμβάνεται ότι κινείται στην γραμμή καθόδου (παρατήρησε ότι τα φωτοσήματα είναι στην αριστερή πλευρά του συρμού ενώ κανονικά έπρεπε να είναι στην δεξιά πλευρά του) και δεν έχει λάβει δελτίο ειδοποίησης δεν ακινητοποιεί αμέσως το τρένο αλλά συνεχίζει την πορεία του δεδομένου ότι ακολουθεί την χειροκίνητη χάραξη του σταθμάρχη Λάρισας
- Όταν ζητά την επανάληψη του τηλεγραφήματος δεν διευκρινίζει ότι κινείται στην γραμμή καθόδου
- Δεν επικοινωνεί με τον σταθμάρχη Ν. Πόρων για να του διευκρινίσει την πορεία που ακολουθεί και να επιβεβαιώσει αν στην γραμμή καθόδου κινείται άλλος συρμός

Ανεπαρκής συντονισμός

- Ελλιπής επικοινωνία με τον σταθμάρχη Λάρισας ο οποίος έχει την πεποίθηση ότι το τρένο κινείται στην γραμμή ανόδου ενώ ο μηχανοδηγός έχει διαπιστώσει ότι κινείται στην γραμμή καθόδου
- Ανεπαρκής επικοινωνία με τον σταθμάρχη Ν. Πόρων αλλά και με το μηχανοδηγό του εμπορικού τρένου ώστε να τους αναφέρει ότι κινείται στην γραμμή καθόδου χωρίς να έχει δελτίο ειδοποίησης με αποτέλεσμα να διαπιστωθεί ότι στην ίδια γραμμή κινούνται αμφίδρομα δύο συρμοί

Πίνακας 4.4: Διερεύνηση ενεργειών Μηχανοδηγού της αμαξοστοιχίας IC 62

Σε ανώτερο βρόγχο ελέγχου από τον σταθμάρχη και τον μηχανοδηγό βρίσκεται η μία από τις τρεις γενικές διευθύνσεις του ΟΣΕ η Γενική Διεύθυνση Συντήρησης Δικτύων, Έργων και Κυκλοφορίας. Ο κύκλος σκέψης δράσης αυτού του βρόγχου δεν αποτελείται από τις κατευθύνσεις και σχέδια δράσης και την εκτέλεση αυτών καθώς δεν συμμετέχει άμεσα στο δυστύχημα. Όμως η μακροχρόνια διαχείριση των σιδηροδρομικών υποδομών και της κυκλοφορίας των συρμών ευθύνεται για την έλλειψη ασφάλειας στις σιδηροδρομικές μεταφορές. Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζεται ο κύκλος σκέψης – δράσης της Γενικής Διεύθυνσης Συντήρησης Δικτύων, Έργων και Κυκλοφορίας.

Γενική Διεύθυνση Συντήρησης Δικτύου, Έργων και Κυκλοφορίας	
1) Στόχοι και αποφάσεις	Όπως αναφέρεται και στην ονομασία της η συγκεκριμένη γενική διεύθυνση είναι η αρμόδια για την συντήρηση ολόκληρου του σιδηροδρομικού δικτύου, των συστημάτων ασφάλειας αλλά και για την διαχείριση της κυκλοφορίας των συρμών.
2) Νοητικό Μοντέλο	Το νοητικό μοντέλο της γενικής διεύθυνσης είναι ανεπαρκές διότι τα συστήματα ασφάλειας της σιδηροδρομικής γραμμής βρίσκονται εκτός λειτουργίας για αρκετά χρόνια πριν από το δυστύχημα των Τεμπών. Μερικά παραδείγματα αυτών είναι ηλεκτρική πλευρική σηματοδότηση στο τμήμα Λάρισα – Θεσσαλονίκη, η εγκατάσταση του συστήματος ραδιοεπικοινωνίας GSM-R σε συρμούς της Hellenic Train, τα συστήματα επιβολής αυτόματης πέδησης (όπως το ECTS) και η τηλεδιοίκηση.
3) Κατευθύνσεις και σχέδια δράσης	
4) Εκτέλεση δράσης (Πράξεις)	
5) Επικοινωνία	Η επικοινωνία μεταξύ του ρυθμιστή κυκλοφορίας και του σταθμάρχη της Λάρισας είναι ελλιπής καθώς ο πρώτος παρόλο που δεν έχει καμία ισχύ στην ρύθμιση της κυκλοφορίας και απλώς καταγράφει την κυκλοφορία των συρμών ενημερώθηκε μετά το δυστύχημα ότι υπήρξε διακοπή παροχής ισχύος και ηλεκτροτροφοδοσίας στο σημείο του δυστυχήματος.

Πίνακας 4.5: Κύκλος σκέψης – δράσης για τον βρόγχο της Γενικής Διεύθυνσης Συντήρησης Δικτύου, Έργων και Κυκλοφορίας

Ο πίνακας της διερεύνησης ενεργειών (Πίνακας 4.6) αυτού του βρόγχου αναφέρεται σε μακροχρόνια κλίμακα καθώς η διαχείριση των σιδηροδρομικών μεταφορών και οι

συνθήκες ασφάλειας είναι σε στάσιμη κατάσταση για αρκετά χρόνια. Όπως φαίνεται και από τον κύκλο σκέψης – δράσης το νοητικό μοντέλο απέχει πάρα πολύ από τους στόχους και της αποφάσεις της. Για παράδειγμα φαίνεται ότι στο τμήμα Αθήνα – Θεσσαλονίκη βρίσκονται εκτός λειτουργίας συστήματα ασφαλείας όπως το ECTS ή το GSM-R. Αυτό αντιτίθεται στους στόχους της Γενικής Διεύθυνσης ένας από τους οποίους είναι και η υψίστη ασφάλεια των σιδηροδρομικών μεταφορών.

Γενική Διεύθυνση Συντήρησης Δικτύου, Έργων και Κυκλοφορίας
<p><i>Πλαίσιο εργασιών</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ασαφές πλαίσιο επιθεώρησης τόσο του σιδηροδρομικού δικτύου όσο και της κυκλοφορίας των συρμών • Απραξία ως προς την συντήρηση των βλαβών του σιδηροδρομικού δικτύου εκτός από επείγον περιπτώσεις (όπως το βραχυκύκλωμα που συνέβη στο σταθμό του Παλαιοφαρσάλου λίγες ώρες πριν το δυστύχημα)
<p><i>Ανεπαρκή νοητικά μοντέλα</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Πίστευαν ότι παρόλο την απουσία όλων των συστημάτων ασφαλείας η κυκλοφορία των συρμών θα διεξαγόταν με την μέγιστη ασφάλεια αγνοώντας τον κίνδυνο του ανθρωπίνου λάθους • Έκτος του σταθμάρχη και του μηχανοδηγού (που εμπλέκονται άμεσα με την κυκλοφορία των τρένων) δεν υπάρχει κάποιος άλλος από την συγκεκριμένη γενική διεύθυνση ο οποίος να ελέγχει την πορεία των συρμών και να μπορεί να έρθει σε επικοινωνία και με τους σταθμάρχες και με τους μηχανοδηγούς • Ελλιπής οι αρμοδιότητες του ρυθμιστή κυκλοφορίας ο οποίος απλώς καταγράφει την κυκλοφορία των τρένων
<p><i>Ανεπαρκής αποφάσεις και σχέδια δράσης</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ανεπαρκής επικοινωνία του ρυθμιστή κυκλοφορίας με τον σταθμάρχη Λάρισας • Ανεπαρκής συντήρηση του σιδηροδρομικού δικτύου και των συστημάτων ασφαλείας • Ανεπαρκής έλεγχος της κυκλοφορίας
<p><i>Ανεπαρκής συντονισμός</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Καθυστερημένη επικοινωνία της συγκεκριμένης γενικής διεύθυνσης που είναι υπεύθυνη για την κυκλοφορία των συρμών με τον μηχανοδηγό του IC 62 και με τον σταθμάρχη Λάρισας

Πίνακας 4.6: Διερεύνηση ενεργειών της Γενικής Διεύθυνσης Συντήρησης Δικτύου, Έργων και Κυκλοφορίας

Σε ανώτερο ακόμη επίπεδο ελέγχου θα εξεταστούν οι διαδικασίες ελέγχου του διοικητικού συμβουλίου του ΟΣΕ . Τα προβλήματα που εντοπίζονται σε αυτό τον βρόγχο όπως θα φανεί και παρακάτω στον κύκλο σκέψης – δράσης (Πίνακας 4.7) είναι ο εφησυχασμός ότι οι σιδηροδρομικές μεταφορές εκτελούνται με την μέγιστη ασφάλεια και η μη βελτιστοποίηση των σιδηροδρόμων αλλά των συστημάτων ασφαλείας.

Διοικητικό συμβούλιο ΟΣΕ	
1) Στόχοι και αποφάσεις	
Στόχος του Συμβουλίου του ΟΣΕ είναι η σωστή διαχείριση και κατανομή καθηκόντων στις διάφορες γενικές διευθύνσεις που διαθέτει αλλά και ο έλεγχος αυτών με τελικό στόχο την εξασφάλιση της ασφαλέστερης και πιο ποιοτικής μεταφοράς.	
2) Νοητικό Μοντέλο	
Το νοητικό μοντέλο της διοίκησης του ΟΣΕ είναι ανεπαρκές διότι δεν φρόντισε μέσω της γενικής διεύθυνσης συντήρησης δικτύου, έργων και κυκλοφορίας για την αποκατάσταση των βλαβών και την εύρυθμη λειτουργία των συστημάτων ασφαλείας στο τμήμα Λάρισα – Θεσσαλονίκη όπου και στην περίπτωση του ανθρώπινου λάθους να αποφευχθεί οποιοδήποτε ατύχημα.	
3) Κατευθύνσεις και σχέδια δράσης	
4) Εκτέλεση δράσης (Πράξεις)	
5) Επικοινωνία	

Πίνακας 4.7: Κύκλος σκέψης – δράσης για τον βρόγχο του Διοικητικού συμβουλίου ΟΣΕ

Και σε αυτή την περίπτωση ο πίνακας της διερεύνησης ενεργειών (Πίνακας 4.8) του διοικητικού συμβουλίου αναφέρεται σε μακροχρόνια κλίμακα. Λόγω της κατάστασης της σιδηροδρομικής γραμμής αλλά και των συστημάτων ασφαλείας που είναι σε λειτουργία είναι εμφανές ότι ο ανθρώπινος παράγοντας είναι καθοριστικός και οποιοδήποτε λάθος όπως φάνηκε μπορεί να είναι καταστροφικό. Παρόλα αυτά το διοικητικό συμβούλιο του ΟΣΕ εφαρμόζει ελάχιστους ελέγχους τήρησης κανόνων στο προσωπικό της σιδηροδρομικής γραμμής και πιο συγκεκριμένα σε αυτούς που έχουν σημαντικές αρμοδιότητες όπως οι σταθμάρχες και οι μηχανοδηγοί.

Διοικητικό συμβούλιο ΟΣΕ

Πλαίσιο εργασιών

- Αδιαφορία ως προς την κατάσταση του υπάρχοντος σιδηροδρομικού δικτύου αλλά και ως προς τον εκσυγχρονισμό του και την αναβάθμιση των συστημάτων ασφαλείας σύμφωνα με τα πρότυπα της ΕΕ
- Ανεπαρκής διοίκηση των τριών γενικών διευθύνσεων του ΟΣΕ κάτι το οποίο φαίνεται από την κατάσταση του σιδηροδρομικού δικτύου, την απουσία των περισσότερων συστημάτων ασφαλείας και τον τρόπο με τον οποίο ανταλλάσσονται οι πληροφορίες μεταξύ των εργαζομένων

Ανεπαρκή νοητικά μοντέλα

- Ανεπαρκής αντίληψη των κινδύνων παρόλο που ήταν γνωστά όλα τα προβλήματα του σιδηροδρομικού δικτύου στο τμήμα Λάρισα – Θεσσαλονίκη

Ανεπαρκής αποφάσεις και σχέδια δράσης

- Ανεπαρκής έλεγχος ως προς τον τρόπο λειτουργίας των σταθμαρχών και των μηχανοδηγών κατά την ώρα της υπηρεσίας τους

Ανεπαρκής συντονισμός

Πίνακας 4.8: Διερεύνηση ενεργειών του Διοικητικού συμβουλίου ΟΣΕ

Ο τελευταίος βρόγχος στον οποίον θα εξεταστούν οι διαδικασίες ελέγχου είναι η Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων. Όπως είναι γνωστό και από το Κεφάλαιο 1 ο οργανισμός αυτός είναι εντελώς ανεξάρτητος. Οι δύο πιο βασικοί στόχοι του είναι ο εκσυγχρονισμός των σιδηροδρομικών μεταφορών σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα αλλά και η μεγιστοποίηση της ασφάλειας των μεταφορών αυτών. Στον κύκλο σκέψης – δράσης (Πίνακας 4.9) του βρόγχου αυτού είναι ξεκάθαρο το γεγονός ότι το νοητικό μοντέλο της ΡΑΣ δεν συμβαδίζει με τους στόχους της.

Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων

1) Στόχοι και αποφάσεις

Στόχος της ΡΑΣ είναι η συνεχής επίβλεψη αλλά και ο έλεγχος της σιδηροδρομικής υποδομής, των συστημάτων ασφαλείας που είναι εγκατεστημένα στο υπάρχον δίκτυο, η συνεχής ενημέρωση όλων όσων ασκούν κάποια σιδηροδρομική ειδικότητα σε θέματα ασφαλείας αλλά η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με βάση τα πρότυπα και τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε θέματα σιδηροδρομικών μεταφορών. Επίσης είναι και η επιβολή ποινών σε περίπτωση μη συμμόρφωσης των σιδηροδρομικών εταιριών σε θέματα κυρίως ασφαλείας.

2) Νοητικό Μοντέλο

Επίσης και σε αυτή την περίπτωση το νοητικό μοντέλο είναι ανεπαρκές διότι θα έπρεπε εφόσον τα συστήματα ασφαλείας στο τμήμα Λάρισα – Θεσσαλονίκη δεν λειτουργούν και εξαρτάται κυρίως από τον ανθρώπινο παράγοντα να απαγορευτεί η χρήση του ή να είναι πολύ περιορισμένη με στόχο την διασφάλιση της μέγιστης ασφαλείας και την αποφυγή ατυχημάτων.

3) Κατευθύνσεις και σχέδια δράσης

4) Εκτέλεση δράσης (Πράξεις)

5) Επικοινωνία

Πίνακας 4.9: Κύκλος σκέψης – δράσης για τον βρόγχο της Ρυθμιστικής Αρχής Σιδηροδρόμων

Παρατηρώντας τους στόχους της ΡΑΣ είναι φανερό ότι κανένας από αυτούς δεν εφαρμόστηκε με αυστηρότητα διότι σε αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε να είχε απαγορευτεί η κυκλοφορία συρμών στο τμήμα Αθήνα – Θεσσαλονίκη. Ως ανεξάρτητη αρχή η ΡΑΣ θα μπορούσε να επέμβει πιο ενεργά στις σιδηροδρομικές μεταφορές και να εφαρμόζει συνεχής ελέγχους σε οτιδήποτε σύστημα ασφαλείας ή πρόσωπο του σιδηροδρόμου αλλά και να επιβάλλει ποινές στην περίπτωση μη συμμόρφωσης με τους κανονισμούς. Η επιβολή αυστηρότητας από έναν τέτοιο οργανισμό θα είχε επιφέρει έναν διαφορετικό σιδηρόδρομο από αυτόν ο οποίος υπάρχει σήμερα. Οι ανεπαρκείς ενέργειες της ΡΑΣ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.10).

Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων

Πλαίσιο εργασιών

- Ελλιπής έλεγχος ή ποινές στον ΟΣΕ εφόσον επιτρεπόταν η κυκλοφορία στο τμήμα Λάρισα – Θεσσαλονίκη
- Ελλιπής ενημερώσεις ως προς το αυτούς που έχουν κάποια σιδηροδρομική ειδικότητα σε θέματα ασφαλείας
- Ελλιπής προσπάθεια δημιουργίας ενός σιδηροδρομικού δικτύου με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα

Ανεπαρκή νοητικά μοντέλα

- Ως ανεξάρτητη αρχή γνωρίζοντας τα προβλήματα του σιδηρόδρομου δεν απαγόρευσε την κυκλοφορία των συρμών έως ότου την αποκατάσταση των βλαβών και την διασφάλιση πλήρους ασφαλείας
- Ενημέρωση των αδειοδοτήσεων του ΟΣΕ αγνοώντας την σιδηροδρομική υποδομή και τον τρόπο λειτουργίας της συγκεκριμένης επιχείρησης

Ανεπαρκής αποφάσεις και σχέδια δράσης

- Ανεπαρκής έλεγχος ως προς τον τρόπο λειτουργίας των σταθμαρχών και των μηχανοδηγών κατά την ώρα της υπηρεσίας τους

Ανεπαρκής συντονισμός

Πίνακας 4.10: Διερεύνηση ενεργειών της Ρυθμιστικής Αρχής Σιδηροδρόμων

4.4.3 Συμπεράσματα Ανάλυσης Δυστυχήματος με βάση την μέθοδο **STAMP**

Από την παραπάνω ανάλυση των σημαντικότερων βρόγχων της ιεραρχικής δομής του συστήματος του δυστυχήματος σε κύκλους σκέψης – δράσης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα τα οποία τα χωρίζουμε σε κατηγορίες :

1. Συστημική Προσέγγιση Ατυχήματος

Η μέθοδος STAMP αντιμετωπίζει το ατύχημα όχι ως μεμονωμένη συνέπεια ανθρώπινου λάθους ή τεχνικής αστοχίας, αλλά ως αποτέλεσμα **συστημικής δυσλειτουργίας**. Από την ανάλυση προκύπτει ότι το δυστύχημα των Τεμπών δεν προκλήθηκε από έναν μόνο παράγοντα, αλλά από τη συνδυασμένη αποτυχία τεχνολογικών, οργανωτικών και διοικητικών στοιχείων του σιδηροδρομικού συστήματος.

2. Ανθρώπινος Παράγοντας και Περιορισμοί

Αν και το ανθρώπινο λάθος αποτέλεσε την άμεση αιτία του δυστυχήματος, η STAMP αναδεικνύει ότι το λάθος αυτό εντάσσεται σε ένα ευρύτερο σύστημα ανεπαρκών ελέγχων και διαδικασιών. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρέασαν την ανθρώπινη απόδοση ήταν:

- Ελλιπής εκπαίδευση του προσωπικού (ιδιαίτερα των σταθμαρχών).
- Υπερφόρτωση εργασίας λόγω έλλειψης προσωπικού.
- Έλλειψη αυτοματοποιημένων μηχανισμών υποβοήθησης στη λήψη αποφάσεων.
- Ασαφείς διαδικασίες επικοινωνίας μεταξύ των αρμόδιων σταθμαρχών και των μηχανοδηγών.

3. Αποτυχία Εποπτείας και Ελέγχου

Η ανάλυση αποκάλυψε σοβαρές αδυναμίες στον σχεδιασμό και την εφαρμογή των ελεγκτικών μηχανισμών του συστήματος:

- Ανεπαρκής επίβλεψη της λειτουργικής ασφάλειας από τις αρμόδιες αρχές.
- Καθυστερήσεις στην εφαρμογή και ολοκλήρωση συστημάτων ασφαλείας όπως το **ETCS** (European Train Control System) και το **σύστημα τηλεδιοίκησης**.
- Έλλειψη διασύνδεσης των ηλεκτρονικών συστημάτων με τις εντολές που δίνονται από το προσωπικό.

4. Τεχνολογικές Ελλείψεις

Η έλλειψη αυτοματοποιημένων συστημάτων ασφαλείας αποτέλεσε κρίσιμο παράγοντα στη διαμόρφωση του κινδύνου. Συγκεκριμένα:

- Το σύστημα τηλεδιοίκησης δεν ήταν πλήρως λειτουργικό στη συγκεκριμένη διαδρομή.
- Το ETCS, το οποίο θα μπορούσε να αποτρέψει τη σύγκρουση μέσω αυτόματης πέδησης, δεν είχε εγκατασταθεί.
- Οι υπάρχουσες τεχνολογικές υποδομές ήταν ξεπερασμένες και ασυντόνιστες.

5. Διοικητικές και Θεσμικές Αποτυχίες

Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η διαχείριση του σιδηροδρομικού δικτύου από διάφορους φορείς (ΟΣΕ, Hellenic Train και ΕΡΓΟΣΕ), οι οποίοι είχαν διάσπαρτες αρμοδιότητες και ανεπαρκή συνεργασία. Παρατηρήθηκε:

- Έλλειψη συντονισμού μεταξύ των φορέων.
- Καθυστερήσεις στην υλοποίηση έργων υποδομής.
- Ανεπαρκής έλεγχος από τις αρμόδιες εποπτικές αρχές (ΡΑΣ).
- Αποσπασματική εφαρμογή πολιτικών ασφαλείας.

6. Ανεπαρκής Κουλτούρα Ασφάλειας

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα είναι ότι το σύστημα λειτουργούσε με **χαμηλή κουλτούρα ασφαλείας**. Αυτό αποτυπώθηκε:

- Στη μη τήρηση βασικών διαδικασιών ασφαλείας.
- Στην απουσία εσωτερικών ελέγχων για την αξιολόγηση της απόδοσης.
- Στην ανεκτικότητα απέναντι σε παραβιάσεις των κανόνων.
- Στην έλλειψη συστήματος αναφορών για περιστατικά ασφαλείας (Safety Reporting System).

7. Διαδικασίες Διαχείρισης Κινδύνου

Οι διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου δεν ήταν επαρκώς ενσωματωμένες στον σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος. Δεν υπήρχαν μηχανισμοί αναγνώρισης και αντιμετώπισης κινδύνων, ούτε τακτικές αναθεωρήσεις των πρωτοκόλλων ασφαλείας.

8. Θεσμική Ευθύνη και Πολιτική Παρέμβαση

Η ανάλυση ανέδειξε την αδυναμία των εποπτικών αρχών να επιβάλουν τη συμμόρφωση με τα πρότυπα ασφαλείας. Οι καθυστερήσεις στην εφαρμογή των συστημάτων ETCS και τηλεδιοίκησης οφείλονται τόσο σε διοικητικές δυσλειτουργίες, όσο και σε πολιτικές αποφάσεις.

9. Αλυσίδα Αποτυχιών

Το δυστύχημα ήταν το αποτέλεσμα μιας αλυσίδας αποτυχιών, το οποίο φαίνεται στον Πίνακα 4.11 :

Επίπεδο	Αποτυχία
Ανθρώπινος Παράγοντας	Λανθασμένη εντολή σταθμάρχη
Τεχνολογική Υποδομή	Μη λειτουργικό σύστημα τηλεδιοίκησης
Διαδικασίες	Έλλειψη ελέγχων ασφαλείας
Οργανωτική Διοίκηση	Ανεπαρκής εκπαίδευση
Θεσμικό Πλαίσιο	Καθυστερήσεις στην υλοποίηση μέτρων ασφαλείας

Πίνακας 4.11: Κατανομή αποτυχιών δυστύχηματος ανά επίπεδο

Γενικό Συμπέρασμα

Η ανάλυση με τη μέθοδο **STAMP** ανέδειξε ότι το δυστύχημα των Τεμπών αποτελεί **τυπικό παράδειγμα συστημικής αποτυχίας**. Η έλλειψη αυτοματοποιημένων συστημάτων, η αδυναμία συντονισμού μεταξύ φορέων, η ελλιπής κουλτούρα ασφαλείας και οι ασαφείς διαδικασίες συνδυάστηκαν, οδηγώντας στο τραγικό γεγονός.

4.4.4 Σύγκριση των μεθόδων **STAMP** και **ACCIMAP**

Η χρήση αυτών των δύο μεθόδων έγινε με σκοπό να εστιάσουμε στις πιθανές αιτίες σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης των σιδηροδρομικών μεταφορών. Όπως παρατηρήσαμε και στο Κεφάλαιο 4 η τεχνική ACCIMAP εξετάζει όλα τα επίπεδα οργάνωσης διατηρώντας σε κατώτερο επίπεδο την χρονική περιγραφή αλληλουχίας των γεγονότων που οδήγησαν στην σύγκρουση. Αυτό είναι και το κύριο προτέρημα της μεθόδου. Η τεχνική STAMP από την άλλη με βάση την ιεραρχική δομή του συστήματος αναλύει τους βρόγχους σε κύκλους σκέψης – δράσης με αποτέλεσμα να περιγράφει με καλύτερο τρόπο την δυναμική εξέλιξη των γεγονότων, όσο και τους οργανωτικούς παράγοντες που τα επηρεάζουν. Παρόλο που οι δύο τεχνικές εξετάζουν το δυστύχημα με διαφορετική οπτική γωνία μπορούμε χρησιμοποιώντας την μια να ενσωματώσουμε στοιχεία από την άλλη. Για παράδειγμα από το διάγραμμα της ACCIMAP έχουμε την γραφική απεικόνιση των διαδοχικών γεγονότων και τον συνδυασμό όλων των σφαλμάτων που οδήγησαν στο δυστύχημα. Αυτά τα σφάλματα μπορούμε να τα αντιστοιχήσουμε στην μέθοδο STAMP σε κάθε βρόγχο που αναλύουμε με την χρήση κύκλου σκέψης δράσης. Το ίδιο λειτουργεί και αντίστροφα δηλαδή από την μέθοδο STAMP να συλλέξουμε όλες τις αστοχίες για να δημιουργήσουμε το διάγραμμα της ACCIMAP.

4.5 Προτάσεις βελτίωσης ελληνικών σιδηροδρομικών μεταφορών

Η ανάγκη βελτίωσης και εκσυγχρονισμού των ελληνικών σιδηροδρομικών μεταφορών είναι κάτι παραπάνω από απαραίτητη. Όλοι οι οργανισμοί και οι φορείς που περιστρέφονται γύρω από τον σιδηρόδρομο πρέπει να έχουν ως πρωταρχικό στόχο την ασφάλεια των επιβατών και εργαζομένων του σιδηρόδρομου για να μην ξανασυμβούν τέτοια τραγικά γεγονότα όπως στα Τέμπη. Παρακάτω θα αναφερθούν επιγραμματικά μερικοί τρόποι βελτίωσης του σιδηροδρόμου οι οποίοι θα ενισχύσουν σημαντικά την ασφάλεια στους σιδηροδρόμους.

- ◆ Άμεση εφαρμογή του συστήματος ETCS και της τηλεδιοίκησης.
- ◆ Βελτίωση της εκπαίδευσης του προσωπικού.
- ◆ Δημιουργία ανεξάρτητου φορέα ελέγχου για τη διασφάλιση της εφαρμογής των διαδικασιών ασφαλείας.
- ◆ Καθιέρωση **Συστήματος Αναφοράς Συμβάντων** (Safety Reporting System).
- ◆ Υιοθέτηση μιας συστημικής προσέγγισης ασφάλειας στις διαδικασίες λειτουργίας και συντήρησης.
- ◆ Αναβάθμιση του υλικοτεχνικού εξοπλισμού και της υποδομής, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι συρμοί και τα συστήματα ελέγχου είναι ασφαλή και αξιόπιστα.
- ◆ Στρατηγικές πρόληψης και βελτίωσης της συνεργασίας μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων (ΟΣΕ, ΤΡΑΙΝΟΣΕ, ΕΡΓΟΣΕ, ΡΑΣ) για την ενίσχυση της διαλειτουργικότητας και της ασφάλειας.

Κεφάλαιο 5

Ανακεφαλαίωση και Συμπεράσματα

5.1 Ανακεφαλαίωση

Η διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση του σιδηροδρομικού δυστυχήματος στα Τέμπη και χρησιμοποιεί **κοινωνικό-τεχνικές μεθόδους** για την εξερεύνηση των αιτίων και της δυναμικής του. Στην εργασία αυτή, καλύπτεται τόσο η ιστορική αναδρομή του σιδηροδρόμου στην Ελλάδα και στην Ευρώπη, όσο και οι τεχνικές μεθόδους διαχείρισης ασφάλειας (ERTMS), οι οποίες θεωρούνται κρίσιμες για την αποτροπή ατυχημάτων.

Κύρια Σημεία και Ευρήματα:

1. Ιστορική και Θεωρητική Αναδρομή:

- Η ιστορία του σιδηροδρόμου και η ανάπτυξή του στην Ελλάδα δείχνουν την πρόοδο του δικτύου, αλλά και τις αδυναμίες που παραμένουν σε επίπεδο οργάνωσης και διαχείρισης.
- Ο ρόλος του **Οργανισμού Σιδηροδρόμων Ελλάδος** (ΟΣΕ) και των θυγατρικών του, όπως η **ΕΡΓΟΣΕ**, η **ΓΑΙΑΟΣΕ** και η **ΤΡΑΙΝΟΣΕ**, δείχνει τη σύνθετη δομή του ελληνικού σιδηροδρομικού συστήματος, που συνδυάζει δημόσια και ιδιωτικά συμφέροντα.

2. Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας:

- Η ανάλυση του Ευρωπαϊκού Συστήματος Διαχείρισης Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας (**ERTMS**) καταδεικνύει τη σημασία της εφαρμογής προηγμένων συστημάτων για την αποφυγή ατυχημάτων, όπως το **ECTS** και τα διάφορα επίπεδα του συστήματος **ETCS**.
- Η χρήση αυτών των συστημάτων αποσκοπεί στην ενίσχυση της ασφάλειας μέσω της προστασίας και ελέγχου των συρμών, και η εφαρμογή τους στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις.

3. Διερεύνηση του Δυστυχήματος των Τεμπών:

- Στο Κεφάλαιο 4, η αναλυτική περιγραφή του δυστυχήματος των Τεμπών παρουσιάζει την αλληλουχία των γεγονότων που οδήγησαν στη σύγκρουση των συρμών IC 62 και 63503.

- Η χρήση των μεθόδων **ACCIMAP** και **STAMP** για την ανάλυση των αιτιών του ατυχήματος δείχνει ότι η συνδυασμένη επίδραση τεχνικών, οργανωτικών και ανθρώπινων παραγόντων συνέβαλε στην τραγική έκβαση.

Σημαντικά Στοιχεία Ανάλυσης:

- Τεχνικές και οργανωτικές αδυναμίες στη διαχείριση των συρμών και στην επικοινωνία μεταξύ του προσωπικού.
- Ανθρώπινα λάθη και παραλείψεις στην εκτέλεση των διαδικασιών, όπως η καθυστέρηση στη σωστή παρακολούθηση της κίνησης των συρμών.
- Η έλλειψη προληπτικών μέτρων ή η ανεπαρκής εκπαίδευση του προσωπικού για την ορθή αντίδραση σε έκτακτες καταστάσεις.

5.2 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες αναλόγως με το αντικείμενο που εξετάζεται κάθε φορά:

1. Πολυδιάστατα Αίτια και Αλληλεπίδραση Συστημάτων

- Το σιδηροδρομικό δυστύχημα των Τεμπών δεν μπορεί να αποδοθεί σε έναν μεμονωμένο παράγοντα. Αντίθετα, είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών παραμέτρων, όπως οι τεχνικές αδυναμίες, οι οργανωτικές ελλείψεις, τα ανθρώπινα λάθη και η ανεπαρκής χρήση τεχνολογικών συστημάτων.
- Η μεθοδολογία **ACCIMAP** και **STAMP** έδειξαν ότι, εκτός από τα άμεσα λάθη των εργαζομένων, υπήρξαν και οργανωτικές αδυναμίες, όπως η ανεπάρκεια στην επικοινωνία και η ανεπαρκής εκπαίδευση του προσωπικού.

2. Η Σημασία της Υιοθέτησης Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας

- Η ανάγκη εφαρμογής του Ευρωπαϊκού Συστήματος Διαχείρισης Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας (**ERTMS**) και άλλων συστημάτων τεχνολογίας αιχμής είναι επιτακτική για την πρόληψη παρόμοιων ατυχημάτων.
- Η επικοινωνία και ο έλεγχος των συρμών πρέπει να βελτιωθούν σημαντικά μέσω της ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών, όπως το **GSM-R** και το **ECTS**, για τη διαρκή παρακολούθηση και προστασία του δικτύου.

3. Αναγκαιότητα Αναδιοργάνωσης και Ενίσχυσης της Εκπαίδευσης του Προσωπικού

- Η εκπαίδευση του προσωπικού στον τομέα της σιδηροδρομικής ασφάλειας πρέπει να ενισχυθεί για να μειωθούν τα ανθρώπινα λάθη. Οι υπεύθυνοι των σιδηροδρομικών σταθμών και οι χειριστές των συρμών πρέπει να εκπαιδεύονται για την καλύτερη διαχείριση εκτάκτων καταστάσεων και τη σωστή χρήση των συστημάτων ελέγχου.

4. Βελτίωση της Εποπτείας και της Ρυθμιστικής Διαδικασίας

- Οι αρμόδιες ρυθμιστικές αρχές, όπως η **ΠΑΣ**, θα πρέπει να εφαρμόσουν πιο αυστηρούς κανονισμούς για την ασφαλή λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου. Αυτό περιλαμβάνει τη συνεχή αξιολόγηση των συστημάτων ασφάλειας και την εφαρμογή αυστηρών διαδικασιών ελέγχου και εποπτείας.

Με αυτά τα συμπεράσματα, καταλήγουμε εύλογα στο ότι το δυστύχημα των Τεμπών αποτελεί μια πολύπλοκη διαρθρωτική και τεχνική αποτυχία, η οποία απαιτεί την εφαρμογή συντονισμένων και ολοκληρωμένων λύσεων για την αποτροπή μελλοντικών ατυχημάτων.

Βιβλιογραφία

- Κοντογιάννης Θ. (2021) *``Εργονομία και συστήματα διαχείρισης ασφάλειας και υγείας``*, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη
- Πόρισμα της Επιτροπής Εμπειρογνομόνων για το σιδηροδρομικό δυστύχημα στα Τέμπη στις 28.02.2023
- Αλεξάνδρα Χατζηκωσταντίνου, *``Η αυτοματοποίηση της κίνησης των τρένων και οι επιπτώσεις της στο σιδηροδρομικό σύστημα``*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2018
- Μερταράκη Ιωάννα, *``Πλαίσια Ανάλυσης Κινδύνων και Μέτρων Ασφάλειας για Επαγγελματικούς Κινδύνους σε Υπόγεια Έργα με Έμφαση στα Ορυχεία``*, Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Χανιά, Ιανουάριος 2021
- Στάθης Κουσούνης, *``Ο αριθμός των θανάτων σε σιδηροδρομικά δυστυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση``*, Μάρτιος 2023
- Ρυθμιστική Αρχή Σιδηροδρόμων (ΡΑΣ), www.ras.gr
- Οργανισμός Σιδηροδρόμων Ελλάδος (ΟΣΕ), www.ose.gr
- Hellenic Train, www.hellenictrain.gr
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Σιδηροδρόμων (ERA), www.era.europa.eu
- Ευρωπαϊκό Σύστημα Διαχείρισης Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας (ERTMS), http://www.ertms.net/?page_id=42
- Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat), <https://ec.europa.eu/eurostat>
- Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, Ειδική έκθεση, *``Ενιαίο ευρωπαϊκό σύστημα διαχείρισης της σιδηροδρομικής κυκλοφορίας``*, Λουξεμβούργο 2017