



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική εργασία

«Διερεύνηση λειτουργικής εφικτότητας σιδηροδρομικής γραμμής στην Κρήτη»

Δημήτριος Ν. Περονικολής

Επιβλέπουσα: Τατιάνα Π. Μοσχόβου

Αθήνα, Μάρτιος 2025

Ευχαριστίες

Άλλος ένας κύκλος στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο κλείνει. Αυτός ο κύκλος, στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ήταν γεμάτος όμορφες στιγμές, εμπειρίες, γνώση και θυσίες.

Θα ήθελα, πρωτίστως, να ευχαριστήσω την επιβλέπουσά μου κυρία Τ. Μοσχόβου, Δρ. Ε.ΔΙ.Π. ΕΜΠ για τη συνεχή καθοδήγηση και τις συμβουλές καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής. Εκτιμώ βαθύτατα τον χρόνο που αφιέρωσε για την υποστήριξη αυτή και τις γνώσεις που μου μετέδωσε από την πρώτη στιγμή της έναρξης της διπλωματικής εργασίας μου μέχρι και την ολοκλήρωσή της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κα Χ. Πλατή, Καθηγήτρια ΕΜΠ και κ. Κ. Γκιοτσαλίτη, Επίκουρο Καθηγητή ΕΜΠ.

Το έναυσμα για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής ήταν η παρακολούθηση του μαθήματος της Σιδηροδρομικής Τεχνικής. Θα ήθελα, λοιπόν, να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου κύριο Α. Μπαλλή και τον κύριο Κ. Λυμπέρη, οι οποίοι μαζί με την κυρία Τ. Μοσχόβου δημιούργησαν μια πολύ ευχάριστη εκπαιδευτική διαδικασία μεταδίδοντάς μου, παράλληλα, γνώσεις και κυρίως έμπνευση στον τομέα των σιδηροδρόμων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου (στους οποίους οφείλω την αγάπη μου για τη δια βίου μάθηση) για τη στήριξη όλα αυτά τα χρόνια. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τη σύζυγο μου, Δήμητρα, που ήταν δίπλα μου σε όλο αυτό το ταξίδι και μαζί με μένα έκανε κι εκείνη τις δικές της θυσίες για να δει ένα όνειρο μου να γίνεται πραγματικότητα.

Τίτλος: Διερεύνηση Λειτουργικής Εφικτότητας Σιδηροδρομικής Γραμμής στην Κρήτη

Συγγραφέας Διπλωματικής Εργασίας: Δημήτριος Περονικολής

Επιβλέπουσα: Τατιάνα Π. Μοσχόβου

Περίληψη

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας με αυξανόμενο μόνιμο πληθυσμό, και έντονη τουριστική δραστηριότητα κατά τη θερινή περίοδο. Η αυξανόμενη ζήτηση για μεταφορές στο νησί καλύπτεται σήμερα κυρίως από τα υπεραστικά λεωφορεία. Η κατασκευή του νέου Αεροδρομίου στην περιοχή του Καστελλίου σε συνδυασμό με τα παραπάνω αναδεικνύουν την ανάγκη διερεύνησης της αναγκαιότητας ενός δικτύου σταθερής τροχιάς που θα διατρέχει τη βόρεια πλευρά του νησιού. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διερεύνηση της λειτουργικής εφικτότητας μιας σιδηροδρομικής γραμμής στο νησί της Κρήτης. Υπολογίζεται η μεταφορική ζήτηση στο νησί λαμβάνοντας υπόψη δημογραφικά, τουριστικά και κοινωνικά δεδομένα. Προσδιορίζονται οι θέσεις των σταθμών και γίνεται ένας αρχικός σχεδιασμός των γραμμών λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές και λειτουργικές παραμέτρους των γραμμών, της σηματοδότησης και του τροχαίου υλικού. Για τις επιλεγμένες γραμμές, εξετάζονται δύο σενάρια λειτουργίας, θερινό και χειμερινό.

Στο πλαίσιο αυτό, διαμορφώνεται ένα αρχικό θεωρητικό πρόγραμμα δρομολογίων που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης. Το πρόγραμμα αυτό βοηθά στη διαμόρφωση του τελικού πίνακα δρομολογίων λαμβάνοντας υπόψη τις καθυστερήσεις και άλλα απρόβλεπτα γεγονότα. Επιπλέον, προσδιορίζεται ο αριθμός του απαιτούμενου τροχαίου υλικού. Τέλος, τα χρονικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου πίνακα δρομολογίων συγκρίνονται με εκείνα των υφιστάμενων μέσων μαζικής μεταφοράς (υπεραστικά λεωφορεία), ώστε να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα του σιδηροδρόμου.

Λέξεις-κλειδιά: Σιδηρόδρομος, Προσομοίωση, Κρήτη, Πρόγραμμα Δρομολογίων

Title: Investigation of the Operational Feasibility of a Railway Line in Crete Island

Thesis Author: Dimitrios Peronikolis

Supervisor: Tatiana P. Moschovou

Abstract

Crete Island is the largest island in Greece with a growing permanent population and intense tourist activity during the summer period. The increasing demand for transportation on the island is currently met by intercity bus services. The construction of a new airport in the Kastelli area along with the factors mentioned above, emphasizes the need to consider the necessity of a fixed rail network running along the northern side of the island. The purpose of this thesis is to develop a methodology for investigating the operational feasibility of a railway line on the island of Crete. The demand for transportation is calculated by considering demographic, tourist and social data. Stations locations are identified, and an initial planning of the lines is created, taking into account technical and operational parameters of the lines, signaling, and rolling stock. Two operating scenarios, summer and winter are considered for the selected lines.

In this context, an initial theoretical timetable is created to be used in a simulation program. This program helps in forming the final timetable by considering delays and other unforeseen events. Additionally, the number of rolling stock needed is also determined. Finally, the time characteristics of the proposed timetable are compared to those of existing public transport modes (long-distance bus services), to showcase the advantages of the railway.

Keywords: Railway, Simulation, Crete, Timetable

Σύνοψη

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας με αυξανόμενο μόνιμο πληθυσμό, στον οποίο προστίθεται πολλαπλάσιος αριθμός πληθυσμού λόγω τουρισμού κατά τη θερινή περίοδο. Η μεταφορική ζήτηση του νησιού συνεχώς αυξάνεται, με τις υπάρχουσες υποδομές να μην επαρκούν για την κάλυψή της σε ποσοτικό και ποιοτικό επίπεδο. Ο Βόρειος Οδικός Άξονας της Κρήτης αποτελεί το κυρίως μέρος του οδικού δικτύου της το οποίο βρίσκεται υπό κατασκευή και αναβάθμιση κατά τόπους. Το έντονα ορεινό ανάγλυφο και οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές του εδάφους πλησίον της ακτής δυσχεραίνουν διαχρονικά την ανάπτυξη του συγκοινωνιακού δικτύου διασύνδεσης όλων των μεγάλων και μικρών πόλεων του νησιού. Η μαζική μεταφορά επιβατών ικανοποιείται σήμερα κυρίως μέσω των υπεραστικών ΚΤΕΛ τα οποία περιορίζουν τη δυναμική της εξυπηρέτησής τους στα όρια που τους διαθέτει το υφιστάμενο οδικό δίκτυο και οι κυκλοφοριακές του συνθήκες.

Έτσι κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για τη διερεύνηση της αναγκαιότητας, εφικτότητας, λειτουργίας και βιωσιμότητας ενός δικτύου σταθερής τροχιάς, σιδηροδρόμου που θα διατρέχει τη βόρεια πλευρά του νησιού. Παράλληλα, το σιδηροδρομικό αυτό δίκτυο θα εξυπηρετεί και το νέο αεροδρόμιο του Καστελλίου, το οποίο βρίσκεται υπό κατασκευή, και θα αποτελέσει το δεύτερο μεγαλύτερο της Χώρας. Η παρούσα διπλωματική βασιζόμενη στις ανάγκες της εποχής έχει ως σκοπό την ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διερεύνηση της λειτουργικής εφικτότητας μιας σιδηροδρομικής γραμμής στο νησί της Κρήτης.

Αρχικά στο πρώτο Κεφάλαιο γίνεται μια καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης της Κρήτης όσον αφορά τις υφιστάμενες συγκοινωνιακές υποδομές. Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται το οδικό δίκτυο του νησιού, οι αερολιμένες και οι κύριοι λιμένες του. Γίνεται επίσης μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην ιστορία των σιδηροδρομικών εφαρμογών του νησιού της περιόδου 1880 με 1940.

Έπειτα, στο Κεφάλαιο 2 γίνεται αναζήτηση στη βιβλιογραφία και αναφορά σε μελέτες που αφορούν την Κρήτη και την ανάπτυξη, στο νησί, ενός σιδηροδρομικού δικτύου της ενώ έπειτα γίνεται διερεύνηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σε έρευνες που μελετούν ή χρησιμοποιούν τη μέθοδο της προσομοίωσης κατά τη λειτουργία ενός σιδηροδρομικού δικτύου. Γίνεται φανερό το ερευνητικό κενό που υπάρχει στην περίπτωση της Κρήτης. Μέρος αυτού καλείται να καλύψει η παρούσα διπλωματική εργασία.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 3, περιγράφεται η διαδικασία της έρευνας που ακολουθήθηκε η οποία αποτελείται αρχικά από τη συλλογή των δεδομένων που θα αποτελέσουν τις βασικές παραμέτρους του μοντέλου της προσομοίωσης (χαρακτηριστικά γραμμών, προδιαγραφές του τροχαίου υλικού και οι χρονικοί παράμετροι σε πίνακα δρομολογίων). Ακολουθεί η εκτέλεση της προσομοίωσης, της οποίας τα αποτελέσματα είτε γίνονται αποδεκτά εάν πληρούν τις προϋποθέσεις είτε αποτελούν είσοδο στην ανάδραση για την εισαγωγή τροποποιημένων νέων παραμέτρων εισόδου, έως ότου ληφθούν τα τελικά αποδεκτά αποτελέσματα. Για τη θεμελίωση του θεωρητικού υποβάθρου της διπλωματικής, στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού γίνεται περιγραφή των σταδίων σχεδιασμού των σιδηροδρόμων και τέλος αναλύονται τα βασικά στοιχεία της μεθόδου της προσομοίωσης. Επίσης, στο ίδιο κεφάλαιο, γίνεται παρουσίαση του λογισμικού Railway Operation Simulator που χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την προσομοίωση της λειτουργίας του δικτύου.

Το τέταρτο Κεφάλαιο αναφέρεται στην ανάλυση του μοντέλου και στα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Αρχικά, γίνεται η συλλογή όλων των απαραίτητων πληροφοριών, οι οποίες αναλύονται, για να αντληθούν τα δεδομένα που θα αποτελέσουν τις παραμέτρους εισόδου στο πρόγραμμα της προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται υπολογισμός της μεταφορικής ζήτησης για όλο το νησί της Κρήτης αλλά και ξεχωριστά για το αεροδρόμιο του Καστελλίου, βασιζόμενος σε δημογραφικά και τουριστικά στοιχεία. Στη συνέχεια, ακολουθεί ο προσδιορισμός όλων των απαραίτητων παραμέτρων σχεδιασμού του μοντέλου: αριθμός γραμμών, θέσεις σταθμών, χαρακτηριστικά γραμμής, τροχαίο υλικό, σηματοδότηση και γραμμές εξυπηρέτησης. Επιλέγονται δυο γραμμές εξυπηρέτησης: η γραμμή 1, η οποία συνδέει τα δύο άκρα του δικτύου Κίσσαμος και Άγιο Νικόλαο και η γραμμή 2, η οποία συνδέει το Ηράκλειο με το Αεροδρόμιο του Καστελλίου. Για τις δυο αυτές γραμμές εξετάζονται δυο σενάρια: ένα θερινό σενάριο πολλών δρομολογίων και ένα χειμερινό σενάριο λιγότερων ημερήσιων δρομολογίων λόγω μειωμένης ζήτησης για κάθε μια από τις δυο γραμμές. Οι πίνακες δρομολογίων διαμορφώνονται βάσει των θεωρητικών χρόνων που υπολογίζονται από τη μέση ταχύτητα και τις αποστάσεις. Οι χρόνοι αυτοί, όντας θεωρητικοί, δεν περιλαμβάνουν τυχόν καθυστερήσεις σηματοδότησης ή άλλων συμβάντων. Αυτοί οι χρόνοι θα πάρουν την τελική τους μορφή μετά το πέρας της προσομοίωσης αφού ληφθούν υπόψη οι εν λόγω καθυστερήσεις. Παράλληλα, γίνεται μια αρχική θεωρητική εκτίμηση της ποσότητας του απαιτούμενου τροχαίου υλικού, όμως η τελική αποτύπωση και αυτής της τιμής θα αντληθεί μέσα από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Αφού συγκεντρωθούν και εισαχθούν στο μοντέλο όλα τα παραπάνω δεδομένα, στο τέλος του τέταρτου κεφαλαίου, ορίζονται οι τελευταίες ρυθμίσεις για την εκτέλεση του μοντέλου. Ρυθμίζεται η ταχύτητα της προσομοίωσης, η μικρότερη δυνατή, για τη βέλτιστη αξιοπιστία του χειρισμού σηματοδότησης. Επίσης γίνεται ρύθμιση της αρχικής σηματοδότησης. Κατά την εκτέλεση του προγράμματος και για τα δύο σενάρια γίνεται αυτόματη αποτύπωση αστοχιών, καθυστερήσεων ή και πρώιμης προσέλευσης σε μια στάση. Σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης προβάλλονται όλες οι πληροφορίες ελέγχου των χρόνων άφιξης και αναχώρησης από τους σταθμούς με τις καθυστερήσεις ή της πρότερες αφίξεις καθώς και άλλων απρόβλεπτων συμβάντων. Έτσι, τα δεδομένα αυτά μετά το τέλος της προσομοίωσης αξιοποιούνται για την δημιουργία εκ νέου πινάκων δρομολογίων οι οποίοι εφαρμόζονται ξανά και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να προκύψουν οι τελικοί πίνακες δρομολογίων οι οποίοι κατά την εκτέλεση τους δεν δίνουν καθυστερήσεις ή άλλα δυσμενή συμβάντα. Προκύπτει επίσης και η τελική ποσότητα του απαιτούμενου τροχαίου υλικού για την ικανοποίηση των δρομολογίων. Τα χρονικά αποτελέσματα συγκρίνονται ως διαδρομές με τους αντίστοιχους χρόνους διαδρομών των υφιστάμενων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς του νησιού, τα υπεραστικά ΚΤΕΛ. Έτσι αποτυπώνεται η ωφέλεια του επιβάτη και το ισχυρό κίνητρο επιλογής του σιδηροδρόμου έναντι άλλων.

Στο τελευταίο, Κεφάλαιο 5, γίνεται αρχικά μια σύνοψη της μελέτης και στη συνέχεια γίνεται αποτύπωση των συμπερασμάτων βάσει των αποτελεσμάτων. Γίνονται εμφανή τα οφέλη της ανάπτυξης ενός σιδηροδρομικού δικτύου ευρείας κλίμακας στη Κρήτη για τους επιβάτες αλλά και η ανάγκη για προσομοίωση της λειτουργίας του πριν την εφαρμογή του για τον ακριβέστερο και ορθό σχεδιασμό των δρομολογίων. Τέλος, αναφέρονται οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο μέλλον, οι οποίες αφορούν στη χρήση προγράμματος προσομοίωσης με επιπλέον δυνατότητες ή στη μελέτη περισσότερων σεναρίων με διαφοροποίηση παραμέτρων ή στις άλλες πτυχές του θέματος οικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντικές και τεχνικές.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή.....	15
1.1	Εισαγωγικά στοιχεία για το νησί της Κρήτης.....	15
1.1.1	Οδικό Δίκτυο	15
1.1.2	Αεροπορικές και Λιμενικές Υποδομές.....	15
1.1.3	Εγκαταστάσεις σιδηροδρόμου στην Κρήτη	16
1.2	Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	17
1.3	Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας.....	18
2.	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	19
2.1	Εισαγωγή.....	19
2.2	Ανάλυση της Βιβλιογραφίας.....	19
2.2.1	Έρευνες προσομοίωσης σιδηροδρομικής γραμμής ή υλικού.....	19
2.2.2	Έρευνες εφικτότητας και αξιολόγησης χάραξης σιδηροδρομικής γραμμής	21
2.2.3	Έρευνες με επίκεντρο το νησί της Κρήτης.....	22
2.3	Συμπεράσματα βιβλιογραφίας.....	22
3.	Μεθοδολογική Προσέγγιση	24
3.1	Περιγραφή της Διαδικασίας	24
3.2	Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	24
3.2.1	Στάδια σχεδιασμού σιδηροδρόμων.....	24
3.2.2	Η μέθοδος της Προσομοίωσης.....	26
3.3	Το λογισμικό προσομοίωσης σιδηροδρόμων Railway Operation Simulator	27
3.3.1	Δόμηση του σιδηροδρομικού δικτύου.....	27
3.3.2	Εισαγωγή παραμέτρων του δικτύου.....	28
3.3.3	Εισαγωγή παραμέτρων του τροχαίου υλικού.....	28
3.3.4	Εισαγωγή πίνακα δρομολογίων	29
3.3.5	Σηματοδότηση και εκτέλεση της προσομοίωσης	29
4.	Ανάλυση Μοντέλου και Αποτελέσματα.....	31
4.1	Μεταφορική Ζήτηση.....	31
4.1.1	Δημογραφικά και Τουριστικά Δεδομένα	31
4.1.2	Μεταφορική Ζήτηση Αεροδρομίου Καστελλίου.....	35
4.2	Παράμετροι Σχεδιασμού	35
4.2.1	Αριθμός Γραμμών.....	35
4.2.2	Θέσεις Σταθμών.....	36
4.2.3	Χαρακτηριστικά Γραμμής.....	40
4.2.4	Τροχαίο Υλικό	43

4.2.5	Σηματοδότηση	44
4.2.6	Δεδομένα Εισαγωγής στο Μοντέλο	45
4.2.7	Γραμμές Εξυπηρέτησης	46
4.3	Διαμόρφωση Σεναρίων.....	47
4.3.1	Σενάριο 1: Θερινό Πρόγραμμα Δρομολογίων.....	48
4.3.2	Σενάριο 2: Χειμερινό Πρόγραμμα Δρομολογίων	54
4.4	Εκτέλεση του προγράμματος προσομοίωσης	57
4.4.1	Αρχικές ρυθμίσεις λειτουργίας προγράμματος προσομοίωσης.....	58
4.4.2	Προσομοίωση Σεναρίου Χειμερινής Λειτουργίας.....	59
4.4.3	Προσομοίωση Σεναρίου Θερινής Λειτουργίας	63
4.5	Αποτελέσματα	67
4.5.1	Σενάριο Χειμερινής Λειτουργίας	67
4.5.2	Σενάριο Θερινής Λειτουργίας	69
4.5.3	Χρονική Σύγκριση Διαδρομών με Υφιστάμενα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς.....	71
5.	Συμπεράσματα και προτάσεις	73
5.1	Βασικά συμπεράσματα.....	73
5.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	74
6.	Βιβλιογραφία	75
7.	Παράρτημα.....	78

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Πληθυσμός ανά Δημοτική Ενότητα και εγγύτητας στον ΒΟΑΚ [41]	31
Πίνακας 2 Τουριστικές Αφίξεις στην Κρήτη το έτος 2022	32
Πίνακας 3 Δημοφιλείς Τουριστικοί Προορισμοί στην Κρήτη	33
Πίνακας 4 Θέσεις Σταθμών και αποστάσεις	37
Πίνακας 5 Σταθμοί: Αποστάσεις και Υψόμετρα	40
Πίνακας 6 Ταχύτητα Σχεδιασμού ανά τμήμα	41
Πίνακας 7 Χρονικές αποστάσεις μεταξύ των σταθμών	42
Πίνακας 8 Τεχνικά χαρακτηριστικά συρμού Siemens Desiro [47]	43
Πίνακας 9 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 1 του Χειμερινού Σεναρίου.....	60
Πίνακας 10 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 2 του Χειμερινού Σεναρίου.....	61
Πίνακας 11 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 1 του Θερινού Σεναρίου.....	63
Πίνακας 12 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 2 του Θερινού Σεναρίου.....	64
Πίνακας 13 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Χειμερινού Σεναρίου (ωω:λλ)	68
Πίνακας 14 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Χειμερινού Σεναρίου (ωω:λλ)	69
Πίνακας 15 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Εαρινού Σεναρίου σε (ωω:λλ).....	70
Πίνακας 16 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Θερινού Σεναρίου (ωω:λλ)	71
Πίνακας 17 Συγκριτικός Πίνακας Χρόνων Βασικών Διαδρομών	72
Πίνακας 18 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Κίσσαμος – Άγιος Νικόλαος (ΩΩ:ΛΛ).....	78
Πίνακας 19 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος (ΩΩ:ΛΛ)	79
Πίνακας 20 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Ηράκλειο – Αεροδρόμιο Καστελλίου (ΩΩ:ΛΛ)	80
Πίνακας 21 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Αεροδρόμιο Καστελλίου – Ηράκλειο (ΩΩ:ΛΛ).....	80
Πίνακας 22 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Σεναρίου Κίσσαμος – Άγιος Νικόλαος (ΩΩ:ΛΛ)	81
Πίνακας 23 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Σεναρίου Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος (ΩΩ:ΛΛ)	82

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Κύριοι Λιμένες και Αερολιμένες στην Κρήτη [1]	16
Εικόνα 2 Σύνοψη προτάσεων ανάπτυξης σιδηροδρομικού δικτύου [6]	17
Εικόνα 3 Η συνολική πρόταση χάραξης δικτύου [6]	17
Εικόνα 4 Περιγραφή της Διαδικασίας	24
Εικόνα 5 Επίπεδα Σιδηροδρομικού Σχεδιασμού [39]	25
Εικόνα 6 Δημιουργία του σιδηροδρομικού δικτύου με το ROS και βασικά εργαλεία	28
Εικόνα 7 Εισαγωγή Αποστάσεων και Ορίων Ταχύτητας των Γραμμών	28
Εικόνα 8 Εισαγωγή δεδομένων Τροχαίου Υλικού	29
Εικόνα 9 Εισαγωγή δεδομένων προγράμματος δρομολογίων.	29
Εικόνα 10 Εισαγωγή παραμέτρων εκτέλεσης της προσομοίωσης	30
Εικόνα 11 Performance Log	30
Εικόνα 12 Πόλεις Χανίων, Ρεθύμνου και ΒΟΑΚ [3]	34
Εικόνα 13 Πόλη Ηρακλείου, Αρχαιολογικός Χώρος Κνωσσού, Χερσονήσος, Μάλια, Άγιος Νικόλαος, Σπιναλόγκα και ΒΟΑΚ [3]	34
Εικόνα 14 Οι 7 δημοφιλέστεροι προορισμοί και ο ΒΟΑΚ [3].....	34
Εικόνα 15 Φυσικό Ανάγλυφο της Κρήτης [2]	37
Εικόνα 16 Γραφική απεικόνιση των στάσεων της Γραμμής Καστέλλι- Άγιος Νικόλαος	39
Εικόνα 17 Τοπογραφική απεικόνιση των σταθμών.....	40
Εικόνα 18 Σηματοδότηση με τμήμα αποκλεισμού [45].....	44
Εικόνα 19 Παρακαμπτήριος κλάδος αναμονής.....	44
Εικόνα 20 Παράδειγμα σηματοδότησης από το μοντέλο της προσομοίωσης	45
Εικόνα 21 Απεικόνιση σιδηροδρομικού δικτύου στο πρόγραμμα προσομοίωσης	45
Εικόνα 22 Κατευθύνσεις Γραμμών Δικτύου	46
Εικόνα 23 Γραμμές 1 και 2	47
Εικόνα 24 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Θερινού Σεναρίου Κίσσαμος – Άγιος Νικόλαος	49
Εικόνα 25 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Θερινού Σεναρίου Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος	49
Εικόνα 26 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Θερινού Σεναρίου.....	51
Εικόνα 27 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 1 Κίσσαμος προς Άγιο Νικόλαο	52
Εικόνα 28 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 1 Άγιος Νικόλαος προς Κίσσαμο	53
Εικόνα 29 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 2 Ηράκλειο προς Αεροδρόμιο Καστελλίου.....	53
Εικόνα 30 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 2 Αεροδρόμιο Καστελλίου προς Ηράκλειο	54
Εικόνα 31 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Χειμερινού Σεναρίου Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος	55
Εικόνα 32 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Χειμερινού Σεναρίου Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος	55
Εικόνα 33 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Χειμερινού Σεναρίου.....	57
Εικόνα 34 Ορισμός ταχύτητας προσομοίωσης	58
Εικόνα 35 Αρχική σηματοδότηση	58
Εικόνα 36 Αναμονή συρμού CT30 στο σταθμό Χερσονήσου	60
Εικόνα 37 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Χειμερινού Σεναρίου	62
Εικόνα 38 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Θερινού Σεναρίου	66
Εικόνα 39 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Θερινού Σεναρίου	66
Εικόνα 40 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Θερινού Σεναρίου	67

Εικόνα 41 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Σεναρίου Ηράκλειο – Αεροδρόμιο Καστελλίου (ΩΩ:ΛΛ)	83
Εικόνα 42 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Σεναρίου Αεροδρόμιο Καστελλίου – Ηράκλειο (ΩΩ:ΛΛ).....	83

1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικά στοιχεία για το νησί της Κρήτης

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας με πληθυσμό 624.408 κατοίκων, ο οποίος αυξάνεται ραγδαία κατά τη θερινή περίοδο λόγω του τουρισμού. Αποτελεί μια από τις λιγοστές περιοχές στην Ελλάδα που σταθερά αυξάνονται πληθυσμιακά. Τόσο πληθυσμιακά όσο και μακροοικονομικά αποτελεί περίπου το 5% του συνόλου της Ελλάδας [1][2].

Το έντονα ορεινό ανάγλυφο και οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές του εδάφους πλησίον της ακτής δυσχεραίνουν διαχρονικά την ανάπτυξη του συγκοινωνιακού δικτύου διασύνδεσης όλων των μεγάλων και μικρών πόλεων του νησιού. Παράλληλα υπάρχει έντονη τουριστική μεταφορική ζήτηση κατά τη θερινή περίοδο ιδίως σε απομακρυσμένες περιοχές που αποτελούν τουριστικά θέρετρα πέραν των μεγάλων πόλεων [1]. Επιπροσθέτως, αναμένεται η ολοκλήρωση της κατασκευής του νέου αεροδρομίου στην περιοχή του Καστελλίου καθώς και των απαραίτητων υποδομών οδικής διασύνδεσης του με τον Βόρειο Οδικό Άξονα της Κρήτης (BOAK). Αυτοί είναι μερικοί από τους παράγοντες που καθιστούσαν και καθιστούν ακόμα και σήμερα επιτακτική την ανάγκη για βελτίωση των υφιστάμενων και ανάπτυξη νέων συγκοινωνιακών υποδομών, ιδίως στο βόρειο τμήμα του νησιού [3].

Η έντονη αυτή ανάγκη για τη συγκοινωνιακή αναβάθμιση του νησιού δεν θα μπορούσε να μην εκφραστεί με την ένταξη στο σχεδιασμό αυτό και μέσου σταθερής τροχιάς. Συγκεκριμένα ήδη οι δύο εμπλεκόμενοι Δήμοι (Ηρακλείου και Χερσονήσου) έχουν δώσει την έγκρισή τους για την εκκίνηση μελετών που αφορούν τη δημιουργία ενός σιδηροδρόμου διασύνδεσης του αεροδρομίου του Καστελλίου με την πόλη του Ηρακλείου [4]. Η υλοποίηση αυτού του έργου θα αποτελέσει εφελκυστήρα για την επέκταση του σιδηροδρομικού δικτύου κατά μήκος του νησιού.

1.1.1 Οδικό Δίκτυο

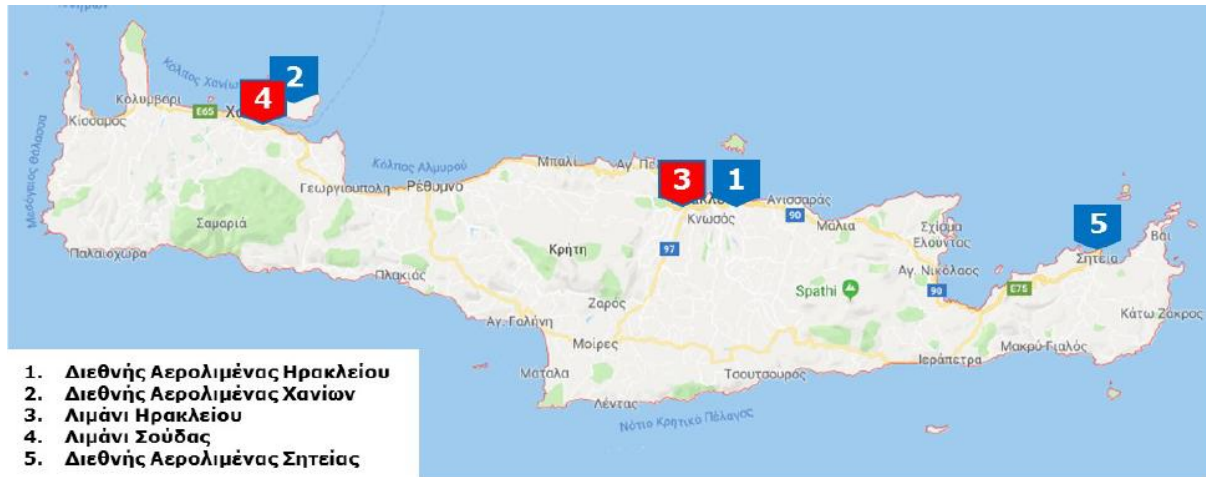
Το οδικό δίκτυο της Κρήτης αποτελείται κυρίως από τον BOAK, ο οποίος αποτελεί μέρος του διευρωπαϊκού οδικού δικτύου μεταφορών (E65 και E75), και διατρέχει το βόρειο τμήμα του νησιού από τον Κίσσαμο έως τη Σητεία με μήκος μεγαλύτερο των 300km. Σήμερα θεωρείται Αυτοκινητόδρομος (Α90) γεγονός που έχει αποτελέσει μοχλό πίεσης για την βελτίωση και επέκταση των υποδομών του αυτού του επιπέδου. Στο νότιο τμήμα του νησιού δεν υπάρχει αντίστοιχος άξονας αλλά μόνο επαρχιακοί οδοί [1].

Αυτή την περίοδο είναι σε εξέλιξη τα έργα λειτουργίας συντήρησης και αναβάθμισης του BOAK στα τμήματα Κίσσαμος – Χανιά και Χανιά – Ηράκλειο. Επίσης, σε εξέλιξη είναι και τα έργα κατασκευής του BOAK ως αυτοκινητόδρομου στα τμήματα Χερσονήσος – Νεάπολη και Νεάπολη – Άγιος Νικόλαος [3].

1.1.2 Αεροπορικές και Λιμενικές Υποδομές

Η Κρήτη διαθέτει 3 πολιτικά αεροδρόμια: Του Ηρακλείου (Νίκος Καζαντζάκης) των Χανίων (Ιωάννης Δασκαλογιάννης) και της Σητείας (Βιτσέντζος Κορνάρος) [1]. Ο νέος διεθνής αερολιμένας της Κρήτης στο Καστέλλι του νομού Ηρακλείου είναι υπό κατασκευή και αναμένεται να είναι το 2^ο μεγαλύτερο αεροδρόμιο μετά το Ελευθέριος Βενιζέλος [3].

Οι κύριοι λιμένες της Κρήτης είναι δύο: του Ηρακλείου και των Χανίων (στη Σούδα) οι οποίοι παρέχουν υπηρεσίες ελλιμενισμού, επιβατών και οχημάτων. Το νησί διαθέτει και μικρότερα λιμάνια στον Άγιο Νικόλαο, στο Ρέθυμνο και στην Σητεία τα οποία συνδέουν ακτοπλοϊκά τη Κρήτη και με άλλες απομακρυσμένες τοποθεσίες. Φυσικά διαθέτει και ακόμα μικρότερα λιμάνια τα οποία συνδέουν ακτοπλοϊκά την Κρήτη με τα μικρά νησάκια πλησίον της [3].



Εικόνα 1 Κύριοι Λιμένες και Αερολιμένες στην Κρήτη [1]

1.1.3 Εγκαταστάσεις σιδηροδρόμου στην Κρήτη

Η Κρήτη σήμερα δεν διαθέτει μέσο μεταφοράς σταθερής τροχιάς. Στο παρελθόν όμως λειτούργησαν μικρής έκτασης δίκτυα βιομηχανικών σιδηροδρόμων [5]:

- Ο βιομηχανικός σιδηρόδρομος του Ηρακλείου που λειτούργησε από το 1922 έως το 1937 για τη μεταφορά υλικών από τον παλαιό λιμένα έως το λατομείο στη θέση Εσταυρωμένος.
- Το λιμενικό δίκτυο Ηρακλείου που λειτούργησε στο εσωτερικό του παλαιού λιμένα για τις ανάγκες φορτοεκφορτώσεων περί το 1930.
- Το στρατιωτικό δίκτυο Καστελλίου το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά το Β' παγκόσμιο πόλεμο για τη μεταφορά υλικών στο ομώνυμο στρατιωτικό αεροδρόμιο. Αντίστοιχη χρήση είχε και το στρατιωτικό δίκτυο Γόρτυνας και Βωρών την ίδια περίοδο.
- Το βιομηχανικό δίκτυο του Πλακιάς, κατά τη διάρκεια του 19ου και του πρώτου μισού του 20ού αιώνα, χρησιμοποιήθηκε για την μεταφορά του εξορυγμένου λιγνίτη από τους χώρους εξόρυξης σε κοντινές λιμενικές εγκαταστάσεις.
- Το λιμενικό δίκτυο της Σούδας περί το 1940 που αποτελούσε μια γραμμή κατά μήκος της αποβάθρας του λιμανιού.
- Το στρατιωτικό δίκτυο της Σούδας το οποίο αποτελούσε συνέχεια του λιμενικού δικτύου της και εξυπηρετούσε τον ανεφοδιασμό στις αποθήκες.
- Το βιομηχανικό δίκτυο μεταλλευτικού πεδίου Ραβδουχά από το 1906 έως το 1940 για χρησιμοποιήθηκε για την μεταφορά των μεταλλευμάτων.

Πέρα όμως από τα παραπάνω μικρής έκτασης βιομηχανικά δίκτυα σιδηροδρόμων υπήρξαν αρκετές προσπάθειες για την ανάπτυξη σιδηροδρόμου μεγάλης κλίμακας στο νησί της Κρήτης. Υπήρξαν πολλές προτάσεις μεγάλης ή μικρότερης κλίμακας τις οποίες μελέτησε ο Κυπριωτάκης Δ. το 2016 στην έρευνα του και συνοψίζονται στην επόμενη εικόνα ανά έτος [6].

Έτος	Προκήρυξη / Σύνταξη σχεδίου	Μορφή	Έκταση
1880	Λυγκούνης Λεωνίδα / Lyghounes Pers et Fils	πρόταση	τοπική / γραμμή Μεσαράς
1894	Louis Rossels	πρόταση	συνολική
1895	Κοπάσης Ανδρέας	πρόταση	γενική
1900	Κρητικό Δημόσιο	προκήρυξη	συνολική
1902	Κρητικό δημόσιο / Ford ironworks	σχεδιασμός	συνολική
1903	Κρητικό δημόσιο / Lenyet et Cre	σχεδιασμός	συνολική
1904	Edouart Quellenec	πρόταση	γραμμή Μεσαράς
1904	Σαββάκης Μιχαήλ	πρόταση	τοπικά δίκτυα
1907	Πωλιουδάκης Δευκαλίων	πρόταση	γραμμή Μεσαράς
1908	Πεζανός Ε. Σισίνης	πρόταση	συνολική
1911	Κρητικό Δημόσιο / Γαλλική Εταιρία	προκήρυξη	γραμμή Μεσαράς κ' επέκταση
1913	Ελληνικό Δημόσιο / Γαλλική αποστολή	σχεδιασμός	γραμμή Μεσαράς
1925	Μπιτσάνης Παναγιώτης	πρόταση	γραμμή Μεσαράς κ' επέκταση
1926	Ελληνικό Δημόσιο/ Γαλλική Εταιρία	πρόταση	γραμμή Μεσαράς
1928	Ελληνικό Δημόσιο/ Βελγική Εταιρία	πρόταση	γραμμή Μεσαράς
1929	Ελληνικό Δημόσιο	πρόταση	γραμμή Μεσαράς

Εικόνα 2 Σύνοψη προτάσεων ανάπτυξης σιδηροδρομικού δικτύου [6]

Στην εικόνα 3 έχουμε και τη συνολική χάραξη όπως αυτή προτάθηκε με προκήρυξη του Κρητικού Δημοσίου το 1900.



Εικόνα 3 Η συνολική πρόταση χάραξης δικτύου [6]

Σήμερα η Κρήτη δεν διαθέτει σιδηροδρομικό δίκτυο μικρής ή μεγάλης έκτασης. Όμως η επέκταση των οδικών υποδομών και η κατασκευή του νέου αεροδρομίου κάνουν επιτακτική την ανάγκη για τη διερεύνηση της αναγκαιότητας ύπαρξης σιδηροδρομικού δικτύου. Ήδη οι δυο ενδιαφερόμενοι, ως προς το αεροδρόμιο του Καστελλίου, δήμοι του νησιού, Ηρακλείου και Χερσονήσου έχουν λάβει αποφάσεις για την δρομολόγηση των απαραίτητων μελετών προς αυτή τη κατεύθυνση. Η δημιουργία μιας σιδηροδρομικής γραμμής σύνδεσης Καστελλίου – Χερσονήσου – Ηρακλείου θα αποτελέσει την αρχή για ένα διευρυμένο σιδηροδρομικό δίκτυο πλησίον του BOAK [4].

1.2 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διερεύνηση της λειτουργικής εφικτότητας ενός σιδηροδρομικού δικτύου. Η μεθοδολογία που ακολουθείται χρησιμοποιεί μοντέλο προσομοίωσης και εφαρμόζεται για τη δημιουργία και λειτουργία ενός αναπαραστατικού μοντέλου σιδηροδρομικού δικτύου στο νησί της Κρήτης.

Στόχος της δημιουργίας και λειτουργίας του μοντέλου αυτού είναι ο προσδιορισμός του απαιτούμενου τροχαίου υλικού για τη διαμόρφωση ενός πίνακα δρομολογίων. Επιχειρείται εν τέλει, μέσα από την αξιοποίηση του εν λόγω μοντέλου, η γενικότερη εποπτεία λειτουργίας του σιδηροδρομικού δικτύου στοχεύοντας στον εντοπισμό αστοχιών (τεχνικών, χρονικών, κλπ.) σε αυτό το στάδιο.

Η παρούσα διπλωματική, λοιπόν, καλείται να αντιμετωπίσει δύο προκλήσεις κατά την επίτευξη του σκοπού της. Η πρώτη είναι μια αρχική εκτίμηση της επιβατικής μεταφορικής ζήτησης στην Κρήτη. Η δεύτερη πρόκληση αφορά σε διερεύνηση εναλλακτικού τρόπου μεταφοράς για τη βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης των επιβατών σε σχέση με τα υφιστάμενα υπεραστικά μέσα μεταφοράς (ΚΤΕΛ). Έτσι, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης προσδιορίζεται η μεταφορική ζήτηση του νησιού, για τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο και η μεταφορική ζήτηση από και προς το Αεροδρόμιο του Καστελλίου για τις ίδιες περιόδους.

1.3 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση για την αναζήτηση ερευνών, άρθρων και άλλων δημοσιεύσεων σχετικών με τη χρήση της διαδικασίας της προσομοίωσης στη σιδηροδρομική αλλά και σχετικών με την πιθανή σιδηροδρομική υποδομή στην Κρήτη.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η μεθοδολογική προσέγγιση όπου αρχικά αναλύεται η διαδικασία που ακολουθεί η παρούσα διπλωματική εργασία και στη συνέχεια το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίζεται ο σιδηροδρομικός σχεδιασμός και η μέθοδος της μοντελοποίησης. Γίνεται αναφορά στην έννοια της προσομοίωσης ενώ στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του λογισμικού που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του μοντέλου της προσομοίωσης.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύεται η εφαρμογή της μεθόδου. Αρχικά γίνεται προσδιορισμός της μεταφορικής ζήτησης και στη συνέχεια η επιλογή των δεδομένων, τα οποία θα αποτελέσουν τις απαιτούμενες παραμέτρους της προσομοίωσης και η εισαγωγή τους στο λογισμικό. Στη συνέχεια του ίδιου κεφαλαίου εκτελείται η προσομοίωση όπως αυτή δημιουργήθηκε για να αναπαραστήσει το εν δυνάμει σιδηροδρομικό δίκτυο του νησιού, εστιάζοντας στη μεταφορά επιβατών. Στο τέλος του κεφαλαίου αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που αφορούν, για κάθε εξεταζόμενο σενάριο, την απαιτούμενη ποσότητα του τροχαίου υλικού, τους πίνακες δρομολογίων και την σύγκριση τους, σε επίπεδο χρόνων, με τα υφιστάμενα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται μια παράθεση των βασικών συμπερασμάτων μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εργασίας. Παράλληλα, στο ίδιο κεφάλαιο, προτείνονται μελλοντικά αντικείμενα για περαιτέρω έρευνα.

Στο Κεφάλαιο 6 καταγράφεται όλη η βιβλιογραφία που αξιοποιήθηκε ενώ, τέλος, το Κεφάλαιο 7 αποτελεί το παράρτημα που περιλαμβάνει όλους τους πίνακες των αποτελεσμάτων με λεπτομέρεια.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Η βελτίωση της διαχείρισης της λειτουργίας των σιδηροδρομικών δικτύων εδώ και καιρό αποτελεί ζητούμενο πολλών ερευνών ανά τον κόσμο. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων και πληροφορίας που συνοδεύουν την διαχειριστική λειτουργία των σιδηροδρόμων αποτελούσε και αποτελεί την μεγαλύτερη πρόκληση κατά την χρήση αναπαραστατικών μοντέλων. Μέσω αυτών των μοντέλων γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστεί εποπτικά η λειτουργία ενός σιδηροδρομικού δικτύου απαλλαγμένη από την σύνθετη ή πολύπλοκη, μαθηματική ή άλλου είδους, πληροφορία [7]. Η εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών συντέλεσε στην ανάπτυξη εφαρμογών προσομοίωσης που είναι ικανές να διαχειριστούν και να παρουσιάσουν, σε ένα φιλικό για τον χρήστη περιβάλλον, την πληροφορία. Τα τελευταία χρόνια η προσομοίωση σε κάθε είδους εφαρμογή έχει αποτελέσει επίκεντρο ενδελεχούς έρευνας [8].

2.2 Ανάλυση της Βιβλιογραφίας

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία παρατηρείται μεγάλος αριθμός ερευνών και εφαρμογών στο πεδίο της προσομοίωσης είτε, σε μακροσκοπικό επίπεδο, της λειτουργίας των δικτύων σιδηροδρόμου είτε, σε μικροσκοπικό επίπεδο, της λειτουργίας του τροχαίου υλικού [7]. Επίσης, παρατηρείται έντονη ερευνητική δραστηριότητα στον τομέα της μελέτης εφικτότητας χάραξης της σιδηροδρομικής γραμμής. Λιγότερη είναι η έρευνα που επικεντρώνεται στο νησί της Κρήτης και το σιδηροδρομικό σχεδιασμό της. Στη συνέχεια γίνεται σύντομη αναφορά σε σχετικές έρευνες ανά θεματική κατηγορία.

2.2.1 Έρευνες προσομοίωσης σιδηροδρομικής γραμμής ή υλικού

- Το 1997 ο Čerić [9] ανέπτυξε ένα πρώιμο εποπτικό μοντέλο, για την εποχή, προσομοίωσης της λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου στη Βοσνία καθώς και της εφοδιαστικής του αλυσίδας. Το μοντέλο αυτό είχε ως στόχο να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο στην διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά τη διαχείριση της λειτουργίας του δικτύου όντας πολύ φιλικό για τον χρήστη.
- Το 2006 οι Koutsopoulos και Wang [10] παρουσιάζουν την εφαρμογή του λογισμικού SimMETRO για την προσομοίωση της λειτουργίας αστικών σιδηροδρόμων. Το λογισμικό, στο παράδειγμα του δικτύου της Βοστώνης, προσομοιώνει τη λειτουργία του δικτύου σε λειτουργικό επίπεδο λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους του δικτύου, των συρμών, της συμμετοχής των επιβατών και τυχαία συμβάντα με στόχο την εύρυθμη λειτουργία του. Αφού εισαχθούν τα δεδομένα στο μοντέλο, αυτό εκτελείται ώστε να ληφθούν τα αποτελέσματα βάσει των οποίων ανατροφοδοτείται το μοντέλο με νέα δεδομένα εισόδου κ.ο.κ.
- Το 2011 οι Cui και Martin [8] παρουσιάζουν διάφορες περιπτώσεις πολύ-επίπεδης προσομοίωσης δικτύων η οποία δίνει την δυνατότητα εποπτείας σε πραγματικό χρόνο σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο.
- Επίσης το 2011, οι Marinon και Viegas [11] εφάρμοσαν μια μεσοσκοπική προσομοίωση για το σιδηροδρομικό δίκτυο της Πορτογαλίας που εξυπηρετεί εμπορευματικούς συρμούς με τη χρήση του προγράμματος SIMUL8.
- Το 2016 οι Cui et al. [12] ανέπτυξαν ένα μοντέλο το οποίο λαμβάνει υπόψη του τη διακύμανση στις τιμές των παραμέτρων εισόδου, κυρίως τις χρονικές καθυστερήσεις, στο πρόγραμμα προσομοίωσης της λειτουργίας των σιδηροδρομικών δικτύων. Στόχος

του μοντέλου αυτού είναι το αυτόματο καλιμπράρισμα - διόρθωση των απαραίτητων τιμών ώστε να ελαχιστοποιείται η διαταραχή κατά την προσομοίωση.

- Το ίδιο έτος οι Mohamed et al. [7] παρουσίασαν αναλυτικά όλα τα στάδια (Δημιουργία δικτύου, Εισαγωγή πίνακα δρομολογίων, Εκτέλεση προσομοίωσης και Αξιολόγηση) εφαρμογής προσομοίωσης με τη χρήση του προγράμματος VILLON, μελετώντας διάφορα σενάρια, για την γραμμή ABO-KIR στην περιοχή της Αλεξάνδρειας.
- Το 2017 οι Marinov και Yeung [13] αφού αξιολόγησαν 5 διαφορετικά λογισμικά προσομοίωσης (Arena, SIMUL8, XpressMP, Railsys και Open Track) επέλεξαν, ως καταλληλότερο, το SIMUL8 για την προσομοίωση ενός σιδηροδρομικού δικτύου μεταφοράς αντικειμένων. Για τις ανάγκες της δικής τους έρευνας θεώρησαν το λογισμικό αυτό ως βέλτιστη επιλογή λόγω της απλότητας και του μακροσκοπικής φιλοσοφίας του.
- Οι Michal et al. το 2017 [14] έκαναν χρήση του προγράμματος προσομοίωσης RailNet για να διερευνήσουν τη δυνατότητα προσθήκης επιπλέον διαδρομών εμπορευματικών συρμών σε υφιστάμενο σιδηροδρομικό δίκτυο στην Αυστραλία.
- Το 2018 οι Cui et al. [15] παρουσιάζουν τη λειτουργία του λογισμικού PULSim για τον σχεδιασμό και τη λειτουργία σιδηροδρομικών δικτύων. Το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να προσαρμόσει τις δυνατότητες του ή να προσθέσει εργαλεία μέσω δικού του αλγορίθμου. Το λογισμικό με αυτό το τρόπο συνεχώς αναπτύσσεται και αποκτά χαρακτηριστικά μηχανικής μάθησης.
- Ο David το 2018 [16] αξιοποίησε 7 λογισμικά (Simul8, Arena, Witness, Anylogic, OpenTrack, Railsys, Villon) για την προσομοίωση της λειτουργίας σιδηροδρομικών δικτύων εμπορευματικών μεταφορών. Η χρήση αυτών των λογισμικών αποτελεί, στην μελέτη του, εργαλείο για την συσχέτιση των αποφάσεων των χρηστών του δικτύου, τα δεδομένα της παγκόσμιας αγοράς και τις απαιτήσεις των ιδιοκτητών τους, με την λειτουργία του.
- Το 2021 οι Galadikova και Adamko [17] έκαναν κι εκείνοι χρήση του προγράμματος Villon για να προσομοιώσουν τη λειτουργία των κόμβων και των σταθμών σιδηροδρόμων. Δημιούργησαν ένα μοντέλο προσομοίωσης διαχείρισης αφίξεων και αναχωρήσεων στους σταθμούς ικανό να χρησιμοποιηθεί και για την εκπαίδευση ενός σταθμάρχη.
- Το 2021 ο Lecomte [18] παρουσίασε ένα σύνθετο μοντέλο λογισμικού με στόχο τη δημιουργία ενός ψηφιακού 'διδύμου' του δικτύου και του τροχαίου υλικού. Για τις ανάγκες της λειτουργίας αυτού του μοντέλου αξιοποιούνται επιμέρους εργαλεία λογισμικού για την απεικόνιση των γραμμών, του τροχαίου υλικού και την αποτύπωση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα, που προσφέρει το μοντέλο, είναι πολυδιάστατα καθώς αφορούν τους πίνακες δρομολογίων, τα διαγράμματα πορείας, λειτουργικά διαγράμματα του τροχαίου υλικού, την απεικόνιση του δικτύου σε πολλές διαστάσεις και την λειτουργία του τροχαίου υλικού σε πραγματικό χρόνο.
- Οι Kuzmina et al. το 2022 [19] ανέπτυξαν ένα λογισμικό, βασιζόμενοι στο γραφικό περιβάλλον της AnyLogic και σε αντικειμενοστραφή κώδικα Java, για την προσομοίωση λειτουργίας ενός σιδηροδρομικού σταθμού. Εξετάζοντας διάφορα σενάρια φόρτου το μοντέλο αυτό μπορεί να παράγει εποπτικά και ποσοτικά αποτελέσματα σχετικά με τις ροές των επιβατών, τα σημεία συμβολής των ροών, τον χρόνο αναμονής και την ποσότητα των επιβατών σε διάφορα σημεία εξυπηρέτησης του σταθμού καθώς και τα σημεία κορεσμού.

- Οι Kaddoura et al. το 2024 [20] χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα MATSim για την προσομοίωση λειτουργίας, μεγάλης κλίμακας, σιδηροδρομικού δικτύου της Ελβετίας.
- Οι Tan et. al. το 2024 [21] ανέπτυξαν ένα μοντέλο υπό μορφή λογισμικού για την προσομοίωση της λειτουργίας σιδηροδρομικών δικτύων και των καιρικών συνθηκών που έχουν άμεση επίδραση στην ασφαλή τους αυτή λειτουργία. Το μοντέλο εφαρμόστηκε στην περίπτωση του σιδηροδρόμου υψηλής ταχύτητας για την γραμμή Σαγκάη - Ναντζίνγκ.
- Οι Zhang et al. επίσης το 2024 [22] ανέπτυξαν τον S-C-SPSA αλγόριθμο, ο οποίος εκτελείται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μέσω αυτού του αλγορίθμου επιχειρείται η προσομοίωση του αστικού σιδηροδρομικού δικτύου της Τσενγκντού στην Κίνα. Στόχος της προσομοίωσης είναι ο βέλτιστος συγχρονισμός των επιμέρους προγραμμάτων δρομολογίων ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο ο χρόνος αναμονής των επιβατών.

2.2.2 Έρευνες εφικτότητας και αξιολόγησης χάραξης σιδηροδρομικής γραμμής

- Το 2003 οι εταιρείες TEMS και HNTB [23] για λογαριασμό της Υπηρεσίας Μεταφορών της Μινεσότα παρουσίασαν την μελέτη τους με στόχο την αξιολόγηση της εφικτότητας της δημιουργίας ενός κεντρικού σιδηροδρομικού άξονα υψηλής ταχύτητας για τη σύνδεση του αεροδρομίου Άγιος Παύλος της Μινεάπολης και του Διεθνούς Αεροδρομίου του Ρότσεστερ. Για το σκοπό αυτό εξετάστηκαν δύο σενάρια εναλλακτικών διαδρομών χάραξης και επιμέρους σταθμών, τα οποία συγκρίθηκαν βάσει τεχνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων. Η μελέτη δεν σταμάτησε εκεί αλλά προχώρησε και στην ανάπτυξη ενός σχεδίου υλοποίησης.
- Το 2010 η εταιρεία BONIFICA [24] εκπόνησε μελέτη στην οποία εξετάζονται δύο σενάρια επέκτασης του υφιστάμενου σιδηροδρομικού δικτύου της Γκάνα. Στην μελέτη αυτή αναλύονται αρχικά τα υφιστάμενα συγκοινωνιακά δεδομένα ζήτησης και υποδομών και στη συνέχεια αποτυπώνονται τα σενάρια πιθανών σταθμών και χάραξης του νέου δικτύου. Τα σενάρια αυτά αξιολογούνται βάσει οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων ώστε να διαμορφωθεί η τελική πρόταση για την ανάπτυξη της σιδηροδρομικής υποδομής.
- Το 2015 η Περιφερειακή Επιτροπή Μεταφορών της Κομητείας του Σάντα Κρουζ [25] δημοσίευσε το τελικό παραδοτέο της μελέτης της για την αναβάθμιση του σιδηροδρομικού δικτύου της περιοχής του Σάντα Κρουζ. Στην μελέτη αυτή αρχικά αναπτύσσονται τα σενάρια χάραξης των γραμμών, της υποδομής, του τροχαίου υλικού και των λοιπών τεχνικών χαρακτηριστικών. Στη συνέχεια, τα σενάρια αυτά αξιολογούνται με τεχνικά οικονομικά, κοινωνικά και συγκοινωνιακά κριτήρια. Τέλος, αφού προκριθεί το βέλτιστο σενάριο αποτυπώνεται ο οδηγός εφαρμογής της μελέτης στην πράξη.
- Το Μάιο του 2015 το Διεθνές Γραφείο Συντονισμού της Ιαπωνίας και οι συνεργάτες του [26] δημοσίευσαν μελέτη στην οποία καταστρώνουν το σχέδιο για την δημιουργία σιδηροδρομικής γραμμής υψηλής ταχύτητας για την σύνδεση της Τζακάρτα με την Μπαντούγκ στην Ινδονησία. Η πλήρης αυτή μελέτη αυτή περιλαμβάνει όλα τα στάδια για την δημιουργία του σιδηροδρόμου. Αρχικά αποτυπώνει την υφιστάμενη κατάσταση κοινωνικά, οικονομικά, δημογραφικά και συγκοινωνιακά. Στη συνέχεια αναπτύσσει τα σενάρια χάραξης αναλύοντας όλους τους σταθμούς και τις ροές. Παράλληλα περιγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας του δικτύου. Το έργο αξιολογείται τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά. Επίσης,

αποτυπώνονται οι νομικές πτυχές του έργου. Τέλος, καταγράφονται με κάθε λεπτομέρεια οι κατευθυντήριες για την υλοποίηση του έργου.

- Οι Kumar et al. το 2017 [27] μελέτησαν εναλλακτικά σενάρια χάραξης σιδηροδρομικής γραμμής για την σύνδεση των περιοχών Μπούνταρ και Κουλού στην Ινδία. Για την ανάλυση των εναλλακτικών χάραξης χρησιμοποίησε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS). Στην συνέχεια τα δεδομένα της ανάλυσης αυτής αποτέλεσαν δεδομένα εισόδου για το πολυκριτήριο μοντέλο απόφασης που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των σεναρίων. Το πολυκριτήριο αυτό μοντέλο ήταν η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (AHP).
- Τον Σεπτέμβριο του 2024 η εταιρεία WGI [28] διερεύνησε την βιωσιμότητα της σιδηροδρομικής σύνδεσης του Γουίλμιγκτον της Βόρειας Καρολίνα με το υφιστάμενο δίκτυο της Ράλεϊ. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας εξετάζονται δυο σενάρια χάραξης με τους αντίστοιχους σταθμούς. Προτείνεται η υποδομή και το τροχαίο υλικό και στην συνέχεια γίνεται ένας αρχικός υπολογισμός των χρονικών αποστάσεων των σταθμών. Έπειτα, αναλύονται τεχνικά, κοινωνικά και οικονομικά δεδομένα για την αξιολόγηση των δύο σεναρίων.
- Η βιβλιογραφία περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό μελετών που διερευνούν και αξιολογούν σενάρια χάραξης νέων σιδηροδρομικών γραμμών ακολουθώντας όλα τα απαραίτητα βήματα όπως οι προαναφερθείσες. Συνοπτικά αναφέρονται επιπλέον αντίστοιχες μελέτες, για τις χώρες της Βαλτικής από την Ε.Ε. το 2007 [29], για την περιοχή του Χάλιφαξ της Αγγλίας από την CPCS (2015) [30], για την Βόρεια Μακεδονία από τους Nedevska et al. (2015) [31], για την Γιαγκόν το 2016 από την υπηρεσία συντονισμού της Ιαπωνίας [32], για την Μολδαβία οι NTU και SYSTA (2017) [33] και για το ΦλίτΓούντ της Αγγλίας από την SNC-Lavalin (2021) [34].

2.2.3 Έρευνες με επίκεντρο το νησί της Κρήτης

Όσον αφορά το νησί της Κρήτης, στο τομέα της σιδηροδρομικής, αναζητώντας στη βιβλιογραφία, εντοπίζεται λιγοστή έρευνα. Το 2006 ο Δ. Α. Πρωτονοτάριος περιγράφει χάραξη για την ανάπτυξη σιδηροδρομικού δικτύου στη Κρήτη [35]. Ο ίδιος, το 2012 επικεντρώνεται στη μελέτη ενός σιδηροδρομικού δικτύου στη Κρήτη το οποίο, όμως, μελετάει διεξοδικά σε τεχνικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο [36]. Η πιο πρόσφατη, το 2024, και αρκετά συναφής, με την παρούσα, μελέτη είναι η Διπλωματική εργασία του Κ. Γκουβάτσου [37]. Στην εργασία αυτή γίνεται προκαταρκτική χάραξη σιδηροδρομικής γραμμής που συνδέει το αεροδρόμιο του Καστελλίου με τις πόλεις του Ηρακλείου και του Αγίου Νικολάου.

2.3 Συμπεράσματα βιβλιογραφίας

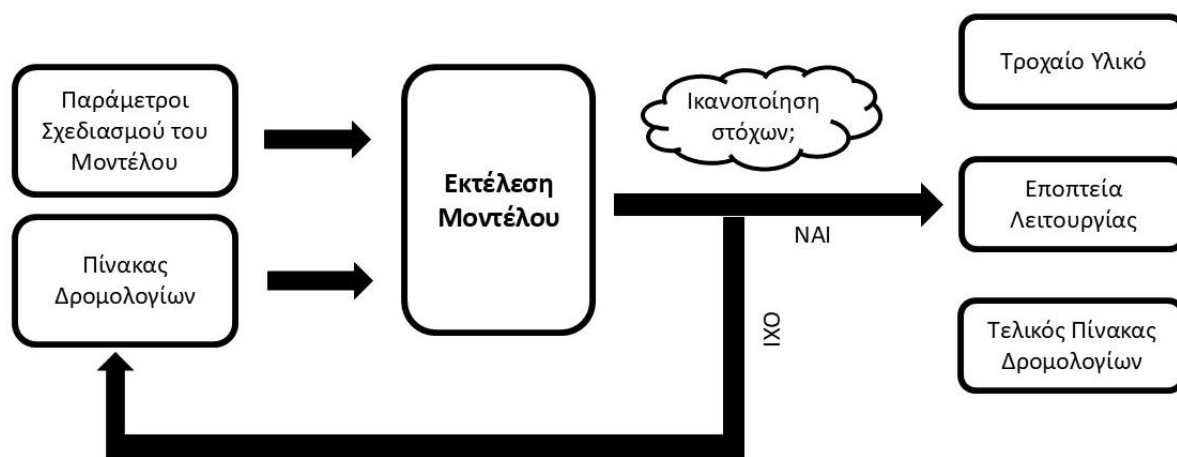
Παρατηρείται, λοιπόν, μεγάλος αριθμός μελετών σχετικών με εφαρμογές προσομοίωσης στο αντικείμενο της σιδηροδρομικής σε επίπεδο λειτουργίας δικτύου και στη διερεύνηση χάραξης μιας ή περισσότερων σιδηροδρομικών γραμμών. Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν εντοπίζεται έρευνα για το νησί της Κρήτης, σε αντίθεση με την ελληνική βιβλιογραφία. Η πρώτη σχετική έρευνα το 2011 περιλαμβάνει την ανάπτυξη δικτύου από την πόλη των Χανίων έως την πόλη του Ηρακλείου. Η ανάλυση αφορά όλες τις πτυχές του έργου: Τεχνική, Οικονομική, Κοινωνική και Περιβαλλοντική, και αρκείται στο μέρος του σχεδιασμού. Η μετέπειτα ανάπτυξη του ΒΟΑΚ και του αεροδρομίου του Καστελλίου οδηγούν στην ανάγκη επανεξέτασης των απαιτούμενων σταθμών. Στην εν λόγω έρευνα δεν χρησιμοποιείται κάποιο μοντέλο ή πρόγραμμα προσομοίωσης της λειτουργίας της γραμμής για καλύτερη εποπτεία αυτής. Απ' την άλλη η διπλωματική του Γκουβάτσου αν και αρκετά πρόσφατη ασχολείται με τη γεωμετρική

χάραξη ενός τμήματος του σιδηροδρομικού δικτύου στην Κρήτη το οποίο και καλείται να προσομοιώσει η παρούσα έρευνα. Αυτό το ερευνητικό κενό επιχειρεί να καλύψει η παρούσα διπλωματική εργασία.

3. Μεθοδολογική Προσέγγιση

3.1 Περιγραφή της Διαδικασίας

Στόχος της παρούσας μελέτης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι η δημιουργία και η εφαρμογή ενός αναπαραστατικού μοντέλου προσομοίωσης σιδηροδρομικού δικτύου. Για την υλοποίηση αυτού του στόχου αρχικά αναζητούνται από τη βιβλιογραφία όλα τα απαραίτητα δεδομένα (χαρακτηριστικά δικτύου, γραμμών, τροχαίου υλικού και πίνακας δρομολογίων) που θα αξιοποιηθούν ως παράμετροι δόμησης του μοντέλου και αφορούν τα πρώτα δύο στάδια σχεδιασμού των σιδηροδρόμων, που αναλύονται στη συνέχεια. Αφού ολοκληρωθεί η δόμηση του μοντέλου, εισάγεται το πλάνο δρομολογίων και έπειτα ‘τρέχει’ το μοντέλο προσομοίωσης. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μοντέλου θα ελεγχθεί η ορθότητα των παραμέτρων καθώς επίσης θα γίνει και ο προσδιορισμός της ποσότητας του απαιτούμενου τροχαίου υλικού για τις δοθείσες παραμέτρους. Τα συμπεράσματα στο τέλος κάθε εφαρμογής του μοντέλου αναδιαμορφώνουν, ως ανάδραση, τον πίνακα δρομολογίων και επαναλαμβάνεται η διαδικασία μέχρι να επιτευχθούν οι αρχικοί στόχοι. Όλα τα παραπάνω φαίνονται διαγραμματικά στην εικόνα 4.



Εικόνα 4 Περιγραφή της Διαδικασίας

3.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

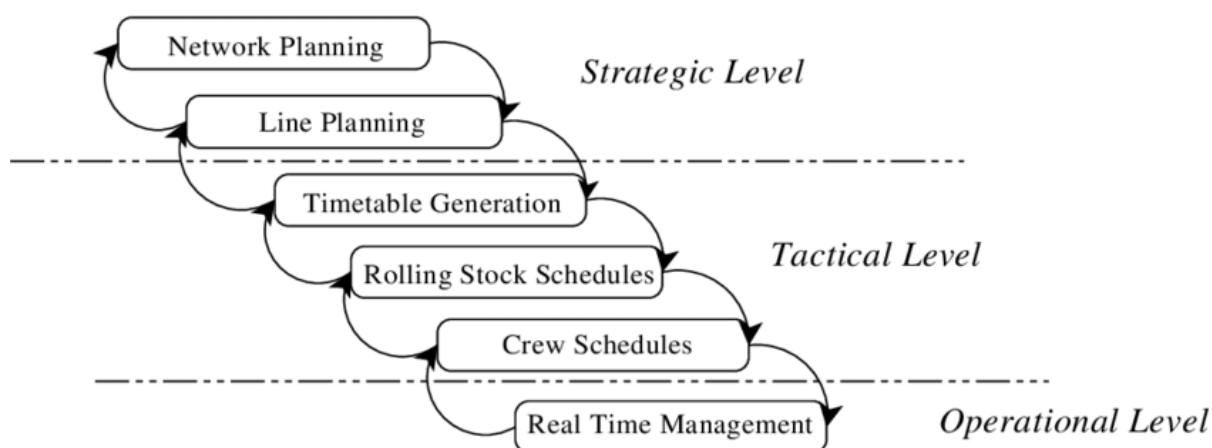
3.2.1 Στάδια σχεδιασμού σιδηροδρόμων

Ο σιδηρόδρομος είναι ένα από τα πλέον σημαντικά χερσαία μέσα μεταφοράς, όπου οχήματα με τροχούς διαμορφωμένους με όνυχες κινούνται σε αποκλειστικά δικό τους διάδρομο σταθερής τροχιάς ο οποίος οριοθετείται από δυο σιδηροτροχιές παράλληλες μεταξύ τους [38].

Ο σιδηρόδρομος αποτελείται από δυο βασικές συνιστώσες [38]:

- Το τροχαίο υλικό, δηλαδή τα κινούμενα οχήματα.
- Τη σιδηροδρομική υποδομή, δηλαδή όλα τα τεχνικά έργα, τη σιδηροδρομική γραμμή και τις εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την ορθή του λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου.

Ο σχεδιασμός των σιδηροδρόμων υλοποιείται σε τρία επίπεδα το στρατηγικό, το τακτικό και το επιχειρησιακό - λειτουργικό επίπεδο [38].



Εικόνα 5 Επίπεδα Σιδηροδρομικού Σχεδιασμού [39]

Το στρατηγικό επίπεδο (strategic level) είναι αυτό κατά το οποίο γίνεται ο γεωμετρικός σχεδιασμός – χάραξη του δικτύου και των επιμέρους γραμμών. Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη χρονική του διάρκεια καθώς αφορά την εξασφάλιση των απαιτούμενων πόρων και τη λήψη σύνθετων αποφάσεων. Ο κύριος του έργου στη φάση αυτή εξετάζει την παρούσα αλλά και την μελλοντική εν δυνάμει κατάσταση. Πρέπει να προβλέψει τον αντίκτυπο των μεταβολών μιας πληθώρας κοινωνικών, περιβαλλοντικών, τεχνικών, οικονομικών και άλλων παραμέτρων που σχετίζονται με το έργο. Το ζητούμενο αποτέλεσμα στο επίπεδο αυτό είναι ο προσδιορισμός των σταθμών, τερματικών και ενδιάμεσων και των επιμέρους συνδέσεων αυτών μέσω σιδηροδρομικών γραμμών. Είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των γεωμετρικών και τεχνικών χαρακτηριστικών των σταθμών και των γραμμών. Παράλληλα επιλέγονται τα χαρακτηριστικά του τροχαίου υλικού που εξυπηρετεί κάθε γραμμή. Όλες οι παραπάνω παράμετροι επιλέγονται βάσει βελτιστοποίησης που στόχο έχει την ικανοποίηση όσο το δυνατό μεγαλύτερης προβλεπόμενης ζήτησης με το ελάχιστο δυνατό κόστος [39].

Στο τακτικό επίπεδο (tactical level) δημιουργούνται οι πίνακες των δρομολογίων καθώς και το χρονοδιάγραμμα του τροχαίου υλικού και του προσωπικού με δεδομένα πλέον τα χαρακτηριστικά των γραμμών και την συχνότητα των διελεύσεων. Προσδιορίζεται ο χρόνος αναχώρησης και άφιξης κάθε τρένου από και σε κάθε σταθμό. Οι χρόνοι αυτοί πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές των υποδομών (για παράδειγμα σε μια μονή γραμμή δεν πρέπει να συνυπάρχουν ταυτόχρονα δυο τρένα) και τις προδιαγραφές ταχύτητας, δυναμικής και χωρητικότητας των τρένων. Για την αποφυγή της συμβολής, σε κοινή γραμμή, δυο συρμών χρησιμοποιείται ένας χρονικό περιθώριο ασφαλείας, χρόνος προπορείας, πριν ξεκινήσει ο εκάστοτε συρμός να εισέλθει στο εν λόγω τμήμα. Οι παραπάνω χρόνοι εξαρτώνται επίσης από το είδος του συρμού, εμπορικού ή επιβατικού καθώς και από τον εκάστοτε σταθμό και τις ανάγκες του. Ένας κεντρικός σταθμός με μεγάλη ζήτησης θα απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο στάσης σε αντίθεση με έναν μικρότερης ζήτησης. Από την μια, για έναν επιβατικό συρμό πρωταρχικός στόχος είναι η ικανοποίηση των αναγκών του επιβάτη σε επίπεδο χρόνου, άνεσης κατά τη διαδρομή, προσβασιμότητας από και προς το σταθμό κ.α. τα οποία επηρεάζουν τους χρόνους άφιξης και αναχώρησης. Από την άλλη για έναν εμπορικό συρμό, πρωταρχικός στόχος είναι η ασφαλής και οικονομική μεταφορά του φορτίου. Συνηθίζεται να χρησιμοποιείται κυκλικό, περιοδικό πρόγραμμα δρομολογίων το οποίο επαναλαμβάνεται ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το οποίο διευκολύνει και τους χρήστες αλλά και τον διαχειριστή του δικτύου [39].

Το επιχειρησιακό – λειτουργικό επίπεδο (operational level) κατά το οποίο γίνεται εποπτεία και διαχείριση όλων των διαθέσιμων πόρων και συντελεστών για την λειτουργία του δικτύου σε πραγματικό χρόνο ώστε να τηρηθεί ο σχεδιασμός κατά το τακτικό επίπεδο και να αντιμετωπισθούν τυχόν μη προβλεπόμενες καταστάσεις λειτουργίας. Στο στάδιο αυτό εμφανίζονται και επιλύονται προβλήματα τα οποία δεν είχαν προβλεφθεί κατά το τακτικό επίπεδο σχεδιασμού. Για παράδειγμα, μια καθυστερημένη άφιξη, η συντήρηση ενός τμήματος του δικτύου, μια τεχνική αστοχία κ.α. είναι συμβάντα τα οποία μπορούν να αντιμετωπισθούν στο στάδιο αυτό παρόλο που δεν αποτελούν, όπως είναι προφανές, μέρος του σχεδιασμού κατά το τακτικό επίπεδο [39].

Έτσι η προσομοίωση λειτουργίας του σιδηροδρομικού δικτύου, που αποτελεί το κορμό της παρούσας εργασίας, συντελεί στην εποπτεία της ορθής εφαρμογής του σχεδιασμού κατά τα πρώτα στάδια σχεδιασμού αλλά και στην δυναμική διαχείριση μη αναμενόμενων συμβάντων. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αυτής αποτελούν ανατροφοδότηση για την βελτιστοποίηση του σχεδιασμού κατά το τακτικό επίπεδο. Στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου αυτού περιγράφονται τα δύο πρώτα επίπεδα σχεδιασμού όσον αφορά την Κρήτη, όπως αυτά έχουν σκιαγραφηθεί στο παρελθόν στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, ώστε οι παράμετροι που θα προκύψουν να αξιοποιηθούν στο μοντέλο της προσομοίωσης που αποτελεί το τρίτο επίπεδο σχεδιασμού και αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο.

3.2.2 Η μέθοδος της Προσομοίωσης

Προσομοίωση είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα φαινόμενο ή ένα σύστημα μπορεί να χαρτογραφηθεί και να παρουσιαστεί ως ένα απλό μοντέλο. Ο γενικότερος στόχος των μοντέλων προσομοίωσης είναι να ξεφύγουμε κατά την παρουσίαση από τις πολύπλοκες μαθηματικές, συναρτησιακές αναπαραστάσεις αλλά διατηρώντας τη λογική και μαθηματική τους συνέπεια [5].

Η εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και η ραγδαία αύξηση της υπολογιστικής τους ικανότητας παρέχουν στην μοντελοποίηση πολλά εργαλεία. Πλέον μέσω των εργαλείων αυτών μπορούμε να αναπαραστήσουμε μοντέλα τριών διαστάσεων, διαδραστικά, εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας στα οποία μπορούμε να απεικονίσουμε σύνθετα στοιχεία αλλά και να παρέμβουμε κατά τη λειτουργία τους. Στον τομέα της σιδηροδρομικής, μέσω των μοντέλων αυτών μπορούμε να απεικονίσουμε σύνθετα σιδηροδρομικά δίκτυα και να αναπαραστήσουμε την λειτουργία τους σε πραγματικό χρόνο ώστε να έχουμε πλήρη εποπτεία της λειτουργίας τους. Στόχος αυτής της μοντελοποίησης είναι η βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους, οικονομοτεχνικά, αλλά και η εξάλειψη των κινδύνων σύγκρουσης [7].

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες προσομοίωσης σιδηροδρόμων [7]:

- Προσομοίωση των υποδομών της γραμμής (Track Infrastructure Simulation TIS). Μέσω αυτής της προσομοίωσης γίνεται οπτικοποίηση της σιδηροδρομικής υποδομής της γραμμής. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα ελέγχου της συμπεριφοράς της υποδομής σε διάφορες δοκιμές καταστάσεων αστοχίας και καταπονήσεων.
- Προσομοίωση λειτουργίας των τρένων (Train Performance Simulation TPS). Μέσω αυτής της προσομοίωσης ελέγχονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των τρένων μεταβάλλοντας είτε τις συνθήκες λειτουργίας είτε τα χαρακτηριστικά της γραμμής. Επίκεντρο λοιπόν αυτής της προσομοίωσης είναι ο συρμός και οι επιδόσεις του σε διάφορες καταστάσεις υποδομής και λειτουργικών ορίων.

- Βελτιστοποίηση λειτουργίας Σιδηροδρόμου (Railway Operation Optimization ROO). Μέσω αυτής της προσομοίωσης δημιουργείται ένα μοντέλο αναπαράστασης όλου του σιδηροδρομικού δικτύου στο οποίο εισάγονται παράμετροι και κριτήρια λειτουργίας όπως τα χαρακτηριστικά του τροχαίου υλικού και ο πίνακας δρομολογίων. Στόχος αυτής της κατηγορίας προσομοίωσης είναι η βελτιστοποίηση της λειτουργίας του δικτύου, η αποδοτικότερη προσαρμογή των δρομολογίων, ο ασφαλέστερος προγραμματισμός και η αυτοματοποίηση της διαχείρισης. Παράλληλα μπορεί μέσα από αυτή τη μοντελοποίηση να γίνει πρόβλεψη χρόνου, αξιολόγηση κρίσιμων καταστάσεων και ανάλυση κινδύνου ενώ μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τον μακροπρόθεσμο στρατηγικό σχεδιασμό ανάπτυξης.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα καταστρώσουμε και θα εφαρμόσουμε μοντέλο προσομοίωσης του σιδηροδρομικού δικτύου της Κρήτης, όπως αυτό περιγράφεται από την τρίτη κατηγορία (ROO).

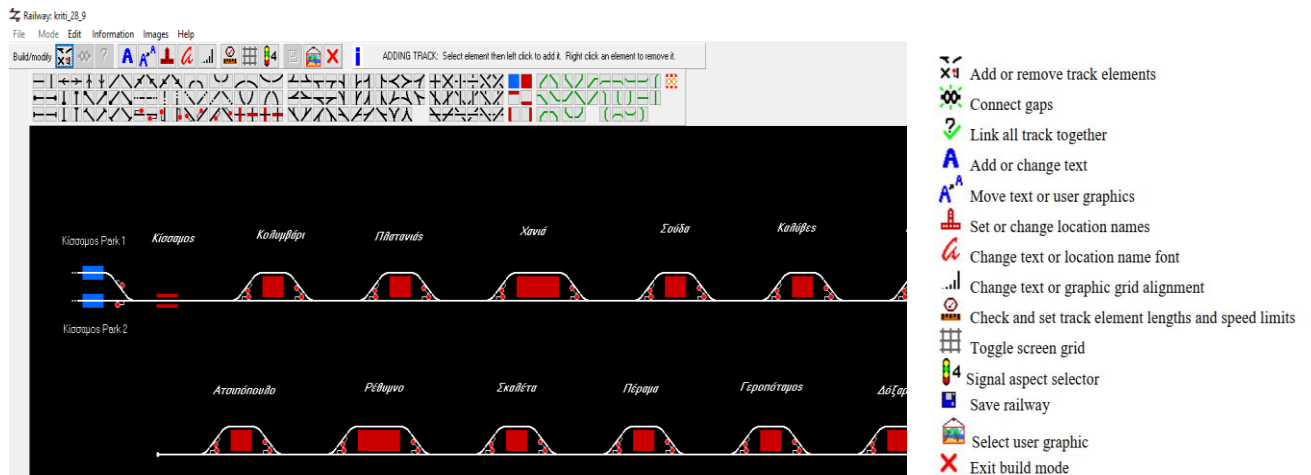
3.3 Το λογισμικό προσομοίωσης σιδηροδρόμων Railway Operation Simulator

Τα λογισμικά προσομοίωσης σιδηροδρόμων δίνουν τη δυνατότητα της αναπαράστασης του σιδηροδρομικού δικτύου και των συρμών κατά τη φάση της λειτουργίας τους σε πραγματικό χρόνο. Με τη χρήση αυτών των προγραμμάτων του ηλεκτρονικού υπολογιστή αποκτά ο χρήστης τη δυνατότητα εποπτείας και αξιολόγησης της επίδρασης όλων των παραμέτρων που λαμβάνουν μέρος κατά την λειτουργία του δικτύου. Αξιοποιώντας την υπολογιστική ταχύτητα και αξιοπιστία στη λεπτομέρεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή τα λογισμικά, αυτού του είδους, μπορούν να εκτελέσουν προσομοιώσεις σε λιγότερο, ίδιο ή περισσότερο από τον πραγματικό χρόνο και παράλληλα να εντοπίσουν ανεπιθύμητες αστοχίες οι οποίες μπορεί να διαφεύγουν των ανθρώπινων ικανοτήτων [40].

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, για τη δόμηση του σιδηροδρομικού δικτύου, την εισαγωγή των παραμέτρων και την εκτέλεση προσομοίωσης της λειτουργίας θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό Railway Operation Simulator (ROS). Το λογισμικό αυτό είναι ανοικτού κώδικα (opensource) και διατίθεται δωρεάν προς λήψη, από την ιστοσελίδα του δημιουργού, και χρήση [40].

3.3.1 Δόμηση του σιδηροδρομικού δικτύου

Για τη δημιουργία του δικτύου το λογισμικό ROS παρέχει κάθε μορφή, σχήμα και προσανατολισμό σιδηροτροχιάς όπως ευθείες, διασταυρώσεις, καμπύλες, αλλαγές. Επίσης δίνει τη δυνατότητα απεικόνισης σηράγγων, σηματοδοτών, σταθμών, στάσεων, σημείων εκκίνησης και τερματισμού [40].

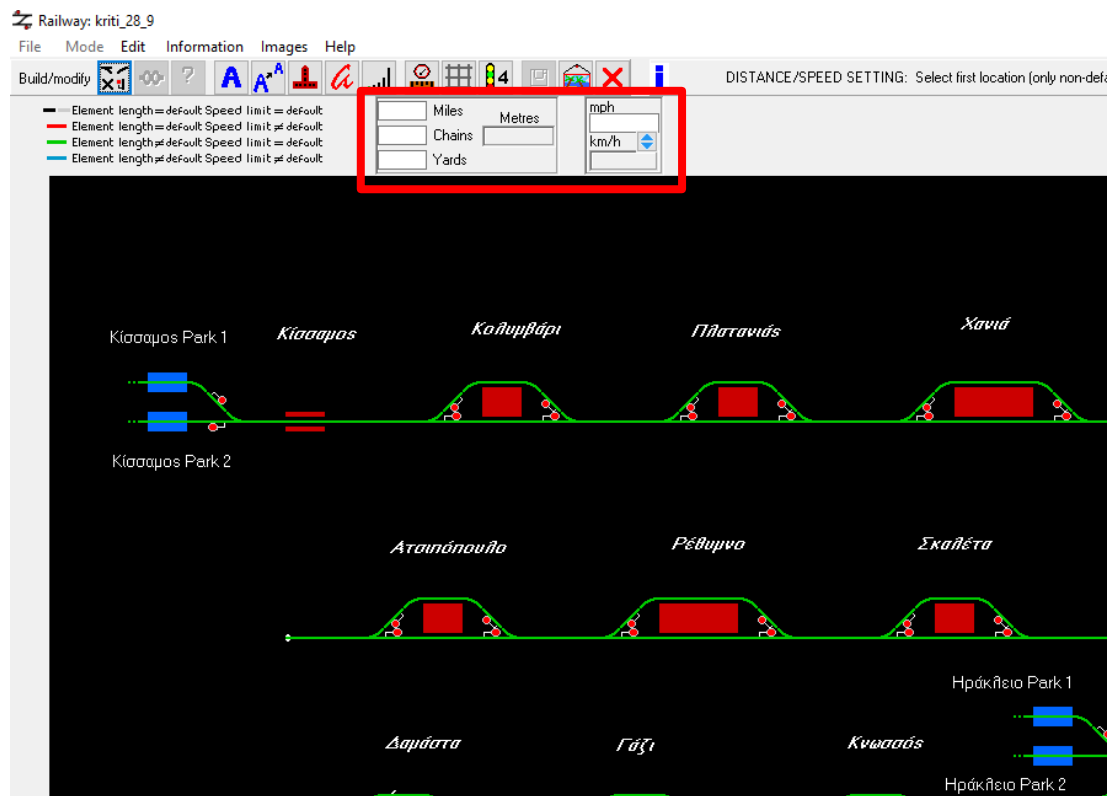


Εικόνα 6 Δημιουργία του σιδηροδρομικού δικτύου με το ROS και βασικά εργαλεία

Παράλληλα μέσω του ίδιου πεδίου εισάγονται οι απαραίτητες ετικέτες περιγραφής των σταθμών ή των στάσεων του δικτύου.

3.3.2 Εισαγωγή παραμέτρων του δικτύου

Η εκτέλεση της προσομοίωσης προϋποθέτει την εισαγωγή δεδομένων ποσοτικής περιγραφής των παραμέτρων του δικτύου. Τέτοιες παράμετροι είναι το μήκος των επιμέρους γραμμών και τα επίπεδα ταχύτητας. Εισάγονται στο αντίστοιχο πεδίο όπως φαίνεται στην εικόνα 7 [40].

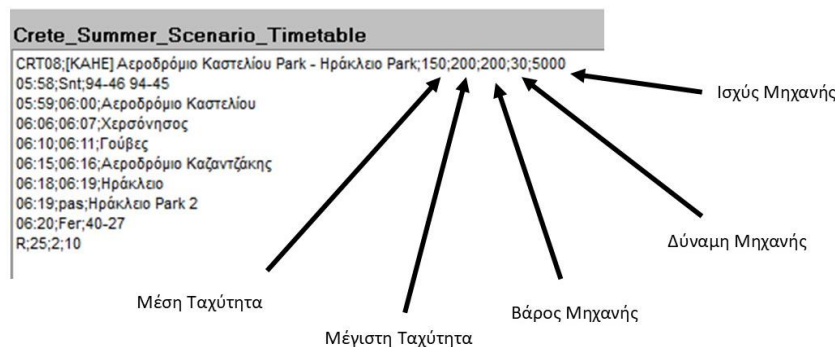


Εικόνα 7 Εισαγωγή Αποστάσεων και Ορίων Ταχύτητας των Γραμμών

3.3.3 Εισαγωγή παραμέτρων του τροχαίου υλικού

Πέρα από τη σιδηροδρομική υποδομή, για την εκτέλεση της προσομοίωσης, απαιτείται η εισαγωγή των δεδομένων για την περιγραφή των παραμέτρων του τροχαίου υλικού. Τα

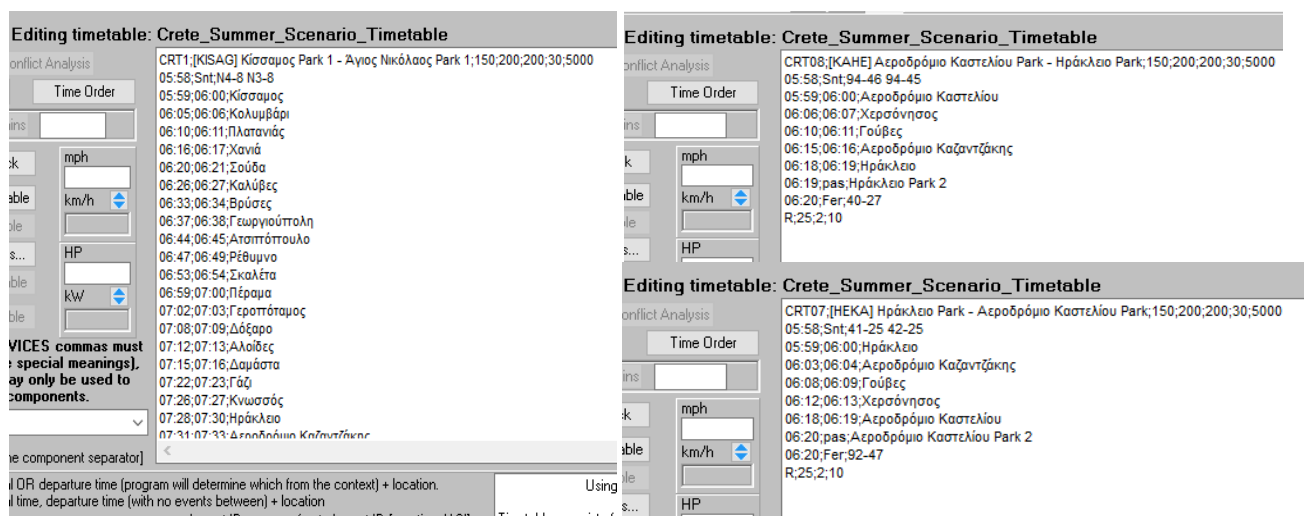
δεδομένα αυτά αφορούν τη μέση και μέγιστη ταχύτητα, το βάρος, τη δύναμη και την ισχύ της μηχανής έλξης. Στην εικόνα 8 φαίνονται τα εν λόγω στοιχεία όπως καταχωρούνται στο πρόγραμμα [40].



Εικόνα 8 Εισαγωγή δεδομένων Τροχαίου Υλικού

3.3.4 Εισαγωγή πίνακα δρομολογίων

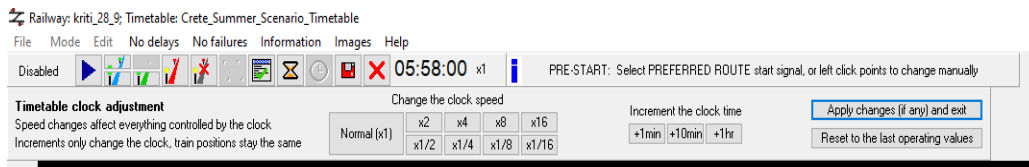
Το τελευταίο στάδιο εισαγωγής πριν την εκτέλεση της προσομοίωσης αφορά στην εισαγωγή ενός κώδικα εντολών που περιγράφει το πρόγραμμα των δρομολογίων. Πιο συγκεκριμένα, εισάγεται για κάθε σταθμό και στάση ο **αναμενόμενος** χρόνος άφιξης και αναχώρησης για κάθε διερχόμενο συρμό. Στις επόμενες εικόνες φαίνεται η μορφή αναπαράστασης των εν λόγω δεδομένων κατά την εισαγωγή τους στο λογισμικό.



Εικόνα 9 Εισαγωγή δεδομένων προγράμματος δρομολογίων.

3.3.5 Σηματοδότηση και εκτέλεση της προσομοίωσης

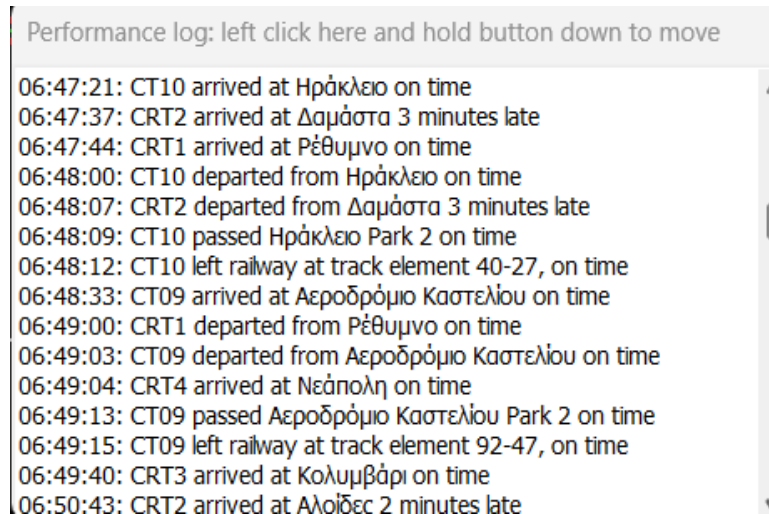
Αφού δομηθεί το σιδηροδρομικό δίκτυο, εισαχθούν τα δεδομένα του τροχαίου υλικού και του προγράμματος δρομολογίων γίνεται διαθέσιμη πλέον η δυνατότητα της εκτέλεσης της προσομοίωσης όπως φαίνεται στην εικόνα 10.



Εικόνα 10 Εισαγωγή παραμέτρων εκτέλεσης της προσομοίωσης

Η προσομοίωση μπορεί να εκτελεστεί σε ταχύτητα έως και 16 φορές μεγαλύτερη της πραγματικής ή έως και 16 φορές μικρότερη της πραγματικής. Η ρύθμιση της ταχύτητας μπορεί να μεταβληθεί στην αρχή αλλά και κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. επίσης, στο στάδιο αυτό δίνεται και η δυνατότητα ρύθμισης της σηματοδότησης. Η ρύθμιση αυτή αφορά τόσο σε αυτόματη σηματοδότηση, όπου αυτό είναι εφικτό, όσο και σε χειροκίνητη [40].

Καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης το λογισμικό παρέχει μέσω του performance log όλες τις πληροφορίες σχετικά με τους χρόνους αφίξεων και αναχωρήσεων από και προς κάθε σταθμό ή στάση σχολιάζοντας καθυστερήσεις, αστοχίες, συγκρούσεις και άλλα συμβάντα.



Εικόνα 11 Performance Log

4. Ανάλυση Μοντέλου και Αποτελέσματα

4.1 Μεταφορική Ζήτηση

4.1.1 Δημογραφικά και Τουριστικά Δεδομένα

Η αποτύπωση των υφιστάμενων συγκοινωνιακών και δημογραφικών δεδομένων, όπως αναδείχθηκε και από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, αποτελεί το πρωταρχικό στάδιο στον σχεδιασμό ενός σιδηροδρομικού δικτύου. Στόχος της αποτύπωσης αυτής είναι ο προσδιορισμός της μεταφορικής ζήτησης στην οποία βασίζονται οι επιμέρους αποφάσεις επιλογής θέσεων των σταθμών.

Το βασικότερο δεδομένο αποτελεί ο μόνιμος πληθυσμός των εξυπηρετούμενων περιοχών. Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ [41] στον πίνακα1 έχουμε τον μόνιμο πληθυσμό των μεγαλύτερων δημοτικών ενότητων κατά φθίνουσα πληθυσμιακή σειρά. Με γαλάζιο πλαίσιο φαίνονται οι δημοτικές ενότητες που βρίσκονται πλησίον του ΒΟΑΚ και επηρεάζονται άμεσα από αυτόν.

Πίνακας 1 Πληθυσμός ανά Δημοτική Ενότητα και εγγύτητας στον ΒΟΑΚ [41]

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2021
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	156.844
ΧΑΝΙΩΝ	54.558
ΡΕΘΥΜΝΗΣ	38.758
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	24.750
ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	21.563
ΓΑΖΙΟΥ	20.916
ΣΗΤΕΙΑΣ	15.613
ΝΕΑΣ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΣΟΥ	14.627
ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	14.109
ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	13.017
ΓΟΥΒΩΝ	12.095
ΝΕΑΣ ΚΥΔΩΝΙΑΣ	11.596
ΜΟΙΡΩΝ	11.396
ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	9.956
ΝΙΚΗΦΟΡΟΥ ΦΩΚΑ	9.389
ΘΕΡΙΣΟΥ	8.911
ΑΡΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	8.544
ΣΟΥΔΑΣ	8.438
ΚΙΣΣΑΜΟΥ	7.608
ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	7.514
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	7.334
ΑΡΚΑΔΙΟΥ	7.151
ΝΙΚΟΥ ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗ	6.067
ΜΑΛΙΩΝ	5.498
ΑΡΧΑΝΩΝ	5.063
ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	4.943
ΠΛΑΤΑΝΙΑ	4.666
ΒΙΑΝΝΟΥ	4.437

ΝΕΑΠΟΛΗΣ	4.320
ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	4.241
ΚΟΛΥΜΒΑΡΙΟΥ	4.139
ΓΟΡΤΥΝΑΣ	4.136
ΚΟΥΛΟΥΚΩΝΑ	4.098
ΚΟΦΙΝΑ	4.076
ΚΑΣΤΕΛΛΙΟΥ	4.030
ΛΑΜΠΗΣ	3.932
ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ	3.616
ΤΕΜΕΝΟΥΣ	3.421
ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ	3.357
ΑΡΜΕΝΩΝ	3.159
ΦΟΙΝΙΚΑ	3.092
ΒΑΜΟΥ	3.068
ΣΙΒΡΙΤΟΥ	3.009
ΒΟΥΚΟΛΙΩΝ	2.877
ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	2.709

Ο συνολικός πληθυσμός των δημοτικών ενοτήτων πλησίον του ΒΟΑΚ, είναι 464.507 που αποτελεί προσεγγιστικά το 75% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού της Κρήτης (624.410). Συμπεραίνουμε, ότι πέρα από τη μορφολογία του εδάφους, η χωρική κατανομή του μόνιμου πληθυσμού της Κρήτης υποδεικνύει τον ΒΟΑΚ ως τον κύριο άξονα αναφοράς σχετικά με τη μεταφορική ζήτηση στο νησί [43]. Βέβαια από τον ΒΟΑΚ εμμέσως εξυπηρετείται και ο υπόλοιπος πληθυσμός της Κρήτης όπως οι μεγάλες δημοτικές ενότητες της νότιας Κρήτης (Ιεράπετρα, Μοίρες, Τυμπάκι κλπ.). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο πληθυσμός του νησιού κατά την περίοδο 2011-2021, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ελλάδα όπου μειώθηκε, παρουσίασε οριακή αύξηση 0,2% [1].

Παράλληλα με τον μόνιμο πληθυσμό, τη θερινή περίοδο, η οποία στην Κρήτη είναι συνήθως από τον Μάιο έως και τον Σεπτέμβριο, ο διαμένων πληθυσμός στο νησί αυξάνεται ραγδαία άρα και η μεταφορική ζήτηση. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Συνδέσμου Ελληνικών Τουριστικών Επιχειρήσεων, στην πιο πρόσφατη μελέτη τους, οι αφίξεις εσωτερικού και εξωτερικού στα αεροδρόμια και τα λιμάνια της Κρήτης για το έτος 2022 ήταν οι εξής [1]:

Πίνακας 2 Τουριστικές Αφίξεις στην Κρήτη το έτος 2022

Αφίξεις	8.250.718
Αεροπορικές	
Σύνολο	5.650.199
Διεθνείς αεροπορικές αφίξεις	4.702.687
Ηρακλείου	3.405.728
Χανίων	1.296.959
Λασιθίου	0
Αφίξεις εσωτερικού	947.512
Ηρακλείου	602.648
Χανίων	333.917

Λασιθίου	10.947
Ακτοπλοϊκές	
Σύνολο	2.600.519
Ηρακλείου	1.280.846
Χανίων	1.236.784
Ρεθύμνου	55.687
Λασιθίου	27.202

Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, η μέση διάρκεια παραμονής σε ξενοδοχειακά καταλύματα ή ενοικιαζόμενα δωμάτια είναι 5,03 ημέρες (ως σταθμισμένος μέσος όρος για αλλοδαπούς 5,5 και ημεδαπούς 2,7). Ανάγοντας τις ημέρες αυτές στους 5 κύριους μήνες της τουριστικής περιόδου (Μάιος-Σεπτέμβριος) υπολογίζεται ο μέσος τουριστικός πληθυσμός ανά ημέρα της θερινής περιόδου:

$$\frac{5,03}{5 * 30} * 8.250.718 = 276.699$$

Ο μέσος τουριστικός πληθυσμός αποτελεί το 44% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού του νησιού. Έτσι ο συνολικός πληθυσμός της Κρήτης για μια μέση θερινή ημέρα είναι 44% μεγαλύτερος από τον μέσο χειμερινό, ήτοι:

$$624.410 + 276.699 = 901.109$$

Σύμφωνα με την ποιοτική έρευνα του Πολυτεχνείου Κρήτης [42] οι δημοφιλέστεροι (ποσοστό ερωτηθέντων που επιλέγουν τον εκάστοτε προορισμό) προορισμοί στο σύνολο είναι:

Πίνακας 3 Δημοφιλείς Τουριστικοί Προορισμοί στην Κρήτη

Δημοφιλής Προορισμός	Ποσοστό Προτίμησης Ερωτηθέντων
Πόλη Χανίων	36%
Πόλη Ηρακλείου	33%
Πόλη Ρεθύμνου	30%
Αρχαιολογικός Χώρος Κνωσού	28%
Πόλη Αγίου Νικολάου	27%
Χερσόνησος/Μάλια	22%
Σπιναλόγκα	15%
Ελαφονήσι	15%
Βάι	11%
Φαράγγι Σαμαριάς	10%

Στις εικόνες 12 και 13 από το σύνολο των παραπάνω προορισμών, παρουσιάζονται εκείνοι που είναι πλησίον του ΒΟΑΚ. Οι προορισμοί αυτοί είναι οι 7 δημοφιλέστεροι.



Εικόνα 12 Πόλεις Χανίων, Ρεθύμνου και ΒΟΑΚ [3]



Εικόνα 13 Πόλη Ηρακλείου, Αρχαιολογικός Χώρος Κνωσού, Χερσόνησος, Μάλια, Άγιος Νικόλαος, Σπιναλόγκα και ΒΟΑΚ [3]

Στην εικόνα 14 φαίνονται όλες οι εν λόγω θέσεις στο χάρτη της Κρήτης στο σύνολό της. Για τα διάφορα τμήματα του ΒΟΑΚ, απεικονίζονται με κόκκινο τα τμήματα του ΒΟΑΚ που βρίσκονται υπό αναβάθμιση ενώ με πράσινο τα υφιστάμενα [3]. Στον ίδιο χάρτη επισημαίνονται συγκεντρωμένοι όλοι οι ανωτέρω δημοφιλέστεροι τουριστικοί προορισμοί που εκτείνονται κατά μήκος του και σε μικρή απόσταση από αυτόν.



Εικόνα 14 Οι 7 δημοφιλέστεροι προορισμοί και ο ΒΟΑΚ [3]

Βάσει όλων των παραπάνω παρατηρείται μεγάλη αύξηση πληθυσμού, προσεγγιστικά 44% τη μέση θερινή ημέρα έναντι της μέσης χειμερινή. Θεωρώντας ως παραδοχή, ότι το 1% του συνόλου του πληθυσμού του νησιού θα χρησιμοποιήσει ως μεταφορικό μέσο το τρένο η μεταφορική ζήτηση κατά τη μέση χειμερινή ημέρα θα είναι 6.244 επιβάτες ημερησίως ενώ τη

θερινή περίοδο 9.011 επιβάτες ημερησίως. Η πλειοψηφία αυτών κινείται προς τους δημοφιλέστερους τουριστικούς προορισμούς που βρίσκονται πλησίον του BOAK.

4.1.2 Μεταφορική Ζήτηση Αεροδρομίου Καστελλίου

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι υπάρχει αναλογία μεταφορικής ζήτησης μεταξύ χειμερινής και θερινής περιόδου προσεγγιστικά δηλαδή ισχύει:

$$\frac{6.000}{9.000} = \frac{2}{3}$$

Η αναλογία αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι διατηρείται και για τη μεταφορική ζήτηση που αφορά τους επιβάτες του αεροδρομίου του Καστελλίου.

Το 2022 οι αφίξεις στο αεροδρόμιο του Ηρακλείου στο σύνολο τους (εξωτερικού και εσωτερικού) ήταν [1]:

$$3.405.728 + 602.648 = 4.008.376 \text{ επιβάτες}$$

Καθώς αναμένεται αύξηση των αφίξεων αυτών στο μέλλον δεδομένης και της αυξημένης δυναμικότητας του νέου αεροδρομίου, θεωρούμε 5.000.000 αφίξεις (άρα και αναχωρήσεις) επιβατών ετησίως. Αξιοποιώντας την αναλογία 2/3 μεταξύ χειμερινής και θερινής ζήτησης έχουμε την εξής πρόβλεψη για το αεροδρόμιο του Καστελλίου:

Χειμερινή περίοδος: 2.000.000 επιβάτες και

$$\frac{2.000.000 \text{ επιβάτες}}{7 \text{ μήνες} * 30 \text{ ημέρες}} = 9.253 \text{ επιβάτες ημερησίως}$$

Θερινή περίοδος: 3.000.000 επιβάτες και

$$\frac{3.000.000 \text{ επιβάτες}}{5 \text{ μήνες} * 30 \text{ ημέρες}} = 20.000 \text{ επιβάτες ημερησίως}$$

Υποθέτουμε ότι το 40% των επιβατών θα επιλέξει το τρένο ως μεταφορικό μέσο **από και προς** το αεροδρόμιο του Καστελλίου προκύπτει η εξής μεταφορική ζήτηση:

$$9.253 * 0,4 \approx 3.700 \text{ επιβάτες τη χειμερινή περίοδο}$$

$$20.000 * 0,4 \approx 8.000 \text{ επιβάτες τη θερινή περίοδο}$$

4.2 Παράμετροι Σχεδιασμού

4.2.1 Αριθμός Γραμμών

Η μονή σιδηροδρομική γραμμή αποτελεί την πιο οικονομική, τεχνικά υλοποιήσιμη και περιβαλλοντικά φιλική κατηγορία για περιοχές με περιορισμένο εύρος και ορεινό ανάγλυφο όπως η Κρήτη. Εντούτοις, η επιλογή αυτής της γραμμής περιορίζει αρκετά τη δυναμικότητα του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, στα σημεία συνάντησης δύο συρμών με αντίθετη κατεύθυνση δημιουργείται η ανάγκη αναμονής του ενός για τη διέλευση του άλλου μέσω ενός παρακαμπτήριου κλάδου. Έτσι, δημιουργούνται περαιτέρω καθυστερήσεις σαν ντόμινο. Σύμφωνα με τους Sogin et al. (2013) η μεγαλύτερη επίδραση στις καθυστερήσεις αφορά κυρίως τις εμπορικές αμαξοστοιχίες καθώς οι επιβατικές έχουν συνήθως προτεραιότητα [43].

Σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της αξιοπιστίας τους σιδηροδρομικού δικτύου μονής γραμμής διαδραματίζουν οι επενδύσεις στις εξής υποδομές [44]:

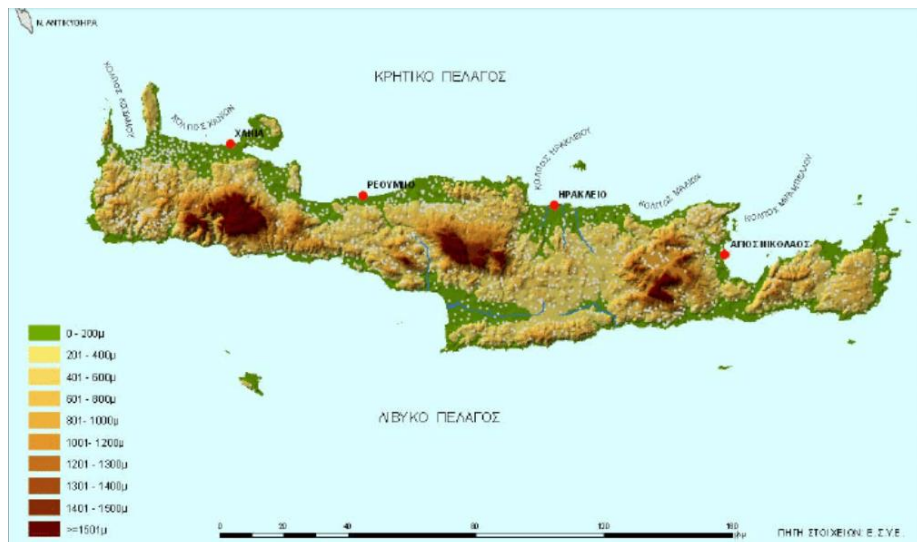
- Ενίσχυση της κύριας γραμμής με στόχο την αύξηση του επιτρεπτού ορίου ταχύτητας ώστε να μειωθεί η πιθανότητα καθυστερήσεων.
- Ελαχιστοποίηση των καμπυλοτήτων είτε στον οριζόντιο είτε στον κατακόρυφο άξονα στοχεύοντας στη μείωση της διακύμανσης της ταχύτητας κατά μήκος της γραμμής.
- Αύξηση του αριθμού των σημειακά παράλληλων γραμμών ώστε να υπάρχει χωρικά συχνότερη εναλλαγή συρμών και λιγότερες καθυστερήσεις.
- Επενδύσεις στα συστήματα ελέγχου, εποπτείας και επικοινωνίας με στόχο την ταχύτερη ενημέρωση και αποδοτικότερη διαχείριση λειτουργίας που θα μειώσουν τους χρόνους ασφαλείας, προπορείας και καθυστερήσεων.

Συνοψίζοντας, για το νησί της Κρήτης, για τεχνικούς οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους προτείνεται η μονή γραμμή, με παρακαμπτήριους κλάδους στους σταθμούς, κατά μήκος του δικτύου με τη στόχευση υλοποίησης όμως των ανωτέρω υποδομών για την αποδοτικότερη λειτουργία του [37].

4.2.2 Θέσεις Σταθμών

Η επιλογή της θέσης των σταθμών αποτελεί από μόνη της πεδίο έρευνας και εκτενούς ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη γεωμορφολογικά, δημογραφικά και συγκοινωνιακά δεδομένα. Η πολυπλοκότητα που παρουσιάζει η Κρήτη ως προς αυτές τις παραμέτρους αυξάνει τη δυσκολία της βέλτιστης επιλογής των σταθμών. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας γίνεται επιλογή των σταθμών βάσει προηγούμενων ερευνών στο πεδίο αυτό [35],[36],[37] αλλά και των δημογραφικών και τουριστικών δεδομένων του νησιού όπως αυτά αναλύθηκαν στην παράγραφο 4.1. Επίσης, από τεχνικής άποψης, όπως παρατηρείται και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέχουσα σημασία έχει και η γεωμορφολογία του εδάφους για τη σιδηροδρομική χάραξη.

Η μορφολογία του εδάφους της Κρήτης χαρακτηρίζεται κυρίως ορεινή σε ποσοστό 41%, ημιορεινή σε 26% και πεδινή σε 33%. Η μεγαλύτερη επιφάνεια της πεδινής έκτασης βρίσκεται στην πεδιάδα της Μεσαράς στο νότιο μέρος του Νομού Ηρακλείου και στο νότιο μέρος του νομού Λασιθίου. Το βόρειο τμήμα της Κρήτης χωρίζεται από το νότιο μέσω των οροσειρών Ίδη, Λευκά Όρη και Δίκτη. Η μορφολογία αυτή δυσχεραίνει τη συγκοινωνιακή σύνδεση του βόρειου με το νότιο τμήμα του νησιού ενώ ο Βόρειος Οδικός άξονας (BOAK) αναπτύσσεται συνεχώς. Έτσι, η γεωμορφολογία και η υφιστάμενη συγκοινωνιακή υποδομή ευνοεί την ανάπτυξη σιδηροδρομικού δικτύου πρωτίστως πλησίον του BOAK [1].



Εικόνα 15 Φυσικό Ανάγλυφο της Κρήτης [2]

Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται η ολοκλήρωση των έργων, έως το 2030, αυτοκινητοδρόμου έως την πόλη του Αγίου Νικολάου αλλά και η αναβάθμιση του ΒΟΑΚ στα τμήματα Κίσσαμος - Χανιά, Χερσόνησος – Νεάπολη και Χανιά- Ηράκλειο [3].

Συνθέτοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία καταλήγουμε στην επιλογή των σταθμών του σιδηροδρομικού δικτύου της Κρήτης κατά μήκος του ΒΟΑΚ συμπεριλαμβάνοντας και τα τμήματα του που αναμένονται να αναβαθμιστούν τα προσεχή έτη [35],[36],[34].

Οι Σταθμοί

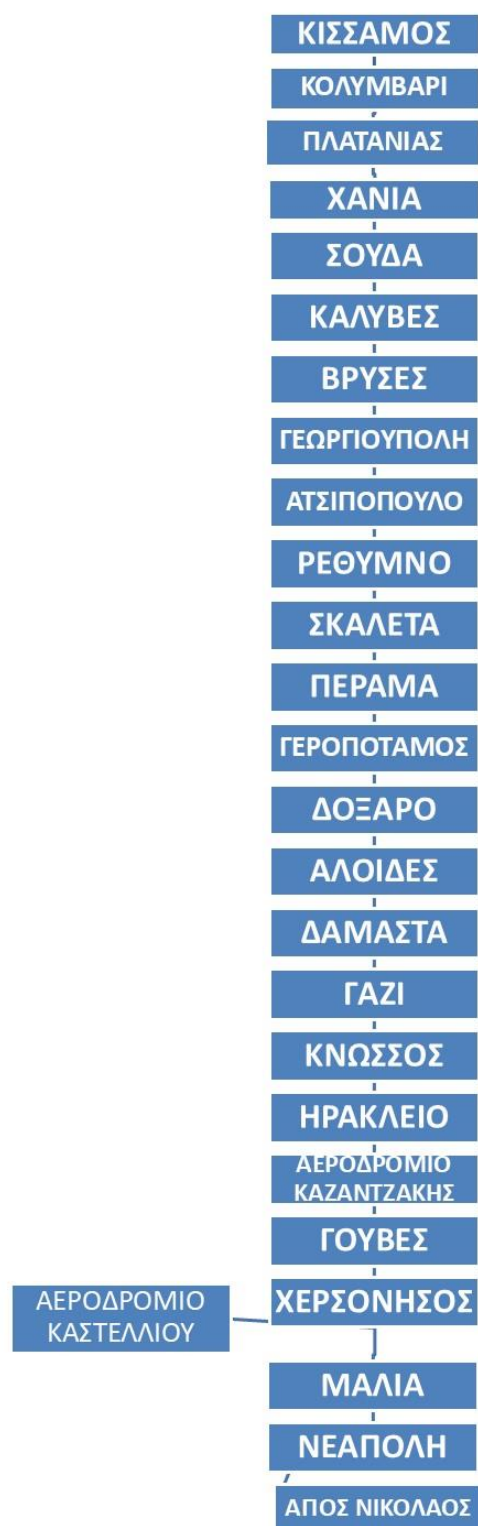
Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω λοιπόν επιλέγονται οι σταθμοί που φαίνονται στον επόμενο πίνακα. Προστίθενται σε αυτή τη μελέτη σταθμοί για το τμήμα Κίσσαμος – Χανιά, Ηράκλειο – Άγιος Νικόλαος αλλά και για το τμήμα Αεροδρόμιο Καστελλίου – Χερσόνησος το οποίο όπως αναφέρθηκε είναι υπό κατασκευή [3],[35],[36].

Πίνακας 4 Θέσεις Σταθμών και αποστάσεις

Σταθμός	Απόσταση από Κίσσαμο (km)
Κίσσαμος	0
Κολυμβάρι	13
Πλατανιάς	23
Χανιά	35
Σούδα	42
Καλύβες	55
Βρύσες	69
Γεωργιούπολη	78
Ατσιπόπουλο	93
Ρέθυμνο	98
Σκαλέτα	109
Πέραμα	122
Γεροπόταμος	128

Δόξαρο	140
Αλοίδες	147
Δαμάστα	152
Γάζι	166
Κνωσσός	173
Ηράκλειο	176
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	180
Γούβες	192
Χερσόνησος	200
Μάλια	211
Νεάπολη	226
Άγιος Νικόλαος	238
Αεροδρόμιο Καστελλίου	217
Απόσταση από Χερσόνησο	17

Έτσι δημιουργείται η γραμμή Καστέλλι – Άγιος Νικόλαος συνολικού μήκος 238 km ενώ συνδέεται σε αυτή το τμήμα 17 χιλιομέτρων από τη Χερσόνησο έως το Αεροδρόμιο Καστελλίου. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται όλες οι στάσεις.



Εικόνα 16 Γραφική απεικόνιση των στάσεων της Γραμμής Καστέλλι- Άγιος Νικόλαος

Παρακάτω φαίνονται οι ως άνω στάσεις και στον χάρτη της Κρήτης συνδεόμενες από τη μονή γραμμή η οποία ως επί το πλείστον ακολουθεί την πορεία του ΒΟΑΚ.



Εικόνα 17 Τοπογραφική απεικόνιση των σταθμών

4.2.3 Χαρακτηριστικά Γραμμής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η σιδηροδρομική γραμμή σε όλο το μήκος της θεωρείται μονή κανονικού εύρους (1.435 mm) ηλεκτροκίνητης, τηλεδιοικούμενη, αμφίδρομα σηματοδοτούμενη. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΕΡΓΟΣΕ η γραμμή αυτή θεωρείται ότι θα έχει μέγιστο όριο ταχύτητας 200 km/h ως προαστιακή γραμμή ενώ σε ισόπεδες διασταυρώσεις περιορίζεται στα 120km/h [35][45].

Σε προηγούμενη έρευνα [37] για τη σιδηροδρομική χάραξη στην Κρήτη προσδιορίζεται η ταχύτητα σχεδιασμού ανά τμήμα βάσει υψομετρίας και ακτίνας καμπυλότητας με ελάχιστη τιμή μέγιστης επιτρεπόμενης ταχύτητας τα 80 km/h. Συγκεκριμένα για τα τμήματα με μεγάλες υψομετρικές διαφορές, μεγάλη μέση κλίση και μικρές ακτίνες καμπυλότητας (Καστέλλι – Χερσόνησος, Χερσόνησος-Μάλια) λαμβάνεται ταχύτητα σχεδιασμού 80km/h, για τα τμήματα με μικρότερη υψομετρική διαφορά, μέτρια μέση κλίση λαμβάνεται 100km/h και τέλος για τη σύνδεση περιοχών με ελάχιστη υψομετρική διαφορά, ελάχιστη μέση κλίση και μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας λαμβάνεται 130km/h [40].

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι αποστάσεις μεταξύ των σταθμών και κατά προσέγγιση το υψόμετρό τους [40],[46]:

Πίνακας 5 Σταθμοί: Αποστάσεις και Υψόμετρα

Σταθμός	Απόσταση (km)	Υψόμετρο (m)	Κλίση (%)
Κίσσαμος		15	
Κολυμβάρι	13	40	0,2
Πλατανιάς	10	70	0,3
Χανιά	12	30	0,3
Σούδα	7	25	0,1
Καλύβες	13	25	0,0

Βρύσες	14	150	0,9
Γεωργιούπολη	9	15	1,5
Ατσιπόπουλο	15	100	0,6
Ρέθυμνο	5	130	0,6
Σκαλέτα	11	55	0,7
Πέραμα	13	90	0,3
Γεροπόταμος	6	220	2,2
Δόξαρο	12	290	0,6
Αλοίδες	7	320	0,4
Δαμάστα	5	450	2,6
Γάζι	14	20	3,1
Κνωσσός	7	70	0,7
Ηράκλειο	3	15	1,8
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	4	40	0,6
Γούβες	12	50	0,1
Χερσόνησος	8	160	1,4
Μάλια	11	65	0,9
Νεάπολη	15	270	1,4
Άγιος Νικόλαος	12	50	1,8
Αεροδρόμιο Καστελλίου			
Απόσταση από Χερσόνησο	17	330	1,0

Στα πεδινά τμήματα του δικτύου (Κίσσαμος έως Καλύβες, Ρέθυμνο έως Πέραμα και Γάζι έως Γούβες) με πολύ χαμηλό υψόμετρο και μικρές κατά μήκος υψομετρικές διαφορές, επιτρέπουν μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας και θεωρείται ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν ταχύτητα 130 km/h. Στα τμήματα μέτριου υψομέτρου άρα και μέτριων ακτινών καμπυλότητας (Καλύβες έως Ρέθυμνο και Γούβες έως Μάλια) θα μπορούσαν να επιτρέψουν ταχύτητα 100 km/h. Τέλος τα τμήματα του δικτύου με μεγάλο υψόμετρο και μεγάλες κατά μήκος υψομετρικές διαφορές άρα και μικρών ακτινών καμπυλότητας (Πέραμα έως Γάζι, Μάλια έως Γάζι και το τμήμα Καστέλλι έως Χερσόνησος) θεωρείται ότι μπορούν να επιτρέψουν ταχύτητα 80 km/h.

Βάσει των προηγούμενων και με την παραδοχή ότι η ταχύτητα είναι ίδια και για τις δύο κατευθύνσεις, στον επόμενο πίνακα δίνεται η ταχύτητα σχεδιασμού ανά περιοχή για κάθε τμήμα του δικτύου:

Πίνακας 6 Ταχύτητα Σχεδιασμού ανά τμήμα

Τμήμα Δικτύου		V(km/h)
Κίσσαμος	Κολυμβάρι	130
Κολυμβάρι	Πλατανιάς	130
Πλατανιάς	Χανιά	130
Χανιά	Σούδα	130

Σούδα	Καλύβες	130
Καλύβες	Βρύσες	100
Βρύσες	Γεωργιούπολη	100
Γεωργιούπολη	Ατσιπόπουλο	130
Ατσιπόπουλο	Ρέθυμνο	100
Ρέθυμνο	Σκαλέτα	130
Σκαλέτα	Πέραμα	130
Πέραμα	Γεροπόταμος	80
Γεροπόταμος	Δόξαρο	80
Δόξαρο	Αλοιίδες	80
Αλοιίδες	Δαμάστα	80
Δαμάστα	Γάζι	80
Γάζι	Κνωσσός	130
Κνωσσός	Ηράκλειο	130
Ηράκλειο	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	130
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	Γούβες	130
Γούβες	Χερσόνησος	100
Χερσόνησος	Μάλια	100
Μάλια	Νεάπολη	80
Νεάπολη	Άγιος Νικόλαος	80
Αεροδρόμιο Καστελλίου	Χερσόνησος	80

Με δεδομένα τα παραπάνω στοιχεία ταχυτήτων και τις χιλιομετρικές αποστάσεις (Δx) μεταξύ των σταθμών υπολογίζονται τα χρονικά διαστήματα (Δt) μεταξύ τους, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Οι χρονικές αυτές αποστάσεις μεταξύ των σταθμών θα χρησιμοποιηθούν στη διαμόρφωση του πίνακα δρομολογίων.

Πίνακας 7 Χρονικές αποστάσεις μεταξύ των σταθμών

Τμήμα Δικτύου		V (km/h)	Απόσταση (km)	Δt (mins)
Κίσσαμος	Κολυμβάρι	130	13	6,0
Κολυμβάρι	Πλατανιάς	130	10	4,6
Πλατανιάς	Χανιά	130	12	5,5
Χανιά	Σούδα	130	7	3,2
Σούδα	Καλύβες	130	13	6,0
Καλύβες	Βρύσες	100	14	8,4
Βρύσες	Γεωργιούπολη	100	9	5,4
Γεωργιούπολη	Ατσιπόπουλο	130	15	6,9
Ατσιπόπουλο	Ρέθυμνο	100	5	3,0
Ρέθυμνο	Σκαλέτα	130	11	5,1
Σκαλέτα	Πέραμα	130	13	6,0
Πέραμα	Γεροπόταμος	80	6	4,5

Γεροπόταμος	Δόξαρο	80	12	9,0
Δόξαρο	Αλοίδες	80	7	5,3
Αλοίδες	Δαμάστα	80	5	3,8
Δαμάστα	Γάζι	80	14	10,5
Γάζι	Κνωσσός	130	7	3,2
Κνωσσός	Ηράκλειο	130	3	1,4
Ηράκλειο	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	130	4	1,8
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	Γούβες	130	12	5,5
Γούβες	Χερσόνησος	100	8	4,8
Χερσόνησος	Μάλια	100	11	6,6
Μάλια	Νεάπολη	80	15	11,3
Νεάπολη	Άγιος Νικόλαος	80	12	9,0
Αεροδρόμιο Καστελλίου	Χερσόνησος	80	17	12,8

4.2.4 Τροχαίο Υλικό

Όσον αφορά το τροχαίο υλικό, τα δεδομένα που απαιτούνται να εισαχθούν στο μοντέλο της προσομοίωσης είναι τα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως ταχύτητα, δύναμη έλξης και ισχύς. Η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στις επιβατικές αμαξοστοιχίες. Έτσι, η χωρητικότητα, σε αριθμό επιβατών, του συρμού αποτελεί τη βασική παράμετρο για τη δημιουργία του αρχικού πίνακα δρομολογίων σε συνδυασμό με τη μεταφορική ζήτηση που προσδιορίστηκε παραπάνω.

Στην πρόσφατη έρευνά του ο Κ. Κόφφας έκανε μια συγκριτική αξιολόγηση συρμών για τη γραμμή Αθήνα – Χαλκίδα όσον αφορά τις παραμέτρους του χρόνου, της ενεργειακής κατανάλωσης, του κόστους καυσίμου και των εκπομπών ρύπων. Ο συρμός Siemens Desiro αναδεικνύεται ως ένας από τους πλέον αποδοτικούς σε όλες τις παραπάνω παραμέτρους. Χρησιμοποιείται ήδη στο ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο και η έκδοση του που κατασκευάστηκε την περίοδο 2004-2006 είναι προσαρμοσμένη στα εθνικά πρότυπα [47].

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Πίνακας 8 Τεχνικά χαρακτηριστικά συρμού Siemens Desiro [47]

Μάζα (κενό)	185 tn
Μέγιστη Ταχύτητα	160 km/h
Μέγιστη Ισχύς	3840 kW/5150 hp
Δύναμη Έλξης κατά την εκκίνηση	450 kN
Αριθμός Επιβατών	313
Εύρος Γραμμής	1435 mm

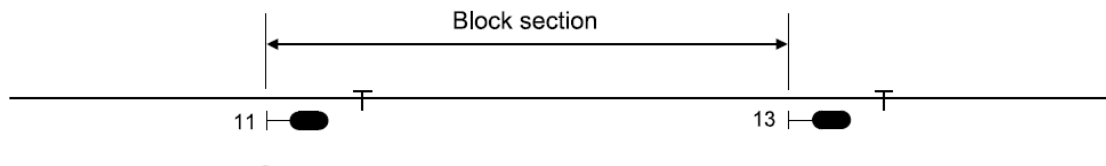
Για τις ανάγκες της προσομοίωσης της παρούσας διπλωματικής επιλέγεται ο εν λόγω συρμός ο οποίος πληροί τις προϋποθέσεις ταχύτητας (καθώς η τελική του ταχύτητα 160 km/h είναι μεγαλύτερη της μέγιστης ταχύτητας σχεδιασμού 130 km/h) και εύρους γραμμής 1435mm. Παράλληλα συνεκτιμάται θετικά η ενεργειακή, οικονομική και χρονική αποδοτικότητα του συρμού Siemens Desiro, όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω. Επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του συρμού αποτελεί η προσαρμογή και η προγενέστερη χρήση του στις ελληνικές

προδιαγραφές. Όσον αφορά τη δυνατότητα του συρμού να επιτύχει τις ταχύτητες σχεδιασμού στα μικρά τμήματα του δικτύου (3 - 7 km) ο Κόφφας στην μελέτη του [47] παρουσιάζει με λεπτομέρεια τα αντίστοιχα διαγράμματα πορείας.

4.2.5 Σηματοδότηση

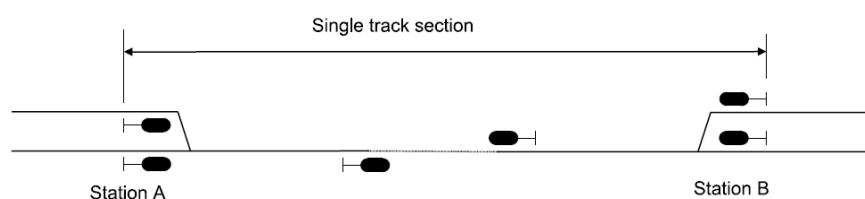
Η σηματοδότηση αποτελεί μια από τις βασικότερες παραμέτρους ασφαλείας στη λειτουργία του σιδηροδρομικού δικτύου. Αποτελεί έναν τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των μηχανοδηγών του συρμού ώστε να γνωρίζουν τις συνθήκες που επικρατούν στο επερχόμενο τμήμα της γραμμής. Έχουν αναπτυχθεί δύο τρόποι ελέγχου μέσω σηματοδοτών. Ο ένας τρόπος βασίζεται στην τήρηση συγκεκριμένων χρονικών διαστημάτων και ο άλλος στην οριοθέτηση των μηκών αποκλεισμού [48].

Δεδομένου ότι η υπό μελέτη γραμμή είναι μονή επιλέγεται να εφαρμοστεί η μέθοδος των μηκών αποκλεισμού με αυτόματο σύστημα σηματοδότησης.



Εικόνα 18 Σηματοδότηση με τμήμα αποκλεισμού [45]

Στη μέθοδο μηκών αποκλεισμού, στην περίπτωση μονής γραμμής για να προστατευθεί το τρένο που εισέρχεται σε τμήμα αποκλεισμού από το ενδεχόμενο συμβολής με άλλο ερχόμενο κατά την αντίθετη κατεύθυνση άρα και σύγκρουσης, προειδοποιείται με κίτρινο αρχικά και κόκκινο εν συνεχεία σηματοδότη. Έτσι δεν διέρχεται στο εν λόγω τμήμα αν δεν βγει από αυτό το αντίθετα διερχόμενο οπότε και θα πρασινίσει ο σηματοδότης. Κατά τη φάση αναμονής στον κόκκινο σηματοδότη ο συρμός μπορεί να περιμένει σε παρακαμπτήριο τμήμα. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, κάθε σταθμός σχεδιάζεται να έχει παρακαμπτήριο κλάδο για το σκοπό αυτό όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα [48].



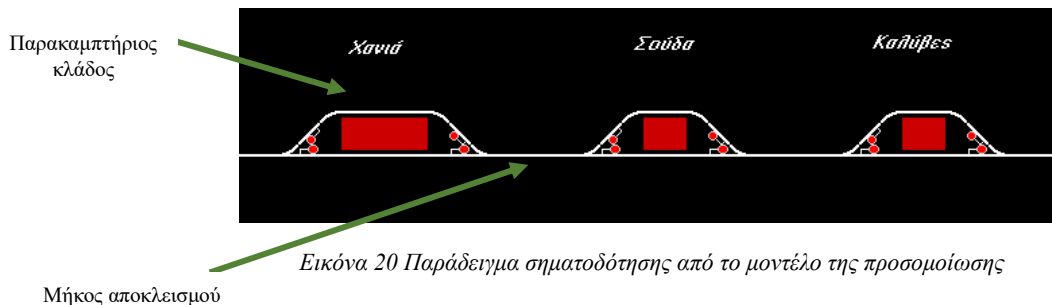
Εικόνα 19 Παρακαμπτήριος κλάδος αναμονής

Για τη βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου και για την εξοικονόμηση χρόνου η παραπάνω λειτουργία μπορεί να γίνει αυτοματοποιημένα χωρίς την παρέμβαση χειριστή ή σταθμάρχη. Το αυτοματοποιημένο σύστημα λαμβάνει το ηλεκτρικό σήμα από την ύπαρξη συρμού εντός του τμήματος αποκλεισμού και ενημερώνει τη σηματοδότηση. Αντίστοιχα λαμβάνει σήμα για την έξοδο όλου του συρμού από το τμήμα αποκλεισμού ώστε να δοθεί εντολή μετατροπής του σηματοδότη σε πράσινο.

Στη παρούσα διπλωματική, λόγω της ύπαρξης μονής γραμμής, για να εφαρμοσθεί η μέθοδος των μηκών αποκλεισμού δημιουργείται παρακαμπτήριο κλάδος σε κάθε ενδιαμέσο σταθμό θεωρώντας τη χρήση αποβάθρας αμφίπλευρης επιβίβασης και αποβίβασης. Έτσι, δίνεται η

δυνατότητα αναμονής και προτεραιοποίησης ανά περίπτωση κοντά στο τμήμα αποκλεισμού ώστε να μειωθούν οι χρόνοι αναμονής.

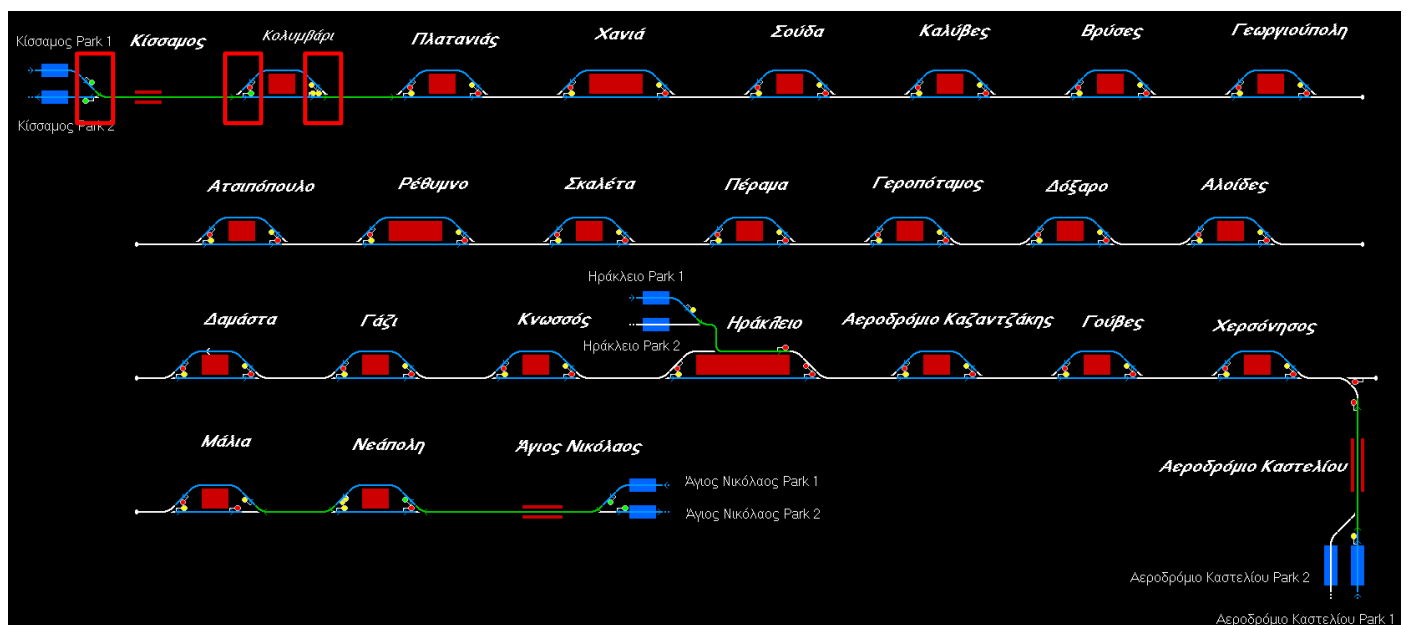
Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ένα μέρος του δικτύου όπου απεικονίζονται σταθμοί και οι παρακαμπτήριοι κλάδοι τους καθώς και οι αντίστοιχοι σηματοδότες. Οι κλάδοι κάθε σταθμού είναι μονοδρομημένοι σε αντίθεση με το μήκος αποκλεισμού.



4.2.6 Δεδομένα Εισαγωγής στο Μοντέλο

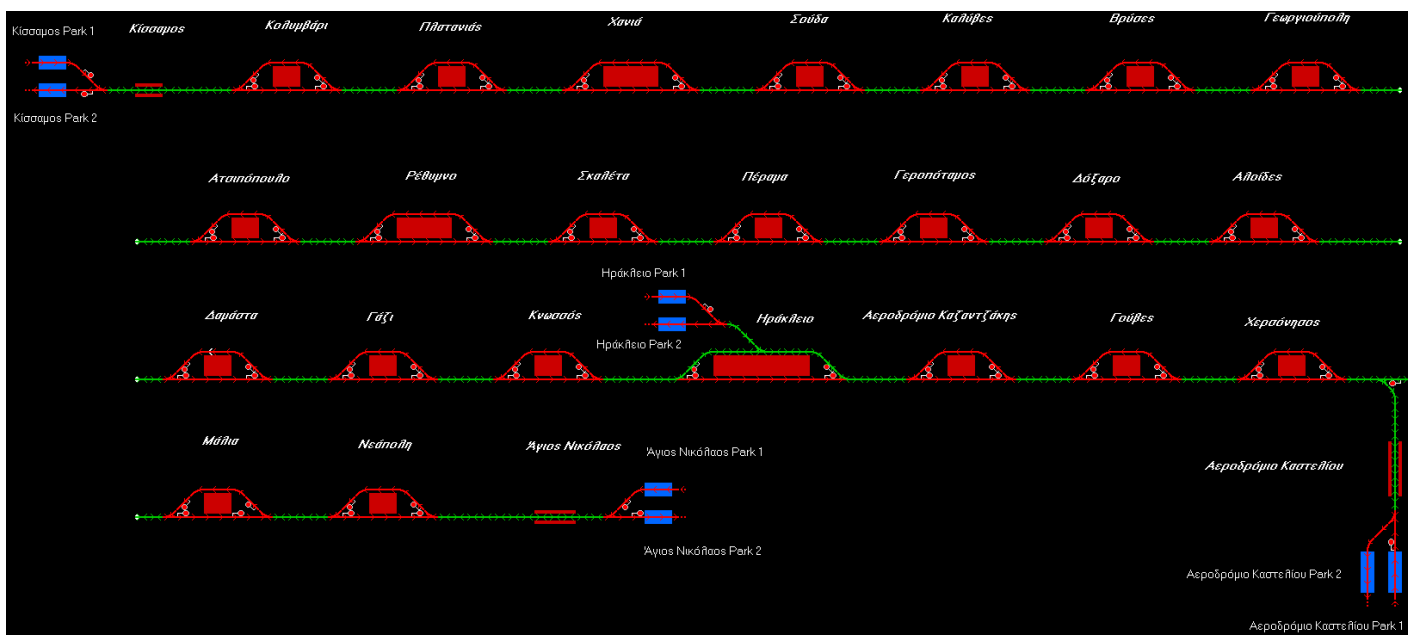
Η απεικόνιση του δικτύου του μοντέλου της προσομοίωσης, φαίνεται στην Εικόνα 21 και περιλαμβάνει τα εξής:

- όλους τους σταθμούς του δικτύου (με κόκκινο χρώμα) και τις ονομασίες τους
- τις βοηθητικές θέσεις στάθμευσης (με μπλε χρώμα) στις οποίες γίνεται η έναρξη και η λήξη της πορείας των συρμών.
- Τις σιδηροδρομικές γραμμές (με λευκό χρώμα)
- Τους σηματοδότες που λαμβάνουν τα τρία πιθανά χρώματα (πράσινο, πορτοκαλί-κίτρινο, κόκκινο). Σε κόκκινο πλαίσιο φαίνονται μερικοί από τους σηματοδότες.



Εικόνα 21 Απεικόνιση σιδηροδρομικού δικτύου στο πρόγραμμα προσομοίωσης

Στην Εικόνα 22 φαίνεται το σιδηροδρομικό δίκτυο με τους προσανατολισμούς των γραμμών όπως ορίστηκαν. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται τα τμήματα του δικτύου διπλής αμφίδρομης κατεύθυνσης ενώ με κόκκινο οι μονοδρομήσεις.



Εικόνα 22 Κατευθύνσεις Γραμμών Δικτύου

4.2.7 Γραμμές Εξυπηρέτησης

Όπως ο αναφέρθηκε ένας από τους στόχους της παρούσας μελέτης είναι η διαμόρφωση ενός πίνακα δρομολογίων. Ο πίνακας αυτός αρχικά προσεγγίζεται βάσει των θεωρητικών υπολογισμών αποστάσεων και μέσης ταχύτητας. Στη συνέχεια εισάγεται στο πρόγραμμα προσομοίωσης ώστε να εκτελεστεί και να αποτυπωθούν οι παρεκκλίσεις λόγω καθυστερήσεων ή σφαλμάτων που εμφανίζονται κατά την προσομοίωση. Έτσι τροποποιείται το αρχικό πρόγραμμα και διαμορφώνεται το τελικό το οποίο ενσωματώνει όλες τις παραπάνω αλλαγές.

Επιλέγονται τα εξής εξυπηρετούμενα δρομολόγια αμφίδρομης πορείας. Στη γραμμή 1 διατρέχουν όλο το δίκτυο από το ένα άκρο του στο άλλο ενώ στη γραμμή 2 αφορούν την εξυπηρέτηση από και προς το νέο αεροδρόμιο του Καστελλίου. Προβλέπεται στάση των τρένων σε κάθε ενδιαμέσο σταθμό των παρακάτω δρομολογίων:

1. Αφετηρία Κίσσαμος και τερματικός σταθμός Άγιος Νικόλαος [KISAG] και αντίθετα με αφετηρία Άγιος Νικόλαος και τερματικός σταθμός Κίσσαμος [AGKIS]
2. Αφετηρία Ηράκλειο και τερματικός σταθμός Αεροδρόμιο Καστελλίου [HEKA] και αντίθετα αφετηρία Αεροδρόμιο Καστελλίου και τερματικός σταθμός Ηράκλειο [KAHE]

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι δύο γραμμές με όλες τις στάσεις τους διαδοχικά.



Εικόνα 23 Γραμμές 1 και 2

4.3 Διαμόρφωση Σεναρίων

Εξετάζονται δυο βασικά σενάρια λειτουργίας του προγράμματος δρομολογίων:

α) Ένα σενάριο θερινής λειτουργίας (Μάιος έως Σεπτέμβριος) και

β) Ένα χειμερινής λειτουργίας (Οκτώβριος έως Απρίλιος).

Λόγω της αυξημένης μεταφορικής ζήτησης στο νησί της Κρήτης κατά τη θερινή περίοδο διαμορφώνεται ένα σενάριο ‘πυκνότερων’ χρονικά δρομολογίων έναντι του χειμερινού.

Σε κάθε σενάριο η ώρα έναρξης όλων των δρομολογίων ορίζεται στις 06:00 π.μ. και ο χρόνος παραμονής για αποβίβαση και επιβίβαση σε κάθε στάση ορίζεται σε 1 λεπτό. Για κάθε γραμμή εξετάζονται δύο αντίθετες κατευθύνσεις όπως αναλύθηκε παραπάνω (4.2.7).

4.3.1 Σενάριο 1: Θερινό Πρόγραμμα Δρομολογίων

Γραμμή 1

Παραδοχές

Η μεταφορική ζήτηση κατά το θερινό σενάριο όπως αυτή προσεγγίστηκε στο κεφάλαιο 4.1.2 είναι 9.000 επιβάτες ημερησίως. Η χωρητικότητα του συρμού, που επιλέχθηκε, είναι προσεγγιστικά 300 επιβάτες. Θεωρώντας ότι η ζήτηση αυτή κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το δίκτυο για τη γραμμή 1 προς κάθε κατεύθυνση (Κίσσαμος – Άγιος Νικόλαος και Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος) τότε και για τις δύο κατευθύνσεις τα απαιτούμενα συνολικά δρομολόγια είναι:

$$\frac{9.000}{300} = 30 \text{ δρομολόγια}$$

Άρα ανά κατεύθυνση απαιτούνται τουλάχιστον 15 δρομολόγια για την γραμμή 1.

Συχνότητα δρομολογίων

Έτσι και για τις δύο κατευθύνσεις της γραμμής 1 με αρχικό δρομολόγιο στις 6:00 π.μ., τελευταίο στις 22:00 μ.μ., με δοκιμές συχνότητας, προκύπτει ότι με συχνότητα δρομολογίου κάθε 1 ώρα παρέχονται 17 δρομολόγια για κάθε κατεύθυνση βασιζόμενοι στις θεωρητικές χρονικές αποστάσεις που υπολογίστηκαν στον πίνακα 7. Τα παραπάνω φαίνονται με λεπτομέρεια στις εικόνες 24 και 25.

Πίνακες Δρομολογίων

Στις επόμενες εικόνες φαίνονται με λεπτομέρεια οι χρόνοι άφιξης σε κάθε σταθμό για κάθε δρομολόγιο της γραμμής 1 και για τις δύο κατευθύνσεις. Όλοι οι χρόνοι απεικονίζονται στην μορφή ώρας και λεπτών (ωω:λλ). Στην πρώτη στήλη φαίνονται όλοι οι σταθμοί διαδοχικά. Ο σταθμός της πρώτης γραμμής αποτελεί την αφετηρία ενώ στην τελευταία γραμμή βρίσκεται ο τερματικός. Κάθε επόμενη στήλη αντιπροσωπεύει τους χρόνους άφιξης του συρμού σε κάθε σταθμό. Ο πρώτος συρμός, το πρώτο δρομολόγιο, ξεκινάει από την αφετηρία στις 6:00 π.μ., το δεύτερο στις 7:00 π.μ. κ.ο.κ. μέχρι το 17^ο δρομολόγιο που ξεκινάει στις 22:00 μ.μ.

Σταθμός	Γραμμή 1: Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος (Θερινό Σενάριο)																
	Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων																
Κίσσαμος	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
Κολυμβάρι	6:06	7:06	8:06	9:06	10:06	11:06	12:06	13:06	14:06	15:06	16:06	17:06	18:06	19:06	20:06	21:06	22:06
Πλατανιάς	6:12	7:12	8:12	9:12	10:12	11:12	12:12	13:12	14:12	15:12	16:12	17:12	18:12	19:12	20:12	21:12	22:12
Χανιά	6:19	7:19	8:19	9:19	10:19	11:19	12:19	13:19	14:19	15:19	16:19	17:19	18:19	19:19	20:19	21:19	22:19
Σούδα	6:23	7:23	8:23	9:23	10:23	11:23	12:23	13:23	14:23	15:23	16:23	17:23	18:23	19:23	20:23	21:23	22:23
Καλύβες	6:30	7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30	20:30	21:30	22:30
Βρύσες	6:39	7:39	8:39	9:39	10:39	11:39	12:39	13:39	14:39	15:39	16:39	17:39	18:39	19:39	20:39	21:39	22:39
Γεωργιούπολη	6:45	7:45	8:45	9:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45
Ατσιλόπουλο	6:53	7:53	8:53	9:53	10:53	11:53	12:53	13:53	14:53	15:53	16:53	17:53	18:53	19:53	20:53	21:53	22:53
Ρέθυμνο	6:57	7:57	8:57	9:57	10:57	11:57	12:57	13:57	14:57	15:57	16:57	17:57	18:57	19:57	20:57	21:57	22:57
Σκαλέτα	7:03	8:03	9:03	10:03	11:03	12:03	13:03	14:03	15:03	16:03	17:03	18:03	19:03	20:03	21:03	22:03	23:03
Πέραμα	7:10	8:10	9:10	10:10	11:10	12:10	13:10	14:10	15:10	16:10	17:10	18:10	19:10	20:10	21:10	22:10	23:10
Γεροπόταμος	7:16	8:16	9:16	10:16	11:16	12:16	13:16	14:16	15:16	16:16	17:16	18:16	19:16	20:16	21:16	22:16	23:16
Δοξαρο	7:26	8:26	9:26	10:26	11:26	12:26	13:26	14:26	15:26	16:26	17:26	18:26	19:26	20:26	21:26	22:26	23:26
Αλοιίδες	7:32	8:32	9:32	10:32	11:32	12:32	13:32	14:32	15:32	16:32	17:32	18:32	19:32	20:32	21:32	22:32	23:32
Δαμιάστα	7:37	8:37	9:37	10:37	11:37	12:37	13:37	14:37	15:37	16:37	17:37	18:37	19:37	20:37	21:37	22:37	23:37
Γάζι	7:48	8:48	9:48	10:48	11:48	12:48	13:48	14:48	15:48	16:48	17:48	18:48	19:48	20:48	21:48	22:48	23:48
Κνωσός	7:52	8:52	9:52	10:52	11:52	12:52	13:52	14:52	15:52	16:52	17:52	18:52	19:52	20:52	21:52	22:52	23:52
Ηράκλειο	7:55	8:55	9:55	10:55	11:55	12:55	13:55	14:55	15:55	16:55	17:55	18:55	19:55	20:55	21:55	22:55	23:55
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	7:58	8:58	9:58	10:58	11:58	12:58	13:58	14:58	15:58	16:58	17:58	18:58	19:58	20:58	21:58	22:58	23:58
Γούβες	8:05	9:05	10:05	11:05	12:05	13:05	14:05	15:05	16:05	17:05	18:05	19:05	20:05	21:05	22:05	23:05	0:05
Χερσόνησος	8:11	9:11	10:11	11:11	12:11	13:11	14:11	15:11	16:11	17:11	18:11	19:11	20:11	21:11	22:11	23:11	0:11
Μάλια	8:19	9:19	10:19	11:19	12:19	13:19	14:19	15:19	16:19	17:19	18:19	19:19	20:19	21:19	22:19	23:19	0:19
Νεάπολη	8:31	9:31	10:31	11:31	12:31	13:31	14:31	15:31	16:31	17:31	18:31	19:31	20:31	21:31	22:31	23:31	0:31
Άγιος Νικόλαος	8:41	9:41	10:41	11:41	12:41	13:41	14:41	15:41	16:41	17:41	18:41	19:41	20:41	21:41	22:41	23:41	0:41

Εικόνα 24 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Θερινού Σεναρίου Κίσσαμος – Άγιος Νικόλαος

Σταθμός	Γραμμή 1: Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος (Θερινό Σενάριο)																
	Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων																
Άγιος Νικόλαος	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
Νεάπολη	6:09	7:09	8:09	9:09	10:09	11:09	12:09	13:09	14:09	15:09	16:09	17:09	18:09	19:09	20:09	21:09	22:09
Μάλια	6:21	7:21	8:21	9:21	10:21	11:21	12:21	13:21	14:21	15:21	16:21	17:21	18:21	19:21	20:21	21:21	22:21
Χερσόνησος	6:29	7:29	8:29	9:29	10:29	11:29	12:29	13:29	14:29	15:29	16:29	17:29	18:29	19:29	20:29	21:29	22:29
Γούβες	6:35	7:35	8:35	9:35	10:35	11:35	12:35	13:35	14:35	15:35	16:35	17:35	18:35	19:35	20:35	21:35	22:35
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:42	7:42	8:42	9:42	10:42	11:42	12:42	13:42	14:42	15:42	16:42	17:42	18:42	19:42	20:42	21:42	22:42
Ηράκλειο	6:45	7:45	8:45	9:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45
Κνωσός	6:48	7:48	8:48	9:48	10:48	11:48	12:48	13:48	14:48	15:48	16:48	17:48	18:48	19:48	20:48	21:48	22:48
Γάζι	6:52	7:52	8:52	9:52	10:52	11:52	12:52	13:52	14:52	15:52	16:52	17:52	18:52	19:52	20:52	21:52	22:52
Δαμιάστα	7:03	8:03	9:03	10:03	11:03	12:03	13:03	14:03	15:03	16:03	17:03	18:03	19:03	20:03	21:03	22:03	23:03
Αλοιίδες	7:08	8:08	9:08	10:08	11:08	12:08	13:08	14:08	15:08	16:08	17:08	18:08	19:08	20:08	21:08	22:08	23:08
Δοξαρο	7:14	8:14	9:14	10:14	11:14	12:14	13:14	14:14	15:14	16:14	17:14	18:14	19:14	20:14	21:14	22:14	23:14
Γεροπόταμος	7:24	8:24	9:24	10:24	11:24	12:24	13:24	14:24	15:24	16:24	17:24	18:24	19:24	20:24	21:24	22:24	23:24
Πέραμα	7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30	20:30	21:30	22:30	23:30
Σκαλέτα	7:37	8:37	9:37	10:37	11:37	12:37	13:37	14:37	15:37	16:37	17:37	18:37	19:37	20:37	21:37	22:37	23:37
Ρέθυμνο	7:43	8:43	9:43	10:43	11:43	12:43	13:43	14:43	15:43	16:43	17:43	18:43	19:43	20:43	21:43	22:43	23:43
Ατσιλόπουλο	7:47	8:47	9:47	10:47	11:47	12:47	13:47	14:47	15:47	16:47	17:47	18:47	19:47	20:47	21:47	22:47	23:47
Γεωργιούπολη	7:55	8:55	9:55	10:55	11:55	12:55	13:55	14:55	15:55	16:55	17:55	18:55	19:55	20:55	21:55	22:55	23:55
Βρύσες	8:01	9:01	10:01	11:01	12:01	13:01	14:01	15:01	16:01	17:01	18:01	19:01	20:01	21:01	22:01	23:01	0:01
Καλύβες	8:10	9:10	10:10	11:10	12:10	13:10	14:10	15:10	16:10	17:10	18:10	19:10	20:10	21:10	22:10	23:10	0:10
Σούδα	8:17	9:17	10:17	11:17	12:17	13:17	14:17	15:17	16:17	17:17	18:17	19:17	20:17	21:17	22:17	23:17	0:17
Χανιά	8:21	9:21	10:21	11:21	12:21	13:21	14:21	15:21	16:21	17:21	18:21	19:21	20:21	21:21	22:21	23:21	0:21
Πλατανιάς	8:28	9:28	10:28	11:28	12:28	13:28	14:28	15:28	16:28	17:28	18:28	19:28	20:28	21:28	22:28	23:28	0:28
Κολυμβάρι	8:34	9:34	10:34	11:34	12:34	13:34	14:34	15:34	16:34	17:34	18:34	19:34	20:34	21:34	22:34	23:34	0:34
Κίσσαμος	8:41	9:41	10:41	11:41	12:41	13:41	14:41	15:41	16:41	17:41	18:41	19:41	20:41	21:41	22:41	23:41	0:41

Εικόνα 25 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Θερινού Σεναρίου Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος

Συμπεράσματα

Για το θερινό σενάριο και τη γραμμή 1 συμπεραίνουμε τα εξής:

- Η θεωρητική διάρκεια κάθε δρομολογίου από την αφετηρία μέχρι τον τερματικό σταθμό είναι 2 ώρες και 41 λεπτά, καθώς το πρώτο, για παράδειγμα, δρομολόγιο εκκινεί από την αφετηρία στις 6:00 π.μ. και φθάνει στον τερματικό σταθμό στις 8:41 π.μ. Αντίστοιχα έχουμε την ίδια διάρκεια διαδρομής σε όλα τα επόμενα δρομολόγια και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- Εξετάζουμε την περίπτωση ενός δρομολογίου από Κίσσαμο προς Άγιο Νικόλαο. Το πρώτο δρομολόγιο εκκινεί στις 6:00 και καταφθάνει στις 8:41 στον Άγιο Νικόλαο. Είναι διαθέσιμο για το δρομολόγιο της αντίθετης κατεύθυνσης (της επιστροφής προς Κίσσαμο) στις 9:00. Έτσι τα δρομολόγια που εκκινούν από τον Άγιο Νικόλαο προς Κίσσαμο στις 6:00, 7:00 και 8:00 εξυπηρετούνται από ‘νέους’ στο δίκτυο συρμούς αφού ακόμα δεν έχουν καταφθάσει συρμοί από τον Κίσσαμο.
- Συνεπώς φαίνεται θεωρητικά πριν εκτελεστεί η προσομοίωση να απαιτούνται κατ’ ελάχιστο 3 συρμοί για κάθε κατεύθυνση και συνολικά **6 συρμοί** για την γραμμή 1.
- Οι 6 αυτοί συρμοί, λοιπόν, καλύπτουν ένα μοτίβο (όπως φαίνεται στα κόκκινα πλαίσια) 3 ωρών το οποίο επαναλαμβάνεται αυτούσιο για τους 3 συμούς κάθε δρομολογίου σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Το μοτίβο αυτό των τριών ωρών αποτελεί αντιπροσωπευτικό χρονικό δείγμα για την προσομοίωση της γραμμής 1.

Γραμμή 2

Παραδοχές

Η μεταφορική ζήτηση κατά το θερινό σενάριο όπως αυτή προσεγγίστηκε στο κεφάλαιο 4.1.2 για τις διαδρομές από και προς το αεροδρόμιο Καστελλίου είναι 8.000 επιβάτες ημερησίως. Η χωρητικότητα του συρμού, που επιλέχθηκε, είναι προσεγγιστικά 300 επιβάτες. Θεωρώντας ότι η ζήτηση αυτή ικανοποιείται και προς τις δύο κατευθύνσεις, άφιξη και αναχώρηση, (Ηράκλειο – Αεροδρόμιο Καστελλίου και Αεροδρόμιο Καστελλίου - Ηράκλειο) τότε και για κάθε κατεύθυνση τα απαιτούμενα δρομολόγια είναι:

$$\frac{8.000}{300} \approx 27$$

Άρα ανά κατεύθυνση απαιτούνται τουλάχιστον 27 δρομολόγια για την γραμμή 2.

Συχνότητα δρομολογίων

Με δοκιμές συχνότητας δρομολογίων προκύπτει ότι για τις δύο κατευθύνσεις της γραμμής 2 με αρχικό δρομολόγιο στις 6:00 π.μ., τελευταίο στις 00:40 π.μ. και με συχνότητα δρομολογίου κάθε 40 λεπτά προκύπτουν 29 δρομολόγια για κάθε κατεύθυνση βασιζόμενοι στις θεωρητικές χρονικές αποστάσεις που υπολογίστηκαν στον πίνακα 7. Έτσι ο αριθμός αυτός των δρομολογίων ικανοποιεί την απαίτηση για τουλάχιστον 27 δρομολόγια.

Πίνακες Δρομολογίων

Στην εικόνα 26 φαίνονται με λεπτομέρεια οι χρόνοι άφιξης σε κάθε σταθμό για κάθε δρομολόγιο της Γραμμής 2 και για τις δύο κατευθύνσεις. Όλοι οι χρόνοι απεικονίζονται στη μορφή ώρα και λεπτά (ωω:λλ). Στην πρώτη γραμμή φαίνονται όλοι οι σταθμοί διαδοχικά. Ο σταθμός της πρώτης στήλης αποτελεί την αφετηρία ενώ στην τελευταία στήλη βρίσκεται ο τερματικός. Κάθε επόμενη γραμμή αντιπροσωπεύει τους χρόνους άφιξης του συρμού σε κάθε

σταθμό. Ο πρώτος συρμός, το πρώτο δρομολόγιο, ξεκινάει από την αφετηρία στις 6:00 π.μ., το δεύτερο στις 6:40 π.μ. κ.ο.κ. μέχρι το 29^ο δρομολόγιο που ξεκινάει στις 00:40 π.μ.

Γραμμή 2: Αεροδρόμιο Καστελλίου - Ηράκλειο (Θερινό Σενάριο)					Γραμμή 2: Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελλίου (Θερινό Σενάριο)				
Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων					Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων				
Αεροδρόμιο Καστελλίου	Χερσόνησος	Γούβες	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	Ηράκλειο	Ηράκλειο	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	Γούβες	Χερσόνησος	Αεροδρόμιο Καστελλίου
6:00	6:13	6:19	6:26	6:29	6:00	6:03	6:10	6:16	6:29
6:40	6:53	6:59	7:06	7:09	6:40	6:43	6:50	6:56	7:09
7:20	7:33	7:39	7:46	7:49	7:20	7:23	7:30	7:36	7:49
8:00	8:13	8:19	8:26	8:29	8:00	8:03	8:10	8:16	8:29
8:40	8:53	8:59	9:06	9:09	8:40	8:43	8:50	8:56	9:09
9:20	9:33	9:39	9:46	9:49	9:20	9:23	9:30	9:36	9:49
10:00	10:13	10:19	10:26	10:29	10:00	10:03	10:10	10:16	10:29
10:40	10:53	10:59	11:06	11:09	10:40	10:43	10:50	10:56	11:09
11:20	11:33	11:39	11:46	11:49	11:20	11:23	11:30	11:36	11:49
12:00	12:13	12:19	12:26	12:29	12:00	12:03	12:10	12:16	12:29
12:40	12:53	12:59	13:06	13:09	12:40	12:43	12:50	12:56	13:09
13:20	13:33	13:39	13:46	13:49	13:20	13:23	13:30	13:36	13:49
14:00	14:13	14:19	14:26	14:29	14:00	14:03	14:10	14:16	14:29
14:40	14:53	14:59	15:06	15:09	14:40	14:43	14:50	14:56	15:09
15:20	15:33	15:39	15:46	15:49	15:20	15:23	15:30	15:36	15:49
16:00	16:13	16:19	16:26	16:29	16:00	16:03	16:10	16:16	16:29
16:40	16:53	16:59	17:06	17:09	16:40	16:43	16:50	16:56	17:09
17:20	17:33	17:39	17:46	17:49	17:20	17:23	17:30	17:36	17:49
18:00	18:13	18:19	18:26	18:29	18:00	18:03	18:10	18:16	18:29
18:40	18:53	18:59	19:06	19:09	18:40	18:43	18:50	18:56	19:09
19:20	19:33	19:39	19:46	19:49	19:20	19:23	19:30	19:36	19:49
20:00	20:13	20:19	20:26	20:29	20:00	20:03	20:10	20:16	20:29
20:40	20:53	20:59	21:06	21:09	20:40	20:43	20:50	20:56	21:09
21:20	21:33	21:39	21:46	21:49	21:20	21:23	21:30	21:36	21:49
22:00	22:13	22:19	22:26	22:29	22:00	22:03	22:10	22:16	22:29
22:40	22:53	22:59	23:06	23:09	22:40	22:43	22:50	22:56	23:09
23:20	23:33	23:39	23:46	23:49	23:20	23:23	23:30	23:36	23:49
0:00	0:13	0:19	0:26	0:29	0:00	0:03	0:10	0:16	0:29
0:40	0:53	0:59	1:06	1:09	0:40	0:43	0:50	0:56	1:09

Εικόνα 26 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Θερινού Σεναρίου

Συμπεράσματα

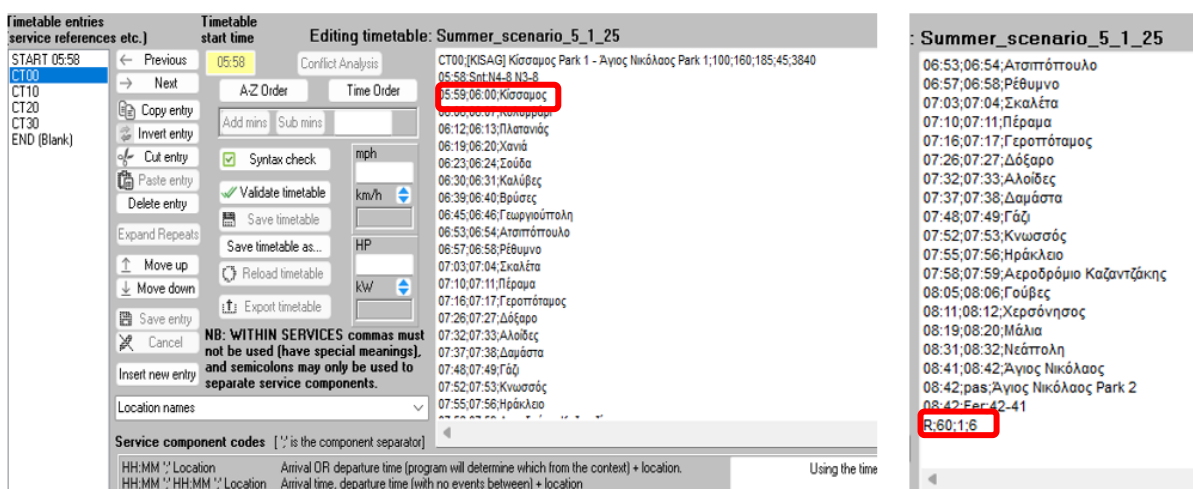
Για το θερινό σενάριο και τη Γραμμή 2 συμπεραίνουμε τα εξής:

- Η θεωρητική διάρκεια κάθε δρομολογίου από την αφετηρία μέχρι τον τερματικό σταθμό είναι 29 λεπτά, καθώς το πρώτο, για παράδειγμα, δρομολόγιο εκκινεί από την αφετηρία στις 6:00 π.μ. και φθάνει στον τερματικό σταθμό στις 6:29 π.μ. Αντίστοιχα έχουμε την ίδια διάρκεια διαδρομής σε όλα τα επόμενα δρομολόγια και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- Εξετάζουμε την περίπτωση ενός δρομολογίου από το Αεροδρόμιο Καστελλίου προς το Ηράκλειο. Το πρώτο δρομολόγιο εκκινεί στις 6:00 και καταφθάνει στις 6:29 στο Ηράκλειο. Είναι διαθέσιμο για το δρομολόγιο της αντίθετης κατεύθυνσης (της επιστροφής προς Αεροδρόμιο Καστελλίου) στις 06:40 με αφετηρία το Ηράκλειο. Συνεπώς φαίνεται θεωρητικά πριν εκτελεστεί η προσομοίωση να απαιτείται κατ' ελάχιστο 1 συρμός για κάθε κατεύθυνση και συνολικά **2 συρμοί** για την γραμμή 2.
- Οι 2 αυτοί συρμοί, λοιπόν, καλύπτουν ένα μοτίβο (όπως φαίνεται στα κόκκινα πλαίσια) 1 ώρας και 20 λεπτών το οποίο επαναλαμβάνεται αυτούσιο σε όλη τη διάρκεια της ημέρας μέχρι και το τελευταίο δρομολόγιο.

Κωδικοποίηση Συρμών

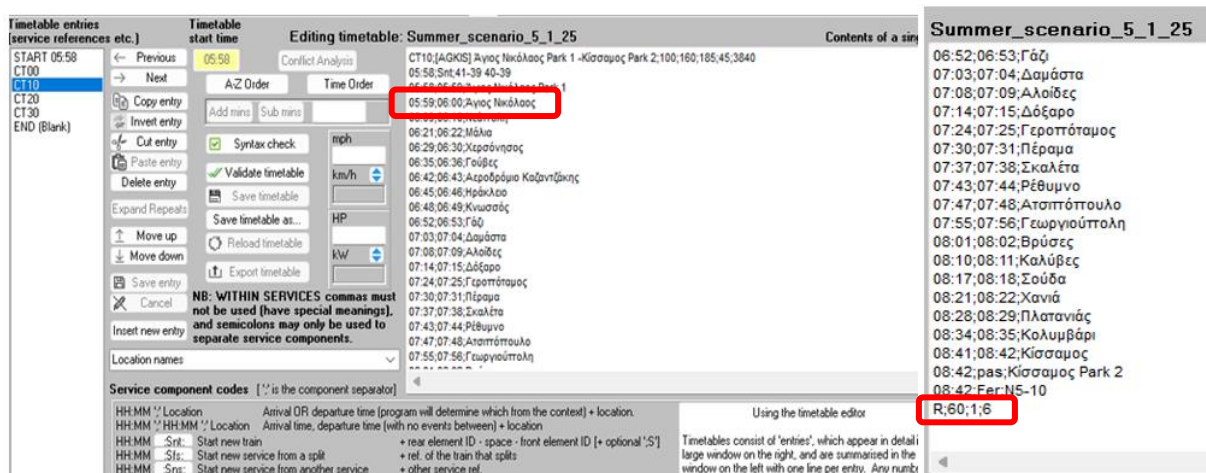
Στη συνέχεια γίνεται μια επεξήγηση του τρόπου κωδικοποίησης και αναπαράστασης των συρμών κατά τη λειτουργία του μοντέλου προσομοίωσης. Η αναπαράσταση των συρμών στο μοντέλο ακολουθεί την εξής αρίθμηση:

- Κάθε συρμός της γραμμής 1 που εκκινεί από τον Κίσσαμο προς τον Άγιο Νικόλαο έχει αρίθμηση CT00 έως CT09, όπως φαίνεται στην εικόνα 27. Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος συρμός που εκκινεί στις 6 π.μ. είναι ο CT00, ο επόμενος που εκκινεί στις 7 π.μ. είναι ο CT01 κ.ο.κ. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης θα μελετηθούν μόνο 3 διαδοχικοί τέτοιοι συρμοί, ώστε να προσομοιωθεί ένα μοτίβο 3 ωρών. Τα παραπάνω φαίνονται στα κόκκινα πλαίσια της εικόνας 27. Η εντολή R;60;1.. που απεικονίζεται, ερμηνεύεται ως [R(repeat)] επανάληψη του δρομολογίου κάθε 60 λεπτά και αύξηση της κωδικής ονομασίας κατά 1 σε κάθε νέο δρομολόγιο (CT00, CT01 κ.ο.κ.).



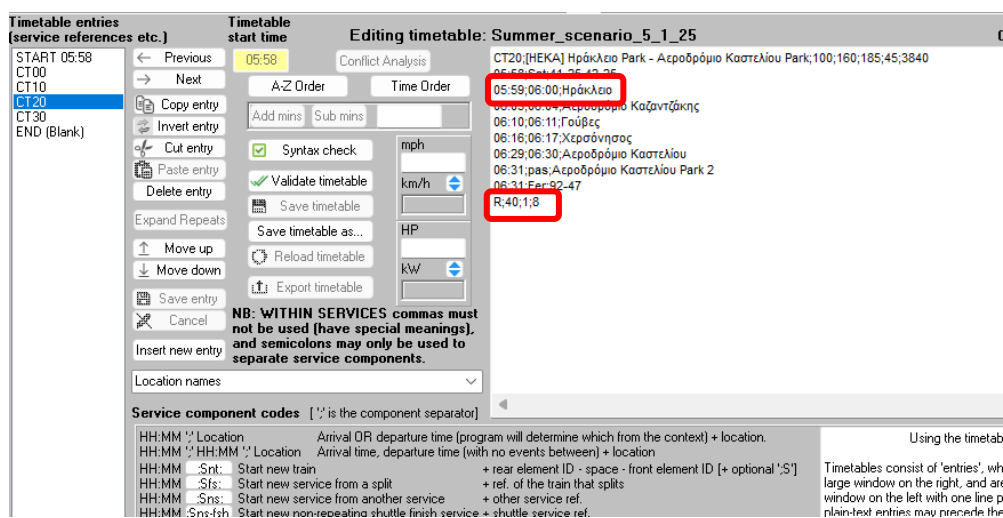
Εικόνα 27 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 1 Κίσσαμος προς Άγιο Νικόλαο

- Κάθε συρμός της γραμμής 1 που εκκινεί από τον Άγιο Νικόλαο προς τον Κίσσαμο έχει αρίθμηση CT10 έως CT19, όπως φαίνεται στην εικόνα 28. Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος συρμός που εκκινεί στις 6 π.μ. είναι ο CT10 (κόκκινο πλαίσιο της εικόνας 28), ο επόμενος που εκκινεί στις 7 π.μ. είναι ο CT11 κ.ο.κ. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης θα μελετηθούν μόνο 3 διαδοχικοί τέτοιοι συρμοί, ώστε να προσομοιωθεί ένα μοτίβο 3 ωρών. Τα παραπάνω φαίνονται στα κόκκινα πλαίσια της εικόνας 28. Όμοια με παραπάνω η εντολή R;60;1.. που απεικονίζεται, ερμηνεύεται ως [R(repeat)] επανάληψη του δρομολογίου κάθε 60 λεπτά και αύξηση της κωδικής ονομασίας κατά 1 σε κάθε νέο δρομολόγιο (CT10, CT11 κ.ο.κ.).



Εικόνα 28 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 1 Άγιος Νικόλαος προς Κίσσαμο

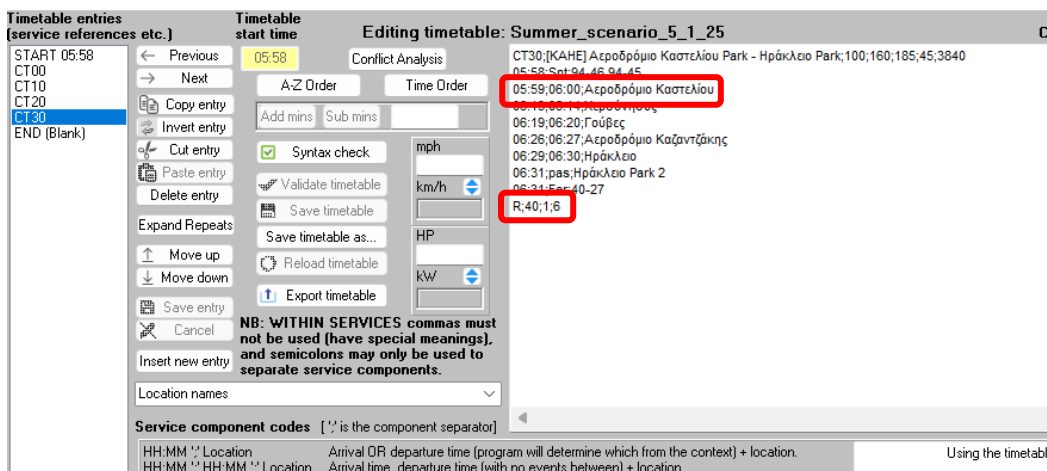
- Κάθε συρμός της γραμμής 2 που εκκινεί από το Ηράκλειο προς το Αεροδρόμιο του Καστελλίου έχει αρίθμηση CT20 έως CT29, όπως φαίνεται στην εικόνα 29. Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος συρμός που εκκινεί στις 6 π.μ. είναι ο CT20 ο επόμενος που εκκινεί στις 6:40 π.μ. είναι ο CT21 κ.ο.κ. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης θα μελετηθούν μόνο 5 διαδοχικοί τέτοιοι συρμοί, ώστε να προσομοιωθεί ένα μοτίβο 3 ωρών. Τα παραπάνω φαίνονται στα κόκκινα πλαίσια της εικόνας 29. Όμοια με παραπάνω η εντολή R;40;1.. που απεικονίζεται, ερμηνεύεται ως [R(repeat)] επανάληψη του δρομολογίου κάθε 40 λεπτά και αύξηση της κωδικής ονομασίας κατά 1 σε κάθε νέο δρομολόγιο (CT20, CT21 κ.ο.κ.).



Εικόνα 29 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 2 Ηράκλειο προς Αεροδρόμιο Καστελλίου

- Κάθε συρμός της γραμμής 2 που εκκινεί από το Αεροδρόμιο του Καστελλίου προς το Ηράκλειο έχει αρίθμηση CT30 έως CT39, όπως φαίνεται στην εικόνα 30. Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος συρμός που εκκινεί στις 6 π.μ. είναι ο CT30, ο επόμενος που εκκινεί στις 6:40 π.μ. είναι ο CT31 κ.ο.κ. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης θα μελετηθούν μόνο 5 διαδοχικοί τέτοιοι συρμοί, ώστε να προσομοιωθεί ένα μοτίβο 3 ωρών. Τα παραπάνω φαίνονται στα κόκκινα πλαίσια της εικόνας 30. Όμοια με παραπάνω η εντολή R;40;1.. που απεικονίζεται, ερμηνεύεται ως [R(repeat)] επανάληψη

του δρομολογίου κάθε 40 λεπτά και αύξηση της κωδικής ονομασίας κατά 1 σε κάθε νέο δρομολόγιο (CT30, CT31 κ.ο.κ.).



Εικόνα 30 Κωδικοποίηση συρμών Γραμμής 2 Αεροδρόμιο Καστελλίου προς Ηράκλειο

4.3.2 Σενάριο 2: Χειμερινό Πρόγραμμα Δρομολογίων

Γραμμή 1

Παραδοχές

Η μεταφορική ζήτηση κατά το χειμερινό σενάριο όπως αυτή προσεγγίστηκε στο κεφάλαιο 4.1.2 είναι 6.000 επιβάτες ημερησίως. Η χωρητικότητα του συρμού, που επιλέχθηκε, είναι προσεγγιστικά 300 επιβάτες. Θεωρώντας ότι η ζήτηση αυτή κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το δίκτυο για τη γραμμή 1 προς κάθε κατεύθυνση (Κίσσαμος – Άγιος Νικόλαος και Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος) τότε και για τις δύο κατευθύνσεις τα απαιτούμενα συνολικά δρομολόγια

$$\frac{6.000}{300} = 20$$

Άρα ανά κατεύθυνση απαιτούνται τουλάχιστον 10 δρομολόγια για τη γραμμή 1.

Συχνότητα δρομολογίων

Έτσι και για τις δύο κατευθύνσεις της γραμμής 1 με αρχικό δρομολόγιο στις 6:00 π.μ., τελευταίο στις 22:00 μ.μ., με δοκιμές συχνότητας, προκύπτει ότι με συχνότητα δρομολογίου κάθε 1 ώρα και 30 λεπτά παρέχονται 11 δρομολόγια για κάθε κατεύθυνση βασιζόμενοι στις θεωρητικές χρονικές αποστάσεις που υπολογίστηκαν στον πίνακα 7. Τα παραπάνω φαίνονται στις εικόνες 28 και 29.

Πίνακες Δρομολογίων

Στις εικόνες 31 και 32 φαίνονται με λεπτομέρεια οι χρόνοι άφιξης σε κάθε σταθμό για κάθε δρομολόγιο της γραμμής 1 και για τις δύο κατευθύνσεις. Όλοι οι χρόνοι απεικονίζονται στη μορφή ώρας και λεπτών (ωω:λλ). Στην πρώτη στήλη φαίνονται όλοι οι σταθμοί διαδοχικά. Ο σταθμός της πρώτης γραμμής αποτελεί την αφετηρία ενώ στην τελευταία γραμμή βρίσκεται ο τερματικός. Κάθε επόμενη στήλη αντιπροσωπεύει τους χρόνους άφιξης του συρμού σε κάθε σταθμό. Ο πρώτος συρμός, το πρώτο δρομολόγιο, ξεκινάει από την αφετηρία στις 6:00 π.μ., το δεύτερο στις 7:30 π.μ. κ.ο.κ. μέχρι το 11^ο δρομολόγιο που ξεκινάει στις 21:00 μ.μ.

Σταθμός	Γραμμή 1: Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος (Χειμερινό Σενάριο)										
	Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων										
Κίσσαμος	6:00	7:30	9:00	10:30	12:00	13:30	15:00	16:30	18:00	19:30	21:00
Κολυμβάρι	6:06	7:36	9:06	10:36	12:06	13:36	15:06	16:36	18:06	19:36	21:06
Πλατανιάς	6:12	7:42	9:12	10:42	12:12	13:42	15:12	16:42	18:12	19:42	21:12
Χανιά	6:19	7:49	9:19	10:49	12:19	13:49	15:19	16:49	18:19	19:49	21:19
Σούδα	6:23	7:53	9:23	10:53	12:23	13:53	15:23	16:53	18:23	19:53	21:23
Καλύβες	6:30	8:00	9:30	11:00	12:30	14:00	15:30	17:00	18:30	20:00	21:30
Βρύσες	6:39	8:09	9:39	11:09	12:39	14:09	15:39	17:09	18:39	20:09	21:39
Γεωργιούπολη	6:45	8:15	9:45	11:15	12:45	14:15	15:45	17:15	18:45	20:15	21:45
Ατσιπόπουλο	6:53	8:23	9:53	11:23	12:53	14:23	15:53	17:23	18:53	20:23	21:53
Ρέθυμνο	6:57	8:27	9:57	11:27	12:57	14:27	15:57	17:27	18:57	20:27	21:57
Σκαλέτα	7:03	8:33	10:03	11:33	13:03	14:33	16:03	17:33	19:03	20:33	22:03
Πέραμα	7:10	8:40	10:10	11:40	13:10	14:40	16:10	17:40	19:10	20:40	22:10
Γεροπόταμος	7:16	8:46	10:16	11:46	13:16	14:46	16:16	17:46	19:16	20:46	22:16
Δόξαρο	7:26	8:56	10:26	11:56	13:26	14:56	16:26	17:56	19:26	20:56	22:26
Αλοίδες	7:32	9:02	10:32	12:02	13:32	15:02	16:32	18:02	19:32	21:02	22:32
Δαμάστα	7:37	9:07	10:37	12:07	13:37	15:07	16:37	18:07	19:37	21:07	22:37
Γάζι	7:48	9:18	10:48	12:18	13:48	15:18	16:48	18:18	19:48	21:18	22:48
Κνωσός	7:52	9:22	10:52	12:22	13:52	15:22	16:52	18:22	19:52	21:22	22:52
Ηράκλειο	7:55	9:25	10:55	12:25	13:55	15:25	16:55	18:25	19:55	21:25	22:55
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	7:58	9:28	10:58	12:28	13:58	15:28	16:58	18:28	19:58	21:28	22:58
Γούβες	8:05	9:35	11:05	12:35	14:05	15:35	17:05	18:35	20:05	21:35	23:05
Χερσόνησος	8:11	9:41	11:11	12:41	14:11	15:41	17:11	18:41	20:11	21:41	23:11
Μάλια	8:19	9:49	11:19	12:49	14:19	15:49	17:19	18:49	20:19	21:49	23:19
Νεάπολη	8:31	10:01	11:31	13:01	14:31	16:01	17:31	19:01	20:31	22:01	23:31
Άγιος Νικόλαος	8:41	10:11	11:41	13:11	14:41	16:11	17:41	19:11	20:41	22:11	23:41

Εικόνα 31 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Χειμερινού Σεναρίου Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος

Σταθμός	Γραμμή 1: Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος (Χειμερινό Σενάριο)										
	Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων										
Άγιος Νικόλαος	6:00	7:30	9:00	10:30	12:00	13:30	15:00	16:30	18:00	19:30	21:00
Νεάπολη	6:09	7:39	9:09	10:39	12:09	13:39	15:09	16:39	18:09	19:39	21:09
Μάλια	6:21	7:51	9:21	10:51	12:21	13:51	15:21	16:51	18:21	19:51	21:21
Χερσόνησος	6:29	7:59	9:29	10:59	12:29	13:59	15:29	16:59	18:29	19:59	21:29
Γούβες	6:35	8:05	9:35	11:05	12:35	14:05	15:35	17:05	18:35	20:05	21:35
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:42	8:12	9:42	11:12	12:42	14:12	15:42	17:12	18:42	20:12	21:42
Ηράκλειο	6:45	8:15	9:45	11:15	12:45	14:15	15:45	17:15	18:45	20:15	21:45
Κνωσός	6:48	8:18	9:48	11:18	12:48	14:18	15:48	17:18	18:48	20:18	21:48
Γάζι	6:52	8:22	9:52	11:22	12:52	14:22	15:52	17:22	18:52	20:22	21:52
Δαμάστα	7:03	8:33	10:03	11:33	13:03	14:33	16:03	17:33	19:03	20:33	22:03
Αλοίδες	7:08	8:38	10:08	11:38	13:08	14:38	16:08	17:38	19:08	20:38	22:08
Δόξαρο	7:14	8:44	10:14	11:44	13:14	14:44	16:14	17:44	19:14	20:44	22:14
Γεροπόταμος	7:24	8:54	10:24	11:54	13:24	14:54	16:24	17:54	19:24	20:54	22:24
Πέραμα	7:30	9:00	10:30	12:00	13:30	15:00	16:30	18:00	19:30	21:00	22:30
Σκαλέτα	7:37	9:07	10:37	12:07	13:37	15:07	16:37	18:07	19:37	21:07	22:37
Ρέθυμνο	7:43	9:13	10:43	12:13	13:43	15:13	16:43	18:13	19:43	21:13	22:43
Ατσιπόπουλο	7:47	9:17	10:47	12:17	13:47	15:17	16:47	18:17	19:47	21:17	22:47
Γεωργιούπολη	7:55	9:25	10:55	12:25	13:55	15:25	16:55	18:25	19:55	21:25	22:55
Βρύσες	8:01	9:31	11:01	12:31	14:01	15:31	17:01	18:31	20:01	21:31	23:01
Καλύβες	8:10	9:40	11:10	12:40	14:10	15:40	17:10	18:40	20:10	21:40	23:10
Σούδα	8:17	9:47	11:17	12:47	14:17	15:47	17:17	18:47	20:17	21:47	23:17
Χανιά	8:21	9:51	11:21	12:51	14:21	15:51	17:21	18:51	20:21	21:51	23:21
Πλατανιάς	8:28	9:58	11:28	12:58	14:28	15:58	17:28	18:58	20:28	21:58	23:28
Κολυμβάρι	8:34	10:04	11:34	13:04	14:34	16:04	17:34	19:04	20:34	22:04	23:34
Κίσσαμος	8:41	10:11	11:41	13:11	14:41	16:11	17:41	19:11	20:41	22:11	23:41

Εικόνα 32 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Χειμερινού Σεναρίου Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος

Συμπεράσματα

Για το χειμερινό σενάριο και τη γραμμή 1 συμπεραίνουμε τα εξής:

- Η θεωρητική διάρκεια κάθε δρομολογίου από την αφετηρία μέχρι τον τερματικό σταθμό είναι 2 ώρες και 41 λεπτά, καθώς το πρώτο, για παράδειγμα, δρομολόγιο εκκινεί από την αφετηρία στις 6:00 π.μ. και φθάνει στον τερματικό σταθμό στις 8:41 π.μ. Αντίστοιχα έχουμε την ίδια διάρκεια διαδρομής σε όλα τα επόμενα δρομολόγια και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- Εξετάζουμε την περίπτωση ενός δρομολογίου από Κίσσαμο προς Άγιο Νικόλαο. Το πρώτο δρομολόγιο εκκινεί στις 6:00 και καταφθάνει στις 8:41 στον Άγιο Νικόλαο. Είναι διαθέσιμο για το δρομολόγιο της αντίθετης κατεύθυνσης (της επιστροφής προς Κίσσαμο) στις 9:00. Έτσι τα δρομολόγια που εκκινούν από τον Άγιο Νικόλαο προς Κίσσαμο στις 6:00 και 7:30 εξυπηρετούνται από ‘νέους’ στο δίκτυο συρμούς αφού ακόμα δεν έχουν καταφθάσει συρμοί από τον Κίσσαμο.
- Συνεπώς φαίνεται θεωρητικά πριν εκτελεστεί η προσομοίωση να απαιτούνται κατ’ ελάχιστο 2 συρμοί για κάθε κατεύθυνση και συνολικά **4 συρμοί** για την γραμμή 1.
- Οι 4 αυτοί συρμοί, λοιπόν, καλύπτουν ένα μοτίβο (όπως φαίνεται στα κόκκινα πλαίσια) 3 ωρών το οποίο επαναλαμβάνεται αυτούσιο για τους 4 συμούς κάθε δρομολογίου σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Το μοτίβο αυτό των τριών ωρών αποτελεί αντιπροσωπευτικό χρονικό δείγμα για την προσομοίωση της γραμμής 1.

Γραμμή 2

Παραδοχές

Η μεταφορική ζήτηση κατά το χειμερινό σενάριο όπως αυτή προσεγγίστηκε στο κεφάλαιο 4.1.2 για τις διαδρομές από και προς το αεροδρόμιο Καστελλίου είναι 3.700 επιβάτες ημερησίως. Η χωρητικότητα του συρμού, που επιλέχθηκε, είναι προσεγγιστικά 300 επιβάτες. Θεωρώντας ότι η ζήτηση αυτή ικανοποιείται ξεχωριστά και προς τις δύο κατευθύνσεις (άφιξη και αναχώρηση) (Ηράκλειο – Αεροδρόμιο Καστελλίου και Αεροδρόμιο Καστελλίου - Ηράκλειο) τότε και για κάθε κατεύθυνση τα απαιτούμενα δρομολόγια είναι:

$$\frac{3.700}{300} \approx 13 \text{ δρομολόγια}$$

Άρα ανά κατεύθυνση απαιτούνται τουλάχιστον 13 δρομολόγια για τη γραμμή 2.

Συχνότητα δρομολογίων

Με δοκιμές συχνότητας δρομολογίων προκύπτει ότι για τις δύο κατευθύνσεις της γραμμής 2 με αρχικό δρομολόγιο στις 6:00 π.μ., τελευταίο στις 23:00 π.μ. και με συχνότητα δρομολογίου κάθε 1 ώρα προκύπτουν 18 δρομολόγια για κάθε κατεύθυνση βασιζόμενοι στις θεωρητικές χρονικές αποστάσεις που υπολογίστηκαν στον πίνακα 7. Έτσι ο αριθμός αυτός των δρομολογίων ικανοποιεί την απαίτηση για τουλάχιστον 13 δρομολόγια.

Πίνακες Δρομολογίων

Στην εικόνα 33 φαίνονται με λεπτομέρεια οι χρόνοι άφιξης σε κάθε σταθμό για κάθε δρομολόγιο της γραμμής 2 και για τις δύο κατευθύνσεις. Όλοι οι χρόνοι απεικονίζονται στην μορφή ώρα και λεπτά (ωω:λλ). Στην πρώτη γραμμή φαίνονται όλοι οι σταθμοί διαδοχικά. Ο σταθμός της πρώτης στήλης αποτελεί την αφετηρία ενώ στην τελευταία στήλη βρίσκεται ο

τερματικός. Κάθε επόμενη γραμμή αντιπροσωπεύει τους χρόνους άφιξης του συρμού σε κάθε σταθμό. Ο πρώτος συρμός, το πρώτο δρομολόγιο, ξεκινάει από την αφετηρία στις 6:00 π.μ., το δεύτερο στις 7:00 π.μ. κ.ο.κ. μέχρι το 18^ο δρομολόγιο που ξεκινάει στις 23:00 π.μ.

Γραμμή 2: Αεροδρόμιο Καστελλίου - Ηράκλειο (Χειμερινό Σενάριο)				
Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων				
Αεροδρόμιο Καστελλίου	Χερσόνησος	Γούβες	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	Ηράκλειο
6:00	6:13	6:19	6:26	6:29
7:00	7:13	7:19	7:26	7:29
8:00	8:13	8:19	8:26	8:29
9:00	9:13	9:19	9:26	9:29
10:00	10:13	10:19	10:26	10:29
11:00	11:13	11:19	11:26	11:29
12:00	12:13	12:19	12:26	12:29
13:00	13:13	13:19	13:26	13:29
14:00	14:13	14:19	14:26	14:29
15:00	15:13	15:19	15:26	15:29
16:00	16:13	16:19	16:26	16:29
17:00	17:13	17:19	17:26	17:29
18:00	18:13	18:19	18:26	18:29
19:00	19:13	19:19	19:26	19:29
20:00	20:13	20:19	20:26	20:29
21:00	21:13	21:19	21:26	21:29
22:00	22:13	22:19	22:26	22:29
23:00	23:13	23:19	23:26	23:29

Γραμμή 2: Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελλίου (Χειμερινό Σενάριο)				
Ωρολόγιο Πρόγραμμα Δρομολογίων				
Ηράκλειο	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	Γούβες	Χερσόνησος	Αεροδρόμιο Καστελλίου
6:00	6:03	6:10	6:16	6:29
7:00	7:03	7:10	7:16	7:29
8:00	8:03	8:10	8:16	8:29
9:00	9:03	9:10	9:16	9:29
10:00	10:03	10:10	10:16	10:29
11:00	11:03	11:10	11:16	11:29
12:00	12:03	12:10	12:16	12:29
13:00	13:03	13:10	13:16	13:29
14:00	14:03	14:10	14:16	14:29
15:00	15:03	15:10	15:16	15:29
16:00	16:03	16:10	16:16	16:29
17:00	17:03	17:10	17:16	17:29
18:00	18:03	18:10	18:16	18:29
19:00	19:03	19:10	19:16	19:29
20:00	20:03	20:10	20:16	20:29
21:00	21:03	21:10	21:16	21:29
22:00	22:03	22:10	22:16	22:29
23:00	23:03	23:10	23:16	23:29

Εικόνα 33 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Χειμερινού Σεναρίου

Κωδικοποίηση Συρμών

Η κωδικοποίηση των συρμών είναι ίδια με αυτήν του θερινού σεναρίου που περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.3.1.

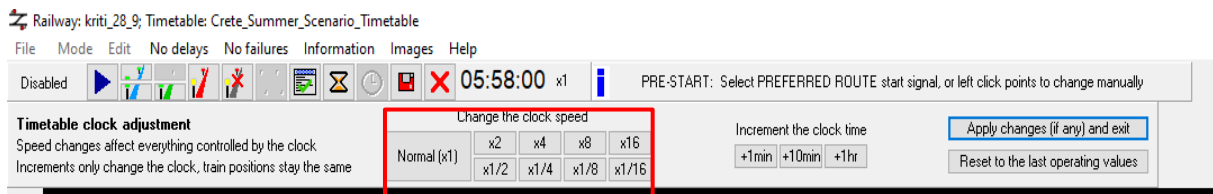
4.4 Εκτέλεση του προγράμματος προσομοίωσης

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.2.2 η προσομοίωση είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα φαινόμενο ή ένα σύστημα μπορεί να χαρτογραφηθεί και να παρουσιαστεί ως ένα απλό μοντέλο. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, η προσομοίωση της λειτουργίας του σιδηροδρομικού δικτύου στην Κρήτη στοχεύει στη δημιουργία ενός ημερήσιου προγράμματος δρομολογίων και για τα δύο εξεταζόμενα σενάρια. Το πρόγραμμα δρομολογίων διαφέρει από το θεωρητικό που διαμορφώθηκε στις παραγράφους 4.3.1 και 4.3.2, για κάθε σενάριο, ως προς τις καθυστερήσεις που εμφανίζονται στη λειτουργία του δικτύου. Οι καθυστερήσεις αυτές οφείλονται σε γεγονότα ή φαινόμενα που δεν μπορούν να προσδιοριστούν επακριβώς κατά τον θεωρητικό σχεδιασμό. Τέτοια γεγονότα είναι η αναμονή σε κόκκινο σηματοδότη για την παραχώρηση προτεραιότητας σε άλλο συρμό και οι επιβραδύνσεις σε σηματοδότη ή σε σταθμό. Στόχος λοιπόν της προσομοίωσης είναι η ανάδειξη των εν λόγω καθυστερήσεων αλλά και της γενικότερης εποπτείας της λειτουργίας του δικτύου. Η καταγραφή των καθυστερήσεων ακολουθείται από την τροποποίηση και διαμόρφωση του προγράμματος δρομολογίων.

Η προσομοίωση αφορά το πρώτο επαναλαμβανόμενο μοτίβο της τυπικής ημέρας κάθε σεναρίου. Το μοτίβο αυτό θεωρείται ότι επαναλαμβάνεται αυτούσιο στη διάρκεια της υπόλοιπης ημέρας. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της προσομοίωσης είναι το Railway Operation Simulator (ROS) το οποίο περιγράφηκε στην παράγραφο 3.3.

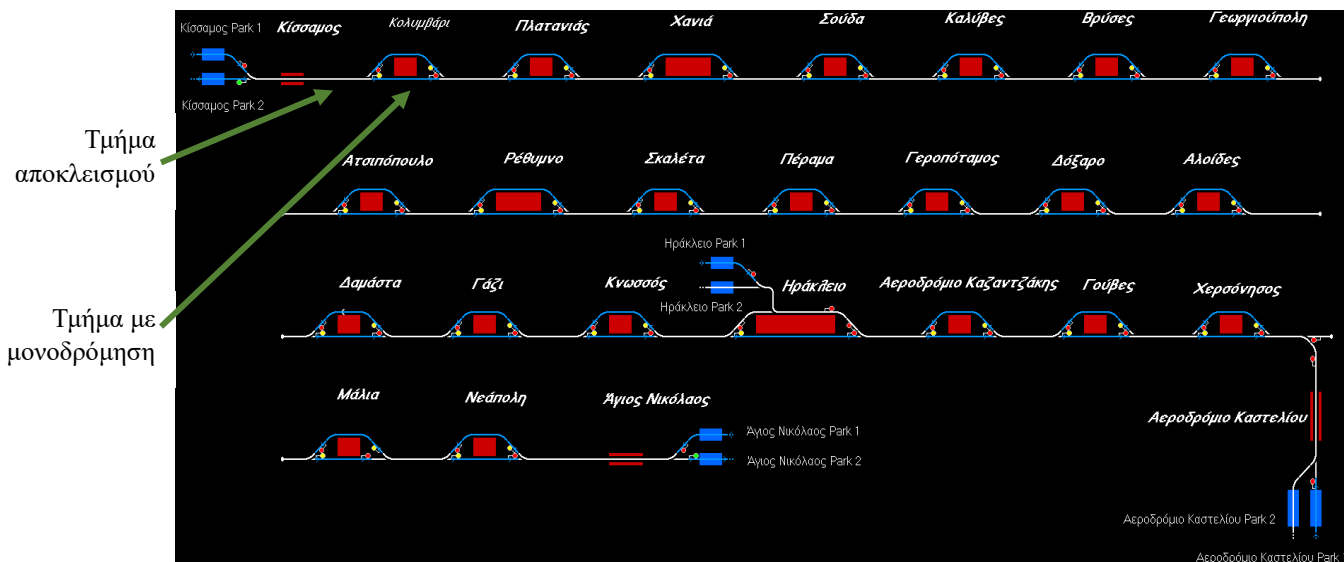
4.4.1 Αρχικές ρυθμίσεις λειτουργίας προγράμματος προσομοίωσης

Αρχικά, για την εκτέλεση και των δύο σεναρίων, ορίζεται η ταχύτητα της προσομοίωσης η οποία μπορεί να είναι έως και 16 φορές μεγαλύτερη από την πραγματική. Επιλέγεται κατά περίπτωση, κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, είτε να είναι κανονική για την ακριβέστερη εποπτεία και διαχείριση της σηματοδότησης, είτε να είναι ταχύτερη για την επιτάχυνση της διαδικασίας, σε διαστήματα που δεν δημιουργούνται αναμονές συρμών και δεν απαιτείται παρέμβαση του χρήστη. Στην εικόνα 34, σε κόκκινο πλαίσιο, φαίνεται το πεδίο επιλογής της ταχύτητας προσομοίωσης.



Εικόνα 34 Ορισμός ταχύτητας προσομοίωσης

Στη συνέχεια επιλέγεται η αυτόματη σηματοδότηση για τα τμήματα όπου υπάρχει μονοδρόμηση και δεν χρειάζεται να παρέμβει ο διαχειριστής του δικτύου. Στην εικόνα 35 τα τμήματα αυτά απεικονίζονται με μπλε χρώμα. Με λευκό χρώμα απεικονίζονται τα τμήματα αποκλεισμού για τα οποία ο χρήστης ορίζει τη σηματοδότηση, δίνοντας προτεραιότητα ή αναμονή κατά περίπτωση. Κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης ενεργοποιείται η επιλογή performance log, η οποία αναλύθηκε στη παράγραφο 3.3.5, όπου εμφανίζονται οι χρόνοι αφίξεων και αναχωρήσεων των συρμών σε κάθε σταθμό. Βάσει αυτού εξάγονται τα συμπεράσματα που αξιοποιούνται για την τροποποίηση του πίνακα δρομολογίων και τα οποία αναλύονται στη συνέχεια για κάθε ένα από τα δύο εξεταζόμενα σενάρια.



Εικόνα 35 Αρχική σηματοδότηση

4.4.2 Προσομοίωση Σεναρίου Χειμερινής Λειτουργίας

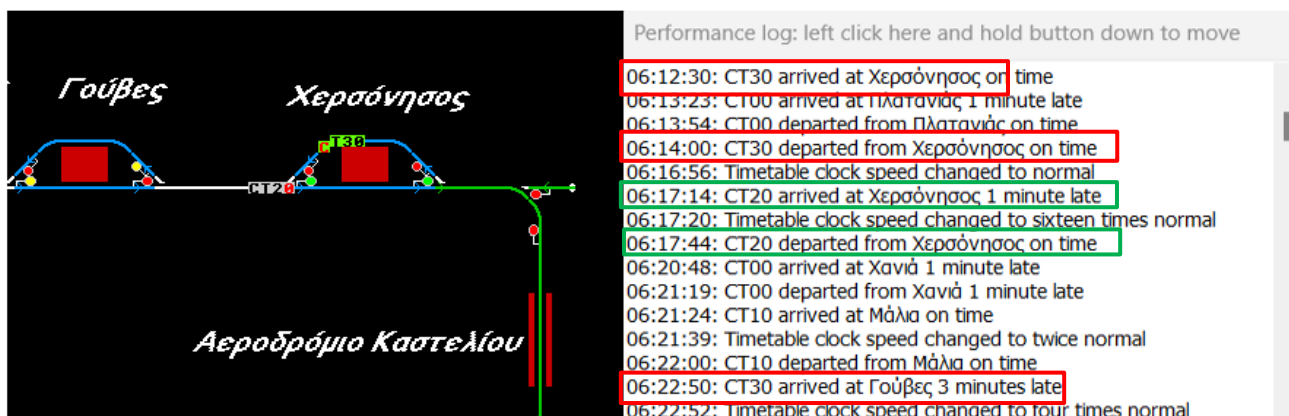
Το σενάριο χειμερινής λειτουργίας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, περιλαμβάνει δρομολόγια της γραμμής 1 και της γραμμής 2 μικρής συχνότητας. Συγκεκριμένα και για τις δυο γραμμές εκκινούν αμφίπλευρα και ταυτόχρονα συρμοί. Όλοι οι συρμοί ξεκινούν στις 06:00. Για τη γραμμή 1 οι συρμοί εκκινούν κάθε 1 ώρα και 30 λεπτά, ενώ για τη γραμμή 2 κάθε 1 ώρα. Η προσομοίωση ολοκληρώνεται όταν εκτελέσουν το πλήρες δρομολόγιο τους και οι 4 συρμοί της γραμμής 1 (CT00, CT01, CT10, CT11) και όταν οι 2 συρμοί της γραμμής 2 επαναλάβουν 3 φορές το δρομολόγιό τους (CT20, CT21, CT22, CT30, CT31, CT32).

Η προσομοίωση εκτελείται και στη συνέχεια καταγράφονται οι καθυστερήσεις κάθε συρμού, σε κάθε στάση, για να τροποποιηθεί το πρόγραμμα δρομολογίων που εισάγεται στο μοντέλο.

Στη συνέχεια ακολουθούν αρκετές εικόνες, στιγμιότυπα από την εκτέλεση της προσομοίωσης. Οι συρμοί αναπαρίστανται με ορθογώνια σχήματα, εντός των οποίων αναγράφεται η κωδική τους ονομασία π.χ. CT01. Οι συρμοί που έχουν γκριζό χρώμα βρίσκονται σε κίνηση, ενώ οι συρμοί που έχουν πράσινο χρώμα βρίσκονται σε αναμονή κόκκινου σηματοδότη.

Για την κατανόηση του τρόπου «ανάγνωσης» και καταγραφής των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης περιγράφεται η πρώτη συνάντηση συρμών, η οποία οδηγεί σε καθυστερήσεις. Ο συρμός **CT30** ερχόμενος από το αεροδρόμιο του Καστελλίου, όπως φαίνεται στην εικόνα 36 σε κόκκινο πλαίσιο, και κατά την αναχώρησή του από τον σταθμό της Χερσονήσου παραμένει εν αναμονή κόκκινου σηματοδότη μέχρι ο συρμός **CT20** που εκτελεί το αντίθετο δρομολόγιο να διανύσει τη διαδρομή από Γούβες προς Χερσόνησο. Δόθηκε προτεραιότητα στον **CT20**, καθώς έφθασε νωρίτερα στις Γούβες από το χρόνο άφιξης του **CT30** στη Χερσόνησο. Δημιουργείται καθυστέρηση άφιξης και αναχώρησης, ως ντόμινο, του συρμού **CT30** στους επόμενους σταθμούς: **Γούβες (3 λεπτά), Αεροδρόμιο Καζαντζάκης (3 λεπτά) και Ηράκλειο (3 λεπτά)**. Συνεπώς απαιτείται διόρθωση του πίνακα δρομολογίων του συρμού που εκκινεί από το Αεροδρόμιο του Καστελλίου προς το Ηράκλειο στους εν λόγω σταθμούς και χρόνους.

Ο συρμός **CT20** παρουσιάζει καθυστέρηση κατά την άφιξη του στο σταθμό της Χερσονήσου κατά **1 λεπτό**, όμως αναχωρεί εγκαίρως, όπως φαίνεται στην εικόνα 36 σε πράσινο πλαίσιο. Στους επόμενους σταθμούς δεν παρουσιάζει καθυστέρηση. Συνεπώς απαιτείται διόρθωση στον εν λόγω σταθμό, **1 λεπτού**, στον πίνακα δρομολογίων του συρμού που εκκινεί από το Ηράκλειο προς το Αεροδρόμιο Καστελλίου.



Εικόνα 36 Αναμονή συρμού CT30 στο σταθμό Χερσονήσου

Συνεχίζοντας αυτό τον τρόπο καταγραφής των αποτελεσμάτων μέχρι το τέλος της προσομοίωσης συγκεντρώνονται όλες οι καθυστερήσεις της γραμμής 1, στον πίνακα 9. Στον πίνακα αυτό βλέπουμε την καθυστέρηση που εμφανίζει κάθε συρμός σε κάθε σταθμό σε σχέση με το θεωρητικό πρόγραμμα δρομολογίων, όπως αυτό έχει εισαχθεί στο λογισμικό πριν την εκτέλεση της προσομοίωσης μετρούμενη σε λεπτά. Οι συρμοί CT00 και CT01 εμφανίζουν σωρευτικά καθυστερήσεις από την αφετηρία τους προς τον τερματικό σταθμό (ανάγνωση του πίνακα από πάνω προς τα κάτω του πίνακα). Αντίθετα, οι συρμοί CT10 και CT11 εμφανίζουν σωρευτικά καθυστερήσεις από κάτω προς τα πάνω.

Πίνακας 9 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 1 του Χειμερινού Σεναρίου

Σταθμός	Γραμμή 1:			
	Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος		Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος	
	Συρμός CT00	Συρμός CT01	Συρμός CT10	Συρμός CT11
	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)
Κίσσαμος	0	0	15	15
Κολυμβάρι	1	0	15	15
Πλατανιάς	1	1	14	14
Χανιά	1	1	14	14
Σούδα	1	2	14	14
Καλύβες	2	3	12	13
Βρύσες	4	4	3	7
Γεωργιούπολη	5	5	3	6
Ατσιπόπουλο	6	5	2	6
Ρέθυμνο	6	5	2	6
Σκαλέτα	7	6	1	5
Πέραμα	7	6	1	5
Γεροπόταμος	7	6	1	5
Δόξαρο	8	12	1	5
Αλοίδες	8	12	1	5
Λαμάστα	8	12	1	5
Γάζι	8	12	0	5
Κνωσσός	8	12	0	4
Ηράκλειο	8	12	0	4

Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	8	12	0	4
Γούβες	19	17	0	0
Χερσόνησος	19	18	0	0
Μάλια	19	18	0	0
Νεάπολη	19	18	0	0
Άγιος Νικόλαος	19	18	0	0

Βάσει του πίνακα 9 προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι καθυστερήσεις εμφανίζονται σε έναν σταθμό και στη συνέχεια σωρευτικά αυξάνονται μέχρι τον τερματικό σταθμό.
- Εμφανίζονται δυο είδη καθυστερήσεων από σταθμό σε σταθμό, μικρές καθυστερήσεις 1 λεπτού και μεγάλες καθυστερήσεις (χρονικά άλματα στον πίνακα) παραπάνω λεπτών. Οι μικρές καθυστερήσεις οφείλονται σε επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις κατά την εκκίνηση και άφιξη. Η μικρή αυτή διαφοροποίηση της ταχύτητας, από την ταχύτητα σχεδιασμού οδηγεί σε εμφάνιση μικρών καθυστερήσεων. Οι μεγάλες αυξήσεις των καθυστερήσεων οφείλονται σε αναμονή κόκκινου σηματοδότη.
- Οι συρμοί CT00 και CT01 εμφανίζουν μέχρι τον τερματικό σταθμό μεγάλες καθυστερήσεις 19 και 18 λεπτών. Οι χρόνοι άφιξής τους στον τερματικό σταθμό είναι 9:00 και 10:29 αντίστοιχα. Η καθυστέρηση είναι μεγάλη και οι εν λόγω συρμοί «προλαβαίνουν» οριακά να είναι στον τερματικό σταθμό, ώστε να εκκινήσουν για το αντίθετο δρομολόγιο στις 9:00 και 10:00 αντίστοιχα. Για να αποφευχθεί η προσθήκη επιπλέον συρμών, καθώς η καθυστέρηση είναι οριακή, επιλέγεται η χρονική παράταση του κάθε επόμενου μοτίβου δρομολογίων κατά 5 λεπτά, έναντι του προηγούμενου, ώστε να υπάρχει ένα χρονικό παράθυρο μεταξύ τερματισμού του συρμού και εκκίνησης εκ νέου, όπως αναλύεται στην παράγραφο 4.5.1.

Στον πίνακα 10 φαίνονται οι αντίστοιχες καθυστερήσεις για τους συρμούς της γραμμής 2.

Πίνακας 10 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 2 του Χειμερινού Σεναρίου

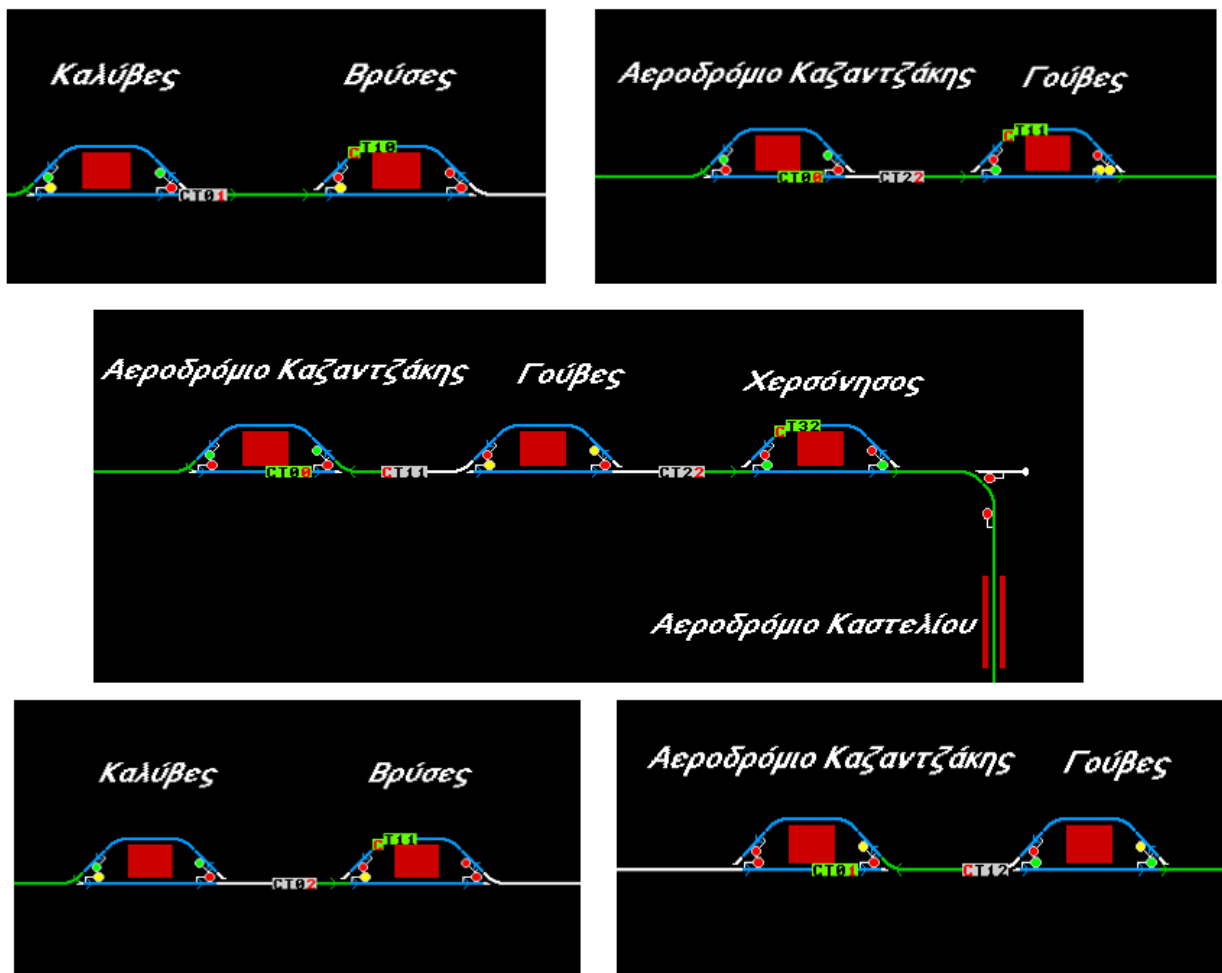
Σταθμός	Γραμμή 2:					
	Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελλίου			Αεροδρόμιο Καστελλίου -Ηράκλειο		
	Συρμός CT20	Συρμός CT21	Συρμός CT22	Συρμός CT30	Συρμός CT31	Συρμός CT32
	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)
Ηράκλειο	0	0	0	3	3	3
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	0	0	0	3	3	3
Γούβες	0	0	0	3	3	3
Χερσόνησος	0	0	0	0	0	0
Αεροδρόμιο Καστελλίου	1	1	1	0	0	0

Στη γραμμή 2 χρησιμοποιούνται 2 συρμοί, ένας για κάθε κατεύθυνση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Οι κωδικοποιήσεις CT21, CT22, CT31, CT32 είναι νέα ονόματα των δυο συρμών CT20 και CT21. Πιο συγκεκριμένα, όταν ο CT20 τερματίσει στο Αεροδρόμιο του Καστελλίου επιστρέφει ως CT31 και εκκινεί ξανά από το Ηράκλειο ως CT22.

Βάσει του πίνακα 10 προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι καθυστερήσεις εμφανίζονται σε συγκεκριμένους σταθμούς και για τις δυο ομάδες συρμών.
- Οι συρμοί CT20, CT21, CT22 που εκκινούν από το Ηράκλειο και τερματίζουν στο αεροδρόμιο του Καστελλίου εμφανίζουν καθυστέρηση μόνο στον τερματικό σταθμό κατά 1 λεπτό.
- Οι συρμοί CT30,CT31,CT32 που εκκινούν από το αεροδρόμιο του Καστελλίου και τερματίζουν στο Ηράκλειο εμφανίζουν καθυστέρηση κατά την άφιξη τους στο σταθμό Γούβες κατά 3 λεπτά. Αυτό οφείλεται στην αναμονή τους σε κόκκινο σηματοδότη κατά την αναχώρησή τους από τον σταθμό της Χερσονήσου, όπως φαίνεται στην εικόνα 36. Η καθυστέρηση αυτή συνεχίζεται μέχρι και τον σταθμό του Ηρακλείου.

Στην εικόνα 37 φαίνονται στιγμιότυπα από την εκτέλεση της προσομοίωσης, όπου φαίνονται περιπτώσεις συμβολής των συρμών και η αναμονή τους σε κόκκινο σηματοδότη που δημιουργεί μεγάλες καθυστερήσεις.



Εικόνα 37 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Χειμερινού Σεναρίου

4.4.3 Προσομοίωση Σεναρίου Θερινής Λειτουργίας

Το σενάριο θερινής λειτουργίας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω περιλαμβάνει συχνά δρομολόγια της γραμμής 1 και της γραμμής 2. Συγκεκριμένα και για τις δυο γραμμές εκκινούν αμφίπλευρα και ταυτόχρονα συρμοί. Όλοι οι συρμοί ξεκινούν στις 06:00. Για τη γραμμή 1 οι συρμοί εκκινούν κάθε 1 ώρα, ενώ για τη γραμμή 2 κάθε 40 λεπτά. Η προσομοίωση ολοκληρώνεται όταν εκτελέσουν το πλήρες δρομολόγιο τους και οι 6 συρμοί της γραμμής 1 (CT00, CT01, CT02, CT10, CT11, CT12) και όταν οι 2 συρμοί της γραμμής 2 επαναλάβουν 5 φορές το δρομολόγιο τους (CT20, CT21, CT22, CT23, CT24, CT30, CT31, CT32, CT33, CT34).

Η προσομοίωση εκτελείται και στη συνέχεια καταγράφονται οι καθυστερήσεις κάθε συρμού σε κάθε στάση για να τροποποιηθεί το πρόγραμμα δρομολογίων που εισάγεται στο μοντέλο. Η διαδικασία «ανάγνωσης» και καταγραφής των αποτελεσμάτων είναι αντίστοιχη με αυτήν που αναλύθηκε για το χειμερινό σενάριο.

Στον πίνακα 11 βλέπουμε την καθυστέρηση που εμφανίζει κάθε συρμός σε κάθε σταθμό σε σχέση με το θεωρητικό πρόγραμμα δρομολογίων, όπως αυτό έχει εισαχθεί στο λογισμικό πριν την εκτέλεση της προσομοίωσης, μετρούμενη σε λεπτά. Οι συρμοί CT00, CT01, CT02 εμφανίζουν σωρευτικά καθυστερήσεις από την αφετηρία τους προς τον τερματικό σταθμό (ανάγνωση του πίνακα από πάνω προς τα κάτω). Αντίθετα οι συρμοί CT10, CT11, CT12 εμφανίζουν σωρευτικά καθυστερήσεις από κάτω προς τα πάνω.

Πίνακας 11 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 1 του Θερινού Σεναρίου

Σταθμός	Γραμμή 1:					
	Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος			Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος		
	Συρμός CT00	Συρμός CT01	Συρμός CT02	Συρμός CT10	Συρμός CT11	Συρμός CT12
	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)	Καθυστερήση (min)
Κίσσαμος	0	0	0	9	16	24
Κολυμβάρι	1	1	0	8	15	23
Πλατανιάς	1	1	1	8	15	23
Χανιά	1	1	1	8	15	23
Σούδα	1	1	2	6	14	22
Καλύβες	2	3	2	6	13	21
Βρύσες	4	4	3	4	12	20
Γεωργιούπολη	5	5	4	3	11	19
Ατσιπόπουλο	6	13	5	2	6	19
Ρέθυμνο	6	13	5	2	6	19
Σκαλέτα	7	14	6	1	5	18
Πέραμα	7	14	6	1	4	17
Γεροπόταμος	7	14	6	1	4	17
Δόξαρο	8	14	6	1	4	9
Αλοιίδες	8	14	6	1	4	9
Δαμάστα	8	14	6	1	4	9
Γάζι	8	14	6	1	0	0
Κνωσσός	9	14	7	0	0	0

Ηράκλειο	9	14	7	0	0	0
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	9	14	7	0	0	0
Γούβες	12	14	12	0	0	0
Χερσόνησος	17	15	17	0	0	0
Μάλια	18	15	18	0	0	0
Νεάπολη	18	16	18	0	0	0
Άγιος Νικόλαος	18	16	18	0	0	0

Βάσει του πίνακα 11 προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι καθυστερήσεις εμφανίζονται σε έναν σταθμό και στη συνέχεια σωρευτικά αυξάνονται μέχρι τον τερματικό σταθμό.
- Εμφανίζονται, όπως και στο χειμερινό σενάριο, δυο είδη καθυστερήσεων από σταθμό σε σταθμό, μικρές καθυστερήσεις 1 λεπτού και μεγάλες καθυστερήσεις (χρονικά άλματα στον πίνακα) παραπάνω λεπτών. Οι μικρές καθυστερήσεις οφείλονται σε επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις κατά την εκκίνηση και άφιξη. Η μικρή αυτή διαφοροποίηση της ταχύτητας από την ταχύτητα σχεδιασμού οδηγεί σε εμφάνιση μικρών καθυστερήσεων. Οι μεγάλες αυξήσεις των καθυστερήσεων οφείλονται σε αναμονή κόκκινου σηματοδότη.
- Οι συρμοί CT00 και CT02 εμφανίζουν μέχρι τον τερματικό σταθμό μεγάλες καθυστερήσεις, έως και 18 λεπτά κάτι που συνεπάγεται χρόνο άφιξης στον τερματικό σταθμό στις 08:59 και 10:59 αντίστοιχα. Η καθυστέρηση είναι μεγάλη και οι εν λόγω συρμοί «προλαβαίνουν» οριακά να είναι στον τερματικό σταθμό, ώστε να εκκινήσουν για το αντίθετο δρομολόγιο στις 09:00 και 11:00 αντίστοιχα. Για να αποφευχθεί η προσθήκη επιπλέον συρμών, καθώς η καθυστέρηση είναι οριακή, επιλέγεται, και σε αυτό το σενάριο, η χρονική παράταση του κάθε επόμενου μοτίβου δρομολογίων κατά 10 λεπτά, έναντι του προηγούμενου, ώστε να υπάρχει ένα χρονικό παράθυρο μεταξύ τερματισμού του συρμού και εκκίνησης εκ νέου, όπως αναλύεται στην παράγραφο 4.5.2.

Στον πίνακα 12 φαίνονται οι αντίστοιχες καθυστερήσεις για τους συρμούς της γραμμής 2.

Πίνακας 12 Καθυστερήσεις, σε λεπτά, συρμών της γραμμής 2 του Θερινού Σεναρίου

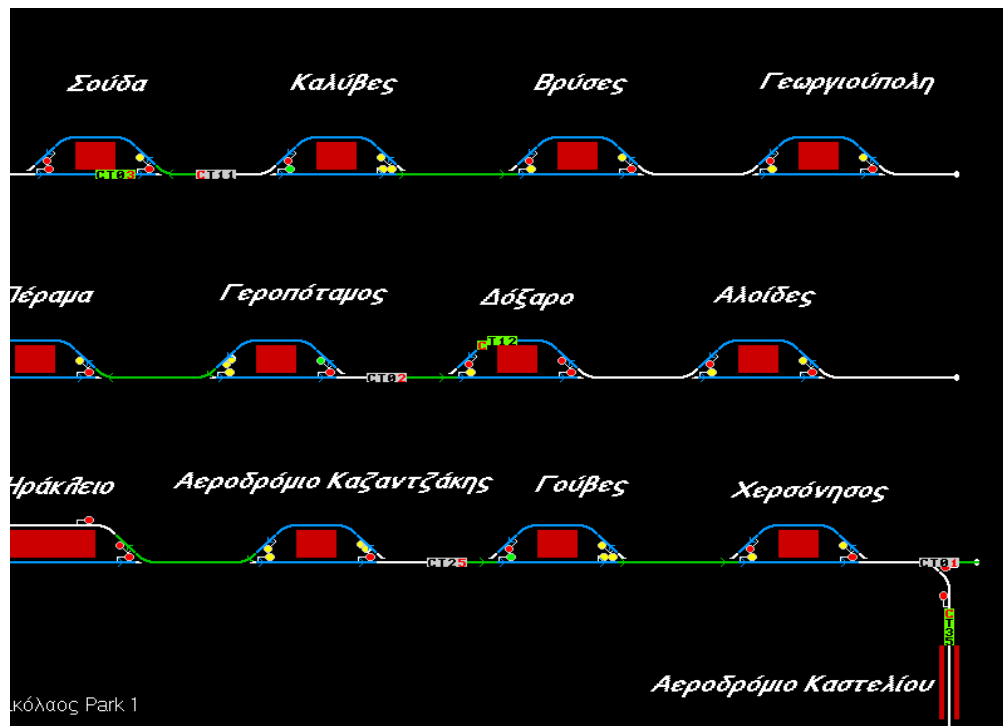
Σταθμός	Γραμμή 2									
	Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελλίου					Αεροδρόμιο Καστελλίου Ηράκλειο				
	Συρμός CT20	Συρμός CT21	Συρμός CT22	Συρμός CT23	Συρμός CT24	Συρμός CT30	Συρμός CT31	Συρμός CT32	Συρμός CT33	Συρμός CT34
	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)	Καθυστέρηση (min)
Ηράκλειο	0	0	0	0	0	3	3	7	3	6
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	0	0	0	0	0	3	3	7	3	3
Γούβες	0	0	0	0	0	3	3	7	3	3
Χερσόνησος	1	0	5	0	0	0	0	3	0	0
Αεροδρόμιο Καστελλίου	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0

Στη γραμμή 2 χρησιμοποιούνται 2 συρμοί, ένας για κάθε κατεύθυνση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Οι κωδικοποιήσεις CT21, CT22, CT23, CT24, CT31, CT32, CT33, CT34 είναι νέα ονόματα των δυο συρμών CT20 και CT21. Πιο συγκεκριμένα, όταν ο CT20 τερματίσει στο Αεροδρόμιο του Καστελλίου επιστρέφει ως CT31 και εκκινεί ξανά από το Ηράκλειο ως CT22 κ.ο.κ.

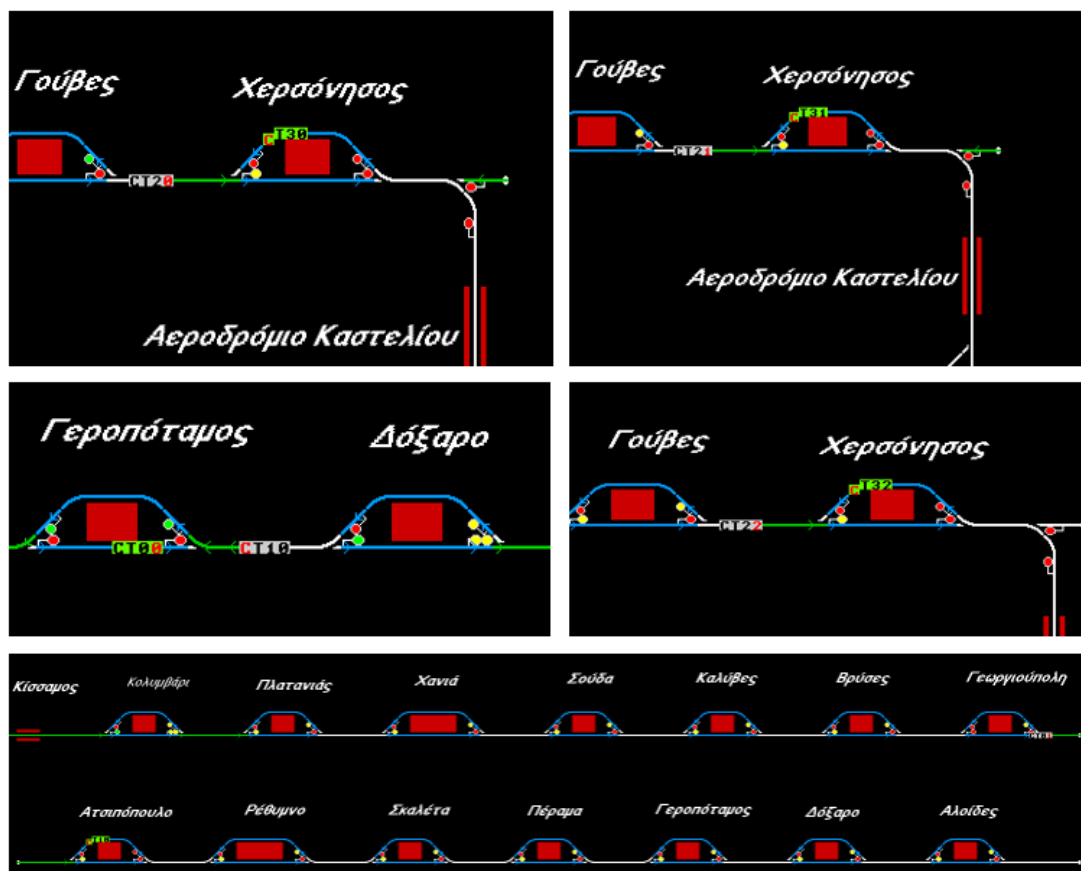
Βάσει του πίνακα 12 προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι καθυστερήσεις εμφανίζονται σε συγκεκριμένους σταθμούς και για τις δυο ομάδες συρμών.
- Ο συρμός CT20 που εκκινεί από το Ηράκλειο και έχει κατεύθυνση προς το αεροδρόμιο του Καστελλίου εμφανίζει καθυστέρηση στο σταθμό της Χερσονήσου, 1 λεπτού, η οποία εμφανίζεται και στο Αεροδρόμιο Καστελλίου.
- Ο συρμός CT21 που εκκινεί από το Ηράκλειο και έχει κατεύθυνση προς το αεροδρόμιο του Καστελλίου εμφανίζει καθυστέρηση στο Αεροδρόμιο Καστελλίου 1 λεπτού.
- Ο συρμός CT22 που εκκινεί από το Ηράκλειο και έχει κατεύθυνση προς το αεροδρόμιο του Καστελλίου εμφανίζει μεγάλη καθυστέρηση, 5 λεπτών, στον σταθμό της Χερσονήσου, η οποία εμφανίζεται και στο Αεροδρόμιο Καστελλίου. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται σε αναμονή λόγω κόκκινου σηματοδότη.
- Οι συρμοί CT23 και CT24 που εκκινούν από το Ηράκλειο και έχουν κατεύθυνση προς το αεροδρόμιο του Καστελλίου δεν εμφανίζουν καθυστερήσεις.
- Οι συρμοί CT30, CT31 και CT33 που εκκινούν από το αεροδρόμιο του Καστελλίου και τερματίζουν στο Ηράκλειο εμφανίζουν καθυστέρηση, 3 λεπτών, στον σταθμό Γούβες, η οποία εμφανίζεται και στις επόμενες στάσεις μέχρι τον τερματισμό. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται στην αναμονή κόκκινου σηματοδότη, καθώς δίνεται προτεραιότητα στον αντίθετα διερχόμενο συρμό της γραμμής 2. Το μεσοδιάστημα των σταθμών Γούβες και Χερσονήσος αποτελεί το σημείο συνάντησης των δυο αντίθετα διερχόμενων συρμών.
- Ο συρμός CT32 που εκκινεί από το αεροδρόμιο του Καστελλίου και τερματίζει στο Ηράκλειο εμφανίζει καθυστέρηση κατά την άφιξη του στον σταθμό Χερσονήσος κατά 3 λεπτά. Αυτό οφείλεται στην αναμονή του σε κόκκινο σηματοδότη στον κόμβο της Χερσονήσου. Στον σταθμό αυτόν βρίσκεται ξανά σε αναμονή σηματοδότη, καθώς στον σταθμό Γούβες εμφανίζει καθυστέρηση 7 λεπτών. Η καθυστέρηση αυτή συνεχίζεται μέχρι και τον τερματικό σταθμό.
- Ο συρμός CT34 που εκκινεί από το αεροδρόμιο του Καστελλίου και τερματίζει στο Ηράκλειο εμφανίζει καθυστέρηση κατά την άφιξη του στον σταθμό Γούβες κατά 3 λεπτά. Αυτό οφείλεται στην αναμονή του σε κόκκινο σηματοδότη κατά την αναχώρηση του από τον σταθμό της Χερσονήσου. Η καθυστέρηση αυτή συνεχίζεται μέχρι και τον σταθμό του Αεροδρομίου Καζαντζάκης. Στον τερματικό σταθμό του Ηρακλείου εμφανίζεται καθυστέρηση 6 λεπτών, λόγω επιπλέον αναμονής σε κόκκινο σηματοδότη.

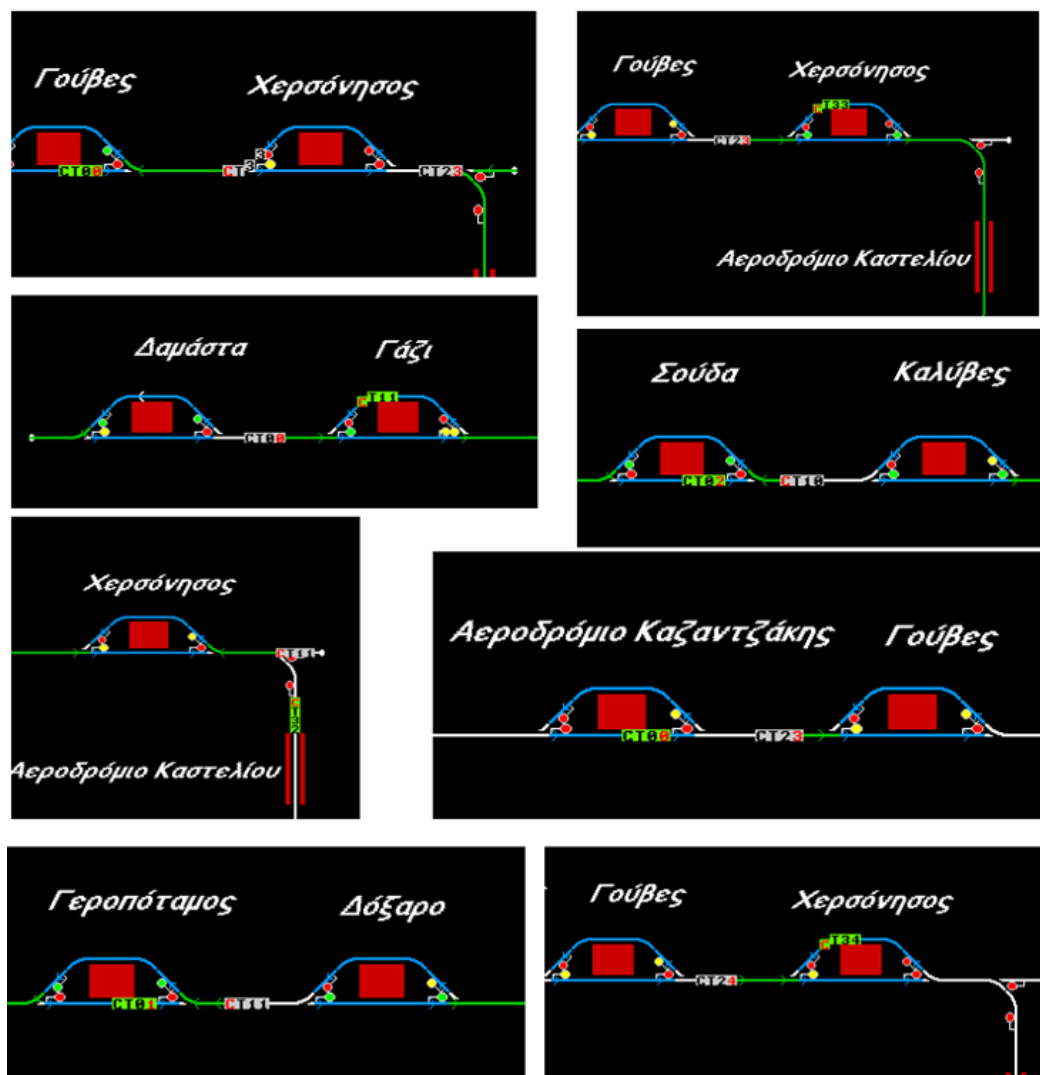
Στις εικόνες 38, 39 και 40 φαίνονται στιγμιότυπα από την εκτέλεση της προσομοίωσης, όπου φαίνονται περιπτώσεις συμβολής των συρμών και η αναμονή τους σε κόκκινο σηματοδότη που δημιουργεί μεγάλες καθυστερήσεις.



Εικόνα 38 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Θερινού Σεναρίου



Εικόνα 39 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Θερινού Σεναρίου



Εικόνα 40 Στιγμιότυπα Καθυστερήσεων Προσομοίωση Θερινού Σεναρίου

4.5 Αποτελέσματα

Οι θεωρητικοί πίνακες δρομολογίων που διαμορφώθηκαν πριν την εκτέλεση της προσομοίωσης αποτελούν τη βάση για τη διεξαγωγή τελικών αποτελεσμάτων. Οι καθυστερήσεις που προέκυψαν μετά την εκτέλεση προστίθενται στους υπάρχοντες χρόνους των θεωρητικών πινάκων των δρομολογίων, ώστε να προκύψουν οι νέοι πίνακες. Η διαδικασία της προσομοίωσης θεωρείται ολοκληρωμένη, όταν με την εκτέλεσή της δεν εμφανίζονται πλέον καθυστερήσεις. Έτσι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα δύο σενάρια αφορούν τους πίνακες δρομολογίων στους οποίους εμφανίζονται οι χρόνοι αναχωρήσεων από κάθε σταθμό για κάθε γραμμή και δρομολόγιο. Στη συνέχεια και υπό τη μορφή πινάκων αποτυπώνονται τα εν λόγω αποτελέσματα και αναλύονται για να διαμορφωθεί ένα ημερήσιο πρόγραμμα δρομολογίων της τυπικής ημέρας για κάθε σενάριο.

4.5.1 Σενάριο Χειμερινής Λειτουργίας

Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται τα προγράμματα δρομολογίων των συρμών για την προσομοίωση που αφορούσε το πρώτο μοτίβο δρομολογίων, με δύο συρμούς που εξυπηρετούν τη γραμμή 1 για κάθε κατεύθυνση (άρα συνολικά 4 συρμούς για την γραμμή 1) και 2 συρμούς που εξυπηρετούν τη γραμμή 2. Στις στήλες Δt φαίνονται οι χρονικές αποστάσεις μεταξύ των

σταθμών, οι οποίες στο τέλος αθροίζονται για να υπολογιστεί η χρονική διάρκεια από την αφετηρία μέχρι τον τερματικό σταθμό. Η συχνότητα των συρμών της γραμμής 1 είναι 1 ώρα και 30 λεπτά ενώ της γραμμής 2 είναι 1 ώρα.

Πίνακας 13 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Χειμερινού Σεναρίου (ωω:λλ)

Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος (ωω:λλ)					Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος (ωω:λλ)				
	CT00	Δt	CT01	Δt		CT10	Δt	CT11	Δt
Κίσσαμος	6:00		7:30		Άγιος Νικόλαος	6:00		7:30	
Κολυμβάρι	6:07	0:07	7:36	0:06	Νεάπολη	6:09	0:09	7:39	0:09
Πλατανιάς	6:13	0:06	7:43	0:07	Μάλια	6:21	0:12	7:51	0:12
Χανιά	6:20	0:07	7:50	0:07	Χερσόνησος	6:29	0:08	7:59	0:08
Σούδα	6:24	0:04	7:55	0:05	Γούβες	6:35	0:06	8:05	0:06
Καλύβες	6:32	0:08	8:03	0:08	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:42	0:07	8:16	0:11
Βρύσες	6:43	0:11	8:13	0:10	Ηράκλειο	6:45	0:03	8:19	0:03
Γεωργιούπολη	6:50	0:07	8:20	0:07	Κνωσσός	6:48	0:03	8:22	0:03
Ατσιπόπουλο	6:59	0:09	8:28	0:08	Γάζι	6:52	0:04	8:27	0:05
Ρέθυμνο	7:03	0:04	8:32	0:04	Δαμάστα	7:04	0:12	8:38	0:11
Σκαλέτα	7:10	0:07	8:39	0:07	Αλοίδες	7:09	0:05	8:43	0:05
Πέραμα	7:17	0:07	8:46	0:07	Δόξαρο	7:15	0:06	8:49	0:06
Γεροπόταμος	7:23	0:06	8:52	0:06	Γεροπόταμος	7:25	0:10	8:59	0:10
Δόξαρο	7:34	0:11	9:08	0:16	Πέραμα	7:31	0:06	9:05	0:06
Αλοίδες	7:40	0:06	9:14	0:06	Σκαλέτα	7:38	0:07	9:12	0:07
Δαμάστα	7:45	0:05	9:19	0:05	Ρέθυμνο	7:45	0:07	9:19	0:07
Γάζι	7:56	0:11	9:30	0:11	Ατσιπόπουλο	7:49	0:04	9:23	0:04
Κνωσσός	8:00	0:04	9:34	0:04	Γεωργιούπολη	7:58	0:09	9:31	0:08
Ηράκλειο	8:03	0:03	9:37	0:03	Βρύσες	8:04	0:06	9:38	0:07
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	8:06	0:03	9:40	0:03	Καλύβες	8:22	0:18	9:53	0:15
Γούβες	8:24	0:18	9:52	0:12	Σούδα	8:31	0:09	10:01	0:08
Χερσόνησος	8:30	0:06	9:59	0:07	Χανιά	8:35	0:04	10:05	0:04
Μάλια	8:38	0:08	10:07	0:08	Πλατανιάς	8:42	0:07	10:12	0:07
Νεάπολη	8:50	0:12	10:19	0:12	Κολυμβάρι	8:49	0:07	10:19	0:07
Άγιος Νικόλαος	9:00	0:10	10:29	0:10	Κίσσαμος	8:56	0:07	10:26	0:07
Συνολική διάρκεια διαδρομής		3:00		2:59	Συνολική διάρκεια διαδρομής		2:56		2:56

Παρατηρείται ότι η συνολική διάρκεια της διαδρομής όλων των συρμών και ιδιαίτερα των CT00 και CT01 πλησιάζει τις 3 ώρες. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει αρκετό χρονικό κενό μεταξύ του τερματισμού του εκάστοτε συρμού και της εκκίνησης για το δρομολόγιο της επιστροφής. Για παράδειγμα, ο συρμός CT00 φθάνει στον τερματικό σταθμό του Αγίου Νικολάου στις 9:00 και πρέπει αυτομάτως να εκκινήσει το δρομολόγιο προς Κίσσαμο. Απαιτείται ένα μικρό χρονικό παράθυρο για την αποβίβαση και επιβίβαση των χρηστών ή για την ενδεχόμενη αλλαγή βάρδιας του προσωπικού. Αντίστοιχα, αλλά όχι τόσο οριακά, συμβαίνει και για τους υπόλοιπους συρμούς. Καθώς το χρονικό αυτό πρόβλημα είναι οριακό επιλέγεται η εκκίνηση κάθε μοτίβου κατά 3 ώρες και 5 λεπτά μετά την εκκίνηση του

προηγούμενου. Πιο συγκεκριμένα, αν οι 2 συρμοί του πρώτου μοτίβου εκκινούν στις 6:00 και 7:30 τότε οι αντίστοιχοι συρμοί του δεύτερου μοτίβου, αντί να εκκινούν στις 9:00 και 10:30, εκκινούν 9:05 και 10:35. Η παράταση αυτή επάγεται και στους συρμούς των επόμενων μοτίβων για τη δημιουργία χρονικού παραθύρου τουλάχιστον 5 λεπτών μεταξύ τερματισμού και εκ νέου εκκίνησης των συρμών. Με τον τρόπο αυτό, η αρχική υπόθεση για τον απαιτούμενο αριθμό συρμών είναι σωστή, άρα για την γραμμή 1 του χειμερινού σεναρίου απαιτούνται 4 συρμοί. Τα παραπάνω φαίνονται στους πίνακες 17 και 18, του παραρτήματος, με λεπτομέρεια, στους ημερήσιους πίνακες δρομολογίων για την γραμμή 1 του χειμερινού σεναρίου.

Στον πίνακα 14 φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τη γραμμή 2. Το μοτίβο αυτό συνεχίζεται και επαναλαμβάνεται σε όλο το ημερήσιο πρόγραμμα δρομολογίων (πίνακες 20 και 21 του Παραρτήματος).

Πίνακας 14 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Χειμερινού Σεναρίου (ωω:λλ)

Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελλίου (ωω:λλ)			
	CT20	CT21	CT22
Ηράκλειο	6:00	7:00	8:00
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:03	7:03	8:03
Γούβες	6:10	7:10	8:10
Χερσόνησος	6:16	7:16	8:16
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:30	7:30	8:30
Αεροδρόμιο Καστελλίου – Ηράκλειο (ωω:λλ)			
	CT30	CT31	CT32
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:00	7:00	8:00
Χερσόνησος	6:13	7:13	8:13
Γούβες	6:22	7:22	8:22
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:29	7:29	8:29
Ηράκλειο	6:32	7:32	8:32

Παρατηρούμε ότι οι καθυστερήσεις στη γραμμή 2 δεν είναι αρκετά μεγάλες για να δημιουργείται μικρό ή καθόλου χρονικό παράθυρο μεταξύ τερματισμού και εκ νέου επιστροφής κάθε συρμού. Βλέπουμε δηλαδή ότι η διάρκεια των διαδρομών από Ηράκλειο προς Αεροδρόμιο Καστελλίου είναι 30 λεπτά, ενώ των αντίθετων διαδρομών είναι 32 λεπτά. Δεδομένου ότι η συχνότητα δρομολογίων είναι 40 λεπτά, δημιουργείται παράθυρο 8 λεπτών. Έτσι επαληθεύεται η αρχική υπόθεση, ότι η γραμμή 2 ικανοποιείται με τη χρήση 2 συρμών ημερησίως στο χειμερινό σενάριο. Τα παραπάνω φαίνονται στους πίνακες 20 και 21, του παραρτήματος, με λεπτομέρεια, στους ημερήσιους πίνακες δρομολογίων για την γραμμή 2 του χειμερινού σεναρίου. Συνολικά για το χειμερινό σενάριο και για τις δυο γραμμές αρκούν 6 συρμοί.

4.5.2 Σενάριο Θερινής Λειτουργίας

Στον πίνακα 15 παρουσιάζονται τα προγράμματα δρομολογίων των συρμών για την προσομοίωση που αφορούσε το πρώτο μοτίβο δρομολογίων με 3 συρμούς, που εξυπηρετούν τη γραμμή 1 για κάθε κατεύθυνση (άρα συνολικά 6 συρμούς για την γραμμή 1) και στον πίνακα 16 τους συρμούς που εξυπηρετούν τη γραμμή 2. Στις στήλες Δt φαίνονται οι χρονικές αποστάσεις μεταξύ των σταθμών, οι οποίες στο τέλος αθροίζονται για να υπολογιστεί η χρονική

διάρκεια από την αφετηρία μέχρι τον τερματικό σταθμό. Η συχνότητα των συρμών της γραμμής 1 είναι 1 ώρα, ενώ της γραμμής 2 είναι 40 λεπτά.

Πίνακας 15 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 1 Εαρινού Σεναρίου σε (ωω:λλ)

Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος (ωω:λλ)							Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος (ωω:λλ)						
	CT00	Δt	CT01	Δt	CT02	Δt		CT10	Δt	CT11	Δt	CT12	Δt
Κίσσαμος	6:00		7:00		8:00		Άγιος Νικόλαος	6:00		7:00		8:00	
Κολυμβάρι	6:07	0:07	7:07	0:07	8:06	0:06	Νεάπολη	6:09	0:09	7:09	0:09	8:09	0:09
Πλατανιάς	6:13	0:06	7:13	0:06	8:13	0:07	Μάλια	6:21	0:12	7:21	0:12	8:21	0:12
Χανιά	6:20	0:07	7:20	0:07	8:20	0:07	Χερσόνησος	6:29	0:08	7:29	0:08	8:29	0:08
Σούδα	6:24	0:04	7:24	0:04	8:25	0:05	Γούβες	6:35	0:06	7:35	0:06	8:35	0:06
Καλύβες	6:32	0:08	7:33	0:09	8:32	0:07	Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:42	0:07	7:42	0:07	8:42	0:07
Βρύσες	6:43	0:11	7:43	0:10	8:42	0:10	Ηράκλειο	6:45	0:03	7:45	0:03	8:45	0:03
Γεωργιούπολη	6:50	0:07	7:50	0:07	8:49	0:07	Κνωσσός	6:48	0:03	7:48	0:03	8:48	0:03
Ατσιπόπουλο	6:59	0:09	7:53	0:03	8:58	0:09	Γάζι	6:53	0:05	7:52	0:04	8:52	0:04
Ρέθυμνο	7:03	0:04	7:57	0:04	9:02	0:04	Δαμάστα	7:04	0:11	8:07	0:15	9:12	0:20
Σκαλέτα	7:10	0:07	8:17	0:20	9:09	0:07	Αλοίδες	7:09	0:05	8:12	0:05	9:17	0:05
Πέραμα	7:17	0:07	8:24	0:07	9:16	0:07	Δόξαρο	7:15	0:06	8:18	0:06	9:23	0:06
Γεροπόταμος	7:23	0:06	8:30	0:06	9:22	0:06	Γεροπόταμος	7:25	0:10	8:28	0:10	9:41	0:18
Δόξαρο	7:34	0:11	8:40	0:10	9:32	0:10	Πέραμα	7:31	0:06	8:34	0:06	9:47	0:06
Αλοίδες	7:40	0:06	8:46	0:06	9:38	0:06	Σκαλέτα	7:38	0:07	8:42	0:08	9:55	0:08
Δαμάστα	7:45	0:05	8:51	0:05	9:43	0:05	Ρέθυμνο	7:45	0:07	8:49	0:07	10:02	0:07
Γάζι	7:56	0:11	9:02	0:11	9:54	0:11	Ατσιπόπουλο	7:49	0:04	8:53	0:04	10:06	0:04
Κνωσσός	8:01	0:05	9:06	0:04	9:59	0:05	Γεωργιούπολη	7:58	0:09	9:06	0:13	10:14	0:08
Ηράκλειο	8:04	0:03	9:09	0:03	10:02	0:03	Βρύσες	8:05	0:07	9:13	0:07	10:21	0:07
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	8:07	0:03	9:12	0:03	10:05	0:03	Καλύβες	8:16	0:11	9:23	0:10	10:31	0:10
Γούβες	8:17	0:10	9:19	0:07	10:17	0:12	Σούδα	8:23	0:07	9:31	0:08	10:39	0:08
Χερσόνησος	8:28	0:11	9:26	0:07	10:28	0:11	Χανιά	8:29	0:06	9:36	0:05	10:44	0:05
Μάλια	8:37	0:09	9:34	0:08	10:37	0:09	Πλατανιάς	8:36	0:07	9:43	0:07	10:51	0:07
Νεάπολη	8:49	0:12	9:47	0:13	10:49	0:12	Κολυμβάρι	8:42	0:06	9:49	0:06	10:57	0:06
Άγιος Νικόλαος	8:59	0:10	9:57	0:10	10:59	0:10	Κίσσαμος	8:50	0:08	9:57	0:08	11:05	0:08
Συνολική διάρκεια διαδρομής	2:59		2:57		2:59		Συνολική διάρκεια διαδρομής	2:50		2:57		3:05	

Παρατηρούμε ότι η συνολική διάρκεια της διαδρομής όλων των συρμών και ιδιαίτερα των CT00 και CT02 πλησιάζει τις 3 ώρες, ενώ ο συρμός CT12 τις 3 ώρες και 5 λεπτά. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει αρκετό χρονικό κενό μεταξύ του τερματισμού του εκάστοτε συρμού και της εκκίνησης για το δρομολόγιο της επιστροφής. Για παράδειγμα, ο συρμός CT00 φθάνει στον τερματικό σταθμό του Αγίου Νικολάου στις 8:59 και πρέπει αυτομάτως να εκκινήσει το δρομολόγιο προς Κίσσαμο στις 9:00. Απαιτείται ένα μικρό χρονικό παράθυρο για την αποβίβαση και επιβίβαση των χρηστών ή για την ενδεχόμενη αλλαγή βάρδιας του προσωπικού. Αντίστοιχα, αλλά όχι τόσο οριακά, συμβαίνει και για τους υπόλοιπους συρμούς. Καθώς το χρονικό αυτό πρόβλημα είναι οριακό επιλέγεται η παράταση κάθε μοτίβου κατά 3 ώρες και 10 λεπτά από το προηγούμενο. Πιο συγκεκριμένα αν οι 3 συρμοί του πρώτου μοτίβου

εκκινούν στις 6:00, 7:00 και 8:00 τότε οι αντίστοιχοι συρμοί του δεύτερου μοτίβου αντί να εκκινούν στις 9:00, 10:00 και 11:00, εκκινούν 9:10, 10:10 και 11:10. Η παράταση αυτή, η οποία είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του χειμερινού σεναρίου, λόγω της καθυστέρησης του συρμού CT12 αλλά και του μεγαλύτερου φόρτου, επάγεται και στους συρμούς των επόμενων μοτίβων για τη δημιουργία χρονικού παραθύρου τουλάχιστον 5 λεπτών μεταξύ τερματισμού και εκ νέου εκκίνησης των συρμών. Με τον τρόπο αυτό η αρχική υπόθεση για τον απαιτούμενο αριθμό συρμών είναι σωστή, άρα για τη γραμμή 1 του θερινού σεναρίου απαιτούνται 6 συρμοί. Τα παραπάνω φαίνονται στους πίνακες 22 και 23, του παραρτήματος, με λεπτομέρεια, στους ημερήσιους πίνακες δρομολογίων για την γραμμή 1 του θερινού σεναρίου.

Στον πίνακα 16 φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τη γραμμή 2. Το μοτίβο αυτό συνεχίζεται και επαναλαμβάνεται σε όλο το ημερήσιο πρόγραμμα δρομολογίων (εικόνες 40 και 41 του παραρτήματος).

Πίνακας 16 Πίνακας Δρομολογίων Γραμμής 2 Θερινού Σεναρίου (ωω:λλ)

Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελλίου (ωω:λλ)					
	CT20	CT21	CT22	CT23	CT24
Ηράκλειο	6:00	6:40	7:20	8:00	8:40
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:03	6:43	7:23	8:03	8:43
Γούβες	6:10	6:50	7:30	8:10	8:50
Χερσόνησος	6:17	6:56	7:41	8:16	8:56
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:30	7:10	7:54	8:29	9:09

Αεροδρόμιο Καστελλίου – Ηράκλειο (ωω:λλ)					
0:28	CT30	CT31	CT32	CT33	CT34
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:00	6:40	7:20	8:00	8:40
Χερσόνησος	6:13	6:53	7:36	8:13	8:53
Γούβες	6:22	7:02	7:46	8:22	9:02
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:29	7:09	7:53	8:29	9:09
Ηράκλειο	6:32	7:12	7:56	8:32	9:15

Παρατηρούμε ότι οι καθυστερήσεις στη γραμμή 2 δεν είναι αρκετά μεγάλες για να δημιουργείται μικρό ή καθόλου χρονικό παράθυρο μεταξύ τερματισμού και εκ νέου επιστροφής κάθε συρμού. Βλέπουμε δηλαδή ότι η διάρκεια των διαδρομών από Ηράκλειο προς Αεροδρόμιο Καστελλίου είναι το μέγιστο (CT22) 34 λεπτά, ενώ των αντίθετων διαδρομών το μέγιστο 36 λεπτά (CT32). Δεδομένου ότι η συχνότητα δρομολογίων είναι 40 λεπτά, δημιουργείται ικανοποιητικό χρονικό παράθυρο. Έτσι επαληθεύεται η αρχική υπόθεση, ότι η γραμμή 2 ικανοποιείται με τη χρήση 2 συρμών ημερησίως στο θερινό σενάριο. Τα παραπάνω φαίνονται στους πίνακες των εικόνων 41 και 42, του παραρτήματος, με λεπτομέρεια, στους ημερήσιους πίνακες δρομολογίων για την γραμμή 2 του θερινού σεναρίου. Συνολικά για το θερινό σενάριο και για τις δυο γραμμές αρκούν 8 συρμοί.

4.5.3 Χρονική Σύγκριση Διαδρομών με Υφιστάμενα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Η χρονική διάρκεια κάθε διαδρομής αποτελεί το σημαντικότερο κίνητρο για την επιλογή μέσου μεταφοράς από τον χρήστη του δικτύου. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί διαχρονικά το συγκριτικό πλεονέκτημα των μέσων σταθερής τροχιάς έναντι των άλλων. Για το λόγο αυτό

ακολουθεί ο συγκριτικός πίνακας χρόνων των βασικών διαδρομών της Κρήτης, μέσω των υφιστάμενων υπεραστικών ΚΤΕΛ και του σιδηροδρόμου, όπως αυτός σχεδιάστηκε παραπάνω [49], [50].

Πίνακας 17 Συγκριτικός Πίνακας Χρόνων Βασικών Διαδρομών

Χρονική Σύγκριση Βασικών Διαδρομών (h)				
Διαδρομή		ΚΤΕΛ	ΤΡΕΝΟ	Δt
Άγιος Νικόλαος	Ηράκλειο	1:45	0:45	1:00
Ηράκλειο	Ρέθυμνο	1:30	1:04	0:26
Ρέθυμνο	Χανιά	1:15	0:47	0:28
Άγιος Νικόλαος	Χανιά	4:25	2:36	1:49
Ηράκλειο	Χανιά	2:40	1:51	0:49

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι οι χρόνοι που αναγράφονται για τις μετακινήσεις μέσω ΚΤΕΛ δεν λαμβάνουν υπόψη μετεπιβιβάσεις σε διαφορετικά λεωφορεία. Για παράδειγμα, η διαδρομή Άγιος Νικόλαος - Χανιά είναι πιθανό να απαιτεί αλλαγή λεωφορείου, στον σταθμό του Ηρακλείου, η οποία οδηγεί σε καθυστέρηση. Η διαδικασία μετεπιβίβασης είναι χρονοβόρα και οι χρονικές αυτές καθυστερήσεις δεν αποτυπώνονται στον παραπάνω πίνακα. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι οι χρονικές διαφορές σε όλες τις παραπάνω διαδρομές είναι πολύ μεγάλες. Ακόμα και για το ιδανικό σενάριο μηδενικών μετεπιβιβάσεων, για τις μετακινήσεις μέσω ΚΤΕΛ, οι χρόνοι μέσω τρένου είναι αρκετά μικρότεροι.

5. Συμπεράσματα και προτάσεις

5.1 Βασικά συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική, επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διερεύνηση λειτουργικής εφικτότητας μιας σιδηροδρομικής γραμμής στο νησί της Κρήτης, σε μακροσκοπικό επίπεδο, και στη συνέχεια στην απεικόνιση και προσομοίωση της λειτουργίας της μέσω της δημιουργίας και εφαρμογής μοντέλου. Το μοντέλο αυτό έλαβε ως δεδομένα εισόδου τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου και του τροχαίου υλικού, καθώς και ένα αρχικό θεωρητικό πρόγραμμα δρομολογίων.

Στόχος της εφαρμογής αυτού του μοντέλου ήταν ο εντοπισμός των καθυστερήσεων, κατά τη λειτουργία του δικτύου, οι οποίες δεν είναι εμφανείς κατά τον σχεδιασμό. Οι καθυστερήσεις αυτές αποτέλεσαν τη βάση πάνω στην οποία στηρίχθηκε η διαμόρφωση του τελικού ημερήσιου πίνακα δρομολογίων. Οι καθυστερήσεις οφείλονται σε αναμονές κυρίως λόγω διασταυρώσεων, όπου οι συρμοί καλούνται να ακινητοποιηθούν στον κόκκινο σηματοδότη. Οι καθυστερήσεις αυτές ενσωματώνονται στο αρχικό θεωρητικό πρόγραμμα δρομολογίων, ώστε να προκύψει το αντίστοιχο τελικό. Παράλληλα μέσω της προσομοίωσης ελέγχεται και η αρχική υπόθεση για την απαιτούμενη ποσότητα του τροχαίου υλικού για την ικανοποίηση του θεωρητικού προγράμματος.

Μελετήθηκαν δυο σενάρια λειτουργίας: το πρώτο σενάριο αφορά τη θερινή περίοδο, όπου η μεταφορική ζήτηση αυξάνεται ραγδαία λόγω της τουριστικής περιόδου και τα δρομολόγια σχεδιάζονται με αυξημένη συχνότητα. Το δεύτερο σενάριο αφορά τη χειμερινή περίοδο κατά την οποία η μεταφορική ζήτηση είναι μειωμένη και τα δρομολόγια εμφανίζουν μειωμένη συχνότητα.

Οι γραμμές που εξυπηρετούν τη μεταφορική ζήτηση θεωρήθηκε ότι είναι δύο: η γραμμή 1 συνδέει τον Κίσσαμο (το βόρειο δυτικό άκρο της Κρήτης) με τον Άγιο Νικόλαο (κέντρο του Νομού Λασιθίου). Η γραμμή αυτή διατρέχει το βόρειο τμήμα τη Κρήτης με πολλές ενδιάμεσες στάσεις και κατά κύριο λόγο ακολουθεί τη γραμμή του ΒΟΑΚ. Η γραμμή 2 συνδέει τη μεγαλύτερη πόλη της Κρήτης, το Ηράκλειο, με το Αεροδρόμιο του Καστελλίου, του οποίου η κατασκευή αναμένεται να ολοκληρωθεί τα επόμενα έτη. Ενδιάμεσα στη γραμμή αυτή βρίσκονται σταθμοί οι οποίοι είναι κοινός με τη γραμμή 1.

Τα δεδομένα των τεχνικών προδιαγραφών εισήχθησαν στο πρόγραμμα της προσομοίωσης μαζί με τα δεδομένα κώδικα περιγραφής του πίνακα δρομολογίων. Εκτελέστηκαν πολλαπλές επαναλήψεις της προσομοίωσης, ώστε να εξαχθούν τα ακριβή αποτελέσματα και συμπεράσματα. Τέλος, έγινε χρονική σύγκριση των δρομολογίων των ΚΤΕΛ με αυτά των αποτελεσμάτων του σιδηροδρόμου σε βασικές διαδρομές αυξημένης ζήτησης της Κρήτης.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης διαμόρφωσαν τον τελικό πίνακα δρομολογίων για την τυπική ημέρα στα δύο υπό μελέτη σενάρια (θερινό και χειμερινό). Εμφανίστηκε μεγάλος αριθμός καθυστερήσεων οι οποίες δεν διαφαινόταν στην αρχική θεωρητική υπόθεση. Τα κύρια συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής αποτυπώνονται ως εξής:

- Επιβεβαιώθηκε ο αριθμός του απαιτούμενου τροχαίου υλικού, το οποίο είχε θεωρηθεί σε θεωρητικό στάδιο. Πιο συγκεκριμένα, για το θερινό σενάριο απαιτούνται καθημερινά 8 συρμοί ενώ για το χειμερινό 6 συρμοί.

- Διαμόρφωση ημερήσιου προγράμματος δρομολογίων και για τα δύο σενάρια. Στο θερινό σενάριο η συχνότητα της γραμμής 1 είναι κάθε 1 ώρα, ενώ της γραμμής 2 κάθε 40 λεπτά. Στο χειμερινό σενάριο η συχνότητα της γραμμής 1 είναι κάθε 1 ώρα και 30 λεπτά, ενώ της γραμμής 2 κάθε 1 ώρα. Κάθε επαναλαμβανόμενο μοτίβο της γραμμής 1 απέχει χρονικά από το προηγούμενο κατά 3 ώρες και 5 λεπτά στο χειμερινό σενάριο και κατά 3 ώρες και 10 λεπτά στο θερινό.
- Κατά τη χρονική σύγκριση των βασικών δρομολογίων μέσω σιδηροδρόμου και ΚΤΕΛ έγιναν αντιληπτές οι μεγάλες διαφορές των δύο μέσων με τον πρώτο να υπερτερεί αισθητά, γεγονός το οποίο αποτελεί βασικό κίνητρο για τον χρήστη, του οποίου η μεταφορική ζήτηση καλείται να ικανοποιηθεί.

5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης βασίστηκε στην ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη διερεύνηση της λειτουργικής εφικτότητας σιδηροδρομικής γραμμής στο νησί της Κρήτης. Δημιουργείται έτσι ένα ευρύ πεδίο περαιτέρω έρευνας σχετικής με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Πιο συγκεκριμένα:

- Λεπτομερής μελέτη δημογραφικών, κοινωνικών και οικονομικών στοιχείων για την επιλογή των σταθμών.
- Μελέτη αποτύπωσης της οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και επικλίσεων όλου του δικτύου της Κρήτης, για τον ακριβή προσδιορισμό των αποστάσεων μεταξύ των σταθμών και των ορίων ταχύτητας.
- Τεχνοοικονομική τεκμηρίωση της επιλογής του τροχαίου υλικού, η οποία θα καταλήξει στην καταλληλότερη, για το νησί της Κρήτης, επιλογή του συρμού.
- Μελέτη εντοπισμού του κρίσιμου τμήματος της σιδηροδρομικής γραμμής. Τα χαρακτηριστικά αυτού του κρίσιμου τμήματος θα αποτελέσουν τη βάση για τον καθορισμό σημαντικών παραμέτρων όπως η χωρητικότητα της γραμμής, χαρακτηριστικά των συρμών κ.α.

Επίσης, πεδίο έρευνας αποτελούν και οι βελτιώσεις συγκεκριμένων μεθόδων της παρούσας έρευνας. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα πρόγραμμα προσομοίωσης με περισσότερες δυνατότητες κατά τη χρήση και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, θα ήταν επιθυμητή η απεικόνιση των διαγραμμάτων πορείας των συρμών, κατανάλωσης ενέργειας, στατιστικά στοιχεία λειτουργίας κ.α. Όσον αφορά τη χρήση, η σηματοδότηση θα ήταν πιο αποδοτική αν λειτουργούσε σε αυτοματοποιημένο περιβάλλον, μέσω κώδικα εντολών, προτεραιότητας υπό συνθήκες. Έτσι, δεν θα υπήρχε απαίτηση από το χρήστη του λογισμικού για συνεχείς παρεμβάσεις και χειρισμούς. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα τη βέλτιστη, χρονικά, εναλλαγή χρώματος των σηματοδοτών και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας λάθους από το χειριστή.

Η ανάπτυξη περισσότερων σεναρίων με διαφοροποίηση παραμέτρων, αποτελεί, επίσης, πεδίο περαιτέρω έρευνας. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να θεωρηθεί σενάριο προσομοίωσης, που διαφοροποιεί τις ημέρες καθημερινή και σαββατοκύριακο.

6. Βιβλιογραφία

1. INSETE, *Ετήσια έκθεση ανταγωνιστικότητας και διαρθρωτικής προσαρμογής στον τομέα του τουρισμού για το έτος 2022*, Περιφέρεια Κρήτης, Δεκέμβριος 2023.
2. Περιστέρα Λαφαζάνη. *Το Οικιστικό δίκτυο της Κρήτης στο χώρο και στο χρόνο*, 9^ο Συνέδριο Χαρτογραφίας, 2006.
3. Ελληνική Δημοκρατία Κυβέρνηση, *480+ Έργα για την Κρήτη του 2030*. Ιανουάριος 2023.
4. Άρθρο με τίτλο: *Κρήτη: Ναι και από τον Δήμο Χερσονήσου για σύνδεση με τρένο με το αεροδρόμιο στο Καστέλλι*. Διαδικτυακή εφημερίδα: www.ypodomes.com. 2023
5. Χαριτόπουλος Ε., Τζίκας Π., Καψάλης Σ., Μαμαλάκης Κ., Τερτίπης Δ. *Σταυρουλάκης Ε., Μέσα σταθερής τροχιάς στην Κρήτη: Δίκτυα βιομηχανικών σιδηροδρόμων κατά το πρώτο μισό του 20ού αιώνα*, Πεπραγμένα ΙΒ' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου, 2016.
6. Κυπριωτάκης Δ. *Το ζήτημα της δημιουργίας σιδηροδρόμου στην Κρήτη*, Πεπραγμένα ΙΒ' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου, 2016.
7. Mohamed, H. F. A. Hassan, H. and Mohamed, A. E., *Computer applications in railway operation*, pp 1573-1580, Alexandria Engineering Journal, 2016.
8. Cui, Y. and Martin, U., *Multi-scale Simulation in Railway Planning and Operation*, Traffic Planning Review, Promet -Traffic & Transportation, 23, pp 511-517, 2011.
9. Čerić, V., *Visual interactive modeling and simulation as a decision support in railway transport logistic operations*, Mathematics and Computers in Simulation, 44, pp 251-261, 1997.
10. Koutsopoulos, H. and Wang, Z., *Simulation of Urban Rail Operations*, Transportation Research Record, 2006.
11. Marinov, M. and Viegas, J., *A mesoscopic simulation modelling methodology for analyzing and evaluation freight train operations in a rail network*, Simulation Modelling Practice and Theory, 19, pp 516-539, 2011.
12. Cui, Y., Martin, U., Zhao, W., *Calibration of disturbance parameters in railway operational simulation based on reinforcement learning*, Journal of Rail Transport Planning & Management, 6, pp 1-12, 2016.
13. Marinov, M. and Yeung, H., *A state of the art on railway simulation modelling software and its application to designing baggage transfer service*, Rail Exchange conference, 1, 2017.
14. Michal, G., Huynh, N., Shuckla, N., Munoz, A. and Barthelemy, J., *RailNet: A simulation model for operational planning of rail freight*, Transportation Research Procedia, 25, pp 461-473, 2017.
15. Cui, Y., Martin, U., Liang, j., *PULSim: User-Based Adaptable Simulation Tool for Railway Planning and Operations*, Journal of Advanced Transportation, 2018.
16. David, K., *Software Package Applications for designing Rail Freight Interchanges*, Newcastle University, PhD Thesis, 2018.
17. Galadikova, A., Adamko, N., *Simulation-based methods to support the real-time management of railways nodes*, Transportation Research Procedia, 55, pp 1345-1352, 2021.
18. Lecomte, T., *Digital Modelling in the Railways*, Lecture Notes in Computer Science, 2021.

19. Kuzmina, D., Baginova, V., Ageikin, A., *Discrete event simulation model of the railway station*, Transportation Research Procedia, 63, pp 929-937, 2022.
20. Kaddoura, I., Unterfinger, M., Hettinger, T., Rakow, C., Rieser, M. *A large-scale hybrid micro – and mesoscopic simulation approach for railway operation*, Procedia Computer Science, 238, pp 714-721, 2024.
21. Tan, M., Bian, L., Yang, Y., Zhang, J., Ohmo, S., *Safe Operation Plan for High-speed Rail based on Dynamical Prediction Model of Short-term Rainfall*, KSCE Journal of Civil Engineering, 2024.
22. Zhang, Y., Yan, H., Luo, Y., Zhang, S., Zhu, L., Tang, Y., *Simulation-based optimization of timetables coordination in an urban rail transit network*, Simulation Modelling Practice and Theory, 130, 2024.
23. TEMS and HNTB, *Rochester Rail Link Feasibility Study*, Minnesota Department of Transportation, 2003.
24. BONIFICA, *Feasibility Study of the Western Corridor Infrastructure*, 2010.
25. Santa Cruz County Regional Transportation Commission, *Santa Cruz Branch Rail Line Rail Transit Feasibility Study*, 2015.
26. Japan International Cooperation Agency, *Feasibility Study for Jakarta-Bandung High-Speed Railway Project*, Republic of Indonesia, 2015.
27. Kumar, Y., Panchal, S., Ashis, A., Sing, B., *Feasibility Study of Railway Line in Hilly Region using GIS*, International Journal of Online Engineering, vol. 13, no. 8, 2017.
28. WGI, *Southeastern North Carolina Passenger Rail Feasibility Study*, North Carolina Department of Transport, 2024.
29. European Commission Directorate – General Regional Policy, *Feasibility Study on Rail Baltica railways*, 2007.
30. CPCS, *Commuter Rail Feasibility Study*, Halifax, 2015.
31. Nedevska, I., Krakutovski, Z., Moslavac, D., Zafirovski, Z., Nedevska, I., *Feasibility Study on Railway from Urban Zone Bitola to Urban Zone Mesheishta*, Procedia Engineering, 117, pp 534-543, 2015.
32. Japan International Cooperation Agency, *Feasibility Study on the Yangon Circular Railway Line Upgrading Project*, Republic of the Union of Myanmar, 2016.
33. NTU and SYSTA, *Feasibility Study for Railway Infrastructure Need Assessment in Moldova*, Moldovan Railway Restructuring project, 2017.
34. SNC-Lavalin, *Fleetwood Railway Line Reopening Feasibility Study*, Lancashire County Council, 2021.
35. Πρωτονοτάριος, Δ.Α., *Ευρωπαϊκού επιπέδου σιδηρόδρομος στην Ελλάδα, Δημήτριος – Ανάργυρος Πρωτονοτάριος*, Βιβλιοθήκη Τ.Ε.Ε, Αθήνα 2006.
36. Protonotarios, D.A. *Study for the development of a railway network in Crete, Greece*, Master Thesis, Stockholm 2012.
37. Γκουβάτσος Κ. *Διερεύνηση σιδηροδρομικής σύνδεσης του νέου αερολιμένα Καστελλίου Κρήτης με τις πόλεις του Ηρακλείου και του Αγίου Νικολάου*, Αθήνα: ΕΜΠ, 2024 (Διπλωματική Εργασία).
38. Λυμπέρης Κ. *Σιδηροδρομική Θεωρία και Εφαρμογές*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2011.
39. Lusby, R., Larsen, J., Ehrgott and M., Ryan, D. *Railway track allocation: Models and methods*, OR Spectrum, 33, pp 843-883, 2011.

40. Railway Operation Simulator (RailOS), User manual, Revised May 2024 for program versions from v2.20.0. (<https://www.railwayoperationsimulator.com/catalog/base-program/railway-operation-simulator-manuals>)
41. Ελληνική Στατιστική Αρχή.Γ01. Απογραφή Πληθυσμού-Κατοικιών 2021. Μόνιμος πληθυσμός κατά φύλο και ομάδες ηλικιών, 2021
42. Ποιοτική Έρευνα Τουρισμού για την Κρήτη, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Εργαστήριο Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, 2009.
43. Sogin., L.S., Lai, Y.C., Dick, T. and Barkan, C.P.L., *Comparison of Capacity of Single – and Double Track Rail Lines*, Transportation Research Record 2374, 2013.
44. Higgins, A., Kozan, E., Ferreira, L. *Optimal Scheduling of trains on a single line track*, Transportation Research – Part B, 30B, pp 147-161, 1996.
45. B. Porfillides, ERGOSE S.A., *Greek railways construction company handbook*, seminar on track components, February 2010.
46. Υψόμετρο και απόσταση στο χάρτη, <https://vriskoapostasi.gr>
47. Κόφρας, Κ., Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη σύνταξη διαγραμμάτων πορείας Προαστιακού σιδηρόδρομου – Εφαρμογή στη Γραμμή Αθήνα - Χαλκίδα, Αθήνα: ΕΜΠ 2024 (Διπλωματική Εργασία).
48. Pachl J., *Railway Signaling Principles*, June 2020.
49. <https://www.e-ktel.com/services/dromologia> Ιστοσελίδα ΚΤΕΛ Χανίων Ρεθύμνου.
50. <https://www.ktelherlas.gr/> Ιστοσελίδα ΚΤΕΛ Ηρακλείου Λασιθίου.

7. Παράρτημα

Πίνακας 18 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Κίσσαμος – Άγιος Νικόλαος (ΩΩ:ΑΛ)

Κίσσαμος - Άγιος Νικόλαος											
Κίσσαμος	6:00	7:30	9:05	10:35	12:10	13:40	15:15	16:45	18:20	19:50	21:25
Κολυμβάρι	6:07	7:36	9:11	10:41	12:16	13:46	15:21	16:51	18:26	19:56	21:31
Πλατανιάς	6:13	7:43	9:18	10:48	12:23	13:53	15:28	16:58	18:33	20:03	21:38
Χανιά	6:20	7:50	9:25	10:55	12:30	14:00	15:35	17:05	18:40	20:10	21:45
Σούδα	6:24	7:55	9:30	11:00	12:35	14:05	15:40	17:10	18:45	20:15	21:50
Καλύβες	6:32	8:03	9:38	11:08	12:43	14:13	15:48	17:18	18:53	20:23	21:58
Βρύσες	6:43	8:13	9:48	11:18	12:53	14:23	15:58	17:28	19:03	20:33	22:08
Γεωργιούπολη	6:50	8:20	9:55	11:25	13:00	14:30	16:05	17:35	19:10	20:40	22:15
Ατσιπόπουλο	6:59	8:28	10:03	11:33	13:08	14:38	16:13	17:43	19:18	20:48	22:23
Ρέθυμνο	7:03	8:32	10:07	11:37	13:12	14:42	16:17	17:47	19:22	20:52	22:27
Σκαλέτα	7:10	8:39	10:14	11:44	13:19	14:49	16:24	17:54	19:29	20:59	22:34
Πέραμα	7:17	8:46	10:21	11:51	13:26	14:56	16:31	18:01	19:36	21:06	22:41
Γεροπόταμος	7:23	8:52	10:27	11:57	13:32	15:02	16:37	18:07	19:42	21:12	22:47
Δόξαρο	7:34	9:08	10:43	12:13	13:48	15:18	16:53	18:23	19:58	21:28	23:03
Αλοίδες	7:40	9:14	10:49	12:19	13:54	15:24	16:59	18:29	20:04	21:34	23:09
Δαμάστα	7:45	9:19	10:54	12:24	13:59	15:29	17:04	18:34	20:09	21:39	23:14
Γάζι	7:56	9:30	11:05	12:35	14:10	15:40	17:15	18:45	20:20	21:50	23:25
Κνωσσός	8:00	9:34	11:09	12:39	14:14	15:44	17:19	18:49	20:24	21:54	23:29
Ηράκλειο	8:03	9:37	11:12	12:42	14:17	15:47	17:22	18:52	20:27	21:57	23:32
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	8:06	9:40	11:15	12:45	14:20	15:50	17:25	18:55	20:30	22:00	23:35
Γούβες	8:24	9:52	11:27	12:57	14:32	16:02	17:37	19:07	20:42	22:12	23:47
Χερσόνησος	8:30	9:59	11:34	13:04	14:39	16:09	17:44	19:14	20:49	22:19	23:54
Μάλια	8:38	10:07	11:42	13:12	14:47	16:17	17:52	19:22	20:57	22:27	0:02
Νεάπολη	8:50	10:19	11:54	13:24	14:59	16:29	18:04	19:34	21:09	22:39	0:14
Άγιος Νικόλαος	9:00	10:29	12:04	13:34	15:09	16:39	18:14	19:44	21:19	22:49	0:24

Πίνακας 19 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος (ΩΩ:ΑΛ)

Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος											
Άγιος Νικόλαος	6:00	7:30	9:05	10:35	12:10	13:40	15:15	16:45	18:20	19:50	21:25
Νεάπολη	6:09	7:39	9:14	10:44	12:19	13:49	15:24	16:54	18:29	19:59	21:34
Μάλια	6:21	7:51	9:26	10:56	12:31	14:01	15:36	17:06	18:41	20:11	21:46
Χερσόνησος	6:29	7:59	9:34	11:04	12:39	14:09	15:44	17:14	18:49	20:19	21:54
Γούβες	6:35	8:05	9:40	11:10	12:45	14:15	15:50	17:20	18:55	20:25	22:00
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:42	8:16	9:51	11:21	12:56	14:26	16:01	17:31	19:06	20:36	22:11
Ηράκλειο	6:45	8:19	9:54	11:24	12:59	14:29	16:04	17:34	19:09	20:39	22:14
Κνωσσός	6:48	8:22	9:57	11:27	13:02	14:32	16:07	17:37	19:12	20:42	22:17
Γάζι	6:52	8:27	10:02	11:32	13:07	14:37	16:12	17:42	19:17	20:47	22:22
Δαμάστα	7:04	8:38	10:13	11:43	13:18	14:48	16:23	17:53	19:28	20:58	22:33
Αλοίδες	7:09	8:43	10:18	11:48	13:23	14:53	16:28	17:58	19:33	21:03	22:38
Δόξαρο	7:15	8:49	10:24	11:54	13:29	14:59	16:34	18:04	19:39	21:09	22:44
Γεροπόταμος	7:25	8:59	10:34	12:04	13:39	15:09	16:44	18:14	19:49	21:19	22:54
Πέραμα	7:31	9:05	10:40	12:10	13:45	15:15	16:50	18:20	19:55	21:25	23:00
Σκαλέτα	7:38	9:12	10:47	12:17	13:52	15:22	16:57	18:27	20:02	21:32	23:07
Ρέθυμνο	7:45	9:19	10:54	12:24	13:59	15:29	17:04	18:34	20:09	21:39	23:14
Ατσιπόπουλο	7:49	9:23	10:58	12:28	14:03	15:33	17:08	18:38	20:13	21:43	23:18
Γεωργιούπολη	7:58	9:31	11:06	12:36	14:11	15:41	17:16	18:46	20:21	21:51	23:26
Βρύσες	8:04	9:38	11:13	12:43	14:18	15:48	17:23	18:53	20:28	21:58	23:33
Καλύβες	8:22	9:53	11:28	12:58	14:33	16:03	17:38	19:08	20:43	22:13	23:48
Σούδα	8:31	10:01	11:36	13:06	14:41	16:11	17:46	19:16	20:51	22:21	23:56
Χανιά	8:35	10:05	11:40	13:10	14:45	16:15	17:50	19:20	20:55	22:25	0:00
Πλατανιάς	8:42	10:12	11:47	13:17	14:52	16:22	17:57	19:27	21:02	22:32	0:07
Κολυμβάρι	8:49	10:19	11:54	13:24	14:59	16:29	18:04	19:34	21:09	22:39	0:14
Κίσσαμος	8:56	10:26	12:01	13:31	15:06	16:36	18:11	19:41	21:16	22:46	0:21

Πίνακας 20 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Ηράκλειο – Αεροδρόμιο Καστελλίου (ΩΩ:ΑΑ)

Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελλίου																		
Ηράκλειο	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:03	7:03	8:03	9:03	10:03	11:03	12:03	13:03	14:03	15:03	16:03	17:03	18:03	19:03	20:03	21:03	22:03	23:03
Γούβες	6:10	7:10	8:10	9:10	10:10	11:10	12:10	13:10	14:10	15:10	16:10	17:10	18:10	19:10	20:10	21:10	22:10	23:10
Χερσόνησος	6:16	7:16	8:16	9:16	10:16	11:16	12:16	13:16	14:16	15:16	16:16	17:16	18:16	19:16	20:16	21:16	22:16	23:16
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:30	7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30	20:30	21:30	22:30	23:30

Πίνακας 21 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Χειμερινού Σεναρίου Αεροδρόμιο Καστελλίου – Ηράκλειο (ΩΩ:ΑΑ)

Αεροδρόμιο Καστελλίου - Ηράκλειο -																		
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Χερσόνησος	6:13	7:13	8:13	9:13	10:13	11:13	12:13	13:13	14:13	15:13	16:13	17:13	18:13	19:13	20:13	21:13	22:13	23:13
Γούβες	6:22	7:22	8:22	9:22	10:22	11:22	12:22	13:22	14:22	15:22	16:22	17:22	18:22	19:22	20:22	21:22	22:22	23:22
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:29	7:29	8:29	9:29	10:29	11:29	12:29	13:29	14:29	15:29	16:29	17:29	18:29	19:29	20:29	21:29	22:29	23:29
Ηράκλειο	6:32	7:32	8:32	9:32	10:32	11:32	12:32	13:32	14:32	15:32	16:32	17:32	18:32	19:32	20:32	21:32	22:32	23:32

Πίνακας 22 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Συναρτίου Κίσαμος – Άγιος Νικόλαος (ΩΩ:ΑΑ)

Κίσαμος - Άγιος Νικόλαος																	
Κίσαμος	6:00	7:00	8:00	9:10	10:10	11:10	12:20	13:20	14:20	15:30	16:30	17:30	18:40	19:40	20:40	21:50	22:50
Κολυμβάρι	6:07	7:07	8:09	9:17	10:17	11:19	12:27	13:27	14:29	15:37	16:37	17:39	18:47	19:47	20:49	21:57	22:57
Πλατανιάς	6:13	7:13	8:21	9:23	10:23	11:31	12:33	13:33	14:41	15:43	16:43	17:51	18:53	19:53	21:01	22:03	23:03
Χανιά	6:20	7:20	8:29	9:30	10:30	11:39	12:40	13:40	14:49	15:50	16:50	17:59	19:00	20:00	21:09	22:10	23:10
Σούδα	6:24	7:24	8:35	9:34	10:34	11:45	12:44	13:44	14:55	15:54	16:54	18:05	19:04	20:04	21:15	22:14	23:14
Καλύβες	6:32	7:33	8:42	9:42	10:43	11:52	12:52	13:53	15:02	16:02	17:03	18:12	19:12	20:13	21:22	22:22	23:23
Βρύσες	6:43	7:43	8:45	9:53	10:53	11:55	13:03	14:03	15:05	16:13	17:13	18:15	19:23	20:23	21:25	22:33	23:33
Γεωργιούπολη	6:50	7:50	8:48	10:00	11:00	11:58	13:10	14:10	15:08	16:20	17:20	18:18	19:30	20:30	21:28	22:40	23:40
Ατσιπόπουλο	6:59	7:53	8:52	10:09	11:03	12:02	13:19	14:13	15:12	16:29	17:23	18:22	19:39	20:33	21:32	22:49	23:43
Ρέθυμνο	7:03	7:57	9:12	10:13	11:07	12:22	13:23	14:17	15:32	16:33	17:27	18:42	19:43	20:37	21:52	22:53	23:47
Σκαλέτα	7:10	8:17	9:17	10:20	11:27	12:27	13:30	14:37	15:37	16:40	17:47	18:47	19:50	20:57	21:57	23:00	0:07
Πέραμα	7:17	8:24	9:23	10:27	11:34	12:33	13:37	14:44	15:43	16:47	17:54	18:53	19:57	21:04	22:03	23:07	0:14
Γεροπόταμος	7:23	8:30	9:41	10:33	11:40	12:51	13:43	14:50	16:01	16:53	18:00	19:11	20:03	21:10	22:21	23:13	0:20
Δόξαρο	7:34	8:40	9:47	10:44	11:50	12:57	13:54	15:00	16:07	17:04	18:10	19:17	20:14	21:20	22:27	23:24	0:30
Αλοίδες	7:40	8:46	9:55	10:50	11:56	13:05	14:00	15:06	16:15	17:10	18:16	19:25	20:20	21:26	22:35	23:30	0:36
Δαμάστα	7:45	8:51	10:02	10:55	12:01	13:12	14:05	15:11	16:22	17:15	18:21	19:32	20:25	21:31	22:42	23:35	0:41
Γάζι	7:56	9:02	10:06	11:06	12:12	13:16	14:16	15:22	16:26	17:26	18:32	19:36	20:36	21:42	22:46	23:46	0:52
Κνωσσός	8:01	9:06	10:14	11:11	12:16	13:24	14:21	15:26	16:34	17:31	18:36	19:44	20:41	21:46	22:54	23:51	0:56
Ηράκλειο	8:04	9:09	10:21	11:14	12:19	13:31	14:24	15:29	16:41	17:34	18:39	19:51	20:44	21:49	23:01	23:54	0:59
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	8:07	9:12	10:31	11:17	12:22	13:41	14:27	15:32	16:51	17:37	18:42	20:01	20:47	21:52	23:11	23:57	1:02
Γούβες	8:17	9:19	10:39	11:27	12:29	13:49	14:37	15:39	16:59	17:47	18:49	20:09	20:57	21:59	23:19	0:07	1:09
Χερσόνησος	8:28	9:26	10:44	11:38	12:36	13:54	14:48	15:46	17:04	17:58	18:56	20:14	21:08	22:06	23:24	0:18	1:16
Μάλια	8:37	9:34	10:51	11:47	12:44	14:01	14:57	15:54	17:11	18:07	19:04	20:21	21:17	22:14	23:31	0:27	1:24
Νεάπολη	8:49	9:47	10:57	11:59	12:57	14:07	15:09	16:07	17:17	18:19	19:17	20:27	21:29	22:27	23:37	0:39	1:37
Άγιος Νικόλαος	8:59	9:57	11:05	12:09	13:07	14:15	15:19	16:17	17:25	18:29	19:27	20:35	21:39	22:37	23:45	0:49	1:47

Πίνακας 23 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Συναρτίου Άγιος Νικόλαος – Κίσσαμος (ΩΩ:ΑΑ)

Άγιος Νικόλαος - Κίσσαμος																	
Άγιος Νικόλαος	6:00	7:00	8:00	9:10	10:10	11:10	12:20	13:20	14:20	15:30	16:30	17:30	18:40	19:40	20:40	21:50	22:50
Νεάπολη	6:09	7:09	8:09	9:19	10:19	11:19	12:29	13:29	14:29	15:39	16:39	17:39	18:49	19:49	20:49	21:59	22:59
Μάλια	6:21	7:21	8:21	9:31	10:31	11:31	12:41	13:41	14:41	15:51	16:51	17:51	19:01	20:01	21:01	22:11	23:11
Χερσόνησος	6:29	7:29	8:29	9:39	10:39	11:39	12:49	13:49	14:49	15:59	16:59	17:59	19:09	20:09	21:09	22:19	23:19
Γούβες	6:35	7:35	8:35	9:45	10:45	11:45	12:55	13:55	14:55	16:05	17:05	18:05	19:15	20:15	21:15	22:25	23:25
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:42	7:42	8:42	9:52	10:52	11:52	13:02	14:02	15:02	16:12	17:12	18:12	19:22	20:22	21:22	22:32	23:32
Ηράκλειο	6:45	7:45	8:45	9:55	10:55	11:55	13:05	14:05	15:05	16:15	17:15	18:15	19:25	20:25	21:25	22:35	23:35
Κνωσσός	6:48	7:48	8:48	9:58	10:58	11:58	13:08	14:08	15:08	16:18	17:18	18:18	19:28	20:28	21:28	22:38	23:38
Γάζι	6:53	7:52	8:52	10:03	11:02	12:02	13:13	14:12	15:12	16:23	17:22	18:22	19:33	20:32	21:32	22:43	23:42
Δαμάστα	7:04	8:07	9:12	10:14	11:17	12:22	13:24	14:27	15:32	16:34	17:37	18:42	19:44	20:47	21:52	22:54	23:57
Αλοίδες	7:09	8:12	9:17	10:19	11:22	12:27	13:29	14:32	15:37	16:39	17:42	18:47	19:49	20:52	21:57	22:59	0:02
Δόξαρο	7:15	8:18	9:23	10:25	11:28	12:33	13:35	14:38	15:43	16:45	17:48	18:53	19:55	20:58	22:03	23:05	0:08
Γεροπόταμος	7:25	8:28	9:41	10:35	11:38	12:51	13:45	14:48	16:01	16:55	17:58	19:11	20:05	21:08	22:21	23:15	0:18
Πέραμα	7:31	8:34	9:47	10:41	11:44	12:57	13:51	14:54	16:07	17:01	18:04	19:17	20:11	21:14	22:27	23:21	0:24
Σκαλέτα	7:38	8:42	9:55	10:48	11:52	13:05	13:58	15:02	16:15	17:08	18:12	19:25	20:18	21:22	22:35	23:28	0:32
Ρέθυμνο	7:45	8:49	10:02	10:55	11:59	13:12	14:05	15:09	16:22	17:15	18:19	19:32	20:25	21:29	22:42	23:35	0:39
Ατσιπόπουλο	7:49	8:53	10:06	10:59	12:03	13:16	14:09	15:13	16:26	17:19	18:23	19:36	20:29	21:33	22:46	23:39	0:43
Γεωργιούπολη	7:58	9:06	10:14	11:08	12:16	13:24	14:18	15:26	16:34	17:28	18:36	19:44	20:38	21:46	22:54	23:48	0:56
Βρύσες	8:05	9:13	10:21	11:15	12:23	13:31	14:25	15:33	16:41	17:35	18:43	19:51	20:45	21:53	23:01	23:55	1:03
Καλύβες	8:16	9:23	10:31	11:26	12:33	13:41	14:36	15:43	16:51	17:46	18:53	20:01	20:56	22:03	23:11	0:06	1:13
Σούδα	8:23	9:31	10:39	11:33	12:41	13:49	14:43	15:51	16:59	17:53	19:01	20:09	21:03	22:11	23:19	0:13	1:21
Χανιά	8:29	9:36	10:44	11:39	12:46	13:54	14:49	15:56	17:04	17:59	19:06	20:14	21:09	22:16	23:24	0:19	1:26
Πλατανιάς	8:36	9:43	10:51	11:46	12:53	14:01	14:56	16:03	17:11	18:06	19:13	20:21	21:16	22:23	23:31	0:26	1:33
Κολυμβάρι	8:42	9:49	10:57	11:52	12:59	14:07	15:02	16:09	17:17	18:12	19:19	20:27	21:22	22:29	23:37	0:32	1:39
Κίσσαμος	8:50	9:57	11:05	12:00	13:07	14:15	15:10	16:17	17:25	18:20	19:27	20:35	21:30	22:37	23:45	0:40	1:47

Ηράκλειο - Αεροδρόμιο Καστελίου																													
Ηράκλειο	6:00	6:40	7:20	8:00	8:40	9:20	10:00	10:40	11:20	12:00	12:40	13:20	14:00	14:40	15:20	16:00	16:40	17:20	18:00	18:40	19:20	20:00	20:40	21:20	22:00	22:40	23:20	0:00	0:40
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:03	6:43	7:23	8:03	8:43	9:23	10:03	10:43	11:23	12:03	12:43	13:23	14:03	14:43	15:23	16:03	16:43	17:23	18:03	18:43	19:23	20:03	20:43	21:23	22:03	22:43	23:23	0:03	0:43
Γούβες	6:10	6:50	7:30	8:10	8:50	9:30	10:10	10:50	11:30	12:10	12:50	13:30	14:10	14:50	15:30	16:10	16:50	17:30	18:10	18:50	19:30	20:10	20:50	21:30	22:10	22:50	23:30	0:10	0:50
Χερσόνησος	6:17	6:56	7:41	8:16	8:56	9:37	10:16	11:01	11:36	12:16	12:57	13:36	14:21	14:56	15:36	16:17	16:56	17:41	18:16	18:56	19:37	20:16	21:01	21:36	22:16	22:57	23:36	0:21	0:56
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:30	7:10	7:54	8:29	9:09	9:50	10:30	11:14	11:49	12:29	13:10	13:50	14:34	15:09	15:49	16:30	17:10	17:54	18:29	19:09	19:50	20:30	21:14	21:49	22:29	23:10	23:50	0:34	1:09

Εικόνα 41 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Σεναρίου Ηράκλειο – Αεροδρόμιο Καστελλίου (ΩΩ:ΑΛ)

Αεροδρόμιο Καστελίου - Ηράκλειο																													
Αεροδρόμιο Καστελλίου	6:00	6:40	7:20	8:00	8:40	9:20	10:00	10:40	11:20	12:00	12:40	13:20	14:00	14:40	15:20	16:00	16:40	17:20	18:00	18:40	19:20	20:00	20:40	21:20	22:00	22:40	23:20	0:00	0:40
Χερσόνησος	6:13	6:53	7:36	8:13	8:53	9:33	10:13	10:56	11:33	12:13	12:53	13:33	14:16	14:53	15:33	16:13	16:53	17:36	18:13	18:53	19:33	20:13	20:56	21:33	22:13	22:53	23:33	0:16	0:53
Γούβες	6:22	7:02	7:46	8:22	9:02	9:42	10:22	11:06	11:42	12:22	13:02	13:42	14:26	15:02	15:42	16:22	17:02	17:46	18:22	19:02	19:42	20:22	21:06	21:42	22:22	23:02	23:42	0:26	1:02
Αεροδρόμιο Καζαντζάκης	6:29	7:09	7:53	8:29	9:09	9:49	10:29	11:13	11:49	12:29	13:09	13:49	14:33	15:09	15:49	16:29	17:09	17:53	18:29	19:09	19:49	20:29	21:13	21:49	22:29	23:09	23:49	0:33	1:09
Ηράκλειο	6:32	7:12	7:56	8:32	9:15	9:52	10:32	11:16	11:52	12:35	13:12	13:52	14:36	15:12	15:55	16:32	17:12	17:56	18:32	19:15	19:52	20:32	21:16	21:52	22:35	23:12	23:52	0:36	1:12

Εικόνα 42 Ημερήσιος Πίνακας Δρομολογίων Θερινού Σεναρίου Αεροδρόμιο Καστελλίου – Ηράκλειο (ΩΩ:ΑΛ)