ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (ΔΑΣ) ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

του

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΝΑΛΜΠΑΝΤΗ

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων

Οκτώβριος 2017

© Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2017

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Μακεδονίας και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του Πανεπιστημίου Μακεδονίας όπου εκπονήθηκε.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
MASTER IN BUSINESS ADMINISTRATION

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (ΔΑΣ) ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Δημήτριος Βασιλείου Ναλμπάντης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Γεωργίου Ανδρέας
Καθ. Πανεπιστημίου Μακεδονίας

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
Ευστράτιος Λιβάνης
Επ. Καθ. Πανεπιστημίου Μακεδονίας

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
Ιωάννης Πολίτης
Επ. Καθ. Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2017

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθ. Ανδρέα Γεωργίου ο οποίος με υπομονή και κατανόηση αντιμετώπισε τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά την υλοποίηση της, καθώς και τους συνεπιβλέποντες καθηγητές επ. καθ. Ευστράτιο Λιβάνη και επ. καθ. Ιωάννη Πολίτη για τη βοήθειά τους. Η συμβολή του κ. Πολίτη ήταν ιδιαίτερα σημαντική, καθώς το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχετίζεται άμεσα με το επιστημονικό του αντικείμενο.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στο Συγκοινωνιολόγο Μηχανικό και επιστημονικό συνεργάτη του ΟΣΕΘ κ. Σάμουελ Αλέξιο Σαλέμ, χωρίς τη συμβολή του οποίου ενδεχομένως να μην ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω και στη Δρ. Συγκοινωνιολόγο Μηχανικό και επιστημονική συνεργάτις του ΟΣΕΘ Μαρία Σπάνδου καθώς και στο Διευθύνοντα Σύμβουλο του ΟΣΕΘ κ. Ιωάννη Τσιωνά για την παραχώρηση άδειας χρήσης του υποδείγματος το οποίο χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση εναλλακτικών σεναρίων υλοποίησης συστημάτων Δημόσιων Αστικών Συγκοινωνιών (ΔΑΣ) για την πόλη της Θεσσαλονίκης με τη χρήση προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκαν δύο εναλλακτικές υλοποίησης ενός συμπληρωματικού / τροφοδοτικού ως προς το μετρό συστήματος μαζικής μεταφοράς, μια όπως είχε προταθεί κατά το παρελθόν ως ελαφρύ μετρό (Light Rail Transit [LRT]) και μια με την ίδια χάραξη και παρόμοια δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ως Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ) (Bus Rapid Transit [BRT]).

Για το σκοπό αυτό, εξετάστηκαν τα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των δύο εναλλακτικών BRT και LRT και μελετήθηκαν περιπτώσεις υλοποίησής τους. Ακολούθησε σύγκριση των δομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των δύο συστημάτων καθώς και των στοιχείων κόστους και υλοποίησης.

Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε η πρόταση υλοποίησης του συστήματος LRT για την πόλη της Θεσσαλονίκης, καθώς και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που είχε λάβει χώρα κατά τη μελέτη του συστήματος με τη χρήση του λογισμικού μακροπροσομοίωσης κυκλοφορίας VISUM. Ακολούθησε αντίστοιχη μοντελοποίηση της εναλλακτικής του BRT και προσομοίωση με τη χρήση του λογισμικού VISUM από το συγγραφέα. Τα αποτελέσματα των δύο προσομοιώσεων συγκρίθηκαν και φάνηκε πως και η εναλλακτική του συστήματος BRT ενδέχεται να είναι μια αξιόπιστη εναλλακτική και, μάλιστα, με αυξημένα οφέλη σε σχέση με την εναλλακτική του LRT.

Τέλος, φαίνεται πως τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας τεκμηριώνουν επαρκώς την ανάγκη να εξετάζεται και η εναλλακτική του συστήματος BRT στις περιπτώσεις αναζήτησης μιας αξιόπιστης λύσης υλοποίησης συστήματος μαζικής μεταφοράς.

Λέξεις – Κλειδιά

Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ), Ελαφρύ μετρό, Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες (ΔΑΣ), Μακροπροσομοίωση, VISUM, Θεσσαλονίκη.

Abstract

The subject of this postgraduate diploma thesis it the investigation of alternative implementation scenarios of Public Transport (PT) systems in the city of Thessaloniki, Greece, using simulation. More specifically, two implementation alternatives of a complementary / feeder to the metro system were examined, one being a Light Rail Transit (LRT) system that had been proposed in the past and another one being a Bus Rapid Transit (BRT) system with the same network and similar structural and operational characteristics.

For this reason, the structural and operational characteristics of the BRT and LRT alternatives were examined and also implementation case studies. A comparison of the structural and operational characteristics of both systems took place, as well as of elements of their cost and implementation.

Following, the implementation proposal of an LRT system for the city of Thessaloniki, Greece, was presented, as well as the results of a simulation that took place during the study of the system with the use of VISUM traffic macrosimulation software. A respective modelling of the BRT alternative and simulation with the use of VISUM was realized by the author. The results of the two simulations were compared and it was found that the alternative of a BRT system could be a reliable one, and moreover, with increased benefits compared to the alternative of LRT.

Finally, it seems that the results of the present postgraduate diploma thesis sufficiently demonstrate the necessity that a BRT alternative should also be examined in any case where a reliable implementation mass transit solution is required.

Keywords

Bus Rapid Transit (BRT), Light Rail Transit (LRT), Public Transport (PT), Macrosimulation, VISUM, Thessaloniki.

Περιεχόμενα

Περίληψη v
Abstract vi
Περιεχόμενα vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων ix
Κατάλογος Πινάκων xii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια xiv
1 Εισαγωγή 1
1.1 Η σημασία των Δημόσιων Αστικών Συγκοινωνιών στην πόλη της Θεσσαλονίκης 1
1.2 Αντικείμενο, στόχοι, μεθοδολογία και δομή της εργασίας 2
2 Το Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ) 5
2.1 Ορισμοί και εισαγωγικά στοιχεία του ΛΣΥΕΕ 5
2.2 Ιστορική αναδρομή του ΛΣΥΕΕ 7
2.3 Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής ΛΣΥΕΕ 16
2.3.1 Το σύστημα Transmilenio στην πόλη Bogotá της Κολομβίας 16
2.3.2 Το σύστημα TEOR στην πόλη Rouen της Γαλλίας 19
2.3.3 Το σύστημα Metrobüs στην Κωνσταντινούπολη της Τουρκίας 25
2.4 Δομικά στοιχεία ΛΣΥΕΕ 29
2.5 Λειτουργικά στοιχεία και δείκτες αποδοτικότητας ΛΣΥΕΕ 46
2.5.1 Εμπορική ταχύτητα (commercial speed) 46
2.5.2 Χρόνος ταξιδιού (travel time) 48
2.5.3 Επιβατική ζήτηση (passenger demand) 49
2.5.4 Φόρτος αιχμής (peak load) 50
2.5.5 Επιχειρησιακή αποδοτικότητα (operational productivity) 51
2.5.6 Αποδοτικότητα κεφαλαίου (capital productivity) 52
2.5.7 Αξιοπιστία (reliability) 53
2.5.8 Προσβασιμότητα Ατόμων με Αναπηρία (ΑμεΑ) (Accessibility for People with Disability [PwD]) 54
2.6 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας ΛΣΥΕΕ 55
3 Το Τραμ 58
3.1 Ορισμοί και εισαγωγικά στοιχεία τραμ 58
3.2 Ιστορική αναδρομή τραμ 59
3.3 Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τραμ 64
3.3.1 Το σύστημα τραμ Γραμμή Τ3 στο Île-de-France της Γαλλίας 64
3.3.2 Το σύστημα τραμ του Στρασβούργου της Γαλλίας 66
3.3.3 Το σύστημα τραμ του Nottingham του Ηνωμένου Βασιλείου 68
3.4 Δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τραμ 70
3.5 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας τραμ 78
4 Η Διαδικασία Λήψης της Απόφασης: Σύγκριση ΛΣΥΕΕ και Τραμ 82
4.1 Η διαδικασία λήψης της απόφασης 82
4.2 Κόστος 86
4.2.1 Κεφαλαιουχική δαπάνη 86
4.2.2 Λειτουργικό κόστος 89
4.3 Χρόνος σχεδιασμού και υλοποίησης 91
4.4 Επεκτασιμότητα και ευελιξία 93
4.5 Χωρητικότητα 94

4.6 Οικονομική προσιτότητα ... 99
4.7 Διάρκεια ταξιδιού / ταχύτητα ... 99
4.8 Συχνότητα εξυπηρέτησης ... 101
4.9 Αξιοπιστία, άνεση, ασφάλεια, εξυπηρέτηση πελατών ... 102
5 Το Σύστημα BRT Συνοπτικά ... 104
5.1 Πίνακας λήψης απόφασης μεταξύ εναλλακτικών συστημάτων ΔΑΣ ... 104
5.2 BRT: Μύθοι και πραγματικότητα ... 106
6 Το Προτεινόμενο Σύστημα Τραμ για την Πόλη της Θεσσαλονίκης ... 109
6.1 Εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με το τραμ στην πόλη της Θεσσαλονίκης ... 109
6.2 Σχεδιασμός προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 112
6.2.1 Βασικές παραδοχές ... 112
6.2.2 Βασικές αρχές λειτουργίας ... 112
6.2.3 Βασικές αρχές σχεδιασμού ... 112
6.3 Χαρακτηριστικά προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 113
6.3.1 Υποδομή ... 113
6.3.2 Τροχαίο υλικό ... 113
6.3.3 Εκμετάλλευση ... 114
6.4 Ανάπτυξη του δικτύου του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 115
6.5 Κόστος και βιωσιμότητα του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 116
6.5.1 Κόστος υλοποίησης ... 116
6.5.2 Βιωσιμότητα του έργου ... 117
6.5.3 Χρηματοοικονομικοί δείκτες ... 117
6.5.4 Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες ... 117
6.6 Ωφέλειες του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 118
6.6.1 Στην κοινωνία ... 118
6.6.2 Στον πολεοδομικό / αστικό ιστό ... 118
6.6.3 Στις συνθήκες μετακίνησης ... 119
6.7 Υλοποίηση του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 119
6.8 Χρηματοδότηση του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 120
6.9 Χρονοδιάγραμμα του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 120
6.10 Ένταξη στον αστικό ιστό του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 121
6.11 Συνοψίζοντας για το προτεινόμενο τραμ για τη Θεσσαλονίκη ... 122
7 Προσομοίωση Λειτουργίας Συστήματος BRT αντί LRT και Σύγκριση των Δύο Εναλλακτικών ... 124
7.1 Η προσομοίωση της λειτουργίας συστήματος LRT στην πόλη της Θεσσαλονίκης ... 124
7.2 Η προσομοίωση της λειτουργίας συστήματος BRT στην πόλη της Θεσσαλονίκης ... 129
7.3 Σύγκριση εναλλακτικών LRT και BRT ... 137
8 Συμπεράσματα και Προτάσεις ... 143
8.1 Κύρια συμπεράσματα ... 143
8.2 Κύριες προτάσεις και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα ... 145
Βιβλιογραφία ... 147
Παράρτημα Α: Αίτημα χρήσης μοντέλου προς τον ΟΣΕΘ ... 156
Παράρτημα Β: Έγκριση χρήσης μοντέλου από τον ΟΣΕΘ ... 158

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2-1: Στάση "Marechal Floriano" της Πράσινης Γραμμής (Linha Verde) του συστήματος BRT "RIT" της Curitiba στη Βραζιλία (Ortiz, 2013) 9
Εικόνα 2-2: «Στάσεις-σωλήνες» και ταχεία επιβίβαση μέσω πολλών θυρών στο BRT σύστημα (RIT) της Curitiba της Βραζιλίας (Karis et al., 2006, p. 8)..... 10
Εικόνα 2-3: Εικόνες από την πόλη της Bogotá πριν και μετά από την κατασκευή του TransMilenio: αστικές αναπλάσεις (Cain et al., 2006, p. 23)..... 18
Εικόνα 2-4: Το όχημα Néocréalis σε λεωφορειολωρίδα του TEOR, όπου φαίνεται και η σήμανση για το σύστημα TVR (Smiley.toerist, 2013)..... 23
Εικόνα 2-5: Το BRT "Rainbow" στο Pune / Pimpri-Chinchwad της Ινδίας, χρησιμοποιεί φράκτες για τη δημιουργία φυσικά διαχωρισμένων λεωφορειολωρίδων (ITDP, 2016, p. 28)..... 39
Εικόνα 2-6: Παραδείγματα στοιχείου «Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας» (ITDP, 2016, p. 30-33)..... 42
Εικόνα 2-7: Παράδειγμα συλλογής κομίστρου εκτός οχήματος με έλεγχο πρόσβασης με μπάρες στο σύστημα BRT TransJakarta's, στην Jakarta της Ινδονησίας (ITDP, 2016, p. 34)..... 43
Εικόνα 2-8: Παράδειγμα διαχείρισης διασταύρωσης όπου απαγορεύονται οι αριστερές στροφές κατά μήκος του BRT διαδρόμου στο Las Vegas των ΗΠΑ (ITDP, 2016, p. 36)..... 44
Εικόνα 2-9: Παράδειγμα ισόπεδης επιβίβασης με την οποία επιταχύνεται η επιβίβαση/αποβίβαση στο Ahmedabad της Ινδίας (ITDP, 2016, p. 37) 45
Εικόνα 3-1: Ατμοκίνητο τραμ στην Ιταλία το έτος 1890 (Vignaccia76, 2008)..... 58
Εικόνα 3-2: Γραμμή τραμ T3 "Porte de Versailles", Παρίσι, Γαλλία (Pline, 2010)..... 66
Εικόνα 3-3: Η Γραμμή Α του τραμ του Στρασβούργου στο σταθμό Homme de Fer (Eole99, 2009) 67
Εικόνα 3-4: Το τραμ στο Nottingham του Ηνωμένου Βασιλείου (Newton, 2004)..... 69
Εικόνα 3-5: Τραμ σε «κοινό διάδρομο» (κατηγορίας Ε) στο Όσλο της Νορβηγίας (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 105)..... 71
Εικόνα 3-6: Τραμ σε «αποκλειστικό διαχωρισμένο διάδρομο» (κατηγορίας D) στο Άμστερνταμ της Ολλανδίας (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 106)..... 71
Εικόνα 3-7: Τραμ σε «αποκλειστικό διάδρομο τραμ» (κατηγορίας C) στη Ζυρίχη της Ελβετίας (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 106)..... 72
Εικόνα 3-8: Τραμ σε «αποκλειστικό προστατευόμενο διάδρομο» (κατηγορίας Β) στην Αθήνα (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 107)..... 73
Εικόνα 3-9: Τραμ σε «εντελώς αποκλειστικό διάδρομο» (κατηγορίας Α) (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 107)..... 73
Εικόνα 6-1: Ένταξη του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης στην περιοχή του Δημαρχείου (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 5) 121
Εικόνα 6-2: Ένταξη του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης στην περιοχή του Ιερού Ναού Αγίου Δημητρίου (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 13)..... 122

Σχήμα 1-1: Προβολή μήκους δυνητικού δικτύου συστήματος α) BRT, β) LRT, γ) ανυψωμένος σιδηρόδρομος και δ) μετρό, για υποτιθέμενη συνολική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου δολαρίων στην Bangkok της Ταϊλάνδης (Wright & Hook, 2007, p. 56)..... 2

Σχήμα 2-1: Το BRT σύστημα της Curitiba – γραμμές express (αριστερά) και απευθείας γραμμές (δεξιά) (Dörrbecker, 2005) 10
Σχήμα 2-2: Η εξέλιξη των συστημάτων BRT ανά τον κόσμο (Wirasinghe et al., 2013, p. 4) 12
Σχήμα 2-3: Παγκόσμιο πανόραμα της εξάπλωσης του BRT κατά το έτος 2015 (UITP, 2015) 15
Σχήμα 2-4: Το δίκτυο του TransMilenio (σταθμοί και πύλες) στην πόλη Bogotá της Κολομβίας (TransMilenio, 2017) 17
Σχήμα 2-5: Το σύστημα Métrobus της Rouen, όπου φαίνεται και το σύστημα TEOR (T1: κόκκινη, T2: πράσινη και T3: μωβ γραμμή) (Nuÿ, 2012) 22
Σχήμα 2-6: Οι τέσσερις φάσεις κατασκευής του συστήματος Metrobüs της Κωνσταντινούπολης (Yazici et al., 2013, p. 156) 26
Σχήμα 2-7: Η χάραξη του συστήματος Metrobüs στην πόλη της Κωνσταντινούπολης (Dörrbecker, 2013) 28
Σχήμα 2-8: Τα επτά (7) βασικά δομικά στοιχεία ενός συστήματος BRT (Levinson et al., 2002, p. 3; Levinson et al., 2003, p. 13) 30
Σχήμα 2-9: Παράδειγμα και αντιπαράδειγμα διαδρόμου BRT σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 27) 38
Σχήμα 2-10: Εμπορικές ταχύτητες (χλμ./ώρα) επιλεγμένων συστημάτων BRT (Carrigan et al., 2013, p. 27) 47
Σχήμα 2-11: Μείωση χρόνου ταξιδιού συστημάτων BRT στις ΗΠΑ (Tischler, 2015, p. 17) 49
Σχήμα 2-12: Ημερήσια επιβατική ζήτηση (επιβάτες ανά ημέρα σε χιλιάδες) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 24) 50
Σχήμα 2-13: Φόρτος αιχμής (επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 26) 51
Σχήμα 2-14: Επιχειρησιακή αποδοτικότητα (ημερήσιες επιβιβάσεις επιβατών ανά λεωφορειοχιλιόμετρο) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 27) 52
Σχήμα 2-15: Αποδοτικότητα κεφαλαίου (επιβιβάσεις επιβατών ανά λεωφορείο και ημέρα) (Carrigan et al., 2013, p. 28) 52
Σχήμα 2-16: Κόστος κεφαλαίου ανά χιλιόμετρο (υποδομή + εξοπλισμός σε εκατομμύρια $ δολάρια) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 29) 56
Σχήμα 3-1: Η χάραξη του προτεινόμενου τρόλεϊ το 1957 (Νανιόπουλος & Ναλμπάντης, 2003, p. 11) 61
Σχήμα 3-2: Η χάραξη των τροχιοδρομικών γραμμών στην πόλη της Θεσσαλονίκης και τα έτη έναρξης και λήξης της λειτουργίας τους (Ναλμπάντης et al., 2000, p. 104) 62
Σχήμα 3-3: Χάρτης και προεκτάσεις γραμμής T3 (T3a και T3b) (Sémhur, 2008) 65
Σχήμα 3-4: Δίκτυο τραμ και BRT του Στρασβούργου (Dörrbecker, 2017) 67
Σχήμα 3-5: Το δίκτυο τραμ στο Nottingham του Ηνωμένου Βασιλείου (Nottingham Express Transit, 2014) 69
Σχήμα 4-1: α) Πελατοκεντρικός και β) Τεχνολογοκεντρικός σχεδιασμός (Wright & Hook, 2007, p. 52-53) 83
Σχήμα 4-2: Προβολή μήκους δυνητικού δικτύου συστήματος α) BRT, β) LRT, γ) ανυψωμένος σιδηρόδρομος και δ) μετρό, για υποτιθέμενη συνολική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου δολαρίων στην Bangkok της Ταϊλάνδης (Wright & Hook, 2007, p. 56) 88
Σχήμα 4-3: Σύγκριση λειτουργικού και διαχειριστικού κόστους LRT και BRT ανά επιβατομίλι στις ΗΠΑ (Lyndon, 2015) 90

Σχήμα 4-4: Η εξέλιξη των συστημάτων μετρό, LRT και BRT στην Bogotá της Κολομβίας (Wright & Hook, 2007, p. 64) 92
Σχήμα 4-5: Παραδοσιακή (άνω) και νέα (κάτω) οπτική της χωρητικότητας των συστημάτων ΔΑΣ, για τα συμβατικά λεωφορεία, το LRT, το μετρό και το BRT στη νέα οπτική (Wright & Hook, 2007, p. 70)..... 94
Σχήμα 4-6: Χωρητικότητα και κεφαλαιουχική δαπάνη των εναλλακτικών μέσων μαζικής μεταφοράς από πραγματικά δεδομένα (Wright & Hook, 2007, p. 71)..... 96
Σχήμα 4-7: Χωρητικότητα και λειτουργικό κόστος των εναλλακτικών μαζικών μεταφοράς BRT, LTR και μετρό στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες (Draifer, 2006, p. 14)..... 97
Σχήμα 4-8: Μέσες ταχύτητες συστημάτων BRT και LRT στις ΗΠΑ το έτος 1999 (United States General Accounting Office, 2001, p. 27)..... 100
Σχήμα 6-1: Σχέδιο ανάπτυξης γραμμών μετρό Θεσσαλονίκης (Αττικό Μετρό ΑΕ, 2017) 109
Σχήμα 6-2: Ανάπτυξη δικτύου προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 8-9; ΣΑΣΘ, 2014a)..... 116
Σχήμα 6-3: Βιωσιμότητα προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 10)..... 117
Σχήμα 6-4: Διαχωρισμός των μετακινήσεων κατά μεταφορικό μέσο στον άξονα διέλευσης του τραμ για το έτος 2030 – (Πρωινή Ώρα Αιχμής) (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 11) 119
Σχήμα 6-5: Χρονοδιάγραμμα προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 14)..... 121
Σχήμα 7-1: Η προσομοίωση του δικτύου μετρό και LRT στο VISUM χωρίς υπόβαθρο 125
Σχήμα 7-2: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με LRT κατά την ΠΩΑ σε ποσοστά μετακινήσεων επί του συνόλου 127
Σχήμα 7-3: Ενδεικτικό τροποποιημένο “headway” από 00:10:00 σε 00:05:00 για σύστημα BRT στο VISUM..... 133
Σχήμα 7-4: Η προσομοίωση του δικτύου μετρό και BRT στο VISUM χωρίς υπόβαθρο 134
Σχήμα 7-5: Αποτελέσματα μοντέλου VISUM για σύστημα BRT το έτος 2030 μετά από την εκτέλεσή του (1)..... 134
Σχήμα 7-6: Αποτελέσματα μοντέλου VISUM για σύστημα BRT το έτος 2030 μετά από την εκτέλεσή του (2)..... 135
Σχήμα 7-7: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με BRT κατά την ΠΩΑ σε ποσοστά μετακινήσεων επί του συνόλου από τη νέα προσομοίωση 136
Σχήμα 7-8: Συγκεντρωτικά στοιχεία λειτουργίας συνολικού συστήματος ΔΑΣ για σύστημα BRT το έτος 2030..... 137
Σχήμα 7-9: Σύγκριση BRT και LRT ως προς τον καταμερισμό κατά μέσο το έτος 2030 (ΠΩΑ)..... 138
Σχήμα 7-10: Διαφορές στον καταμερισμό κατά μέσο με λειτουργία συστήματος BRT αντί LRT (BRT-LRT) το έτος 2030 κατά την ΠΩΑ 140

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Εξάπλωση συστημάτων BRT ανά τον κόσμο (UITP, 2015)..... 15
Πίνακας 2-2: Σύνοψη στοιχείων για το Metrobüs το έτος 2011 (Yazici et al., 2013, p. 160)..... 27
Πίνακας 2-3: Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή του Metrobüs (Yazici et al., 2013, p. 162)..... 28
Πίνακας 2-4: Η βαθμολογία του BRT Standard (ITDP, 2016, p. 11)..... 33
Πίνακας 2-5: Βαθμολόγηση βασικών στοιχείων του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)..... 33
Πίνακας 2-6: Βαθμολόγηση σχεδιασμού υπηρεσίας του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)..... 34
Πίνακας 2-7: Βαθμολόγηση υποδομής του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)..... 34
Πίνακας 2-8: Βαθμολόγηση σταθμών του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)..... 35
Πίνακας 2-9: Βαθμολόγηση επικοινωνίας του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)..... 35
Πίνακας 2-10: Βαθμολόγηση πρόσβασης και ενσωμάτωσης του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)..... 35
Πίνακας 2-11: Βαθμολόγηση αφαιρέσεων σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)..... 36
Πίνακας 2-12: Βαθμολόγηση στοιχείου «Αποκλειστική προτεραιότητα» (ITDP, 2016, p. 28)..... 39
Πίνακας 2-13: Βαθμολόγηση στοιχείου «Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας» (ITDP, 2016, p. 29)..... 41
Πίνακας 2-14: Βαθμολόγηση στοιχείου «Συλλογή κομίστρου εκτός οχήματος» (ITDP, 2016, p. 35)..... 43
Πίνακας 2-15: Βαθμολόγηση στοιχείου «Διαχείριση διασταυρώσεων» (ITDP, 2016, p. 36)..... 44
Πίνακας 2-16: Βαθμολόγηση στοιχείου «Ισόπεδη επιβίβαση» (ITDP, 2016, p. 37)..... 44
Πίνακας 3-1: Ταχύτητες εκμετάλλευσης ανά τύπο τροχιοδρομικού διαδρόμου (Πυργίδης, 2012, p. 656)..... 74
Πίνακας 3-2: Πεδίο εφαρμογής και γενικά χαρακτηριστικά κατηγοριών συστημάτων LRT (Ματσούκης et al., 2003, p. 5)..... 77
Πίνακας 3-3: Κεφαλαιουχική δαπάνη διαφόρων συστημάτων LRT στις ΗΠΑ (McKendrick et al., 2007, p. 730)..... 79
Πίνακας 3-4: Κόστη κατασκευής / χιλιόμετρο επιλεγμένων συστημάτων LRT στην Αγγλία (House of Commons, 2005)..... 80
Πίνακας 3-5: Λειτουργικά κόστη σε επιλεγμένα συστήματα LRT στις ΗΠΑ (Garrett, 2004, p. 7)..... 81
Πίνακας 4-1: Παράγοντες επιλογής τύπου τεχνολογίας αστικής συγκοινωνίας (Wright & Hook, 2007, p. 54)..... 85
Πίνακας 4-2: Κεφαλαιουχική δαπάνη (capital cost): κόστος ανά χιλιόμετρο επιλεγμένων συστημάτων BRT και LRT ανά τον κόσμο (Wright & Hook, 2007, p. 55)..... 86

Πίνακας 4-3: Σύγκριση μήκους δικτύου κόστους ανά χιλιόμετρο για υποθετική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου δολαρίων στη Bangkok της Ταϊλάνδης ανά σύστημα (βλ. Wright & Hook, 2007, p. 56) 89
Πίνακας 4-4: Χωρητικότητες για επιλεγμένα συστήματα μαζικής μεταφοράς σε επιβάτες/ώρα και κατεύθυνση (Wright & Hook, 2007, p. 71) 95
Πίνακας 5-1: Πίνακας λήψης απόφασης μεταξύ εναλλακτικών συστημάτων ΔΑΣ (Wright & Hook, 2007, p. 89) 106
Πίνακας 5-2: Μύθοι και πραγματικότητα για το σύστημα BRT (Wright & Hook, 2007, p. 91) 108
Πίνακας 6-1: Υποδομή προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 5) 113
Πίνακας 6-2: Τροχαίο υλικό προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 6) 114
Πίνακας 6-3: Εκμετάλλευση προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 7) 115
Πίνακας 6-4: Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 10) 118
Πίνακας 7-1: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με LRT κατά την ΠΩΑ σε μετακινήσεις και ποσοστά επί του συνόλου από την προσομοίωση 127
Πίνακας 7-2: Ενδεικτικά στοιχεία προσομοίωσης λειτουργίας συνολικού συστήματος ΔΑΣ (συμβατικά λεωφορεία, μετρό, LRT) για το έτος 2030 με λειτουργία LRT . 128
Πίνακας 7-3: Διαστάσεις και χωρητικότητα τυπικών οχημάτων BRT στις ΗΠΑ και τον Καναδά (Zimmerman & Levinson, 2004, p. 86) 131
Πίνακας 7-4: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με BRT κατά την ΠΩΑ σε μετακινήσεις και ποσοστά επί του συνόλου από τη νέα προσομοίωση 135
Πίνακας 7-5: Ενδεικτικά στοιχεία νέας προσομοίωσης λειτουργίας συνολικού συστήματος ΔΑΣ (λεωφορεία, μετρό, BRT) για το έτος 2030 με λειτουργία BRT136
Πίνακας 7-6: Διαφορές των μετακινήσεων και ποσοστών επί του συνόλου στον καταμερισμό κατά μέσο το έτος 2030 για λειτουργία BRT έναντι LRT κατά την ΠΩΑ από τα αποτελέσματα των δύο προσομοιώσεων (Πίνακας 7-4 – Πίνακας 7-1) 139
Πίνακας 7-7: Διαφορές σε ενδεικτικά στοιχεία από τη λειτουργία συστήματος BRT έναντι LRT (BRT-LRT) για το έτος 2030 140

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

B/C	Benefit / Cost
BRT	Bus Rapid Transit
BRTS	Bus Rapid Transit System
DBFO	Design Build Finance Operate
ECOTALE	External Costs of Transport and Land Equalization
ESMAP	Sector Management Assistance Program
FTA	Federal Transit Administration
HOV	Heavy Occupancy Vehicle
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IRR	Internal Rate of Return
ITDP	Institute for Transportation & Development Policy
ITE	Institute of Transportation Engineers
ITS	Intelligent Transportation Systems
JESSICA	Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas
LRN	Light Rail Now
LRT	Light Rail Transit
MRT	Metro Rail Transit
NPV	Net Present Value
NTD	National Transit Database
PPP	Public Private Partnership
PTV AG	Planung Transport Verkehr Aktiengesellschaft
PwD	People with Disability
RATP	Régie Autonome des Transports Parisiens
TCRP	Transit Cooperative Research Program
TEOR	Transport Est-Ouest Rouennais
TFT	Thin-Film-Transistor
TOD	Transit-Oriented Development
TRB	Transportation Research Board
TVR	Transport sur Voie Reservée
T-Way	Transit Way
UITP	Union Internationale des Transports Publics

UN-Habitat	United Nations Human Settlements Programme
ΑΒΕΕ	Ανώνυμη Βιομηχανική Εμπορική Εταιρεία
ΑΕ	Ανώνυμος Εταιρία
ΑμεΑ	Άτομα με Αναπηρία
ΑΠΘ	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
ΑΣΥΘ	Αστικές Συγκοινωνίες Θεσσαλονίκης
ΓΕΜΗ	Γενικό Εμπορικό Μητρώο
ΔΑΣ	Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες
ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΚΕΤΑ	Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης
ΕΣΜ	Ευφυή Συστήματα Μεταφορών
ΕΤΕπ	Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων
ΗΒ	Ηνωμένο Βασίλειο
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΙΜΕΤ	Ινστιτούτο Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών
ΙΧ	Ιδιωτικής Χρήσης
ΚΟΚ	Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας
ΚΠΑ	Καθαρά Παρούσα Αξία
ΚΤΕΛ	Κοινό Ταμείο Είσπραξης Λεωφορείων
ΛΣΥΕΕ	Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης
ΛΥΠ	Λωρίδες Υψηλής Πληρότητας
ΝΣΣΘ	Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός Θεσσαλονίκης
ΟΑΣΑ	Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών
ΟΑΣΘ	Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης
ΟΣΕΘ	Οργανισμός Συγκοινωνιακού Έργου Θεσσαλονίκης
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΠΑΜΑΚ	Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΠΣΘ	Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης
ΠΩΑ	Πρωινή Ώρα Αιχμής
ΣΑΣΘ	Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης
ΣΔΙΤ	Σύμπραξη Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα
ΣΤΑΣΥ	Σταθερές Συγκοινωνίες
ΧΑΝΘ	Χριστιανική Αδελφότητα Νέων Θεσσαλονίκης

1 Εισαγωγή

1.1 Η σημασία των Δημόσιων Αστικών Συγκοινωνιών στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Το Πολεοδομικό Συγκρότημα της Θεσσαλονίκης (ΠΣΘ) είναι από τις ελάχιστες περιπτώσεις, αν όχι η μοναδική περίπτωση, ευρωπαϊκής μητρόπολης η οποία δεν διαθέτει σύστημα Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών (ΔΑΣ) σταθερής τροχιάς.

Από τα τέλη της δεκαετίας του ’80 και επί σειρά δεκαετιών, η πόλη ταλαιπωρείται από εξαγγελίες, μελέτες, έργα και εργοτάξια, κυρίως όσον αφορά στο μετρό, τα οποία φαίνεται να μην είναι επαρκώς σχεδιασμένα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κατασκευή έργων τα οποία δεν ολοκληρώνονται, διαγωνισμούς δημοσίων έργων οι οποίοι ακυρώνονται, τις αλλεπάλληλες εκκινήσεις και παύσεις των εργασιών, τις παρατάσεις των χρονοδιαγραμμάτων, την επιβάρυνση των προϋπολογισμών και την εδώ και δεκαετίες κυκλοφοριακή και εμπορική επιβάρυνση της πόλης, τουλάχιστον όσον αφορά στο έργο του μετρό. Μόλις πρόσφατα άρχισε να διαφαίνεται στον ορίζοντα ένα συγκεκριμένο χρονικό όριο για την τελική υλοποίηση της κύριας γραμμής του έργου, κάτι που θα έχει ως αποτέλεσμα την κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση της πόλης και την ανάσα για τους εκατοντάδες επαγγελματίες που λόγω των εργοταξίων έχει μειωθεί η κίνηση στις επιχειρήσεις τους.

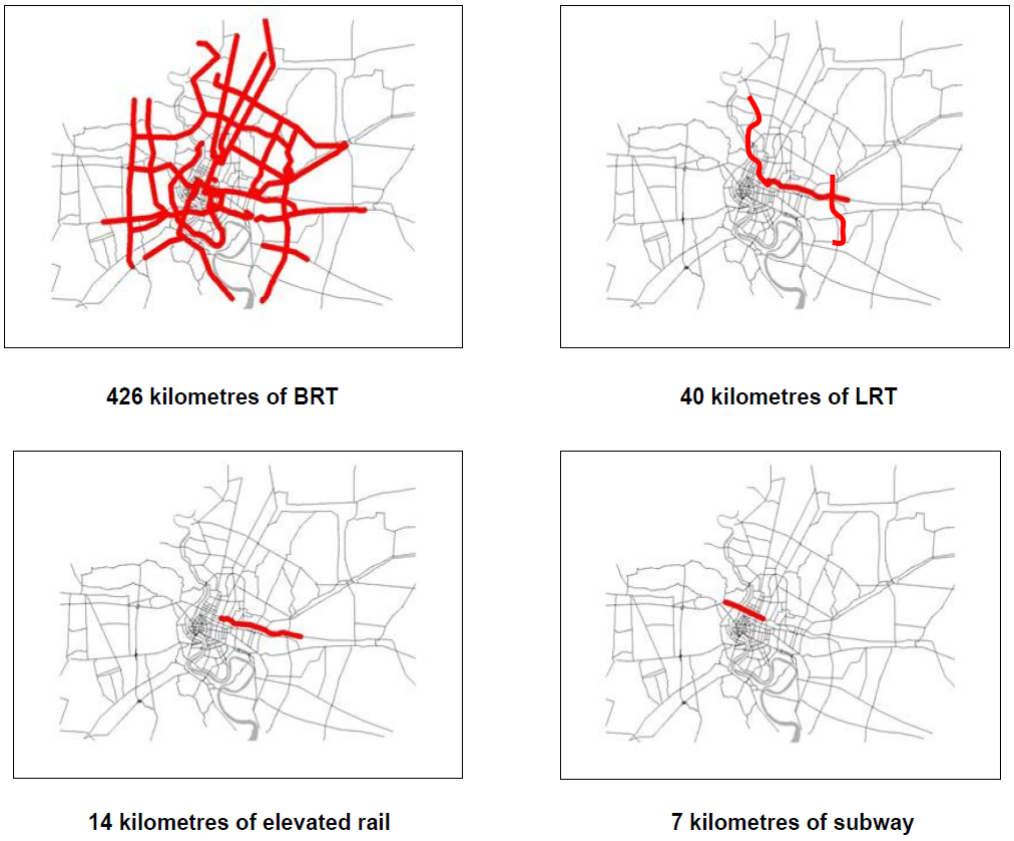
Ωστόσο, εκτός από το μετρό, υπάρχουν και άλλες προτάσεις για μέσα μαζικής μεταφοράς στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Η πιο γνωστή από αυτές είναι η πρόταση για τραμ. Η πρόταση αυτή επανέρχεται κατά καιρούς με διάφορες χαράξεις και σκοπιμότητες, ενώ πλέον υπάρχει μια πολύ συγκεκριμένη πρόταση η οποία φαίνεται να κερδίζει την υποστήριξη των φορέων της πόλης.

Ωστόσο, η εμπειρία από το τραμ της Αθήνας φαίνεται πως δεν είναι και η καλύτερη ως προς την αποτελεσματικότητα του μέσου σε σχέση με την επιβατική κίνηση την οποία μπορεί να διεκδικήσει και σε σχέση με το λόγο κόστους/οφέλους. Παρόλο που τα σύγχρονα συστήματα τραμ δεν έχουν καμμία σχέση με τα παλαιότερα, και πιο συγκεκριμένα με τον τύπο του τραμ το οποίο «ξηλώθηκε» από την πόλη της Θεσσαλονίκης κατά τη δεκαετία του ’60, αυτό δεν σημαίνει ότι είναι σίγουρο ότι πρόκειται για την καλύτερη δυνατή επιλογή.

Πλέον, εκτός από το τραμ, υπάρχουν και εναλλακτικές λύσεις μειωμένου κόστους εξυπηρέτησης αντίστοιχης ή και καλύτερης χωρητικότητας και, μάλιστα, με αντίστοιχο επίπεδο εξυπηρέτησης.

1.2 Αντικείμενο, στόχοι, μεθοδολογία και δομή της εργασίας

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η αντιπαραβολή μιας προτεινόμενης χάραξης τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης με μια εναλλακτική λύση, αυτή ενός Λεωφορειακού Συστήματος Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ), ή αλλιώς Bus Rapid Transit (BRT) όπως είναι γνωστό στα αγγλικά.



Σχήμα 1-1: Προβολή μήκους δυνητικού δικτύου συστήματος α) BRT, β) LRT, γ) ανυψωμένος σιδηρόδρομος και δ) μετρό, για υποτιθέμενη συνολική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου δολαρίων στην Bangkok της Ταϊλάνδης (Wright & Hook, 2007, p. 56)

Στο ανωτέρω Σχήμα 1-1, το οποίο ταυτίζεται με το Σχήμα 4-2, παρουσιάζεται μια προβολή μήκους δυνητικού δικτύου διαφόρων συστημάτων μαζικής μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος BRT, για μια υποτιθέμενη συνολική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου στην Bangkok της Ταϊλάνδης (Wright & Hook, 2007, p. 56).

Από την οπτική απεικόνιση του σχήματος φαίνεται το πολλαπλάσιο μήκος δικτύου το οποίο μπορεί να κατασκευαστεί με το ίδιο ύψος επένδυσης εάν η επιλογή μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων θα ήταν σύστημα BRT και αυτό ήταν ένα έναυσμα για τη διερεύνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Φυσικά, η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία δεν μπορεί να αντικαταστήσει μια πλήρη μελέτη σκοπιμότητας σχετικά με την εναλλακτική αυτή, καθώς κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό στο πλαίσιο των περιορισμένων πόρων μια διπλωματικής εργασίας. Ωστόσο, φιλοδοξεί να αποτελέσει μια αφορμή σχετικού προβληματισμού σχετικά με λύσεις οι οποίες, επειδή δεν είναι ευρύτερα γνωστές στο κοινό, συνήθως δεν αποτελούν αντικείμενο πολιτικών εξαγγελιών και περαιτέρω διερεύνησης στην Ελλάδα. Επιπλέον, δεδομένου ότι ο γράφων είναι συγκοινωνιολόγος μηχανικός, η παρούσα διπλωματική εργασία θα αποτελέσει μια ευκαιρία να εμπλουτίσει τις γνώσεις του σχετικά με τη χρήση σχετικού λογισμικού κυκλοφοριακής μακροπροσομοίωσης.

Συνεπώς, οι στόχοι της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει μια διερεύνηση δύο σεναρίων υλοποίησης ενός συστήματος ΔΑΣ μαζικής μεταφοράς στην πόλη της Θεσσαλονίκης με τη χρήση μακροπροσομοίωσης, η εξαγωγή κάποιων αρχικών συμπερασμάτων σχετικά με την καλύτερη εναλλακτική, καθώς και η εξοικείωση του συγγραφέα με τη χρήση σχετικού προγράμματος μακροπροσομοίωσης.

Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί στην παρούσα εργασία είναι η εξής: αρχικά θα συλλεχθούν πληροφορίες και στοιχεία σχετικά με τις δύο εναλλακτικές λύσεις. Στη συνέχεια θα εξεταστεί η προτεινόμενη χάραξη του τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης. Έπειτα θα ακολουθήσει μακροπροσομοίωση της λειτουργίας των δύο εναλλακτικών προτεινόμενων λύσεων στην ίδια χάραξη με τη χρήση σχετικού λογισμικού και, τέλος, θα εξαχθούν συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Η δομής της εργασίας είναι η εξής:

- Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή: αντικείμενο, στόχοι, μεθοδολογία και δομή της εργασίας.
- Κεφάλαιο 2ο: Το Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ) ή αλλιώς Bus Rapid Transit (BRT). Παρουσιάζονται ιστορικά στοιχεία, μελέτες περιπτώσεων, δομικά και λειτουργικά στοιχεία, καθώς και στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος.

- Κεφάλαιο 3ο: Το τραμ ή Light Rail Transit (LRT) ή ελαφρύ μετρό. Ομοίως, παρουσιάζονται ιστορικά στοιχεία, μελέτες περιπτώσεων, δομικά και λειτουργικά στοιχεία, καθώς και στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος.
- Κεφάλαιο 4ο: Η διαδικασία λήψης της απόφασης: σύγκριση ΛΣΥΕΕ και τραμ. Παρουσιάζονται συγκριτικά στοιχεία μεταξύ των δύο συστημάτων σε σχέση με το κόστος, το χρόνο σχεδιασμού και υλοποίησης, την επεκτασιμότητα και ευελιξία, τη χωρητικότητα, την οικονομική προσιτότητα, τη διάρκεια του ταξιδιού και την εμπορική ταχύτητα, τη συχνότητα εξυπηρέτησης και την αξιοπιστία, άνεση, ασφάλεια και εξυπηρέτηση των πελατών.
- Κεφάλαιο 5ο: Το σύστημα BRT συνοπτικά. Παρουσιάζεται ένας πίνακας λήψης απόφασης σχετικά με το πότε θα πρέπει να διερευνάται η λύση του BRT καθώς και κάποιοι μύθοι σε σχέση με την πραγματικότητα ως προς το σύστημα αυτό.
- Κεφάλαιο 6ο: Το προτεινόμενο σύστημα τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης. Παρουσιάζεται η μια εκ των δυο εναλλακτικών λύσεων που θα εξεταστούν, δηλαδή το προτεινόμενο σύστημα LRT: ο σχεδιασμός του, τα χαρακτηριστικά, το δίκτυο, το κόστος και η βιωσιμότητα του, τα οφέλη του, η υλοποίηση, η χρηματοδότηση και το χρονοδιάγραμμα υλοποίησής του.
- Κεφάλαιο 7ο: Προσομοίωση λειτουργίας του συστήματος BRT αντί LRT και σύγκριση των δύο συστημάτων. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μακροπροσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος LRT για το έτος 2030 στην πόλη της Θεσσαλονίκης και τα αντίστοιχα αποτελέσματα της μακροπροσομοίωσης του συγγραφέα για το σύστημα BRT. Βάσει αυτών ακολουθεί μια σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο συστημάτων BRT και LRT.
- Κεφάλαιο 8ο: Συμπεράσματα και προτάσεις. Διατυπώνονται τα κύρια συμπεράσματα της εργασίας, οι κύριες προτάσεις και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Τέλος, προς αποφυγή συγχύσεων, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο κείμενο της παρούσας εργασίας οι όροι τραμ, ελαφρύ μετρό και Light Rail Transit (LRT) σημαίνουν το ίδιο πράγμα και χρησιμοποιούνται εναλλακτικά ανάλογα με την περίσταση και, ομοίως, το ίδιο ισχύει και για τους όρους Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ) και Bus Rapid Transit (BRT).

2 Το Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ)

2.1 Ορισμοί και εισαγωγικά στοιχεία του ΛΣΥΕΕ

Ο πιο διαδεδομένος ορισμός του Λεωφορειακού Σύστηματος Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ) (Bus Rapid Transit [BRT]), είναι αυτός που δόθηκε από τον Thomas, εκ μέρους της Ομοσπονδιακής Διοίκησης Συγκοινωνιών των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (ΗΠΑ) (Federal Transit Administration [FTA]) στο ετήσιο συνέδριο του Ινστιτούτου Συγκοινωνιολόγων Μηχανικών των ΗΠΑ (Institute of Transportation Engineers [ITE]), που έλαβε χώρα στις 17-21 Αυγούστου 2010 στο Σικάγο και είναι ο εξής: «το BRT είναι ένα ταχύ σύστημα μεταφοράς το οποίο συνδυάζει την ποιότητα της σιδηροδρομικής συγκοινωνίας με την ευελιξία των λεωφορείων» (as cited in Levinson, Zimmerman, Clinger, & Rutherford, 2002, p. 2).

Ένας πιο λεπτομερής ορισμός, αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου Transit Cooperative Research Program (TCRP) το οποίο συγχρηματοδοτήθηκε από την FTA και είναι ο εξής: «το BRT είναι μια ευέλικτη, με ελαστικούς τροχούς μορφή ταχείας συγκοινωνίας, η οποία συνδυάζει σταθμούς, οχήματα, υπηρεσίες, λωρίδες κυκλοφορίας και στοιχεία Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών (ΕΣΜ) (Intelligent Transportation Systems [ITS]), σε ένα πλήρως ολοκληρωμένο σύστημα με ισχυρή εικόνα και ταυτότητα. Οι εφαρμογές BRT είναι σχεδιασμένες να είναι κατάλληλες για την αγορά την οποία εξυπηρετούν και το φυσικό [δομημένο] περιβάλλον και μπορούν να υλοποιηθούν σταδιακά σε μια ποικιλία περιβαλλόντων (από αποκλειστικές λωρίδες κυκλοφορίας για ΔΑΣ έως οδούς και λεωφόρους μικτής κυκλοφορίας ΔΑΣ και λοιπής κυκλοφορίας). Εν συντομία, το BRT είναι ένα πλήρως ολοκληρωμένο σύστημα εγκαταστάσεων, υπηρεσιών και παροχών, οι οποίες είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιώνουν την ταχύτητα, την αξιοπιστία και την ταυτότητα της συγκοινωνίας με λεωφορείο. Από πολλές απόψεις, ομοιάζει με ένα σύστημα ελαφρού μετρό (Light Rail Transit [LRT]) με ελαστικούς τροχούς, αλλά με μεγαλύτερη επιχειρησιακή ευελιξία και δυνητικά με χαμηλότερο κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος. Συχνά, μια σχετικά χαμηλή επένδυση σε αποκλειστικές λεωφορειολωρίδες μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παροχή υπηρεσίας περιφερειακής ταχείας συγκοινωνίας. Ο ορισμός έχει τις ακόλουθες συνέπειες:

- Όπου λειτουργούν οχήματα BRT (λεωφορεία) εξ ολοκλήρου σε λωρίδες αποκλειστικής κυκλοφορίας ή σε λωρίδες προστατευόμενης προτεραιότητας (επιφανειακές, ανυψωμένες και/ή σε τούνελ) με στάσεις επί της γραμμής, το παρεχόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης είναι παρόμοιο με αυτό της βαριάς σιδηροδρομικής συγκοινωνίας (μετρό).
- Όπου τα λεωφορεία λειτουργούν σε συνδυασμούς λεωφορειολωρίδων αποκλειστικής προτεραιότητας και ενδιάμεσης κατάληψης και με στάσεις επί της οδού, το παρεχόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης είναι παρόμοιο με αυτό του LRT.
- Όπου το BRT λειτουργεί σχεδόν εξ ολοκλήρου σε αποκλειστικές λεωφορειολωρίδες ή σε Λωρίδες Υψηλής Πληρότητας (ΛΥΠ) (Heavy Occupancy Vehicle [HOV]) από και προς συγκοινωνιακά κέντρα με σημαντικούς χώρους στάθμευσης και όπου προσφέρει συχνή τακτική υπηρεσία κατά την αιχμή εστιάζοντας σε τυπικά κέντρα αστικών κέντρων (Central Business District [CBD]), το παρεχόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης είναι παρόμοιο με αυτό του σιδηροδρόμου καθημερινής χρήσης προς και από το χώρο εργασίας (commuter rail).
- Όπου τα λεωφορεία λειτουργούν κυρίως σε αστικές οδούς με μικρή ή καθόλου προτεραιότητα μέσω φωτεινών σηματοδοτών ή αποκλειστικών λεωφορειολωρίδων, το παρεχόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης είναι παρόμοιο με αυτό ενός αναβαθμισμένου συστήματος λεωφορείων ή τραμ περιορισμένων στάσεων» (Levinson et al, 2003, p. 12).

Από τον ανωτέρω εκτεταμένο ορισμό, καθίσταται σαφές ότι το BRT είναι ένα σύστημα το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους και ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του μπορεί να προσφέρει αντίστοιχα επίπεδα εξυπηρέτησης, από αυτό της απλής αναβαθμισμένης λεωφορειακής γραμμής περιορισμένων στάσεων έως αυτό ενός κανονικού μετρό και, μάλιστα, όλα αυτά σε δυνητικά χαμηλότερο κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει κάποιος κοινά αποδεκτός ορισμός του BRT, διάφοροι οργανισμοί δίνουν το δικό τους, όπως για παράδειγμα το Institute for Transportation & Development Policy (ITDP) σύμφωνα με το οποίο «το BRT είναι ένα υψηλής ποιότητας συγκοινωνιακό σύστημα βασισμένο στο λεωφορείο το οποίο παρέχει γρήγορη, άνετη και οικονομική αστική κινητικότητα μέσω διαχωρισμένης, αποκλειστικής προτεραιότητας υποδομής, ταχείας και συχνής λειτουργίας και αριστείας στο μάρκετινγκ και στην εξυπηρέτηση πελατών» (Wright & Hook, 2007, p. 11).

Μάλιστα, το ITDP δίνει έμφαση και στον οικονομικό παράγοντα καθώς «το BRT συναγωνίζεται την απόδοση και τις παρεχόμενες ανέσεις ενός σύγχρονου σιδηροδρομικού συστήματος, αλλά στο κλάσμα του κόστους του. Ένα σύστημα BRT κοστίζει από 4 έως 20 φορές λιγότερο από ένα σύστημα ελαφρού μετρό (LRT) και από 10 έως 100 φορές λιγότερο από ένα σύστημα μετρό» (Wright & Hook, 2007, p. 11)!

Σύμφωνα με την FTA (2017), «το BRT είναι ένα υψηλής ποιότητας συγκοινωνιακό σύστημα βασισμένο στο λεωφορείο, το οποίο παρέχει ταχεία και αποτελεσματική εξυπηρέτηση και μπορεί να περιλαμβάνει αποκλειστικές λωρίδες, λεωφορειολωρίδες, προτεραιότητα με τη χρήση φωτεινής σηματοδότησης, συλλογή κομίστρου εκτός του λεωφορείου, ανυψωμένες πλατφόρμες και βελτιωμένους σταθμούς» (FTA, 2017).

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι παρόλο που ο όρος BRT φαίνεται να κυριαρχεί, ιδιαίτερα στο δυτικό ημισφαίριο και την Κίνα, υπάρχουν και εναλλακτικές ονομασίες της ίδιας ιδέας όπως, για παράδειγμα οι εξής: Bus Rapid Transit System (BRTS) κυρίως στην Ινδία, “busway” στην Ευρώπη και την Αυστραλία, Transit Way (T-Way) στην Αυστραλία, ενώ απαντάται και ο όρος “quality bus”. Στην Ελλάδα, παρόλο που έως σήμερα δεν έχει υλοποιηθεί κάποιο σύστημα BRT, μεταξύ των συγκοινωνιολόγων φαίνεται να επικρατεί ο όρος Λεωφορειακό Σύστημα Υψηλού Επιπέδου Εξυπηρέτησης (ΛΣΥΕΕ).

2.2 Ιστορική αναδρομή του ΛΣΥΕΕ

Η πιο διαδεδομένη άποψη σχετικά με τις απαρχές του BRT αναφέρεται στο σύστημα της πόλης Curitiba της Βραζιλίας το έτος 1974. Σύμφωνα με τους Παλαντά και Μαργώνη (2012, p. 5) «τα BRT κάνουν την πρώτη τους εμφάνιση το 1974 στην πόλη Curitiba της Βραζιλίας η οποία και τιμήθηκε το 1996 από τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για τους Ανθρώπινους Οικισμούς με τον τίτλο της πιο καινοτόμου πόλης στον κόσμο». Παρόλο που αυτή η άποψη δεν είναι σωστή, όπως θα καταδειχθεί κατωτέρω, είναι γεγονός ότι το BRT της Curitiba αποτέλεσε σταθμό στην ιστορία του BRT καθώς από αυτή εμπνεύστηκαν πολλές άλλες πόλεις, αρχικά της Λατινικής Αμερικής και στη συνέχεια ολόκληρου του κόσμου.

Κατά το μεγαλύτερο μέρος της ύπαρξής της, η Curitiba ήταν μια ήσυχη πόλη που επισκιαζόταν από το São Paulo τον πολύ μεγαλύτερο γείτονά της στα βορειοανατολικά.

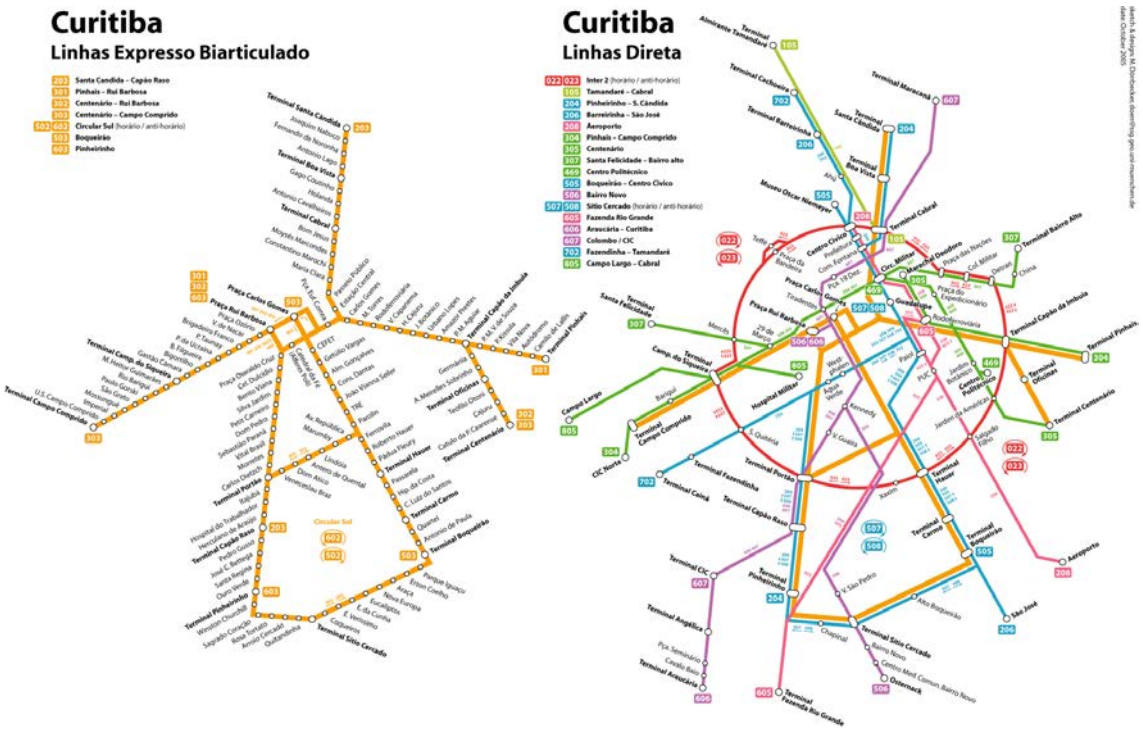
Ωστόσο, μέχρι το 1960, ο πληθυσμός της πόλης άρχισε να αυξάνεται σημαντικά και μέσα σε 20 χρόνια είχε αυξηθεί από 120.000 σε 361.000 άτομα. Οι υπεύθυνοι του πολεοδομικού σχεδιασμού άρχισαν να αναρωτιούνται πώς να αντιμετωπίσουν αυτή την ανάπτυξη και, αρχικά, σκόπευαν να ακολουθήσουν τη λογική της ανάπτυξης της Brasília, την πρόσφατα ανοικοδομημένη πρωτεύουσα της Βραζιλίας. Οι λεωφόροι έπρεπε να διευρυνθούν και το κέντρο της πόλης έπρεπε να προσαρμοστεί έτσι ώστε τα αυτοκίνητα να καταστούν ο κύριος τρόπος μεταφοράς (Reed, 2015).

Ωστόσο, τα σχέδια αυτά ματαιώθηκαν όταν ένας τριαντάρης οραματιστής αρχιτέκτονας από την Curitiba, ο Jaime Lerner, ανέλαβε καθήκοντα Δημάρχου κατόπιν επιλογής από τον τοπικό κυβερνήτη του δικτατορικού καθεστώτος, ο οποίος θεώρησε πως ένας τόσο νέος Δήμαρχος δεν θα απειλούσε την πολιτική τάξη. Ο Lerner προχώρησε αμέσως σε ανατροπές αρχίζοντας από το συμβατικό πολεοδομικό σχεδιασμό. Αντί για διαπλάτυνση των λεωφόρων, κατασκεύασε ένα πεζοδρομημένο εμπορικό κέντρο στο κέντρο της πόλης,· αντί να τσιμεντώσει τα ρέματα που πλημμύριζαν συχνά έφτιαξε φράγματα για τις μικρές ροές και πάρκα τα οποία θα έκλειναν κατά τις πλημμύρες. Αλλά η πιο αξιομνημόνευτη συμβολή του ήρθε με τις ιδέες του για το δίκτυο λεωφορείων της πόλης. Συνειδητοποιώντας τη σημασία των μαζικών συγκοινωνιών, οι πολεοδόμοι υποστήριζαν την κατασκευή υπογείων γραμμών μετρό καθώς και τη διαπλάτυνση των οδών για τα Ιδιωτικής Χρήσης (ΙΧ) αυτοκίνητα, αλλά η κατασκευή θα ήταν κοστοβόρα και θα έπαιρνε δεκαετίες έως ότου ολοκληρωθεί (Reed, 2015).

Αντ’ αυτού, ο Lerner είδε την ευκαιρία σε μια μορφή μεταφοράς που πολλοί θεωρούσαν χαμένη υπόθεση: το λεωφορείο. Η ιδέα του ήταν να σχεδιάσει ένα σύστημα το οποίο θα έδινε στα λεωφορεία όσο το δυνατόν περισσότερα λειτουργικά πλεονεκτήματα των αστικών σιδηροδρομικών συστημάτων θα ήταν δυνατό. Πρότεινε την ενσωμάτωση αποκλειστικών λεωφορειολωρίδων στις κεντρικές αρτηρίες, με χωροθέτηση των σταθμών στο μέσο κατά μήκος των γραμμών. Αυτό θα επέτρεπε στα λεωφορεία να τρέχουν με ταχύτητες συγκρίσιμες με αυτές του ελαφρού μετρό, ενώ θα μείωνε δραματικά το κόστος. Ο Lerner, ως ένας διαπραγματευτής με κατανόηση, έκανε μια συμφωνία με τους ιδιώτες λεωφορειούχους να πληρώσει για την κατασκευή της υποδομής, ενώ αυτοί θα παρείχαν τα οχήματα σε αντάλλαγμα. Με αυτή τη συμφωνία, οι πρώτες γραμμές BRT στην Curitiba τελικά κόστισαν 50 φορές λιγότερο από ότι θα κόστιζε ο σιδηρόδρομος (Reed, 2015).

Η πρώτη γραμμή λειτούργησε το 1974, ενώ η ανάπτυξη του συστήματος ήταν αρθρωτή (modular). Το 1979 ο Lerner κατασκεύασε το Ολοκληρωμένο Σύστημα Μεταφοράς, (Rede Integrada de Transporte [RIT]) για την καλύτερη διαχείριση του συστήματος και καθώς προστέθηκαν νέες γραμμές άρχισε να δείχνει την πλήρη δυναμικότητά του (Σχήμα 2-1). Έως το 1993 μετέφερε 1,5 εκατομμύριο επιβάτες την ημέρα! Ωστόσο, η υψηλή πληρότητα δημιουργούσε προβλήματα. Τα λεωφορεία χρησιμοποιούσαν ακόμα συμβατικά συστήματα επιβίβασης, όπου οι επιβάτες επιβιβάζονταν από την μπροστινή θύρα και πλήρωναν το κόμιστρο εντός του οχήματος. Ο Lerner, ο οποίος είχε επανεκλεγεί για τρίτη φορά Δήμαρχος, βρήκε μια κομψή λύση. Ανακαίνισε τις στάσεις με τρόπο τέτοιο ώστε να επιτρέπουν την ταχεία επιβίβαση μέσω πολλών θυρών (Εικόνα 2-2) και τα κόμιστρα να καταβάλλονται εκτός του οχήματος, με τρόπο παρόμοιο του μετρό και του ελαφρού μετρό, και επιπλέον να επιτρέπεται με ένα εισιτήριο η χρήση ολόκληρου του συστήματος. Επιπλέον, ο Lerner έδωσε στις στάσεις μια διακριτή όψη τοποθετώντας τες εντός φουτουριστικών υάλινων σωλήνων. Αυτές οι νέες «στάσεις-σωλήνες» εγκαινιάστηκαν τον Οκτώβριο 1991 ως μέρος της πρώτης γραμμής express Ligeirinho. Σήμερα υπάρχουν 357 «στάσεις-σωλήνες» σε ολόκληρη την πόλη (Εικόνα 2-1 & Εικόνα 2-2) (Reed, 2015). Σύμφωνα με τον Andrés Fingeret, διευθυντή του ITDP του Buenos Aires, «η Curitiba ήταν η πρώτη η οποία συμπεριέλαβε όλα τα ουσιαστικά στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την αποτελεσματική λειτουργία ενός συστήματος BRT» (as cited in Reed, 2015).

Εικόνα 2-1: Στάση "Marechal Floriano" της Πράσινης Γραμμής (Linha Verde) του συστήματος BRT "RIT" της Curitiba στη Βραζιλία (Ortiz, 2013)



Σχήμα 2-1: Το BRT σύστημα της Curitiba – γραμμές express (αριστερά) και απευθείας γραμμές (δεξιά) (Dörrbecker, 2005)

Ο πληθυσμός της Curitiba «έχει πλέον διογκωθεί σε περισσότερα από 1,8 εκατομμύρια άτομα – περισσότερο από τέσσερις φορές περισσότερο από ό,τι κατά το άνοιγμα του συστήματος BRT» (Reed, 2015), με πρόβλεψη για το 2015 να φθάσει στα 3,1 εκατομμύρια (Karis, McCartney, Veilleux, & Yannes, 2006, p. 2).

Εικόνα 2-2: «Στάσεις-σωλήνες» και ταχεία επιβίβαση μέσω πολλών θυρών στο BRT σύστημα (RIT) της Curitiba της Βραζιλίας (Karis et al., 2006, p. 8)

Στην περίπτωση της Curitiba δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση και εξετάζεται ξεχωριστά από τις υπόλοιπες μελέτες περίπτωσης για δύο λόγους:

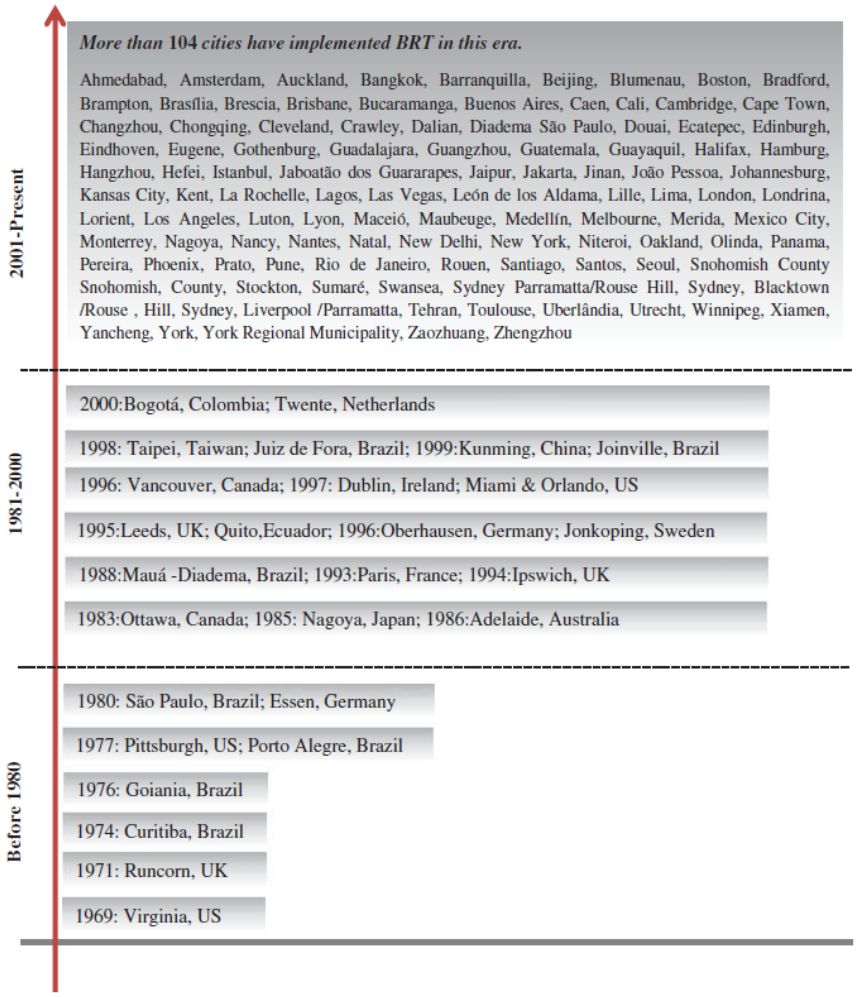
- Η επιτυχία αυτού του συστήματος ήταν αυτή που είχε ως αποτέλεσμα να εμπνευσθούν και άλλες πόλεις, αρχικά του αναπτυσσόμενου κόσμου και στη συνέχεια ολόκληρου του κόσμου, ώστε να υιοθετήσουν την BRT προσέγγιση με αποτέλεσμα σήμερα πλέον το σύστημα να έχει ραγδαία εξάπλωση.
- Το σύστημα αυτό ήταν εκείνο το οποίο σε μια αρθρωτή (modular) προσέγγιση ενσωμάτωσε σταδιακά όλα εκείνα τα δομικά στοιχεία ενός συστήματος BRT, όπως αυτό ορίζεται σήμερα και όπως αυτά θα εξεταστούν κατωτέρω.

Σύμφωνα με το Wright (2004, p. 13) «οι "μοντερνιστικές" [sic] σωληνωτές στάσεις της Curitiba και τα διαρθρωτά λεωφορεία χωρητικότητας 270 επιβατών αποτελούν παγκόσμιο παράδειγμα. Το σύστημα BRT αποτελείται σήμερα από πέντε ακτινωτούς διαδρόμους που εκκινούν από το κέντρο της πόλης. Το σύστημα εξαπλώνεται σε 57 χλμ. διαχωρισμένων λεωφορειολωρίδων αποκλειστικής κίνησης και από 340 χλμ. τροφοδοτικών γραμμών εξυπηρέτησης. Κάθε έτος το σύστημα προσελκύει εκατοντάδες αξιωματούχους Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) οι οποίοι θέλουν να μελετήσουν τα οργανωσιακά και σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που συνέθεσαν την επιτυχία της Curitiba» (Wright, 2004, p. 13).

Ωστόσο, και όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η ιδέα του BRT δεν είναι τόσο νέα. Σύμφωνα με τους Wirasinghe et al. (2013, p. 3) παρόλο που δίνεται έμφαση στο BRT κατά τα τελευταία έτη, η ιδέα του BRT δεν είναι νέα. Σχέδια και μελέτες για διάφορες εναλλακτικές τύπου BRT έχουν γίνει ήδη από τη δεκαετία του '30. Για παράδειγμα, προτάσεις για BRT διατυπώθηκαν για το Σικάγο το 1937, για την πόλη της Ουάσιγκτον μεταξύ του 1956 και του 1959 και για το St. Louis το 1959.

Η ιδέα του BRT για πρώτη φορά προτάθηκε στο Σικάγο και είχε να κάνει με τη μετατροπή τριών σιδηροδρομικών γραμμών αστικών συγκοινωνιών στη δυτική πλευρά σε express λεωφορειακές γραμμές σε αυτοκινητοδρόμους με επί της οδού διανομή στις κεντρικές περιοχές και στο κέντρο του Σικάγο (Harrington, Kelker, & De Leuw, 1937). Κατά τα έτη 1955-1959, το συγκοινωνιακό σχέδιο της Washington DC περιείχε σχέδια μελετών για ένα σύστημα BRT 86 μιλίων, από τα οποία τα 42 μίλια είχαν σχεδιαστεί σε ειδικές διαχωρισμένες λεωφορειολωρίδες.

Από τα σχέδια και τις μελέτες, σταδιακά άρχισε και η εφαρμογή. Έτσι, στο Σχήμα 2-2 φαίνεται η εξέλιξη των συστημάτων BRT που υλοποιήθηκαν ανά τον κόσμο και η εκρηκτική, και με γεωμετρική πρόοδο, εξάπλωση των συστημάτων BRT, η οποία θα πρέπει να προβληματίσει σε σχέση με το γεγονός ότι στην Ελλάδα πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο είναι γνωστό πρακτικά μόνο μεταξύ των συγκοινωνιολόγων. Η εξάπλωση με γεωμετρική πρόοδο δεν μπορεί παρά να οφείλεται στην πολύ ικανοποιητική σχέση κόστους/οφέλους του συστήματος και στην ταχύτητα υλοποίησής του. Παρόλα αυτά, στην Ελλάδα όπου οι σχετικές αποφάσεις λαμβάνονται συνήθως με πολιτικά κριτήρια και όχι με κριτήρια οικονομικά και απόδοσης, το σύστημα αυτό δεν έχει τεθεί σοβαρά στο δημόσιο διάλογο, ενδεχομένως επειδή δεν το γνωρίζουν οι ψηφοφόροι.



Σχήμα 2-2: Η εξέλιξη των συστημάτων BRT ανά τον κόσμο (Wirasinghe et al., 2013, p. 4)

Η ιστορική αναδρομή υλοποίησης συστημάτων BRT μπορεί να συνοψισθεί στα εξής ορόσημα έως το 1980 (καθώς στη συνέχεια υπάρχει εκρηκτική εξάπλωση):

- 1969: Σύμφωνα με τον Grava (as cited in Wirasinghe et al., 2013, p. 3), μια από τις πρώιμες προσεγγίσεις "busway" [μια από τις εναλλακτικές ονομασίες συστήματος BRT που αναφέρεται στην πλήρως διαχωρισμένη από την κυκλοφορία λεωφορειολωρίδα] υλοποιήθηκε στη Henry G. Shirley Memorial Highway στη Βόρεια Βιρτζίνια των ΗΠΑ.
- 1972: Η κατασκευή ενός ουσιαστικού αποκλειστικού "busway" μήκους 7,5 χλμ. έγινε για πρώτη φορά στη Λίμα του Περού με τη γραμμή "Via Expresa" (Wright, 2004, p. 12).
- 1973: Ένα έτος αργότερα, ολοκληρώθηκε η κατασκευή "busways" στο Runcorn του Ηνωμένου Βασιλείου (ΗΒ) καθώς και στο Los Angeles των ΗΠΑ. Στο Runcorn είχε 22 χλμ. μήκος και έπαιξε κεντρικό ρόλο στη αστική μορφή της πόλης και στην ανάπτυξη της περιοχής της Νέας Πόλης (New Town). Στο Los Angeles είχε μήκος 11 χλμ. και το όνομα "El Monte Busway" (Wright, 2004, p. 12).
- 1974: Ξεκινάει το προαναφερόμενο πείραμα στην Curitiba, το οποίο εξελίχθηκε στο RIT και πλέον θεωρείται το πιο σημαντικό ορόσημο στην ιστορία του BRT.
- 1976: Κατασκευάζεται σύστημα BRT στη Goiania της Βραζιλίας (Wright, 2004, p. 13), το οποίο έως το έτος 2004 εκτεινόταν σε μήκος 13 χλμ. (Wright, 2004, p. 15).
- 1977: Κατασκευάζεται BRT στο Pittsburgh των ΗΠΑ και στο Porto Alegre της Βραζιλίας (Wright, 2004, p. 13; Weinstock, Hook, Replogle, & Cruz, 2011, p. 11).
- 1980: Κατασκευάζεται BRT στο São Paulo της Βραζιλίας και στο Essen της Γερμανίας (Wirasinghe et al., 2013, p. 4).

Έως το έτος 2004, το σύστημα BRT του São Paulo ήταν το μεγαλύτερο του κόσμου, με 250 χλμ. αποκλειστικής χρήσης λεωφορειολωρίδες και με 3,2 εκατομμύρια επιβάτες (ταξίδια) την ημέρα (Wright, 2004, p. 13) και από τότε το BRT συνεχίζει να εξαπλώνεται με γεωμετρική πρόοδο!

Η Διεθνής Ένωση Δημόσιων Μεταφορών, (Union Internationale des Transports Publics [UITP]), είναι ο πιο σημαντικός διεθνής οργανισμός που ασχολείται με τις ΔΑΣ, με μέλη τους μεγαλύτερους παρόχους και αρχές ΔΑΣ του κόσμου αλλά και πανεπιστήμια, ερευνητικά ινστιτούτα, καθώς και μεμονωμένα μέλη, κυρίως συγκοινωνιολόγους.

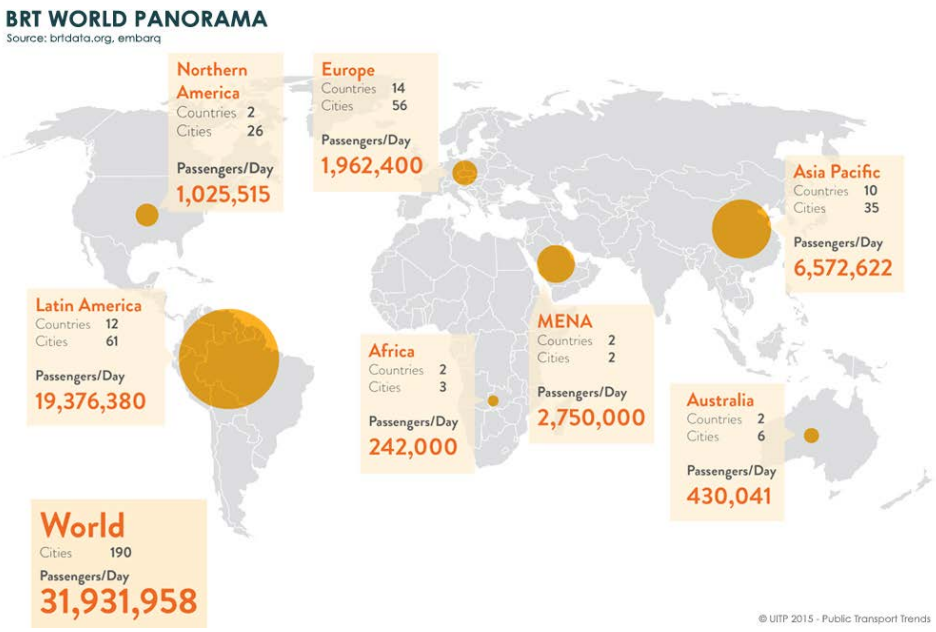
Για παράδειγμα, από την Ελλάδα μέλη της UITP είναι η εταιρία AMCO Ολοκληρωμένα Συστήματα Υψηλής Τεχνολογίας ΑΒΕΕ, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), η Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών (ΟΑΣΑ) ΑΕ, το Ινστιτούτο Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών (ΙΜΕΤ) του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), η Σταθερές Συγκοινωνίες (ΣΤΑΣΥ) ΑΕ, ο Οργανισμός Συγκοινωνιακού Έργου Θεσσαλονίκης (ΟΣΕΘ) πρώην Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ) και η Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης (ΟΑΣΘ) ΑΕ (UITP, 2017).

Η UITP έχει πλούσιο ερευνητικό έργο και εκδίδει τεχνικές αναφορές με πολύ σημαντικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις ΔΑΣ ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με την UITP (2015) «από την άποψη της υποδομής, το παγκόσμιο δίκτυο Bus Rapid Transit (BRT) έχει σχεδόν τριπλασιαστεί κατά την τελευταία δεκαετία [2005-2015] και αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται. Σε ολόκληρο τον κόσμο, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα λεωφορεία και το BRT απολαμβάνει αυξανόμενης δημοτικότητας. Αυτό το μέσο μεταφοράς θεωρείται από κάποιους εντός της βιομηχανίας των μεταφορών ως πανάκεια επειδή είναι ευέλικτο, αλλά επίσης και σχετικά χαμηλού κόστους. Η αύξηση των υλοποιήσεων συστημάτων BRT ανοίγει το δρόμο για αύξηση του ποσοστού χρήσης ΔΑΣ στον καταμερισμό μετακινήσεων κατά μέσο (modal share) σε ολόκληρο τον κόσμο. Αυτό μεταφράζεται επίσης σε τεράστια δυναμική της αγοράς για νέες προμήθειες οχημάτων και ζήτηση για την αντικατάστασή τους, συμπεριλαμβανομένων των τρόλεϊ και λεωφορείων συμπιεσμένου φυσικού αερίου (Compressed Natural Gas [CNG]), υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gas [LNG]), υβριδικών και ηλεκτρικών. Παρά την αργή αρχική του ανάπτυξη, η αύξηση στον αριθμό των έργων BRT από το 2000 είναι εκθετική και τώρα πλέον υπάρχουν περίπου 190 συστήματα σε ολόκληρο τον κόσμο, τα οποία μεταφέρουν περισσότερους από 31 εκατομμύρια επιβάτες ανά ημέρα. Επί του παρόντος, η Λατινική Αμερική βρίσκεται στην πρωτοπορία με συστήματα BRT σε 61 πόλεις και ακολουθείται στενά από την Ευρώπη με 56».

Η προαναφερόμενη εξάπλωση του συστήματος BRT ανά τον κόσμο φαίνεται πολύ παραστατικά, τόσο με αριθμούς όσο και οπτικά στον παγκόσμιο χάρτη, κατωτέρω (Πίνακας 2-1 και Σχήμα 2-3):

	Χώρες	Πόλεις	Επιβάτες/ημέρα
Αφρική	2	3	242.000
Ασία – Ειρηνικός	10	35	6.572.622
Αυστραλία	2	6	430.041
Ευρώπη	14	56	1.962.400
Λατινική Αμερική	12	61	19.376.380
Μέση Ανατολή και Βόρεια Αφρική	2	2	2.750.000
Βόρεια Αμερική	2	26	1.025.515
Παγκοσμίως	44	190	31.931.958

Πίνακας 2-1: Εξάπλωση συστημάτων BRT ανά τον κόσμο (UITP, 2015)



Σχήμα 2-3: Παγκόσμιο πανόραμα της εξάπλωσης του BRT κατά το έτος 2015 (UITP, 2015)

Από τα προαναφερόμενα, προκύπτει ότι το BRT είναι ένα σύστημα πολλά υποσχόμενο, το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κάθε φορά που μελετάται η υλοποίηση ενός συστήματος σταθερής τροχιάς, τόσο ως εναλλακτική όσο ως συμπληρωματική λύση, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, όπως π.χ. η εγκατάσταση ενός τραμ με τουριστικό χαρακτήρα κτλ.

2.3 Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής ΛΣΥΕΕ

Στην παρούσα ενότητα θα εξεταστούν συνοπτικά κάποιες επιτυχημένες εφαρμογές του συστήματος BRT. Αυτό θα γίνει για εποπτικούς λόγους και εννοείται πως σε καμμία περίπτωση η αναφορά αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωμένη, καθώς πλέον έχει κατασκευαστεί τεράστιο πλήθος συστημάτων BRT, τα οποία προφανώς δεν μπορούν να καλυφθούν στο σύνολο τους. Ίσως η πιο ολοκληρωμένη ανασκόπηση μελετών περιπτώσεων εφαρμογής BRT, αν και πλέον κάπως ξεπερασμένη, να είναι το παραδοτέο "Bus Rapid Transit, Volume 1: case studies in Bus Rapid Transit (TCRP report 90)" του έργου TCRP του Transportation Research Board (TRB), το οποίο χρηματοδοτήθηκε από την FTA (βλ. Levinson et al., 2003). Μελέτες περιπτώσεων έχουν γίνει και στην ελληνική βιβλιογραφία, κυρίως στο πλαίσιο διπλωματικών εργασιών (βλ. Τσολάκης, 2009; Παλαντάς & Μαργώνη, 2012).

2.3.1 Το σύστημα Transmilenio στην πόλη Bogotá της Κολομβίας

Η πόλη της Bogotá είναι η πρωτεύουσα της Κολομβίας και παράλληλα είναι η μεγαλύτερη πόλη της χώρας, με πληθυσμό της μητροπολιτικής περιοχής περίπου 11 εκατομμυρίων κατοίκων (Παλαντάς & Μαργώνη, 2012, p. 13).

Πρόκειται για μια χαρακτηριστική περίπτωση πόλης της Λατινικής Αμερικής, με εκρηκτική αύξηση του πληθυσμού και αντίστοιχη τεράστια ζήτηση μαζικής μεταφοράς, η οποία δεν θα μπορούσε εύκολα να εξυπηρετηθεί με τις απαντήσεις του ανεπτυγμένου κόσμου, λόγω περιορισμένων οικονομικών πόρων. Πρόκειται, δηλαδή, για το ίδιο πρόβλημα που αντιμετώπισε η πόλη της Curitiba σε ακόμα μεγαλύτερη κλίμακα. Δεν ήταν τυχαίο, λοιπόν, ότι η Curitiba αποτέλεσε παράδειγμα και για την Bogotá, η οποία επέλεξε τη λύση του BRT ως απάντηση στο πρόβλημα που αντιμετώπιζε.

Σήμερα πλέον το σύστημα BRT της πόλης της Bogotá είναι από τα πιο γνωστά στον κόσμο, σε σημείο τέτοιο που να έχει μελετηθεί από την FTA ως προς την εφαρμοσιμότητά του στις ΗΠΑ (βλ. Cain, Darido, Baltes, Rodriguez, & Barrios, 2006).

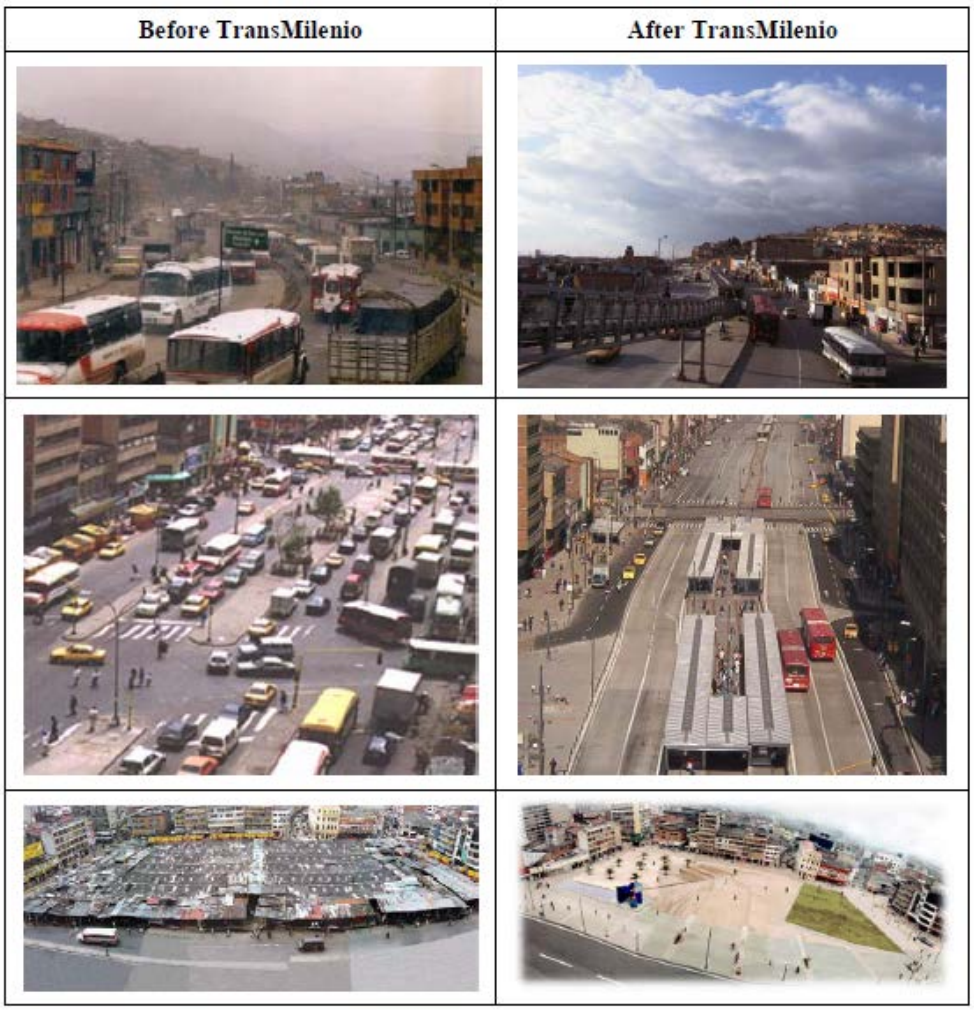
Σχήμα 2-4: Το δίκτυο του TransMilenio (σταθμοί και πύλες) στην πόλη Bogotá της Κολομβίας (TransMilenio, 2017)

Η κατασκευή της Φάσης Ι του TransMilenio ξεκίνησε το 1998 και τα πρώτα τμήματά του άνοιξαν το 2000. Το δίκτυο των τριών διαδρόμων συνολικού μήκους 41 χλμ. (25,6 μιλίων) ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2002 και το σύστημα σύντομα μετέφερε περίπου 800.000 επιβάτες/ημέρα. Η Φάση ΙΙ αποτελείται, επίσης, από τρεις διαδρόμους συνολικού μήκους 25,6 μιλίων, ξεκίνησε το 2000 και έως τον Ιανουάριο 2006 το σύστημα μετέφερε 1.050.000 επιβάτες/ημέρα, ενώ με την ολοκλήρωσή του εντός του 2006 προβλεπόταν ότι θα μετέφερε 1.400.000 επιβάτες/ημέρα (Cain et al., 2006, p. vi).

Σήμερα πλέον το σύστημα έχει αναπτυχθεί σε 138 σταθμούς και εννέα (9) πύλες (σταθμοί μετεπιβίβασης) που εκτείνονται σε ένα δίκτυο μήκους 113 χιλιομέτρων (Σχήμα 2-4) εξυπηρετώντας 2,2 εκατομμύρια επιβάτες/ημέρα (TransMilenio, 2017), ενώ το συνολικό σχέδιο (masterplan) προβλέπει την επέκτασή του στα 388 χλμ. (241 μίλια) αποκλειστικών λεωφορειολωρίδων και κατασκευή σε οκτώ διακριτές φάσεις. Αυτό αναμένεται να πάρει πολλές δεκαετίες και θα εξαρτηθεί από τη διαθέσιμη χρηματοδότηση (Cain et al., 2006, p. vi).

Το συνολικό κόστος προβλέπεται να φθάσει στα $3,320 δισεκατομμύρια συμπεριλαμβανομένων των οχημάτων και του κόστους συλλογής κομίστρου (Cain et al., 2006, p. 35), μόλις 10% περισσότερο από το μετρό 30 χιλιομέτρων, που είχε προηγουμένως προταθεί!

Σε αυτή την περίπτωση χρειάστηκε, επίσης, το κουράγιο ενός εμπνευσμένου Δημάρχου, του Enrique Peñalosa, ο οποίος ακύρωσε τα σχέδια που προϋπήρχαν του TransMilenio και προέβλεπαν διεύρυνση λεωφόρων και υπόγειο μετρό, τις κλασσικές δηλαδή προσεγγίσεις, κατασκευάζοντας το TransMilenio στο κλάσμα του κόστους και πλέον «οι υψηλές επιδόσεις του το καθιστούν εναλλακτική λύση του μετρό σε μία ιδιαίτερα μεγάλη σε πληθυσμό πόλη (…) ρόλο [που] εκπληρώνει έως σήμερα με μεγάλη επιτυχία, αναλαμβάνοντας το 30% του συνόλου των μετακινήσεων με μηχανοκίνητα μέσα» (Παλαντάς & Μαργώνη, 2012, p. 15).



Εικόνα 2-3: Εικόνες από την πόλη της Bogotá πριν και μετά από την κατασκευή του TransMilenio: αστικές αναπλάσεις (Cain et al., 2006, p. 23)

Σύμφωνα με το πρόγραμμα Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) της Παγκόσμιας Τράπεζας, το 2009 «με την υλοποίηση του συστήματος, σημειώθηκε 32% μείωση του συνολικού χρόνου κάθε μετακίνησης, 40% μείωση στις εκπομπές αερίων ρύπων λόγω της απόσυρσης 2.100 παλαιών λεωφορείων δημοσίας χρήσης και 92% μείωση στα ποσοστά ατυχημάτων στις λωρίδες στις οποίες λειτουργούσε το TransMilenio. Η μετά-BRT Bogotá σημείωσε σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων της τάξης του 47% με παράλληλη αύξηση των μετακινήσεων κατά 60%» (ESMAP, 2009, p. 1) και όλα αυτά ενώ το σύστημα συνέχιζε να αναπτύσσεται!

Αξίζει να σημειωθούν και οι αλλαγές τις οποίες επέφερε το σύστημα στο αστικό τοπίο της πόλης και στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως φαίνεται στην ανωτέρω Εικόνα 2-3.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με το Global BRT Data (2009), το κόστος υποδομής ανά χιλιόμετρο ανέρχεται στα $26,53 εκατομμύρια/χλμ.

2.3.2 Το σύστημα TEOR στην πόλη Rouen της Γαλλίας

Σύμφωνα με τον Τσολάκη (2009, p. 51) το σύστημα BRT Transport Est-Ouest Rouennais (TEOR) «παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της εφαρμογής του σε μια Ευρωπαϊκή πόλη, της οποίας τα χαρακτηριστικά βρίσκονται σχετικά κοντά στα αντίστοιχα της Θεσσαλονίκης αλλά και λόγω του τρόπου ένταξής του στο συγκοινωνιακό σύστημα της πόλης και των τεχνολογικών καινοτομιών που ενσωματώνει».

Η πόλη της Rouen είναι η πρωτεύουσα της περιφέρειας της Νορμανδίας στη Γαλλία και σύμφωνα με την απογραφή του 2011 η ευρύτερη μητροπολιτική περιοχή της έχει πληθυσμό 655.013 κατοίκων (Institut National de la Statistique et des Études Économiques [INSEE], 2011).

Το TEOR λειτουργεί συμπληρωματικά με άλλα μέσα μεταφοράς στην πόλη σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο ονομάζεται Métrobus. «Το δίκτυο Métrobus της Rouen συνιστά ένα συνεκτικό και αποτελεσματικό δίκτυο μεταφορών, το οποίο βασίζεται στη συνέργεια τριών συστημάτων μεταφοράς: το ελαφρύ μετρό της Rouen, τις γραμμές TEOR και τις συμβατικές λεωφορειακές γραμμές» (Hue, 2004, p. 20).

Η θέση και η γεωμορφολογία της μητροπολιτικής περιοχής της πόλης της Rouen επέβαλε τους εξής περιορισμούς στην ανάπτυξη του συστήματος LRT το οποίο είχε κατασκευαστεί πριν από το TEOR. Αυτοί είναι οι εξής (Hue, 2004, p. 17):

- διχοτομείται από τον ποταμό Σηκουάνα,
- η ίδια η πόλη Rouen (το κέντρο της μητροπολιτικής περιοχής) περιβάλλεται από υψώματα (με υψομετρικές διαφορές της τάξης των 150 μέτρων από την πόλη), και
- η πόλη διαθέτει ένα ιστορικό κέντρο με πολύ σημαντική ιστορία.

Επιπλέον, σύμφωνα με το Hue (2004, p. 4) «τα τρία αυτά στοιχεία δημιουργούσαν σημαντικές δυσκολίες στη λειτουργία των ΔΑΣ και είχαν εμποδίσει την ανάπτυξη αποτελεσματικών συστημάτων μαζικής μεταφοράς μαζί με: την αστική επέκταση, τη κατακόρυφη αύξηση του δείκτη ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων, την υπερπροσφορά θέσεων στάθμευσης στο κέντρο της πόλης, την κυκλοφοριακή συμφόρηση λόγω της έλλειψης περιφερειακών οδών, την υψηλή κυκλοφορία βαρέων οχημάτων στο κέντρο της πόλης εξαιτίας της έντονης οικονομικής δραστηριότητας και της έλλειψης προτεραιότητας στα μέσα μαζικής μεταφοράς».

Είναι εντυπωσιακό ότι, με την εξαίρεση της υπερπροσφοράς θέσεων στάθμευσης στο κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης, η πόλη έχει το σύνολο σχεδόν των προαναφερόμενων προβλημάτων και κατωτέρω εξετάζονται πιο αναλυτικά τα τρία σημαντικότερα προβλήματα που προαναφέρθηκαν:

- Η Θεσσαλονίκη μπορεί να μη διχοτομείται από κάποιον ποταμό, αλλά το κέντρο της περιορίζεται σημαντικά τόσο από τη θάλασσα όσο και από το Σέιχ-Σου, με αποτέλεσμα ολόκληρο το ιστορικό της κέντρο να αποτελεί σημείο συμφόρησης (bottleneck) ή, όπως πιο ποιητικά έχει αναφερθεί, ως ο κορμός της πόλης «πεταλούδα» (Βούγιας, 1998).
- Ομοίως με τη Rouen, και η Θεσσαλονίκη έχει σημαντικές υψομετρικές διαφορές.
- Ομοίως με τη Rouen, και η Θεσσαλονίκη έχει ένα πολύ σημαντικό ιστορικό κέντρο, το οποίο, μάλιστα, έπαιξε σημαντικό ρόλο στη δυσκολία κατασκευής του μετρό, καθώς αυτό θα έπρεπε να κατασκευαστεί αρκετά πιο βαθιά από ότι θα χρειαζόταν για την προστασία των αρχαιοτήτων, αλλά παρόλα αυτά παρουσιάστηκαν σημαντικά προβλήματα στην κατασκευή κάποιων σταθμών, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα το σταθμό «Βενιζέλου» του μετρό, ο οποίος συνεχίζει να ταλαιπωρεί την πόλη.

Αρχικά επιλέχθηκε η λύση του LRT για τον άξονα Βορρά – Νότου. Ωστόσο με το που ξεκίνησε η λειτουργία του LRT το Δεκέμβριο 1994, η αρχή μεταφορών μελέτησε διάφορες εναλλακτικές για τον άξονα Ανατολής – Δύσης.

Ωστόσο, η λύση θα έπρεπε (Hue, 2004, p. 18):

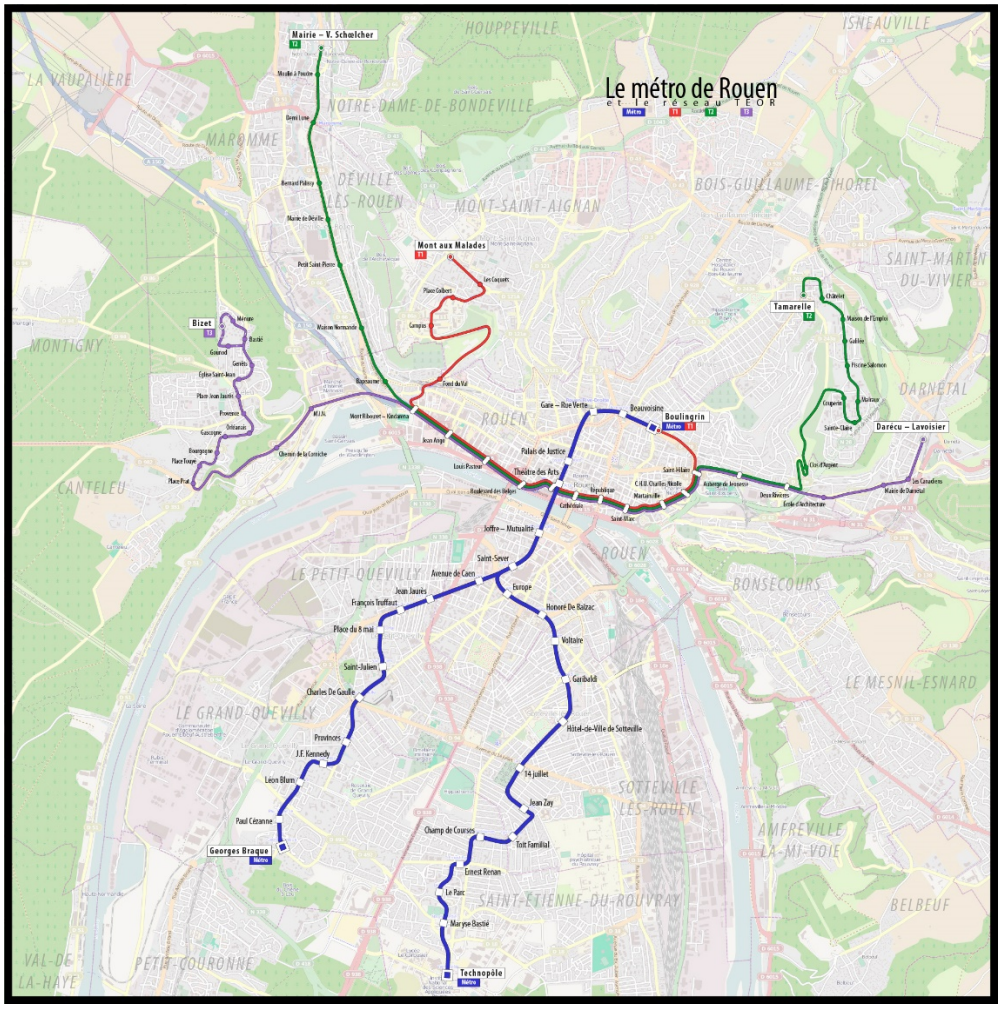
- να διαθέτει χωρητικότητα ικανή να εξυπηρετήσει μια πολυπληθή πανεπιστημιούπολη, το περιφερειακό νοσοκομείο και την περιοχή "Heights Rouen",
- να μπορεί να υπερβαίνει τις κλίσεις για την υπέρβαση των περιοχών της Rouen με υψομετρικές διαφορές των 150 μ.,
- να μπορεί να προσαρμόζεται σε ζήτηση με μεγαλύτερη διακύμανση, λόγω της χαμηλότερης πυκνότητας πληθυσμού και του μικρότερου αριθμού θέσεων εργασίας σε σχέση με τον άξονα Βορρά – Νότου, και
- να είναι χαμηλού κόστους, δεδομένης της υποχρέωσης αποπληρωμής του κόστους κατασκευής του συστήματος LRT και λοιπών υποχρεώσεων.

Όπως και πριν, και ως προς αυτούς τους περιορισμούς η περίπτωση της Rouen ομοιάζει κατά πολύ με την περίπτωση της Θεσσαλονίκης, ιδιαίτερα αν σκεφτεί κανείς την τρέχουσα οικονομική συγκυρία της ελληνικής οικονομίας ως προς τη δυνατότητα χρηματοδότησης. Έτσι, αντί της κατασκευής ενός ακόμα συστήματος LRT για τον άξονα Ανατολής – Δύσης επιλέχθηκε ένα οικονομικότερο σύστημα BRT, το TEOR.

Η σχετική απόφαση ελήφθη τελικά στο τέλος του 1997 και αφορούσε στην κατασκευή ενός συστήματος BRT τριών γραμμών (T1, T2, T3) αποκλειστικής προτεραιότητας, οι οποίες θα ενσωματώνονταν με το σύστημα LRT. Το σύστημα θα προσέφερε καλές λειτουργικές ταχύτητες, συχνότητες ανταπόκρισης και άνεση αντίστοιχη με αυτή του συστήματος LRT και όλα αυτά με διαθέσιμα οικονομικά μέσα και ανταποκρινόμενο στις συγκοινωνιακές ανάγκες των πολιτών (Hue, 2004, p. 18).

Οι προτεινόμενες γραμμές ήταν οι εξής (Hue, 2004, p. 19):

- Γραμμή T1: 16 χλμ. 26 σταθμοί. Από το Mont-Saint-Aignan στη Rouen.
- Γραμμή T2: 12 χλμ. 25 σταθμοί. Από τη Notre-Dame-de-Bondeville στο Bihorel.
- Γραμμή T3: 20 χλμ. 41 σταθμοί, Από το Canteleu στο Darnétal.



Σχήμα 2-5: Το σύστημα Métrobus της Rouen, όπου φαίνεται και το σύστημα TEOR (T1: κόκκινη, T2: πράσινη και T3: μωβ γραμμή) (Nuÿ, 2012)

Ωστόσο, τελικά το αρχικό σχέδιο τροποποιήθηκε (βλ. Σχήμα 2-5) και σήμερα πλέον το TEOR εξυπηρετεί άμεσα πάνω από 175.000 κατοίκους, από τους οποίους οι 90.000 βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 400 μέτρων από κάποια στάση. Εξυπηρετεί, επίσης, μια πληθώρα ελκυστικών προορισμών. Το TEOR σε νούμερα έχει ως εξής (Metropole Rouen Normandie, 2017):

- 56.000 επιβάτες/ημέρα.
- 3 γραμμές στον άξονα Ανατολής – Δύσης 25,6 χλμ.
- 52 στάσεις.
- Συχνότητα δρομολογίων: ενάμιση (1,50) λεπτό στον πυρήνα του συστήματος στις ώρες αιχμής.

Εικόνα 2-4: Το όχημα Néocréalis σε λεωφορειολωρίδα του TEOR, όπου φαίνεται και η σήμανση για το σύστημα TVR (Smiley.toerist, 2013)

Σύμφωνα με τον Τσολάκη (2009, p. 53-54) «το σύστημα διαθέτει διαδρόμους αποκλειστικής χρήσης, εντός του οδικού δικτύου, με ενιαία χαρακτηριστικά, χωρίς φυσικό διαχωρισμό από την υπόλοιπη κυκλοφορία. Ο διαχωρισμός τους γίνεται με χρήση ασφάλτου διαφορετικού χρώματος και κατάλληλη σήμανση. Επίσης, εφαρμόστηκαν διάφοροι τύποι διαδρόμων κίνησης αναφορικά με τη θέση τους στην οδό, κατά τμήματα, στο άκρο, στο μέσο ή σε ολόκληρο το πλάτος της οδού. Τέλος, πάνω στους διαδρόμους βρίσκεται ειδική σήμανση, για χρήση από το σύστημα οπτικής καθοδήγησης». Το σύστημα οπτικής καθοδήγησης στο οποίο γίνεται αναφορά, είναι το Transport sur Voie Reservée (TVR) (Hue, 2004, p. 18).

Το σύστημα TVR του TEOR λειτουργεί ως εξής: «Μια κάμερα, τοποθετημένη συνήθως πίσω από το αλεξήνεμο, διαβάζει κωδικοποιημένη σήμανση στο οδόστρωμα, η οποία υποδεικνύει την ιδανική διαδρομή. Στη συνέχεια, ένας υπολογιστής επεξεργάζεται αυτή την εικόνα, εντοπίζει τα κενά και διορθώνει την πορεία του οχήματος, μέσω της δράσης ηλεκτροκινητήρα στον άξονα του τιμονιού. Το σύστημα έτσι πετυχαίνει ακρίβεια στην προσέγγιση των αποβάθρων στις στάσεις και βελτιώνει την ασφάλεια κατά την πορεία του οχήματος» (Τσολάκης, 2009, p. 54). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν πρόκειται για αυτόνομα οχήματα χωρίς οδηγό, αλλά για σύστημα υποβοήθησης προσέγγισης των αποβάθρων από τους οδηγούς (βλ. Εικόνα 2-4).

Σε σχέση με τα οχήματα, το TERO ξεκίνησε τη λειτουργία του με συμβατικά λεωφορεία ντίζελ, χαμηλού δαπέδου, με σύστημα TVR της Irisbus (Τσολάκης, 2009, p. 54). Ωστόσο, «από το 2012, 37 οχήματα "Néocréalis" [Εικόνα 3-4] προσφέρουν στους επιβάτες καλύτερη άνεση ταξιδιού, η οποία οφείλεται στα εξής:

- Ενσωματωμένο χαμηλό δάπεδο για τη διευκόλυνση της κίνησης των ατόμων με μειωμένη κινητικότητα.
- Περισσότερος χώρος στο εσωτερικό του οχήματος για την επιβίβαση περισσότερων επιβατών αλλά και πιο άνετη διαδρομή.
- Θύρες ολίσθησης, όμοιες με τα νέα οχήματα των υπογείων τρένων, για περισσότερο χώρο για τους επιβάτες στο εσωτερικό των οχημάτων. Οι θύρες αυτές είναι εξοπλισμένες με φωτεινές ακτίνες, οι οποίες εντοπίζουν τους επιβάτες που επιβιβάζονται και αποβιβάζονται και έτσι δεν κλείνουν κατά την επιβίβαση και αποβίβαση. Τέλος, ένα ηχητικό σήμα σημαίνει το κλείσιμο των θυρών.
- Παρουσία τεσσάρων (4) μηχανημάτων επικύρωσης εισιτηρίων, συμπεριλαμβανομένου ενός για χρήστες αναπηρικού αμαξιδίου.
- Καλύτερη πληροφόρηση με την παρουσία δύο (2) Thin-Film-Transistor (TFT) οθονών ανά όχημα.
- Περισσότερη φωτεινότητα εξ αιτίας των μεγάλων υάλινων θυρών και των υάλινων καταπακτών της οροφής του οχήματος.
- Όπως στα νέα οχήματα των υπογείων τρένων, ο χρωματισμός των οχημάτων TEOR είναι πλέον λευκός, διακοσμημένος με εμβληματικές εικόνες της μητρόπολης στα παράθυρα» (Metropole Rouen Normandie, 2017).

Σε σχέση με τις προαναφερόμενες ομοιότητες με τη Θεσσαλονίκη, το ενδιαφέρον που παρουσιάζει το TEOR, εκτός από το TVR, είναι και η επιτυχημένη ενσωμάτωσή του με το δίκτυο LRT και τα συμβατικά λεωφορεία σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα ΔΑΣ. Στο σύστημα αυτό, με την ονομασία Métrobus, τα τρία (3) μέσα μεταφοράς συνεργάζονται και αλληλοσυμπληρώνονται, ανταποκρινόμενα στα προβλήματα λόγω της γεωμορφολογίας της περιοχής και τις απαιτήσεις για την παροχή υπηρεσιών μαζικής μεταφοράς υψηλού επιπέδου. Ομοίως, και στην περίπτωση της Θεσσαλονίκης στην οποία έχει ήδη δρομολογηθεί η κατασκευή και άλλου συστήματος μαζικής μεταφοράς, του μετρό, θα πρέπει να ακολουθηθεί η ίδια λογική.

Επιπλέον, η επιλογή του BRT συστήματος TEOR από την πόλη της Rouen και η πορεία του έως τώρα, δείχνει ότι μία μητροπολιτική περιοχή ακόμα και σε περιόδους οικονομικής δυσχέρειας, όπως η τρέχουσα, με περιορισμένους οικονομικού πόρους, μπορεί να καλύψει την αυξημένη συγκοινωνιακή ζήτηση για μεταφορά μέσω ενός αξιόπιστου λεωφορειακού συστήματος ΔΑΣ χαμηλού κόστους, δηλαδή με ένα σύστημα BRT.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με το Global BRT Data (2011) το συνολικό κόστος ανά χιλιόμετρο ανέρχεται στα $8,3 εκατομμύρια/χλμ.

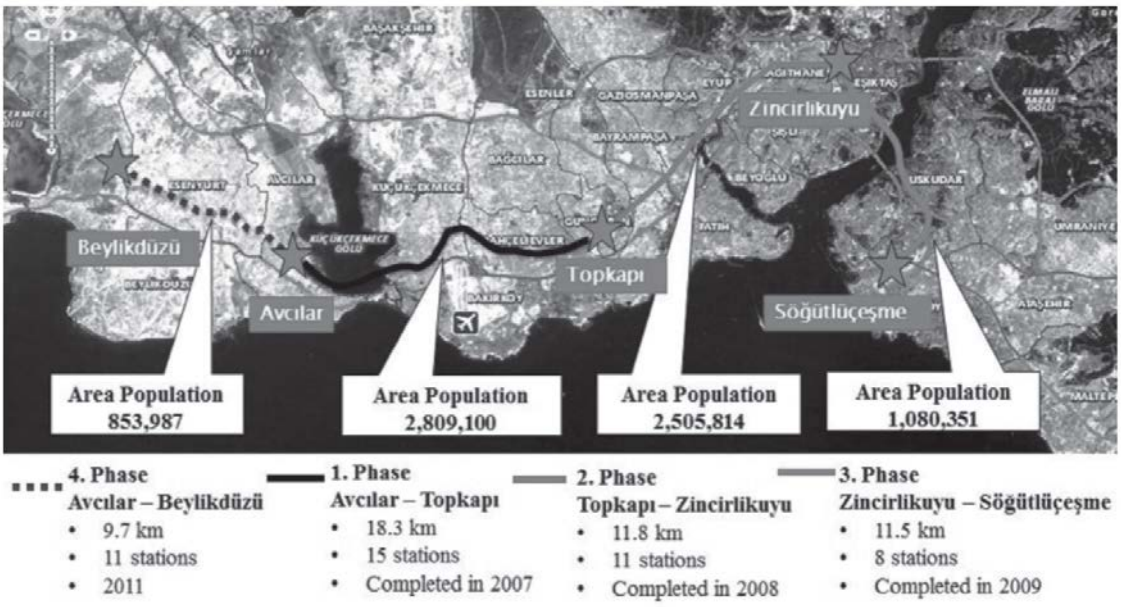
2.3.3 Το σύστημα Metrobüs στην Κωνσταντινούπολη της Τουρκίας

Μια ακόμα περίπτωση ειδικού ενδιαφέροντος για την πόλη της Θεσσαλονίκης είναι το σύστημα BRT της Κωνσταντινούπολης στην Τουρκία, με το όνομα Metrobüs. Η Κωνσταντινούπολη μπορεί να έχει πολύ μεγαλύτερο πληθυσμό και μέγεθος από τη Θεσσαλονίκη, αλλά είναι πόλη με πολλά κοινά ιστορικά στοιχεία με τη Θεσσαλονίκη και εύκολα επισκέψιμη από αυτή, ώστε ο καθένας να μπορεί να διαμορφώσει άποψη σχετικά με το σύστημα. Επιπλέον, είναι το πιο κοντινό σύστημα BRT στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Σύμφωνα με την απογραφή του 2010, η Κωνσταντινούπολη έχει πάνω από 13 εκατομμύρια κατοίκους, ενώ ο πληθυσμός της ευρύτερης περιοχής είναι αρκετά μεγαλύτερος. Ο δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων είναι γενικά μικρότερος από τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές πόλεις· το 2008 κυμαινόταν στα 134 ΙΧ αυτοκίνητα ανά 1.000 κατοίκους (Yazici, Levinson, Ilicali, Camkesen, & Kamga, 2013, p. 154-155).

Οι κάτοικοι έχουν μεγάλη εξάρτηση από το σύστημα ΔΑΣ, καθώς το 53% των κατοίκων χρησιμοποιεί ένα ή περισσότερα συστήματα ΔΑΣ, μεταξύ των οποίων τρένο καθημερινής συγκοινωνίας, μετρό, LRT καθώς και ένα εκτεταμένο σύστημα μικρών λεωφορείων (minibuses), χωρητικότητας περίπου 15 θέσεων και dolmuş (που στην τουρκική γλώσσα σημαίνει «γεμάτο»), χωρητικότητας περίπου 10 θέσεων. Και τα δύο μέσα είναι ιδιωτικά αλλά ρυθμίζονται από το Δήμο Κωνσταντινούπολης. Τα μικρά λεωφορεία και τα dolmuş κινούνται σε γραμμές χωρίς πρόγραμμα και για την αναχώρησή τους αναμένουν στην αφετηρία μέχρι να γεμίσει το όχημα. Τα μικρά λεωφορεία επιβιβάζουν και αποβιβάζουν επιβάτες κατά τη διαδρομή, ενώ τα dolmuş συνήθως κατευθύνονται χωρίς στάσεις έως τον τελικό προορισμό τους (Yazici et al., 2013, p. 155).

Το Metrobüs ξεκίνησε τη λειτουργία του το έτος 2007. Ένας λεωφορειόδρομος με σταθμούς σε νησίδες κατασκευάστηκε κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου D100 με την αφαίρεση μιας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Τα λεωφορεία κινούνται αντίθετα προς το ρεύμα κυκλοφορίας για τη μείωση του κόστους και την τήρηση του χρονοδιαγράμματος κατασκευής. Το σύστημα χρησιμοποιεί συμβατικά λεωφορεία με θύρες στη δεξιά πλευρά. Ολόκληρο το σύστημα Metrobüs έχει αποκλειστική προτεραιότητα με την εξαίρεση της μικτής κυκλοφορίας στη Γέφυρα του Βοσπόρου. Το Metrobüs έχει επεκταθεί προοδευτικά σε τέσσερις φάσεις (Σχήμα 2-6) (Yazici et al., 2013, p. 155).



Σχήμα 2-6: Οι τέσσερις φάσεις κατασκευής του συστήματος Metrobüs της Κωνσταντινούπολης (Yazici et al., 2013, p. 156)

Η 4η Φάση κατασκευής αύξησε το μήκος του συστήματος από τα 42 στα 51,3 χλμ. Το κόστος του έργου για τις τρεις (3) πρώτες φάσεις ανήλθε στα $366 εκατομμύρια, κάτι που μεταφράζεται γύρω στα $9 εκατομμύρια ανά χλμ. και σε $466 εκατομμύρια συνολικού κόστους κατασκευής μετά από την ολοκλήρωση και της 4ης Φάσης (Yazici et al., 2013, p. 158).

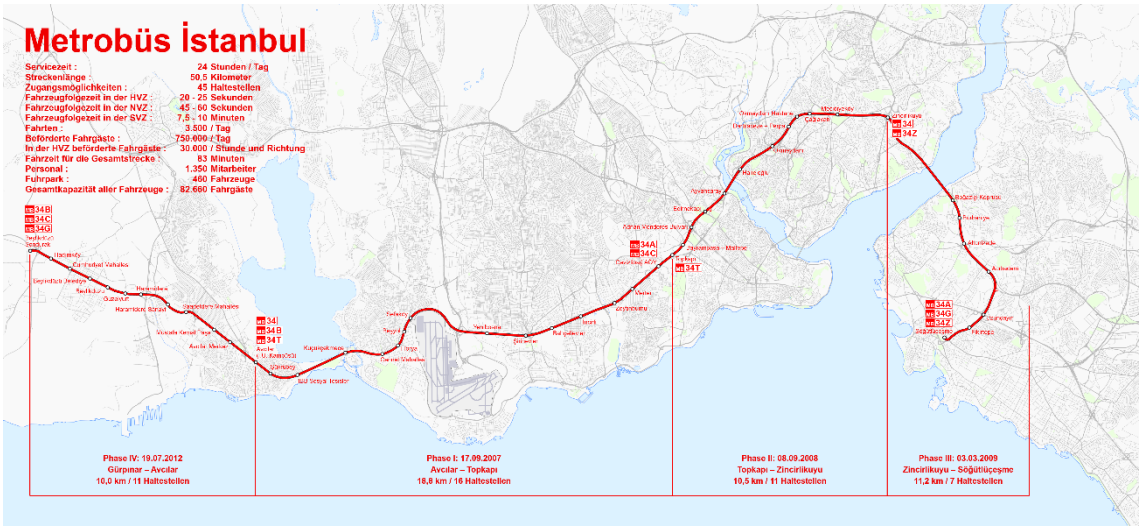
Το Metrobüs ξεκίνησε με 3.250.000 επιβάτες/μήνα τον Ιανουάριο 2008; ενώ το Μάιο 2011 έφτασε να εξυπηρετεί 17.300.000 επιβάτες/μήνα, δηλαδή αύξηση κατά 530% σε λιγότερο από 3,5 έτη. Αυτά τα μεγέθη κάνουν το Metrobüs ένα από τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα συστήματα BRT στον κόσμο (Yazici et al., 2013, p. 158).

Ο κατωτέρω Πίνακας 2-2 παρουσιάζει κάποια βασικά στοιχεία του συστήματος Metrobüs κατά το έτος 2011, σύμφωνα με στοιχεία του Τμήματος Μεταφορών του Μητροπολιτικού Δήμου Κωνσταντινούπολης.

Μέγιστο σημείο χωρητικότητας, ώρα αιχμής, στην κατεύθυνση με τους περισσότερους επιβάτες	30.000/ώρα ανά κατεύθυνση
Επιβάτες ανά ημέρα	600.000
Αριθμός οχημάτων/δρομολογίων ανά ημέρα	3.300 δρομολόγια ανά ημέρα
Συχνότητα ώρας αιχμής	15-20 δευτερόλεπτα
Συχνότητα σε ώρα μη αιχμής	45-60 δευτερόλεπτα
Συχνότητα κατά τη νύκτα (1:00-5:00 π.μ.)	30 λεπτά
Μέγιστος χρόνος διαδρομής μεταξύ των τερματικών	63 λεπτά
Συνολικό μήκος λεωφορειόδρομου Metrobüs	42 χλμ.
Συνολικός αριθμός οχημάτων	315
Συνολικός αριθμός στάσεων/σταθμών	33
Μέση απόσταση μεταξύ στάσεων/σταθμών	1,2 χλμ.
Μέγιστες ώρες λειτουργίας	24/7
Συνολικός αριθμός προσωπικού	845

Πίνακας 2-2: Σύνοψη στοιχείων για το Metrobüs το έτος 2011 (Yazici et al., 2013, p. 160)

Στο κατωτέρω Σχήμα 2-7 φαίνεται η σημερινή χάραξη του Metrobüs και ανά φάση χάραξης.



Σχήμα 2-7: Η χάραξη του συστήματος Metrobüs στην πόλη της Κωνσταντινούπολης (Dörrbecker, 2013)

Ο κατωτέρω Πίνακας 2-3 έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς παρουσιάζει τη γνώμη των επιβατών σχετικά με τους λόγους χρήσης του Metrobüs το 2011, σύμφωνα με έρευνα της Αρχής Δημοσίων Μεταφορών της Κωνσταντινούπολης. Όπως φαίνεται από το άθροισμα που είναι 100%, η απάντηση μπορούσε να είναι μόνο μία και το ερώτημα ήταν ποιος ήταν ο πιο σημαντικός λόγος χρήσης του συστήματος από τον ερωτώμενο.

Λόγοι χρήσης Metrobüs	**Συχνότητα (πολλαπλές επιλογές)**	**%**
Ταχύτητα	731	35,9%
Χωρίς κυκλοφοριακή συμφόρηση	730	35,9%
Οικονομικό	149	7,3%
Άνεση	44	2,2%
Συχνότητα εξυπηρέτησης	132	6,5%
Δεν έχω εναλλακτική…	201	9,9%
24ωρη λειτουργία	44	2,2%
Ασφάλεια	3	0,1%
Σύνολο	2.034	100,0%

Πίνακας 2-3: Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή του Metrobüs (Yazici et al., 2013, p. 162)

Όπως φαίνεται οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους οι επιβάτες επιλέγουν το Metrobüs είναι οι ίδιοι για τους οποίους θα επέλεγαν και ένα σύστημα μετρό, δηλαδή ταχύτητα και ανυπαρξία κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Σύμφωνα με το Global BRT Data (2013), το Metrobüs εξυπηρετεί πλέον 750.000 επιβάτες/ημέρα, 225.000.000 επιβάτες/έτος και εκτείνεται σε μήκος 52 χλμ. με συνολικό κόστος ανά χιλιόμετρο $9,084 εκατομμύρια/χλμ.

2.4 Δομικά στοιχεία ΛΣΥΕΕ

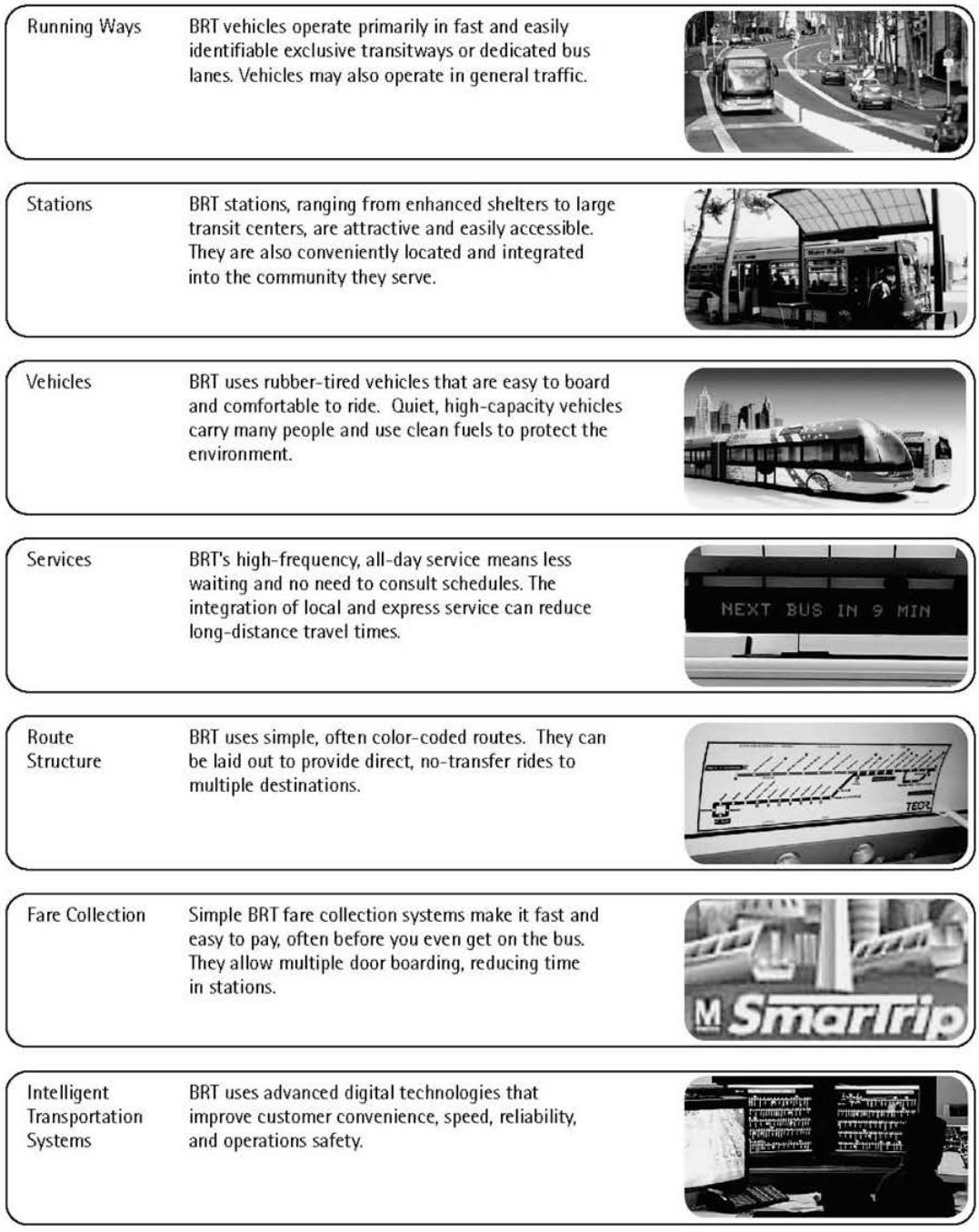
Από τις μελέτες περιπτώσεων που αναλύθηκαν ανωτέρω, προκύπτει το ερώτημα «τι συνιστά ένα σύστημα BRT»; Στο ερώτημα αυτό δεν υπάρχει μοναδική απάντηση, καθώς ενδεχομένως να πρόκειται για το πιο ευέλικτο σύστημα ΔΑΣ μαζικής μεταφοράς και κατά συνέπεια οι τρόποι υλοποίησής του ποικίλουν. Τα οχήματα μπορεί να είναι συμβατικά ή μη συμβατικά, οι λεωφορειολωρίδες μπορεί να είναι ανυψωμένες σε σχέση με το υπόλοιπο οδόστρωμα και αποκλειστικής κυκλοφορίας ή στο ίδιο επίπεδο και σε διάφορα σημεία μικτής κυκλοφορίας, ο βαθμός ενσωμάτωσης ITS μπορεί να είναι διαφορετικός ανάλογα με την περίπτωση και τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε περιοχής κτλ. Για την ακρίβεια, κάθε υλοποίηση BRT θα πρέπει να απαντά και να δίνει λύσεις προσαρμοσμένες στις τοπικές συνθήκες (γεωμορφολογίας, πολεοδομίας, χωροταξίας, κυκλοφορίας και οικονομίας) για τη μεγιστοποίηση της σχέσης οφέλους/κόστους του προς υλοποίηση συστήματος.

Ωστόσο, διάφοροι ερευνητές και φορείς έχουν προβεί στο διαχωρισμό κάποιων βασικών δομικών στοιχείων που συνιστούν ένα σύστημα BRT και, μάλιστα, έχει αναπτυχθεί ακόμα και μια μεθοδολογία κατηγοριοποίησής τους ανάλογα με το πως και το πόσο το κάθε σύστημα BRT ενσωματώνει αυτά τα δομικά στοιχεία.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το TRB τα κύρια χαρακτηριστικά ενός συστήματος BRT είναι επτά (7), φαίνονται στο Σχήμα 2-8 και συμπεριλαμβάνουν τα εξής (Danaher, Levinson, & Zimmerman, 2007, p. 1-2):

1. Αποκλειστικοί (μόνο για λεωφορεία) διάδρομοι κυκλοφορίας (κατά προτίμηση φυσικά διαχωρισμένοι από την υπόλοιπη κυκλοφορία).
2. Προσβάσιμες, ασφαλείς και ελκυστικές στάσεις.
3. Οχήματα με εύκολη επιβίβαση, ελκυστικά και φιλικά προς το περιβάλλον.

4. Συχνή (τακτική) ολοήμερη εξυπηρέτηση.
5. Διακριτή ταυτότητα του συστήματος.
6. Αποτελεσματική (π.χ. εκτός οχήματος) συλλογή κομίστρου.
7. Εφαρμογές ITS για την παροχή πληροφόρησης επιβάτη σε πραγματικό χρόνο, παραχώρησης προτεραιότητας με τη χρήση φωτεινών σηματοδοτών και υπηρεσίες διαχείρισης και ελέγχου.



Σχήμα 2-8: Τα επτά (7) βασικά δομικά στοιχεία ενός συστήματος BRT (Levinson et al., 2002, p. 3; Levinson et al., 2003, p. 13)

Τόσο από τα ανωτέρω κριτήρια όσο και από τις μελέτες περιπτώσεων που εξετάστηκαν, γίνεται σαφές ότι το τι είναι και το τι δεν είναι σύστημα BRT είναι αρκετά σχετικό. Συνεπώς, προέκυψε η ανάγκη τυποποίησης του BRT και ανάπτυξης μια μεθοδολογίας αξιολόγησης των συστημάτων, η οποία παράλληλα θα λειτουργεί και ως οδηγός για την υλοποίηση συστημάτων BRT στις διάφορες πόλεις σύμφωνα με τις ανάγκες τους, δίνοντάς τους ένα παράλληλο κίνητρο για την κατά το δυνατό σύγκλιση προς την καλύτερη δυνατή υλοποίηση.

Σε αυτή την ανάγκη ήρθε να απαντήσει το ITDP με την ανάπτυξη του BRT Standard (2016). Κεντρικό ρόλο στο BRT Standard παίζει η έννοια του «διαδρόμου», ο οποίος ορίζεται ως εξής: «Ένα τμήμα της οδού ή συνεχόμενες οδοί οι οποίες εξυπηρετούνται από μια ή περισσότερες λεωφορειακές γραμμές ελαχίστου μήκους 3 χλμ. (1,9 μιλίων) με λεωφορειολωρίδες αποκλειστικής χρήσης» (ITDP, 2016, p. 26). Ο λόγος για τον οποίο ο ορισμός είναι ποσοτικοποιημένος έχει να κάνει με τις ανάγκες του BRT Standard ως συστήματος αξιολόγησης, όπως θα αναλυθεί εκτενέστερα κατωτέρω όπου και θα επαναληφθεί η διατύπωση του ορισμού στο γενικότερο πλαίσιό του. Σε κάθε περίπτωση, ο BRT διάδρομος δεν θα πρέπει να συγχέεται με την BRT λεωφορειολωρίδα, καθώς σε ένα διάδρομο μπορεί να υπάρχουν πολλές BRT λεωφορειολωρίδες.

Σύμφωνα με το ITDP (2016, p. 6) «το BRT Standard αναπτύχθηκε για τη δημιουργία ενός κοινού ορισμού του BRT και για την αναγνώριση BRT διαδρόμων υψηλής ποιότητας σε ολόκληρο τον κόσμο. Επίσης, λειτουργεί ως ένα τεχνικό εργαλείο καθοδήγησης και ενθάρρυνσης των Δήμων να λάβουν υπ' όψιν όλα τα βασικά χαρακτηριστικά των καλύτερων BRT διαδρόμων κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού. Παρά την αυξανόμενη επικράτηση, προβολή και επιτυχία του BRT, πολλοί έχουν άγνοια των χαρακτηριστικών των καλύτερων BRT διαδρόμων και της ικανότητάς τους να παράσχουν επίπεδα εξυπηρέτησης τα οποία τυπικά σχετίζονται περισσότερο με συστήματα μετρό και υπόγειου σιδηροδρόμου. Πριν από την εμφάνιση του BRT Standard δεν υπήρχε συναίνεση ως προς το τι συνιστά ένα BRT, γεγονός που δημιουργούσε σύγχυση σχετικά με την ιδέα». Ένα ακόμα πρόβλημα στο οποίο αναφέρεται το ITDP, είναι ότι η έλλειψη ενός τρόπου ελέγχου ποιότητας των υλοποιούμενων συστημάτων BRT ανά τον κόσμο, πολλές φορές οδηγούσε σε χαμηλής ποιότητας υλοποιήσεις, οι οποίες ονομάστηκαν "BRT", ή στη μη ενσωμάτωση βασικών στοιχείων στο σχεδιασμό των διαδρόμων BRT για οικονομικούς ή πολιτικούς λόγους.

Αυτό είχε συχνά ως αποτέλεσμα μια προτίμηση για το σιδηρόδρομο εκεί όπου το BRT θα μπορούσε να είναι μια εφάμιλλη, οικονομικότερη και παρόμοιας κομψότητας λύση. Το BRT Standard έχει ως στόχο να απαντήσει σε αυτό το πρόβλημα με την ανάπτυξη ενός κοινού ορισμού του BRT και των βασικών του στοιχείων, καθώς και μιας κοινής κατανόησης του αναμενόμενου επιπέδου εξυπηρέτησης, ταχύτητας και ποιότητας εξυπηρέτησης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τα οποία θα ενσωματώνονται στο σύστημα (ITDP, 2016, p. 6).

BRT Standard	**Περιγραφή**
Χρυσό BRT Standard 85 ≤ Βαθμοί	Το Χρυσό BRT Standard είναι συνεπές σχεδόν ως προς όλες τις απόψεις με τις διεθνείς βέλτιστες πρακτικές. Αυτοί οι διάδρομοι επιτυγχάνουν το υψηλότερο επίπεδο επιχειρησιακής αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας, ενώ παρέχουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες. Το χρυσό επίπεδο είναι εφικτό σε κάθε διάδρομο με ικανή ζήτηση για να δικαιολογεί την επένδυση σε BRT. Αυτοί οι διάδρομοι έχουν τη μεγαλύτερη ικανότητα να εμπνεύσουν το κοινό, καθώς και άλλες πόλεις.
Αργυρό BRT Standard 70 ≤ Βαθμοί ≤ 84,9	Το Αργυρό BRT Standard περιλαμβάνει τα περισσότερα από τα στοιχεία των διεθνών καλών πρακτικών και είναι πιθανό να είναι οικονομικό σε κάθε διάδρομο με ικανή ζήτηση για να δικαιολογεί την επένδυση σε BRT. Αυτοί οι διάδρομοι επιτυγχάνουν υψηλή επιχειρησιακή απόδοση και ποιότητα υπηρεσιών.
Χάλκινο BRT Standard 55 ≤ Βαθμοί ≤ 69,9	Το Χάλκινο BRT Standard συναντά με στέρεο τρόπο τον ορισμό του BRT και στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι συνεπές με τις διεθνείς καλές πρακτικές. Το Χάλκινο BRT Standard έχει κάποια χαρακτηριστικά τα οποία το ανυψώνουν πάνω από τα στοιχειώδη του BRT, επιτυγχάνοντας υψηλότερες επιχειρησιακές αποδόσεις και ποιότητα υπηρεσιών από το βασικό BRT.

Βασικό BRT	Το βασικό BRT αναφέρεται σε ένα πυρήνα υποσυνόλου των στοιχείων που η Τεχνική Επιτροπή [του BRT Standard] θεωρεί απαραίτητα για τον ορισμό του BRT. Αυτό το ελάχιστο των απαιτήσεων είναι η προϋπόθεση για τις κατηγορίες, Χρυσό, Αργυρό και Χάλκινο.

Πίνακας 2-4: Η βαθμολογία του BRT Standard (ITDP, 2016, p. 11)

Ο ανωτέρω Πίνακας 2-4 παρουσιάζει τις τρεις (3) κατηγορίες του BRT Standard (Χρυσό, Αργυρό και Χάλκινο) στις οποίες κατατάσσονται τα συστήματα BRT που αξιολογούνται με το BRT Standard εφόσον πληρούν τα κριτήρια.

Στους κατωτέρω πίνακες παρουσιάζεται η βαθμολόγηση όλων των κατηγοριών του BRT Standard, δηλαδή των βασικών στοιχείων του BRT (Πίνακας 2-5), του σχεδιασμού της υπηρεσίας του συστήματος (Πίνακας 2-6), της υποδομής του συστήματος (Πίνακας 2-7), των σταθμών του συστήματος (Πίνακας 2-8), της επικοινωνίας του συστήματος (Πίνακας 2-9), της πρόσβασης και ενσωμάτωσης του συστήματος (Πίνακας 2-10) και των αφαιρέσεων από τη συνολική βαθμολογία (Πίνακας 2-11).

Κατηγορία	**Μέγιστο βαθμολογίας**
Βασικά του BRT	**38**
Αποκλειστική προτεραιότητα	8
Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας	8
Συλλογή κομίστρου εκτός οχήματος	8
Διαχείριση διασταυρώσεων	7
Ισόπεδη επιβίβαση	7

Πίνακας 2-5: Βαθμολόγηση βασικών στοιχείων του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)

Κατηγορία	**Μέγιστο βαθμολογίας**
Σχεδιασμός υπηρεσίας	**19**
Πολλαπλή δρομολόγηση	4
Express, περιορισμένων στάσεων και τοπική εξυπηρέτηση	3
Κέντρο ελέγχου	3
Εντός των 10 πρώτων διαδρόμων	2
Προφίλ ζήτησης	3
Ώρες λειτουργίας	2
Δίκτυο πολλών διαδρόμων	2

Πίνακας 2-6: Βαθμολόγηση σχεδιασμού υπηρεσίας του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)

Κατηγορία	**Μέγιστο βαθμολογίας**
Υποδομή	**13**
Λωρίδες παράκαμψης σε σταθμούς	3
Ελαχιστοποίηση εκπομπών λεωφορείων	3
Στάσεις σε απόσταση από τις διασταυρώσεις	3
Κεντρικοί σταθμοί	2
Ποιότητα οδοστρώματος	2

Πίνακας 2-7: Βαθμολόγηση υποδομής του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)

Κατηγορία	**Μέγιστο βαθμολογίας**
Σταθμοί	**10**
Αποστάσεις μεταξύ των σταθμών	2
Ασφαλείς και ελεγχόμενοι σταθμοί	3
Αριθμός θυρών του λεωφορείου	3
Αποβάθρες και στάσεις	1
Ολισθαίνουσες θύρες στις αποβάθρες	1

Πίνακας 2-8: Βαθμολόγηση σταθμών του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)

Κατηγορία	**Μέγιστο βαθμολογίας**
Επικοινωνία	**5**
Επωνυμία (branding)	3
Πληροφόρηση επιβατών	2

Πίνακας 2-9: Βαθμολόγηση επικοινωνίας του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)

Κατηγορία	**Μέγιστο βαθμολογίας**
Πρόσβαση και ενσωμάτωση	**15**
Σχεδιασμός για Όλους	3
Ενσωμάτωση με λοιπές ΔΑΣ	3
Πρόσβαση πεζή και ασφάλεια	4
Ασφαλής στάθμευση ποδηλάτων	2
Ποδηλατοδρόμοι	2
Ενσωμάτωση με σύστημα κοινοχρήστων ποδηλάτων	1

Πίνακας 2-10: Βαθμολόγηση πρόσβασης και ενσωμάτωσης του συστήματος σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)

Κατηγορία	**Μέγιστο βαθμολογίας**
Αφαιρέσεις	**-63**
Εμπορικές ταχύτητες	-10
Μέγιστο επιβατών ανά ώρα και κατεύθυνση < 1.000	-5
Ελλιπής επιβολή προτεραιότητας	-5
Σημαντικό κενό μεταξύ λεωφορείου / αποβάθρας	-5
Υπερπλήρωση	-5
Πλημμελώς συντηρημένη υποδομή	-14
Χαμηλή συχνότητα κατά την αιχμή	-3
Χαμηλή συχνότητα εκτός αιχμής	-2
Επιτρέπεται η μη ασφαλής χρήση ποδηλάτων	-2
Έλλειψη δεδομένων οδικής ασφάλειας	-2
Λεωφορεία παράλληλα με το διάδρομο BRT	-6
Συνωστισμός λεωφορείων	-4

Πίνακας 2-11: Βαθμολόγηση αφαιρέσεων σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 25)

Θα πρέπει να τονιστεί ότι το BRT Standard εφαρμόζεται σε διαδρόμους BRT και όχι συνολικά στα συστήματα. Έτσι, αν και σε σπάνιες περιπτώσεις, ένα σύστημα BRT μπορεί να έχει κάποιους διαδρόμους Αργυρού BRT Standard και άλλους Χρυσού. Βέβαια, συνήθως τα συστήματα BRT ακολουθούν μια ενιαία λογική σχεδιασμού και άρα οι διάδρομοί τους είναι παρόμοιοι. Επιπλέον, η αξιολόγηση των συστημάτων βάσει του BRT Standard είναι προφανώς προαιρετική.

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του BRT Standard θα αναλυθεί κάπως περισσότερο η πρώτη κατηγορία βαθμολόγησης, δηλαδή τα βασικά του BRT.

Καταρχάς ορίζεται ο διάδρομος BRT:

«Το BRT Standard εφαρμόζεται κυρίως σε συγκεκριμένους διαδρόμους BRT από ότι συνολικά σε συστήματα BRT. Αυτό συμβαίνει επειδή η ποιότητα του BRT σε πόλεις με πολλούς διαδρόμους μπορεί να διαφέρει σημαντικά. Για τις ανάγκες του BRT Standard, ο διάδρομος BRT ορίζεται ως εξής:

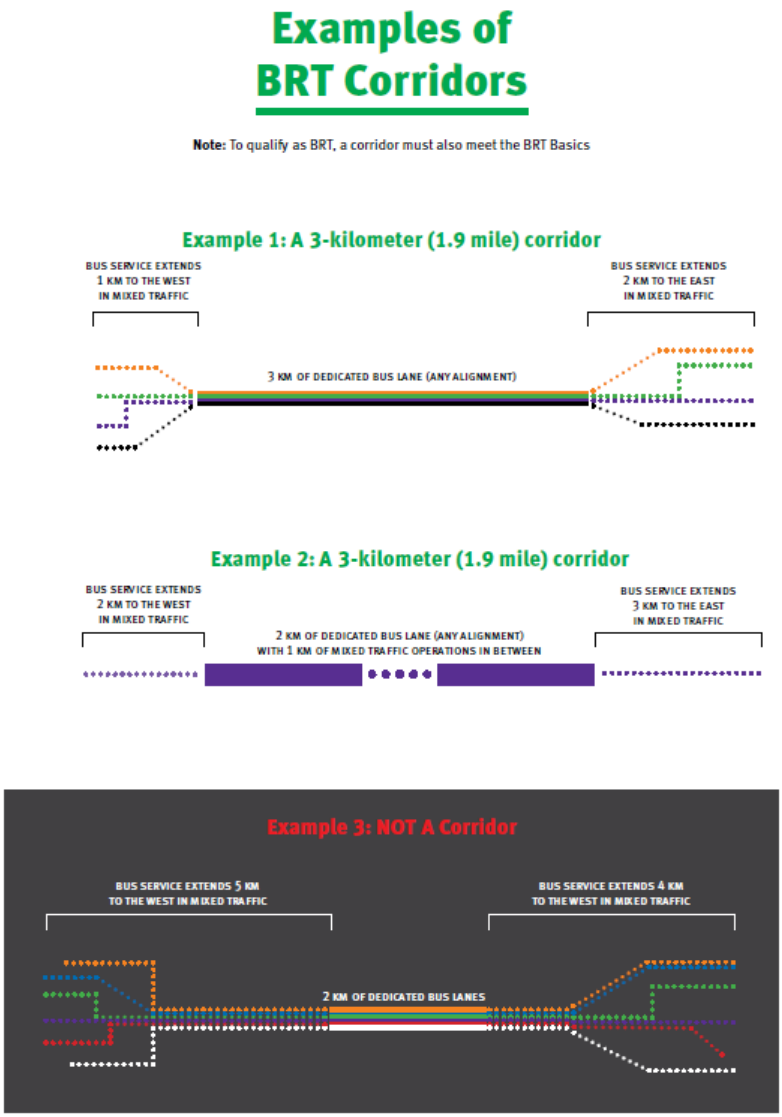
> *"Ένα τμήμα της οδού ή συνεχόμενες οδοί οι οποίες εξυπηρετούνται από μια ή περισσότερες λεωφορειακές γραμμές ελαχίστου μήκους 3 χλμ. (1,9 μιλίων) με λεωφορειολωρίδες αποκλειστικής χρήσης".*

Ο κύριος λόγος για τον οποίο ο διάδρομος ορίζεται με αυτόν τον τρόπο είναι ότι σε μερικές πόλεις το BRT δεν έχει προτεραιότητα έναντι της υπόλοιπης κυκλοφορίας (αυτοκίνητα), κάτι που είναι ουσιαστικό στοιχείο της ταχείας συγκοινωνίας που βελτιώνει τόσο την αποτελεσματικότητα όσο και το κόστος. Για την αποφυγή επιβράβευσης διαδρόμων για τους οποίους δεν έχει γίνει αυτή η πολιτική επιλογή, οι διάδρομοι θα πρέπει να έχουν οριστεί ως διάδρομοι οι οποίοι συμπεριλαμβάνουν λεωφορειολωρίδες αποκλειστικής χρήσης.

Οι διακλαδώσεις –μικρά τμήματα λεωφορειολωρίδων αποκλειστικής χρήσης οι οποίες συνδέονται στο μέσο μιας κύριας λεωφορειολωρίδας– θεωρούνται τμήμα της κύριας λεωφορειολωρίδας εάν είναι μικρότερες από τρία χιλιόμετρα (1,9 μίλια) σε μήκος. Παρόμοια τμήματα λεωφορειολωρίδων αποκλειστικής χρήσης που είναι μήκους πάνω από τρία χιλιόμετρα (1,9 μίλια) θεωρούνται ξεχωριστοί διάδρομοι» (ITDP, 2016, p. 26).

Τα «Βασικά του BRT» είναι «ένα σύνολο στοιχείων τα οποία η Τεχνική Επιτροπή του BRT Standard θεωρεί στοιχειώδη για τον ορισμό ενός διαδρόμου ως BRT. Τα πέντε αυτά στοιχεία συνδράμουν με τον πιο κρίσιμο τρόπο στην εξάλειψη των αιτιών καθυστερήσεων λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης, συγκρούσεων με άλλα οχήματα και την επιβίβαση και αποβίβαση των επιβατών, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την αποδοτικότητα και μειώνοντας τα λειτουργικά κόστη. Είναι κρίσιμης σημασίας για τη διαφοροποίηση του BRT από την τυπική λεωφορειακή εξυπηρέτηση» (ITDP, 2016, p. 26).

Τα πέντε στοιχειώδη στοιχεία του BRT (και η μέγιστή τους βαθμολογία) φαίνονται ανωτέρω (Πίνακας 2-5) και ένα παράδειγμα υλοποίησης διαδρόμου BRT καθώς και ένα αντιπαράδειγμα στο κατωτέρω Σχήμα 2-9.



Σχήμα 2-9: Παράδειγμα και αντιπαράδειγμα διαδρόμου BRT σύμφωνα με το BRT Standard (ITDP, 2016, p. 27)

Από τα πέντε αυτά στοιχεία, «ένας διάδρομος θα πρέπει να βαθμολογηθεί με τουλάχιστον 4 τόσο στο στοιχείο "Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας" όσο και στο στοιχείο "Αποκλειστική προτεραιότητα" ΚΑΙ θα πρέπει να πετύχει κατ' ελάχιστον 20 βαθμούς και στα πέντε στοιχεία για να θεωρηθεί διάδρομος BRT» (ITDP, 2016, p. 26).

Συνεπώς, «οι ελάχιστες απαιτήσεις για να θεωρηθεί ένας διάδρομος, διάδρομος BRT είναι οι εξής:

1. Τουλάχιστον τρία (3) χλμ. (1,9 μίλια) μήκος με αποκλειστικές λωρίδες.

2. Βαθμολογία τέσσερα (4) ή περισσότερο στο στοιχείο "Αποκλειστική προτεραιότητα".
3. Βαθμολογία τέσσερα (4) ή περισσότερο στο στοιχείο "Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας".
4. Βαθμολογία είκοσι (20) ή περισσότερο και στα πέντε βασικά στοιχεία» (ITDP, 2016, p. 26).

Κατωτέρω θα εξεταστούν πιο αναλυτικά κάθε ένα από αυτά τα πέντε (5) βασικά στοιχεία του BRT, όπως η αποκλειστική προτεραιότητα (Πίνακας 2-12 και Εικόνα 2-5), η ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας (Πίνακας 2-13 και Εικόνα 2-6), η συλλογή κομίστρου εκτός οχήματος (Πίνακας 2-14 και Εικόνα 2-7), η διαχείριση διασταυρώσεων (Πίνακας 2-15 και Εικόνα 2-8) και η ισόπεδη επιβίβαση (Πίνακας 2-16 και Εικόνα 2-9).

1. Αποκλειστική προτεραιότητα (μέγιστο 8 βαθμοί):

Τύπος αποκλειστικής προτεραιότητας	**Βαθμοί**	**Σταθμισμένοι σε**
Φυσικά διαχωρισμένες, αποκλειστικές λωρίδες.	8	
Χρωματική διαφοροποίηση, αποκλειστικές λωρίδες χωρίς φυσικό διαχωρισμό.	6	% διαδρόμου τύπου αποκλειστικής προτεραιότητας
Αποκλειστικές λωρίδες διαχωρισμένες με χρωματισμένη γραμμή.	4	
Μη αποκλειστικές λωρίδες.	0	

Πίνακας 2-12: Βαθμολόγηση στοιχείου «Αποκλειστική προτεραιότητα» (ITDP, 2016, p. 28)

Εικόνα 2-5: Το BRT "Rainbow" στο Pune / Pimpri-Chinchwad της Ινδίας, χρησιμοποιεί φράκτες για τη δημιουργία φυσικά διαχωρισμένων λεωφορειολωρίδων (ITDP, 2016, p. 28)

2. Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας (μέγιστο 8 βαθμοί):

Διαμόρφωση διαδρόμου	**Βαθμοί**	**Σταθμισμένοι σε**
Διαμόρφωση 1ης τάξης (TIER 1)		
Λεωφορειόδρομος διπλής κατεύθυνσης τοποθετημένος στο μέσο διαχωριστικό οδού διπλής κατεύθυνσης.	8	
Λεωφορειόδρομος αποκλειστικής προτεραιότητας χωρίς παράλληλη μικτή κυκλοφορία, τύπου πεζοδρόμου με συγκοινωνία (π.χ. Bogotá Κολομβίας, Curitiba Βραζιλίας και Quito Ισημερινού) ή ένας τροποποιημένος σιδηροδρομικός διάδρομος (π.χ. Cape Town Νότιας Αφρικής και Los Angeles).	8	
Λεωφορειόδρομοι που διατρέχουν κατά μήκος ενός συνόρου όπως προκυμαία ή πάρκο όπου υπάρχουν λίγες διασταυρώσεις οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν συγκρούσεις.	8	% διαδρόμου τύπου αποκλειστικής προτεραιότητας
Λεωφορειόδρομος διπλής κατεύθυνσης στη μια πλευρά μονοδρόμου.	6	
Διαμόρφωση 2ης τάξης (TIER 2)		
Λεωφορειόδρομος ο οποίος διαχωρίζεται σε ζεύγος δύο λεωφορειολωρίδων μονής κατεύθυνσης σε διαφορετικές οδούς οι οποίες όμως είναι τοποθετημένες στο μέσο των οδών.	5	
Λεωφορειόδρομος τοποθετημένος στην εξωτερική παρειά της κεντρικής οδού σε ένα δρόμο με κεντρική οδό και παράλληλες οδούς εξυπηρέτησης.	4	

Λεωφορειόδρομος τοποθετημένος στην εσωτερική παρειά μιας παράλληλης οδού εξυπηρέτησης σε δρόμο με κεντρική οδό και παράλληλες οδούς εξυπηρέτησης. Ο λεωφορειόδρομος θα πρέπει να είναι φυσικά διαχωρισμένος από την υπόλοιπη κυκλοφορία της οδού εξυπηρέτησης για να πάρει τους βαθμούς.	4
Λεωφορειόδρομος ο οποίος διαχωρίζεται σε ζεύγος δύο λεωφορειολωρίδων σε διαφορετικές οδούς, με την κάθε λεωφορειολωρίδα τοποθετημένη στην παρειά.	3
Διαμόρφωση 3ης τάξης (TIER 3)	
Εικονικός λεωφορειόδρομος ο οποίος λειτουργεί ως διπλής κατεύθυνσης σε μια μονή λωρίδα στο μέσο με εκ περιτροπής αλλαγή κατεύθυνσης.	1
Διαμόρφωση 4ης τάξης (TIER 4)	
Λεωφορειόδρομος τοποθετημένος στην παρειά μιας οδού διπλής κατεύθυνσης.	0

Πίνακας 2-13: Βαθμολόγηση στοιχείου «Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας» (ITDP, 2016, p. 29)

Εικόνα 2-6: Παραδείγματα στοιχείου «Ευθυγράμμιση λεωφορειολωρίδας» (ITDP, 2016, p. 30-33)

3. Συλλογή κομίστρου εκτός οχήματος:

Εκτός του οχήματος συλλογή κομίστρου (καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας)	**Βαθμοί**	**Σταθμισμένοι σε**
Έλεγχος πρόσβασης με μπάρες.	8	% στάσεων επί του διαδρόμου
Απόδειξη πληρωμής.	7	% γραμμών που κάνουν χρήση της λεωφορειακής υποδομής
Επί του οχήματος επικύρωση εισιτηρίου – όλες οι θύρες.	4	% γραμμών που κάνουν χρήση της λεωφορειακής υποδομής

Πίνακας 2-14: Βαθμολόγηση στοιχείου «Συλλογή κομίστρου εκτός οχήματος» (ITDP, 2016, p. 35)

Εικόνα 2-7: Παράδειγμα συλλογής κομίστρου εκτός οχήματος με έλεγχο πρόσβασης με μπάρες στο σύστημα BRT TransJakarta's, στην Jakarta της Ινδονησίας (ITDP, 2016, p. 34)

4. Διαχείριση διασταυρώσεων:

Διαχείριση διασταυρώσεων	**Βαθμοί**	**Σταθμισμένοι σε**
Απαγορεύονται οι στροφές κατά μήκος του λεωφορειόδρομου.	7	% απαγορευμένων στροφών κατά μήκος λεωφορειόδρομου
Προτεραιότητα με φωτεινή σηματοδότηση στις διασταυρώσεις.	2	% διασταυρώσεων επί του λεωφορειόδρομου

Πίνακας 2-15: Βαθμολόγηση στοιχείου «Διαχείριση διασταυρώσεων» (ITDP, 2016, p. 36)

Εικόνα 2-8: Παράδειγμα διαχείρισης διασταύρωσης όπου απαγορεύονται οι αριστερές στροφές κατά μήκος του BRT διαδρόμου στο Las Vegas των ΗΠΑ (ITDP, 2016, p. 36)

5. Ισόπεδη επιβίβαση:

Ισόπεδη επιβίβαση	**Βαθμοί**	**Σταθμισμένοι σε**
Τα λεωφορεία είναι στο επίπεδο της αποβάθρας, έχοντας οριζόντιο κενό 4 εκ. (1 ½ ιντσών) ή μικρότερο.	7	% λεωφορείων που λειτουργούν στο διάδρομο
Οι στάσεις στο διάδρομο διαθέτουν μέτρα μείωσης του οριζόντιου κενού.	6	% στάσεων στο διάδρομο

Πίνακας 2-16: Βαθμολόγηση στοιχείου «Ισόπεδη επιβίβαση» (ITDP, 2016, p. 37)

Εικόνα 2-9: Παράδειγμα ισόπεδης επιβίβασης με την οποία επιταχύνεται η επιβίβαση/αποβίβαση στο Ahmedabad της Ινδίας (ITDP, 2016, p. 37)

Από τα ανωτέρω γίνεται φανερό το πόσο περίπλοκος είναι ο σχεδιασμός ενός συστήματος BRT καθώς και το πόσες διαφορετικές μορφές μπορεί να πάρει αυτό εξετάζοντας μόνο τα βασικά του στοιχεία. Σημειωτέον, ότι στους ανωτέρω πίνακες και εικόνες αναλύθηκε μόνο η κατηγορία στοιχείων «Βασικά του BRT» (βλ. Πίνακας 2-5), ενώ το BRT Standard προβλέπει αντίστοιχη ανάλυση και βαθμολόγηση και για τις εξής κατηγορίες: «Σχεδιασμός υπηρεσίας», «Υποδομή», «Σταθμοί», «Επικοινωνία», «Πρόσβαση και ενσωμάτωση» και «Αφαιρέσεις», η ανάλυση των οποίων ξεπερνά τα όρια και τις ανάγκες της παρούσης εργασίας. Ο αναγνώστης που ενδιαφέρεται περισσότερο για το BRT Standard παραπέμπεται στην πηγή (ITDP, 2016), καθώς στην παρούσα εργασία αυτό δεν αναλύθηκε πλήρως, αλλά μόνο κάποιες όψεις του, προκειμένου να γίνει αντιληπτός ο σύνθετος χαρακτήρας ενός συστήματος BRT. Περαιτέρω αναφορά στο BRT Standard θα είχε νόημα μόνο εάν υπήρχε ένα ήδη υλοποιημένο σύστημα BRT στην πόλη της Θεσσαλονίκης, το οποίο θα μπορούσε να αξιολογηθεί με αυτό.

Η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού και οι διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς την υλοποίηση ενός συστήματος BRT είναι ένα ιδιαίτερα κρίσιμο στοιχείο, το οποίο θα πρέπει να ληφθεί υπ’ όψιν στη συνέχεια της εργασίας κατά τη μοντελοποίησή του.

2.5 Λειτουργικά στοιχεία και δείκτες αποδοτικότητας ΛΣΥΕΕ

2.5.1 Εμπορική ταχύτητα (commercial speed)

Ως «εμπορική ταχύτητα» ορίζεται «το διανυόμενο μήκος από το μέσο ΔΑΣ στη μονάδα του χρόνου συμπεριλαμβανομένων όλων των στάσεων είτε για επιβίβαση/αποβίβαση των επιβατών είτε λόγω κυκλοφοριακών συνθηκών» (Γαβανάς, Παπαϊωάννου, Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, & Πολίτης, 2015, σ. 199).

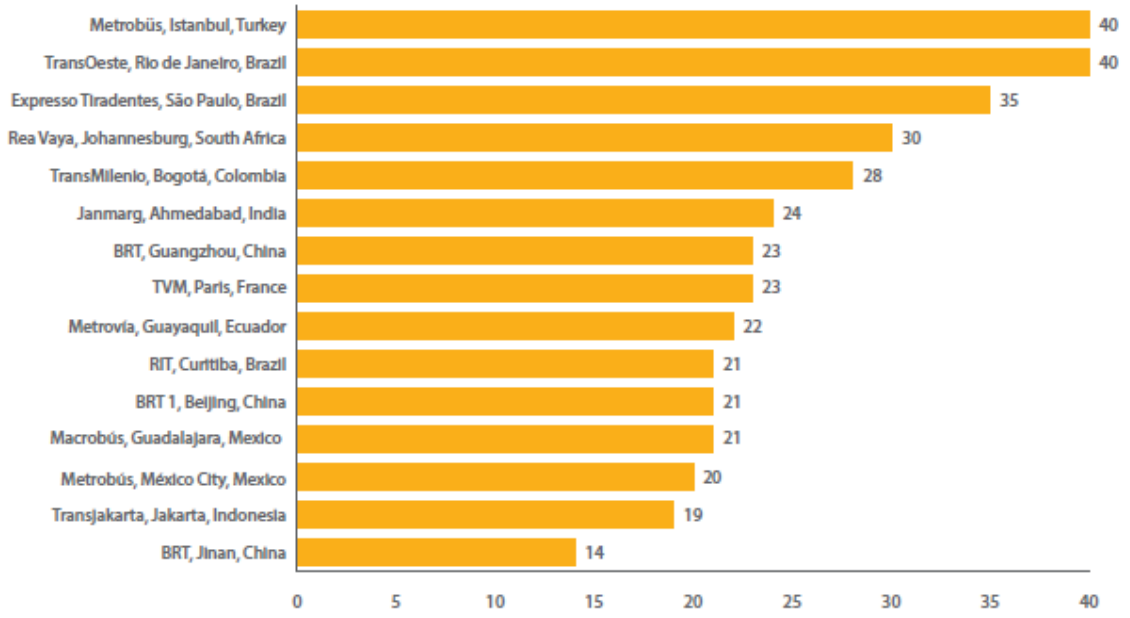
Από των ανωτέρω ορισμό, είναι φανερό ότι η εμπορική ταχύτητα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως οι εξής:

- Μέση ταχύτητα κίνησης των ΔΑΣ: Η μέση ταχύτητα ΔΑΣ είναι αυτή με την οποία κατά μέσο όρο κινείται το όχημα ενός συστήματος ΔΑΣ όσο βρίσκεται εν κινήσει. Είναι προφανές ότι επηρεάζει την εμπορική ταχύτητα χωρίς όμως να συνυπολογίζονται σε αυτή και οι υπόλοιποι παράγοντες που ακολουθούν. Τη μέση ταχύτητα κίνησης των ΔΑΣ επηρεάζουν, ωστόσο, οι κυκλοφοριακές συνθήκες, στο βαθμό που δεν έχει επιτευχθεί επαρκής διαχωρισμός της κίνησης του συστήματος ΔΑΣ.
- Χρόνος επιβίβασης/αποβίβασης στις στάσεις ή στους σταθμούς μιας λεωφορειακής γραμμής: ο οποίος με τη σειρά του επηρεάζεται τόσο από τα χαρακτηριστικά των οχημάτων όσο και από την ικανότητα εξυπηρέτησης επιβατών των σημαντικότερων στάσεων/σταθμών κατά μήκος της γραμμής.
- Αποστάσεις των διαδοχικών στάσεων/σταθμών: οι οποίες επηρεάζονται από τη χάραξη και προφανώς παραμένουν σταθερές. Σημειώνεται ότι για τις αποστάσεις θα πρέπει να επιτυγχάνεται ο καλύτερος συνδυασμός μεταξύ της επιθυμίας μεγάλων αποστάσεων για να μη μειώνεται η εμπορική ταχύτητα και μικρών αποστάσεων για να καλύπτεται επαρκώς μια περιοχή από το σύστημα ΔΑΣ.
- Ενδεχόμενες στάσεις από φωτεινούς σηματοδότες, σήματα οδικής κυκλοφορίας κτλ.

Με πιο απλά λόγια, η εμπορική ταχύτητα αντιστοιχεί στην απόσταση που διανύεται διά του συνολικού χρόνου της διαδρομής. Είναι φανερό, ότι η εμπορική ταχύτητα αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα μεγέθη για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός συστήματος ΔΑΣ, δεδομένου ότι σχετίζεται άμεσα με τη διάρκεια της μετακίνησης, αυτό που κατ' εξοχήν ενδιαφέρει το επιβατικό κοινό, σε αντίθεση π.χ. με τη μέση ή μέγιστη ταχύτητα.

Ένα ακόμα ενδιαφέρον συμπέρασμα είναι το πόσο αλληλένδετα είναι τα δομικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος ΔΑΣ με τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά. Οι περισσότεροι από τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εμπορική ταχύτητα ενός συστήματος BRT μπορούν να ανευρεθούν μεταξύ των προαναφερόμενων δομικών χαρακτηριστικών του συστήματος BRT στην ενότητα 2.4 «Δομικά χαρακτηριστικά». Πιο συγκεκριμένα, ένας από τους κύριους στόχους σχεδιασμού ενός συστήματος BRT είναι οι μερικές μικροβελτιώσεις στα επιμέρους δομικά χαρακτηριστικά μιας λεωφορειακής γραμμής, οι οποίες θα έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγάλη συνολική βελτίωση του συστήματος, με τρόπο τέτοιο ώστε να πληροί τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος BRT. Το BRT Standard είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο προς αυτή την κατεύθυνση.

Πλέον οι εμπορικές ταχύτητες των συστημάτων BRT «κυμαίνονται από 14 έως 40 χλμ./ώρα» (Carrigan, King, Velasquez, Raifman, & Duduta, 2013, p. 8). Πιο συγκεκριμένα, οι εμπορικές ταχύτητες των συστημάτων κυμαίνονται από τη χαμηλή ταχύτητα του Jinan της Κίνας των 14 χλμ./ώρα έως τα 40 χλμ./ώρα στην Κωνσταντινούπολη και το Rio de Janeiro της Βραζιλίας. Όσο περισσότερα σχεδιαστικά στοιχεία του BRT ενσωματώνονται στο σύστημα τόσο υψηλότερες ταχύτητες τυπικά επιτυγχάνονται (π.χ. διαχωρισμένες λεωφορειολωρίδες, ισόπεδες αποβάθρες επιβίβασης, συλλογή κομίστρου εκτός του οχήματος, λεωφορεία υψηλής χωρητικότητας, εξπρές γραμμές και κεντρικός έλεγχο λειτουργίας) (Carrigan et al., 2013, p. 26).



Σχήμα 2-10: Εμπορικές ταχύτητες (χλμ./ώρα) επιλεγμένων συστημάτων BRT (Carrigan et al., 2013, p. 27)

Στο ανωτέρω Σχήμα 2-10 φαίνονται οι εμπορικές ταχύτητες επιλεγμένων συστημάτων BRT ανά τον κόσμο:

2.5.2 Χρόνος ταξιδιού (travel time)

Ο χρόνος ταξιδιού συντίθεται από το χρόνο της διαδρομής, ο οποίος εξαρτάται άμεσα από την εμπορική ταχύτητα, και από τους υπόλοιπους χρόνους μετακίνησης από πόρτα σε πόρτα. Ο χρόνος ταξιδιού είναι, μάλιστα, το χαρακτηριστικό εκείνο που ενδιαφέρει ακόμα πιο άμεσα τους επιβάτες.

Είναι φανερό ότι η αύξηση των εμπορικών ταχυτήτων η οποία επιτυγχάνεται με τα συστήματα BRT σε σχέση με τις συμβατικές λεωφορειακές γραμμές μειώνει τους χρόνους ταξιδιού μέσω της μείωσης των χρόνων διαδρομής. Επιπλέον, ο χρόνος ταξιδιού μειώνεται ακόμα περισσότερο και από τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία των συστημάτων BRT, όπως η ισόπεδη επιβίβαση/αποβίβαση, η συλλογή κομίστρου εκτός του οχήματος, τα συστήματα ITS κτλ.

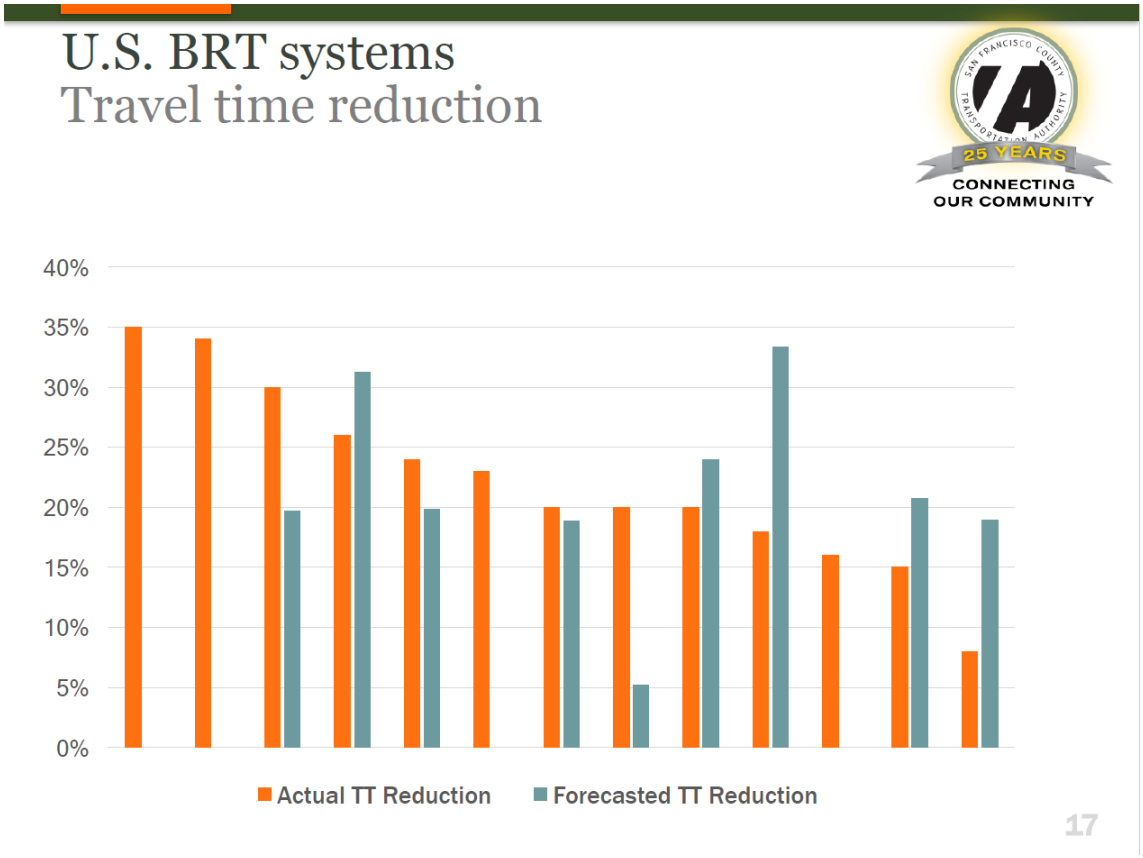
Τα πιο σημαντικά, όμως, στοιχεία σε σχέση με τα συστήματα μετρό είναι η δυνατότητα μεγαλύτερης πυκνότητας των στάσεων, όπου στα συστήματα BRT υπάρχει η δυνατότητα χωροθέτησης στάσεων ανά 400 μέτρα περίπου, ενώ στα συστήματα μετρό από 500 έως 1.000 μέτρα (και συνήθως ακόμα περισσότερο) και, φυσικά, η δυνατότητα πιο πυκνής δρομολόγησης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Metrobüs της Κωνσταντινούπολης στο οποίο σύμφωνα με τους Carrigan et al. (2013, p. 11) «ο τυπικός επιβάτης του Metrobüs στην Κωνσταντινούπολη εξοικονομεί 52 λεπτά ανά ημέρα» αναφερόμενοι στους Alpkokin και Ergun (2012), ωστόσο, από μια προσεκτικότερη ανάγνωση της αρχικής πηγής προκύπτει ότι οι Alpkokin και Ergun (2012, p. 63-64) αναφέρουν ότι ο μέσος χρόνος διαδρομής με το Metrobüs είναι 40 λεπτά, ενώ πριν ήταν 90 λεπτά και άρα προκύπτει εξοικονόμηση 50 και όχι 52 λεπτών, η οποία είναι ακόμα πιο εντυπωσιακή καθώς αναφέρεται στο χρόνο μιας τυπικής διαδρομής και όχι μιας ολόκληρης ημέρας, η οποία περιλαμβάνει συνήθως κατ' ελάχιστον δύο διαδρομές.

Σε μια ποσοστιαία προσέγγιση είναι ενδεικτική μια μελέτη για τα συστήματα BRT στις ΗΠΑ από την Αρχή Μεταφορών του San Francisco, σύμφωνα με την οποία τα συστήματα BRT των ΗΠΑ επιτυγχάνουν μειώσεις των χρόνων ταξιδιού έως και 35% (Tischler, 2015, p. 17).

Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν αφενός ότι στις ΗΠΑ η σύγκριση γίνεται με επαρκέστατα συστήματα ΔΑΣ και αφετέρου ότι τα καλύτερα συστήματα ΔΑΣ συνήθως εντοπίζονται στις χώρες του αναπτυσσόμενου και όχι του ανεπτυγμένου κόσμου, καθώς στις δεύτερες υπάρχουν ήδη συστήματα μετρό.

Στο κατωτέρω Σχήμα 2-11 φαίνονται οι πραγματικές και οι προβλεπόμενες μειώσεις των χρόνων ταξιδιού ως αποτέλεσμα της εφαρμογής επιλεγμένων συστημάτων BRT στις ΗΠΑ:



Σχήμα 2-11: Μείωση χρόνου ταξιδιού συστημάτων BRT στις ΗΠΑ (Tischler, 2015, p. 17)

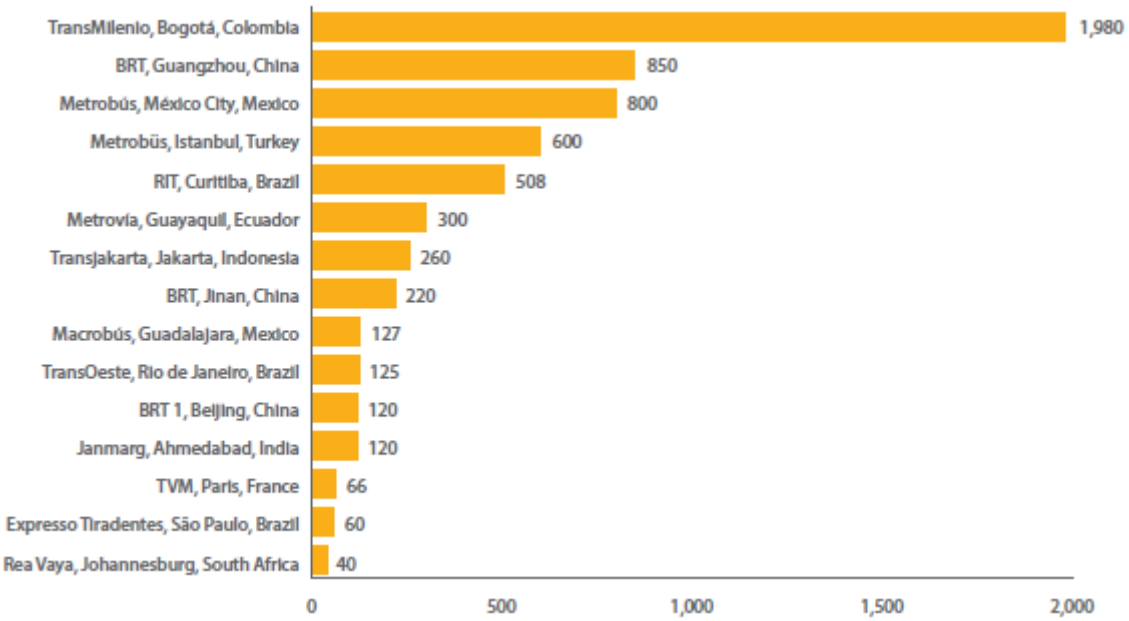
2.5.3 Επιβατική ζήτηση (passenger demand)

Η επιβατική ζήτηση μπορεί να οριστεί ως «ο αριθμός των μετακινήσεων επιβατών ανά ημέρα στο σύστημα» (Carrigan et al., 2013, p. 24).

Σύμφωνα με τους Carrigan et al. (2013, p. 25), παγκοσμίως το εύρος των συστημάτων κυμαίνεται από πολύ υψηλής χωρητικότητας σε διαδρόμους σχετικά μικρού όγκου. Το σύστημα BRT TransMilenio της Bogotá της Κολομβίας ξεχωρίζει με διαφορά, με επιβατική ζήτηση 1,98 εκατομμύρια επιβάτες ανά ημέρα (Carrigan et al., 2013, p. 24).

Ένα μέσης χωρητικότητας BRT σύστημα είναι αυτό της πόλης του Μεξικό με 800.000 επιβάτες ανά ημέρα και ένα χαμηλής χωρητικότητας σύστημα είναι αυτό του Παρισιού της Γαλλίας με λιγότερους από 70.000 επιβάτες ανά ημέρα (Carrigan et al., 2013, p. 24).

Μια εποπτική εικόνα της ημερήσιας επιβατικής ζήτησης σε επιλεγμένα συστήματα BRT ανά τον κόσμο δίνεται στο Σχήμα 2-12:



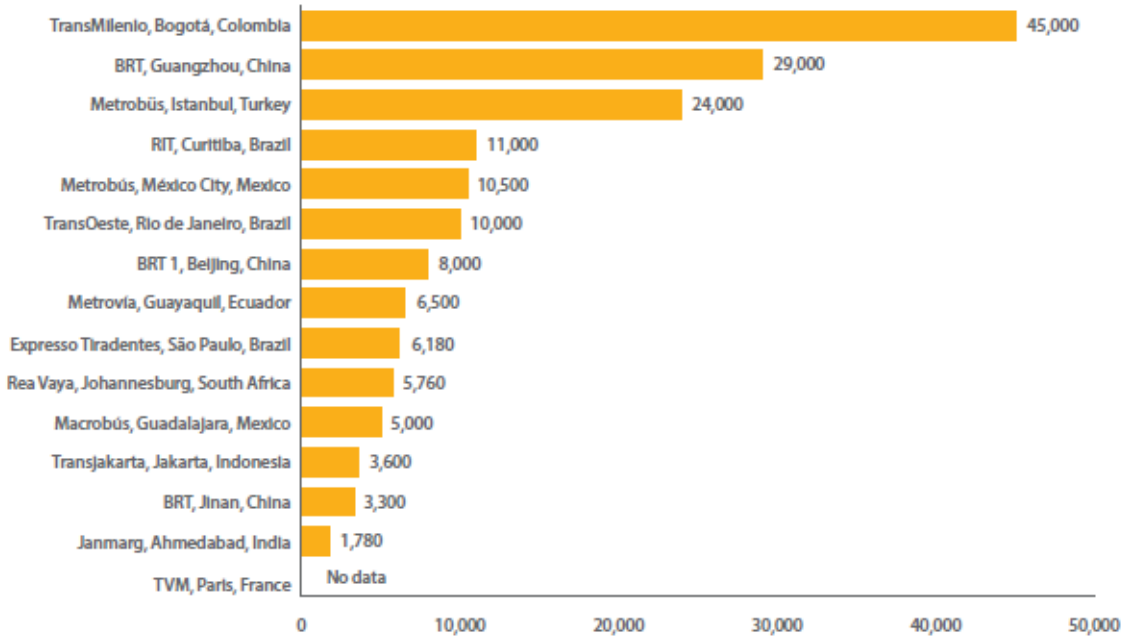
Σχήμα 2-12: Ημερήσια επιβατική ζήτηση (επιβάτες ανά ημέρα σε χιλιάδες) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 24)

2.5.4 Φόρτος αιχμής (peak load)

Ο φόρτος αιχμής μπορεί να οριστεί ως «ο μέγιστος αριθμός επιβατών ο οποίος μεταφέρεται σε μια κατεύθυνση μεταξύ δύο σταθμών ανά ώρα» (Carrigan et al., 2013, p. 25).

Ένας μόνο διάδρομος του TransMilenio της Bogotá της Κολομβίας, ο Avenida Caracas, κατέχει το μεγαλύτερο φόρτο αιχμής καθώς μεταφέρει 45.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση (δηλαδή ξεχωριστά σε κάθε κατεύθυνση), αλλά και ο διάδρομος TUYAP – Sogutlucesme του Metrobüs της Κωνσταντινούπολης έχει σχετικά μεγάλους φόρτους με 24.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση (Carrigan et al., 2013, p. 24).

Μια εποπτική εικόνα των φόρτων αιχμής σε επιλεγμένα συστήματα BRT ανά τον κόσμο δίνεται στο Σχήμα 2-13:



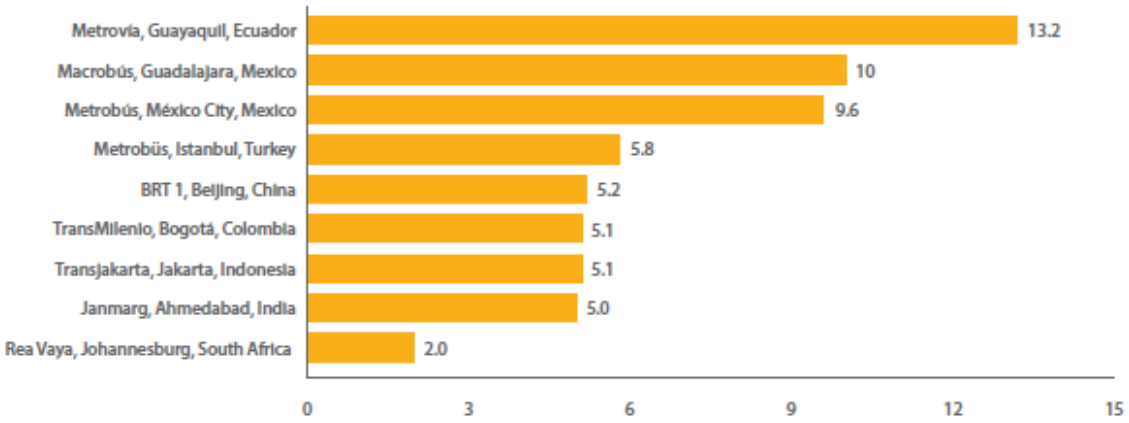
Σχήμα 2-13: Φόρτος αιχμής (επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 26)

2.5.5 Επιχειρησιακή αποδοτικότητα (operational productivity)

Η επιχειρησιακή αποδοτικότητα μπορεί να οριστεί ως «ο αριθμός των ημερήσιων επιβιβάσεων (εξαγόμενο) ανά ημέρα για το κάθε διανυόμενο χιλιόμετρο λεωφορείου (εισαγόμενο), ο οποίος είναι δείκτης της αποδοτικότητας του βαθμού εξυπηρέτησης» (Carrigan et al., 2013, p. 25).

Η υψηλότερη επιχειρησιακή αποδοτικότητα επετεύχθη στην Guayaquil του Ισημερινού, όπου η Metrovía ανέφερε την επιβίβαση 13 επιβατών ανά λεωφορειοχιλιόμετρο. Χαμηλότερη αποδοτικότητα φαίνεται να υπάρχει στο Johannesburg της Νότιας Αφρικής με δύο επιβάτες ανά λεωφορείο/χλμ. (Carrigan et al., 2013, p. 26). Ακόμα και αυτό το σχετικά χαμηλό επίπεδο επιχειρησιακής αποδοτικότητας είναι δύο φορές μεγαλύτερο από αυτό που παρατηρείται στις συμβατικές λεωφορειακές γραμμές. Υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την επιχειρησιακή αποδοτικότητα όπως η πυκνότητα του διαδρόμου, το μήκος της διαδρομής, η διαθεσιμότητα και τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών μέσων μετακίνησης. Αντιστρόφως, υπάρχουν και εσωτερικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την επιχειρησιακή ικανότητα όπως, μεταξύ άλλων, το πως είναι διαμορφωμένο το δίκτυο (ακτινικό/διαμετρικό, μικρής/μεγάλης απόστασης, τοπικό/εξπρές), οι ελάχιστες αποστάσεις από το προπορευόμενο όχημα και η πληρότητα (Carrigan et al., 2013, p. 27-28).

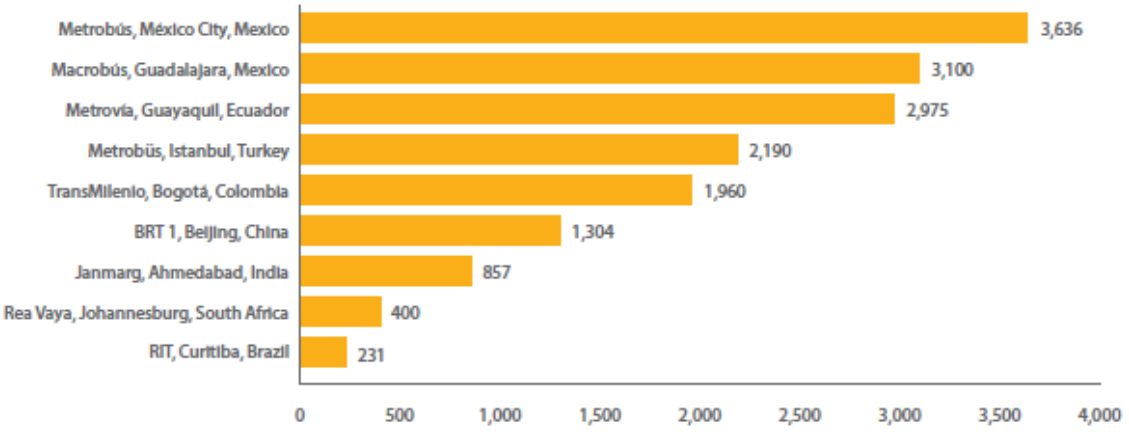
Μια εποπτική εικόνα της επιχειρησιακής αποδοτικότητας σε επιλεγμένα συστήματα BRT ανά τον κόσμο δίνεται στο κατωτέρω Σχήμα 2-14:



Σχήμα 2-14: Επιχειρησιακή αποδοτικότητα (ημερήσιες επιβιβάσεις επιβατών ανά λεωφορειοχιλιόμετρο) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 27)

2.5.6 Αποδοτικότητα κεφαλαίου (capital productivity)

Η αποδοτικότητα κεφαλαίου μπορεί να οριστεί ως «ο αριθμός επιβιβάσεων επιβατών ανά ημέρα, ο οποίος είναι δείκτης της αποδοτικότητας του στόλου» (Carrigan et al., 2013, p. 25).



Σχήμα 2-15: Αποδοτικότητα κεφαλαίου (επιβιβάσεις επιβατών ανά λεωφορείο και ημέρα) (Carrigan et al., 2013, p. 28)

Σε όρους αποδοτικότητας κεφαλαίου (μέσος αριθμός ημερήσιων επιβατών ανά λεωφορείο), το Macrobús της Guadalajara στο Μεξικό και το Metrovía της Guayaquil του Ισημερινού αναφέρουν περισσότερους από 3.000 επιβάτες ανά λεωφορείο και ημέρα εκτός σαββατοκύριακου (Carrigan et al., 2013, p. 28).

Μια εποπτική εικόνα της αποδοτικότητα κεφαλαίου σε επιλεγμένα συστήματα BRT ανά τον κόσμο δίνεται στο Σχήμα 2-15:

2.5.7 Αξιοπιστία (reliability)

Η αξιοπιστία της εξυπηρέτησης είναι ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό το οποίο σχετίζεται με την ικανότητα του παρόχου συγκοινωνιακού έργου να παρέχει εξυπηρέτηση η οποία να είναι συνεπής με το σχεδιασμό, τις πολιτικές και τις προσδοκίες του επιβατικού κοινού. Τρία στοιχεία του συγκοινωνιακού έργου προωθούν την αξιοπιστία της εξυπηρέτησης (Diaz & Hinebaugh, 2009, p. 3-63):

- Διαθεσιμότητα εναλλακτικών λύσεων εξυπηρέτησης: η εξυπηρέτηση (δρομολόγια) είναι τόσο πυκνή και συχνή ώστε εάν ένας επιβάτης δεν προλάβει το δρομολόγιό του, ή αυτό έχει καθυστέρηση, να υπάρχει μικρή υποβάθμιση της εξυπηρέτησής του. Οι επιβάτες έχουν πολλές εναλλακτικές, οι οποίες τους επιτρέπουν να διαχειρίζονται τη μη προβλεψιμότητα του δικού τους σχεδιασμού ταξιδιού και της συμπεριφοράς τους (π.χ. ανάγκη για υπερωρίες ή επίσκεψη στο σπίτι στο μέσο της ημέρας κτλ.).
- Ικανότητα «ανάρρωσης» από διαταραχές της εξυπηρέτησης: στρατηγικές για άμεσες αντιδράσεις σε απρόβλεπτες καθυστερήσεις και διακοπές.
- Διαθεσιμότητα πόρων για έκτακτες ανάγκες: η διαθεσιμότητα εφεδρειών επιτρέπει στον πάροχο να ικανοποιεί το σχέδιο εξυπηρέτησης και να αντιμετωπίζει όλες τις αβεβαιότητες οι οποίες θα μπορούσαν να τον επηρεάσουν (π.χ. ασθένειες οδηγών, κυκλοφορία ή άλλα αναπάντεχα γεγονότα).

Τα συστήματα BRT, λόγω των προαναφερόμενων λειτουργικών τους χαρακτηριστικών, χαρακτηρίζονται από την αξιοπιστία τους σε σχέση με τα υπόλοιπα επιφανειακά συστήματα ΔΑΣ και, επιπροσθέτως, η «δυνατότητα των οχημάτων (στις περισσότερες εφαρμογές) να κινηθούν έξω από τους προκαθορισμένους διαδρόμους, επιτρέπει στο σύστημα να συνεχίσει να λειτουργεί ακόμα και στην περίπτωση βλάβης ενός οχήματος πάνω στον διάδρομο κίνησης» (Τσολάκης, 2009, p. 39) σε αντίθεση με τα σιδηροδρομικά συστήματα. Ωστόσο, επειδή τα συστήματα BRT είναι επιφανειακά, «η αξιοπιστία τους μπορεί να είναι μειωμένη σε περιοχές με συχνά ακραία καιρικά φαινόμενα (π.χ. χιονοπτώσεις) σε σχέση με τα σιδηροδρομικά συστήματα (επιφανειακά και υπόγεια)» (Τσολάκης, 2009, p. 39).

2.5.8 Προσβασιμότητα Ατόμων με Αναπηρία (ΑμεΑ) (Accessibility for People with Disability [PwD])

Στο πλαίσιο των συγκοινωνιών, ο όρος «προσβασιμότητα» χρησιμοποιείται για να περιγράψει πόσο εύκολα τα Άτομα με Αναπηρία (ΑμεΑ) μπορούν να χρησιμοποιήσουν το συγκοινωνιακό σύστημα. Η προσβασιμότητα μετράται σε σχέση με το κατά πόσο τα προγράμματα, οι εγκαταστάσεις και τα οχήματα ικανοποιούν τις ρυθμιστικές προϋποθέσεις και προδιαγραφές, καθώς επίσης και το βαθμό στον οποίον τα συστήματα ΔΑΣ έχουν σχεδιαστεί για να ικανοποιούν τις ανάγκες κινητικότητας όλων των πελατών, συμπεριλαμβανομένων των ΑμεΑ και των ηλικιωμένων. Υπάρχουν τουλάχιστον τρεις κύριοι τρόποι με τους οποίους τα στοιχεία των συστημάτων ΔΑΣ (συμπεριλαμβανομένων των BRT) μπορούν να επηρεάσουν την προσβασιμότητα (Diaz & Hinebaugh, 2009, p. 3-168):

- Φυσική προσβασιμότητα: απομάκρυνση φυσικών εμποδίων και διευκόλυνση της φυσικής εισόδου στους σταθμούς και τα οχήματα.
- Προσβασιμότητα πληροφόρησης: καθιστώντας την πληροφορία διαθέσιμη σε όλους τους επιβάτες, και ιδιαίτερα σε όσους έχουν αισθητηριακές αναπηρίες (όρασης και ακοής).
- Ασφάλεια: με την παροχή ενισχυμένων παροχών ασφαλείας και αποτροπή κινδύνων μέσω προειδοποιήσεων και άλλων σχεδιαστικών προβλέψεων.

Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι η βελτιωμένη προσβασιμότητα για τα ΑμεΑ βελτιώνει τη συνολική προσβασιμότητα για το σύνολο των επιβατών!

Η ανωτέρω επισήμανση είναι ιδιαίτερα σημαντική και υιοθετήθηκε από το αναπηρικό κίνημα. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα, σταδιακά έγινε μια μετατόπιση από την προσβασιμότητα των ΑμεΑ στην προσβασιμότητα των εμποδιζόμενων ατόμων, μια κατηγορία πληθυσμού η οποία αγγίζει το 50% του πληθυσμού (Ναλμπάντης & Καραγιάννη, 2011, p. 1). «Σχεδιάζοντας για όλους, δηλαδή λαμβάνοντας υπ' όψιν τα Άτομα με Αναπηρία (ΑμεΑ) κατά το σχεδιασμό, τα οποία αποτελούν το 10-12% του πληθυσμού, καλύπτουμε τις ανάγκες των εμποδιζομένων ατόμων (π.χ. παιδιά κάτω των 5 ετών, ηλικιωμένοι, έγκυες, χρήστες βρεφικού αμαξιδίου ή καλαθιού "νοικοκυράς", ταξιδιώτες με αποσκευές κ.ά.), τα οποία αποτελούν το 50% του πληθυσμού» (Ναλμπάντης & Καραγιάννη, 2011, p. 1).

Στην περίπτωση των συστημάτων BRT, ο αρχικός σχεδιασμός τους με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος (π.χ. πληρωμή κομίστρου εκτός του οχήματος, ισόπεδες αποβάθρες επιβίβασης/αποβίβασης, επιβίβαση/αποβίβαση από όλες τις θύρες, χρήση ITS για την πληροφόρηση του κοινού κ.ά.) καθιστά ιδιαίτερα ευνοϊκές τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή του συνόλου των προδιαγραφών προσβασιμότητας σε κάθε περίπτωση εφαρμογής, με αποτέλεσμα δυνητικά να είναι από τις πιο προσβάσιμες εναλλακτικές λύσεις συστημάτων ΔΑΣ!

2.6 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας ΛΣΥΕΕ

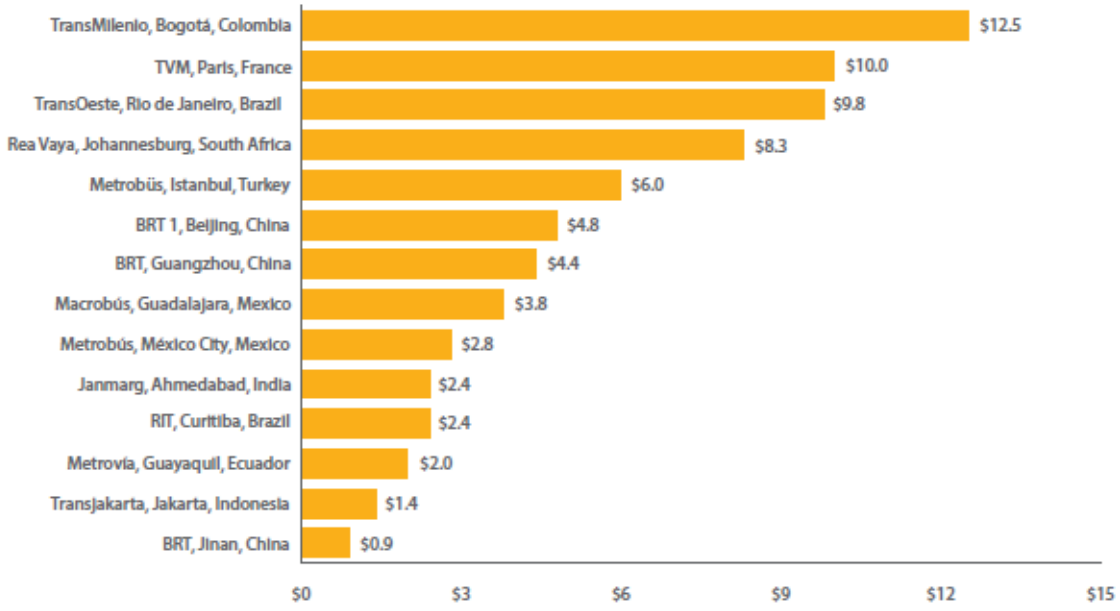
Όπως και με την αποδοτικότητα των συστημάτων BRT, έτσι και τα κόστη των συστημάτων BRT εμφανίζουν μεγάλο φάσμα διαφοροποίησης και μπορεί να διαφέρουν σημαντικά, μεταξύ άλλων παραγόντων, ανάλογα με τη χάραξη (π.χ. αν υπάρχει κατασκευή τούνελ ή γεφυρών), τη χωρητικότητα των διαδρόμων (π.χ. ενσωμάτωση παρακαμπτήριων λωρίδων στους σταθμούς), την υποχρεωτική επιδιόρθωση ή αναβάθμιση των δικτύων κοινής ωφέλειας κατά μήκος των BRT διαδρόμων κατά την κατασκευή (π.χ. ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτρισμού), καθώς και από την ποσότητα και την ποιότητα της υποδομής και του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί (π.χ. αρθρωτά ή διαρθρωτά λεωφορεία, μηχανήματα αυτόματης συλλογής κομίστρου, συστήματα πληροφόρησης του κοινού, αναβαθμισμένος κυκλοφοριακός έλεγχος κτλ.) (Carrigan et al., 2013, p. 28).

Οι τοπικές συνθήκες, όπως το κόστος εργασίας και του κεφαλαίου, έχουν επίσης επίδραση στο συνολικό κόστος του συστήματος. Παρόλο που η κεφαλαιουχική δαπάνη ανά χιλιόμετρο και το κόστος λειτουργίας μπορεί να διαφέρει σημαντικά από BRT σε BRT, τα υφιστάμενα συστήματα μπορούν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό ενός αναμενόμενου φάσματος για τα κόστη του BRT. Το τοπικό πλαίσιο, ο τεχνικός σχεδιασμός και οι πολιτικές αποφάσεις καθορίζουν το τελικό κόστος κάθε συστήματος εν τέλει, αλλά οι ιθύνοντες μπορούν να λάβουν υπ’ όψιν τους το αναμενόμενο φάσμα κόστους των BRT όταν αξιολογούν το BRT σε αντιπαραβολή με άλλα συστήματα ΔΑΣ (Carrigan et al., 2013, p. 28).

Διάφοροι κοινοί δείκτες χρησιμοποιούνται συχνά για την αξιολόγηση του κόστους ενός συστήματος BRT, όπως οι εξής (Carrigan et al., 2013, p. 28-29):

- Κεφαλαιουχική δαπάνη: συμπεριλαμβάνει το κόστος της υποδομής (λωρίδες, σταθμοί), του εξοπλισμού (πληροφόρηση επιβατών, συλλογή κομίστρου) και του στόλου, κανονικοποιημένο κατά το μήκος των διαχωρισμένων λωρίδων της υποδομής του συστήματος. Συνήθως μετράται σε χιλιομετρική βάση.
- Κόστος λειτουργίας: συμπεριλαμβάνει το κόστος της λειτουργίας και συχνά της συντήρησης των λεωφορείων, των αμαξοστασίων, των σταθμών και της υποδομής (π.χ. η συντήρηση των λεωφορειολωρίδων). Η πληροφορία αυτή συνήθως δεν δημοσιεύεται από τους παρόχους συγκοινωνιακού έργου.
- Μέσο επιβατικό κόμιστρο ή ετήσια έσοδα από τα κόμιστρα: το μέσο κόστος του επιβατικού κομίστρου δείχνει την οικονομική προσιτότητα της υπηρεσίας BRT. Τα ετήσια έσοδα από τα κόμιστρα μπορούν να υπολογιστούν από τον πολλαπλασιασμό του μέσου επιβατικού κομίστρου με το σύνολο των επιβατών του έτους.

Η συνολική κεφαλαιουχική δαπάνη του BRT συμπεριλαμβάνει αυτό της υποδομής των διαδρόμων, των σταθμών, των λεωφορείων και των τεχνολογικών συστημάτων όπως τα συστήματα πληροφόρησης των επιβατών και της συλλογής κομίστρου. Τα κόστη αυτά μπορεί να κυμαίνονται από λιγότερο από $1 εκατομμύριο ανά χιλιόμετρο (Jinan της Ινδίας) έως $12,5 εκατομμύρια ανά χιλιόμετρο (Bogotá της Κολομβίας) ή ακόμα περισσότερο (βλ. Σχήμα 2-16):



Σχήμα 2-16: Κόστος κεφαλαίου ανά χιλιόμετρο (υποδομή + εξοπλισμός σε εκατομμύρια $ δολάρια) σε επιλεγμένα συστήματα BRT (Carrigan et al., 2013, p. 29)

Το εύρος του κόστους υποδηλώνει την έκταση απαιτούμενων βελτιώσεων, καθώς επίσης και το σχετικό κόστος εργασίας και υλικών σε κάθε χώρα. Τα νέα συγκοινωνιακά συστήματα που απαιτούν μόνο μικρές φυσικές βελτιώσεις του οδοστρώματος κυμαίνονται μεταξύ $1,00-3,50 εκατομμυρίων ανά χιλιόμετρο για την υλοποίησή τους, ενώ μεγάλες ανακατασκευές διαδρόμων (π.χ. τούνελ, εκτεταμένες παράλληλες αναβαθμίσεις των δικτύων κοινής ωφέλειας ή παρακαμπτήριες λωρίδες) απαιτούν την επένδυση περισσότερου κεφαλαίου: $3,80-12,50 εκατομμυρίων ανά χιλιόμετρο (Carrigan et al., 2013, p. 29).

Σημειωτέον, ότι σύμφωνα με τους Carrigan et al. (2013, p. 29) το πρόγραμμα United Nations Human Settlements Programme αναφέρει ότι τα κόστη αυτά είναι από το ένα τρίτο έως το ένα πέμπτο άλλων εναλλακτικών σιδηροδρομικών τεχνολογιών, κάτι που όμως ο γράφων δεν εντόπισε στην αναφερόμενη πηγή (βλ. UN-Habitat, 2013). Αντιθέτως, αυτή (UN-Habitat, 2013, p. 40) παραπέμπει στην ITDP σύμφωνα με την οποία «ένα σύστημα BRT τυπικά θα κοστίσει 4 έως 20 φορές λιγότερο από ένα σύστημα LRT και 10 έως 100 φορές λιγότερο από ένα σύστημα μετρό» (Wright & Hook, 2007, p. 11) και συνεπώς κατ' αναλογία μια πόλη θα μπορεί να κατασκευάσει ένα σύστημα BRT «με από 4 έως 20 φορές πιο εκτεταμένο δίκτυο από ένα σύστημα τραμ ή LRT εάν υπάρχει ο ίδιος προϋπολογισμός και για τις δύο τεχνολογίες» (Wright & Hook, 2007, p. 56).

Κατά την αντίστοιχη λογική, μια πόλη θα μπορεί να κατασκευάσει και 10 έως 100 φορές πιο εκτεταμένο δίκτυο από ένα σύστημα μετρό, παρέχοντας μάλιστα παρόμοιο επίπεδο εξυπηρέτησης! Παρόλα αυτά, το λειτουργικό κόστος ενός συστήματος BRT, σε σύγκριση με ένα σύστημα LRT ή μετρό, φαίνεται πως είναι μεγαλύτερο δεδομένου του υψηλότερου κόστους συντήρησης της υποδομής και επιδομής, αλλά και του εργασιακού κόστους, όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Τέλος, ως προς το μέσο επιβατικό κόμιστρο, στα περισσότερα συστήματα BRT αυτό είναι χαμηλότερο από $0,80 ανά διαδρομή (έως το έτος 2009), με την εξαίρεση της Curitiba και του São Paulo της Βραζιλίας, των οποίων το κόμιστρο ήταν $1,27 και $1,33 αντιστοίχως. Τα περισσότερα συστήματα με κόμιστρο χαμηλότερο από $0,40 (π.χ. Beijing της Κίνας, Ahmedabad της Ινδίας, Jakarta της Ινδονησίας, Quito του Ισημερινού και πόλη του Μεξικό) είτε λαμβάνουν επιδοτήσεις είτε πιέζονται οικονομικά. Εάν τα λειτουργικά κόστη ξεπερνούν τα έσοδα από τα κόμιστρα, προκύπτει η ανάγκη επιδότησης της λειτουργίας του συστήματος (Carrigan et al., 2013, p. 30).

3 Το Τραμ

3.1 Ορισμοί και εισαγωγικά στοιχεία τραμ

Η αναφορά στο τραμ θα είναι πολύ πιο σύντομη από το σύστημα BRT επειδή θεωρείται γνωστό σύστημα και η εκτεταμένη αναφορά σε αυτό δεν θα έχει ιδιαίτερη προστιθέμενη αξία στην παρούσα διπλωματική εργασία. Ωστόσο, αυτή δεν παραλείπεται για λόγους πληρότητας. Εξάλλου, τα στοιχεία που ενδιαφέρουν, δηλαδή τα συγκριτικά με το σύστημα BRT, θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Σύμφωνα με το TRB (1978, p. 34) «το light-rail (LRT) είναι ένα σύστημα αστικής συγκοινωνίας το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρικά βαγόνια τα οποία λειτουργούν ως μονά ή μικρά τρένα σε σταθερή διπλή σιδηροδρομική τροχιά, μπορεί να είναι διαχωρισμένο καθ' ύψος, και στο οποίο επιβιβάζονται επιβάτες από αποβάθρες χαμηλού ή μέσου ύψους».

Σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ), τραμ ή αλλιώς τροχιόδρομος είναι το «όχημα που κινείται επί σιδηροτροχιών κατά μήκος των οδών με ηλεκτροκινητήρα που τροφοδοτείται από ηλεκτροφόρο γραμμή και προορίζεται για τη μεταφορά προσώπων ή και πραγμάτων» (Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, 2007, p. 19). Είναι προφανές ότι ο ορισμός του ΚΟΚ αναφέρεται στα σύγχρονα συστήματα τραμ (ή αλλιώς LRT) και είχε ως στόχο να ρυθμίσει τη λειτουργία του μοναδικού συστήματος που λειτουργεί αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα, αυτό του τραμ των Αθηνών, το οποίο, φυσικά, είναι ηλεκτρικό. Ωστόσο, κατά το παρελθόν υπήρχαν συστήματα τραμ και με άλλη δύναμη έλξης, όπως ατμοκίνητα (βλ. Εικόνα 3-1), αλλά και ιππήλατα, όπως αυτά που λειτουργούσαν στην πόλη της Θεσσαλονίκης πριν από τον εξηλεκτρισμό τους, από το 1893 έως το 1908 (Νανιόπουλος & Ναλμπάντης, 2003, p. 2-3).

Εικόνα 3-1: Ατμοκίνητο τραμ στην Ιταλία το έτος 1890 (Vignaccia76, 2008)

Ο ορισμός του ΚΟΚ αναφέρεται σε όχημα, ενώ στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας ο όρος τραμ ή τροχιόδρομος θα αναφέρεται στο συνολικό σύστημα. Επιπλέον, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, η αναφορά στο τραμ θα περιστραφεί περισσότερο γύρω από τη Θεσσαλονίκη, τόσο ως προς την ιστορική αναδρομή, καθώς ήταν ένα σύστημα το οποίο εφαρμόστηκε στην πόλη, αν και αυτό έγινε σε παλαιότερες «γενιές» του συστήματος που μικρή σχέση έχουν με τα σημερινά αντίστοιχα, όσο και επειδή έχουν ήδη εξεταστεί συστήματα τραμ πόλεων με παρόμοια χαρακτηριστικά με τη Θεσσαλονίκη, στο πλαίσιο μελετών για την εφαρμογή τραμ στην πόλη.

3.2 Ιστορική αναδρομή τραμ

Το πρώτο τραμ φαίνεται πως ήταν το “Swansea and Mumbles Railway” στη Νότια Ουαλία του Ηνωμένου Βασιλείου. Το έτος 1804 ψηφίστηκε από το Βρετανικό Κοινοβούλιο ο νόμος “Mumbles Railway Act” και το σύστημα άρχισε να λειτουργεί το έτος 1807. Το πρώτο τραμ ήταν γεγονός! Αρχικά, φυσικά, ήταν ιππήλατο, ενώ στη συνέχεια ατμοκίνητο και αργότερα ηλεκτροκίνητο (Rogers, 1995).

Ωστόσο, το τραμ φαίνεται πως αναπτύχθηκε κυρίως στις ΗΠΑ αντλώντας από την εμπειρία των σιδηροτροχιών στα λατομεία, με την πρώτη κανονική γραμμή στο Harlem της Νέας Υόρκης το έτος 1832. Σημειωτέον, ότι το επόμενο ιππήλατο τραμ της Νέας Ορλεάνης, το οποίο τέθηκε σε λειτουργία το έτος 1835, λειτουργεί ακόμα και σήμερα, 150 έτη μετά, σε συνεχή λειτουργία, φυσικά πλέον ως ηλεκτροκίνητο! Η επιτυχία του συστήματος είχε ως αποτέλεσμα τη μεταφορά του και στην Ευρώπη από Αμερικάνους προμηθευτές, στο Παρίσι το 1853, το Birkenhead της Αγγλίας το 1860, το Λονδίνο το 1861 και την Κοπεγχάγη το 1863. Το 1870 σημειώθηκε μια έκρηξη στην εξάπλωση των ιππήλατων τραμ, αν και ήταν φανερό ότι θα έπρεπε να εξεταστούν και εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Παρόλο που δοκιμάστηκαν διάφορες εναλλακτικές, η ατμοκίνηση εφαρμόστηκε μόνο σε λίγα συστήματα και καθώς επίσης δεν ήταν τόσο αποδοτική αλλά και δεν ενδεικνύονταν για αστικό περιβάλλον, σύντομα αντικαταστάθηκε από τη νέα μορφή ενέργειας, την ηλεκτρική και το πρώτο ηλεκτροκίνητο τραμ τέθηκε σε λειτουργία στο Βερολίνο το έτος 1881 (Rogers, 1995).

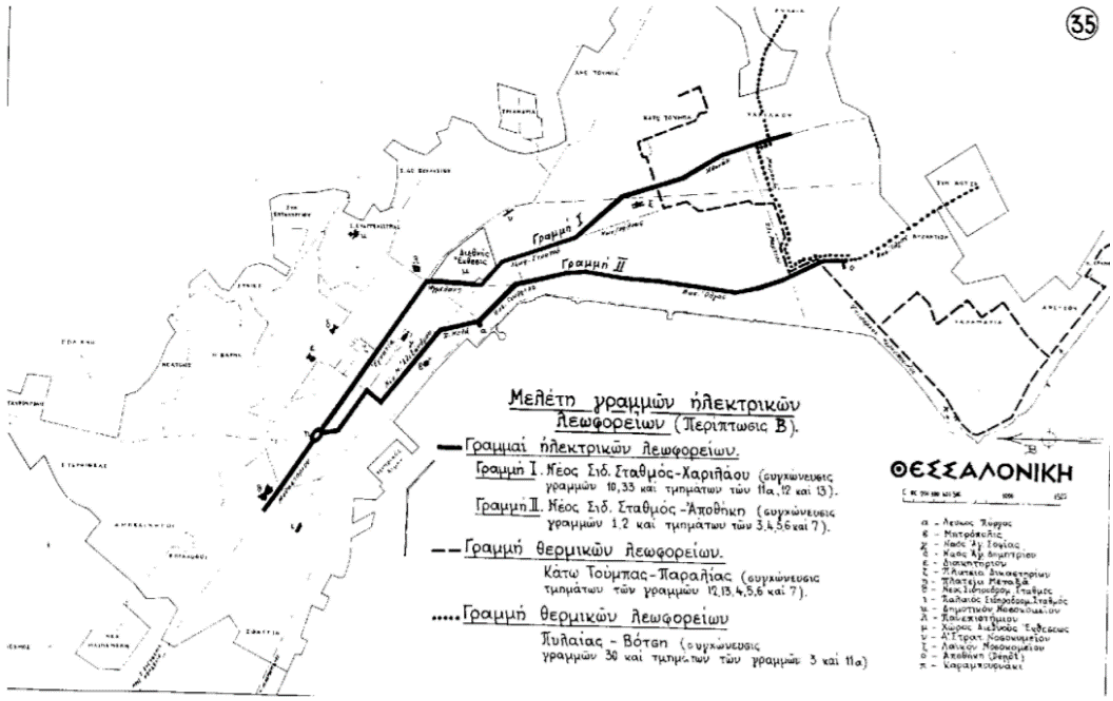
Αφού δοκιμάστηκαν διάφορες εναλλακτικές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, σύντομα αποδείχθηκε ότι ο καλύτερος τρόπος ήταν με εναέρια καλώδια και το πρώτο σύστημα εγκαταστάθηκε το έτος 1887 στο Richmond της Βιρτζίνια στις ΗΠΑ, ενώ έως το έτος 1900 σχεδόν όλα τα ιππήλατα τραμ στις ΗΠΑ είχαν μετατραπεί σε ηλεκτροκίνητα και η ίδια τάση υπήρχε και στην Ευρώπη. Πριν από το τέλος του αιώνα, ηλεκτροκίνητα τραμ εμφανίστηκαν σε διάφορα σημεία του κόσμου σε πόλεις όπως το Kyoto της Ιαπωνίας, η Bangkok της Ταϊλάνδης και η Μελβούρνη της Αυστραλίας (Rogers, 1995).

Η Θεσσαλονίκη, ως η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας, δεν έμεινε πίσω στις σχετικές εξελίξεις. Στην πόλη της Θεσσαλονίκης, λειτούργησαν ιππήλατα τραμ από το έτος 1893 έως το έτος 1908, οπότε και μετατράπηκαν σε ηλεκτροκίνητα ακολουθώντας τη γενικότερη τάση της εποχής (Νανιόπουλος & Ναλμπάντης, 2002, p. 220-224).

Παρά την επιτυχία του συστήματος, σταδιακά άρχισαν να φαίνονται και τα όριά του. Για περίπου 25 έτη από την αρχή του 20^{ού} αιώνα ήταν η χρυσή εποχή του τραμ και σχεδόν κάθε μεγάλη πόλη ανά τον κόσμο λειτουργούσε ένα τέτοιο σύστημα, συνήθως υπό δημοτικό έλεγχο. Το τραμ παρείχε φθηνή και αξιόπιστη συγκοινωνία στον κόσμο, διευκολύνοντας και την οικονομική ανάπτυξη των προαστίων. Παρόλα αυτά, ήδη από τη δεκαετία του ’20 άρχισαν τα πρώτα προβλήματα. Υπήρχε κατακόρυφη αύξηση του εργασιακού κόστους και των υλικών και οι πολιτικοί ήταν διστακτικοί ως προς την αύξηση των εισιτηρίων για να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα. Οι αρχικές επενδύσεις άρχισαν να φθείρονται, ενώ άρχισε η μαζική παραγωγή μηχανοκίνητων αυτοκινήτων και αξιόπιστα λεωφορεία άρχισαν να γίνονται διαθέσιμα. Σταδιακά, η εισαγωγή λεωφορειακών γραμμών άρχισε να γίνεται πιο συμφέρουσα από την επέκταση του δικτύου του τραμ και το ίδιο συνέβη και με τα κόστη λειτουργίας. Η μεγάλη ύφεση του 1929 γρήγορα επηρέασε και τις ευρωπαϊκές οικονομίες, οι οποίες είδαν μια ταχεία κατάρρευση πολλών συστημάτων τα οποία λειτουργούσαν με οριακή κερδοφορία, ιδιαίτερα τραμ μικρών πόλεων και των περισσότερων υπεραστικών. Από τις αρχές της δεκαετίας του ’30, το μηχανοκίνητο λεωφορείο πήρε τα ηνία και τα τρόλεϊ παρείχαν μια δυνατότητα εγκατάλειψης του τραμ χωρίς να αποσυρθεί και η υποδομή ηλεκτρικής παροχής. Ο Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος επιτάχυνε την παρακμή των τραμ στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γαλλία, αλλά παρείχε τη δυνατότητα ανακατασκευής και επανεπένδυσης στα τραμ στις χώρες της μετέπειτα Μπενελούξ, τη Γερμανία και την Ανατολική Ευρώπη (Rogers, 1995).

Στη Μεγάλη Βρετανία, η εθνικοποίηση των δημοτικών εταιριών ηλεκτρισμού ήταν ένας ακόμα λόγος για την αντικατάσταση των τραμ από λεωφορεία. Έτσι, το τελευταίο δημοτικό τραμ που καταργήθηκε ήταν αυτό της Γλασκώβης το έτος 1962 (Rogers, 1995).

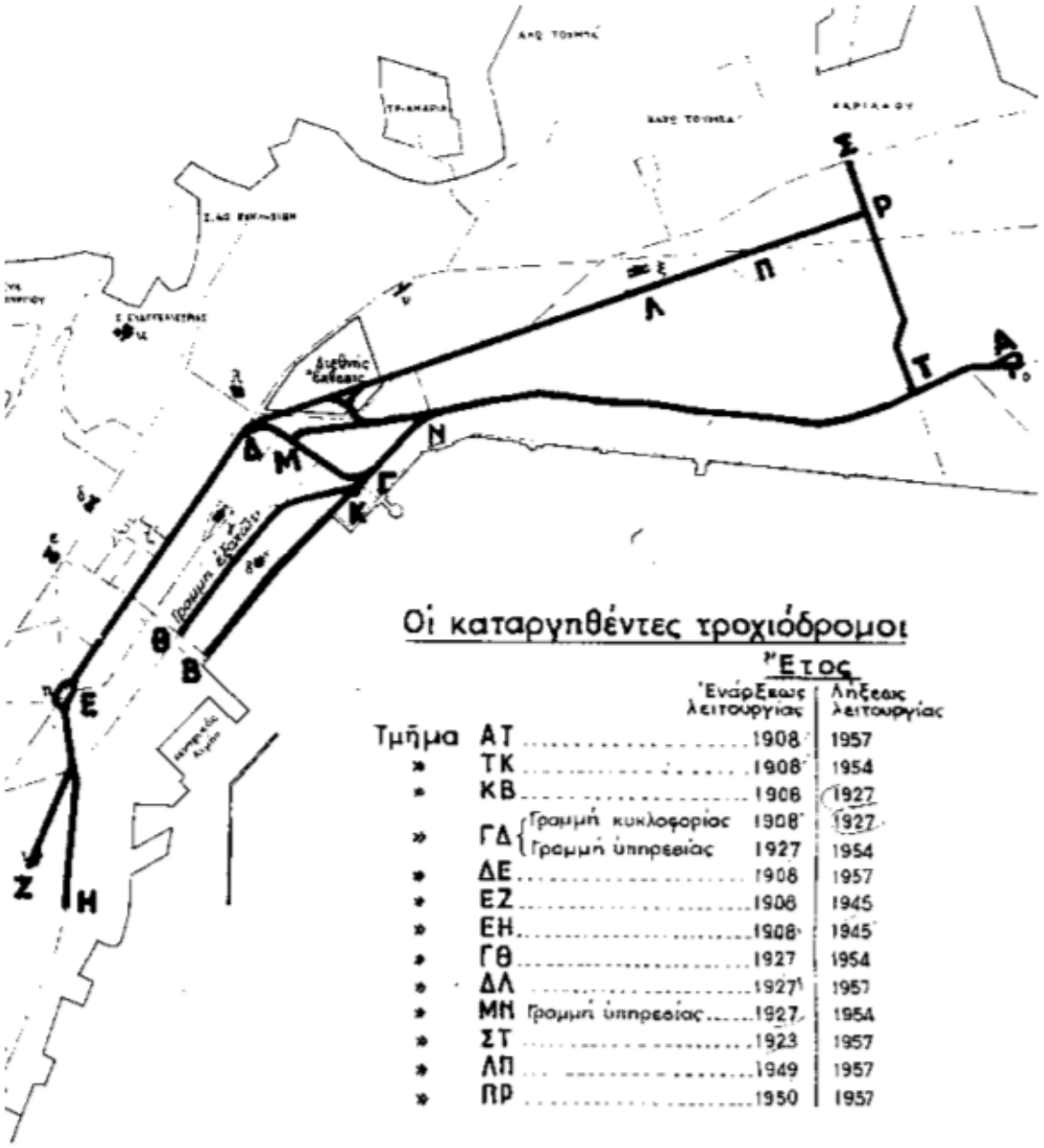
Η Θεσσαλονίκη δεν άργησε να ακολουθήσει. «Στα 1957 ξηλώθηκαν και οι τελευταίες γραμμές του τραμ και ιδρύθηκε ο ΟΑΣΘ» (Ναλμπάντης, Γιολδάσης, & Ματαφιά, 2000, p. 56). «Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, στα τέλη του 1959 δημοσιεύεται μια μελέτη του ΟΑΣΘ σχετικά με το ζήτημα εγκαταστάσεως υπηρεσίας ηλεκτρικών λεωφορείων [τρόλεϊ]. Η μελέτη αυτή, πέρα από την ιστορική της σημασία, πρέπει να είναι και η πρώτη ολοκληρωμένη μελέτη του ΟΑΣΘ» (Ναλμπάντης et al., 2000, p. 56). Η εν λόγω μελέτη είχε τον εξής τίτλο «Αστικαί συγκοινωνίαι Θεσσαλονίκης και ειδικώτερον: Ζήτημα εγκαταστάσεως υπηρεσίας ηλεκτρικών λεωφορείων». Η λύση των ηλεκτρικών λεωφορείων (Σχήμα 3-1) προκρίθηκε με ψήφους τρεις (3) έναντι δύο (2) αλλά, ως γνωστόν, αυτή ποτέ δεν εφαρμόστηκε (Ναλμπάντης et al., 2000, p. 75-76).



Σχήμα 3-1: Η χάραξη του προτεινόμενου τρόλεϊ το 1957 (Νανιόπουλος & Ναλμπάντης, 2003, p. 11)

Παράλληλα, η εν λόγω έκθεση μελέτησε γενικότερα το ζήτημα της αστικής συγκοινωνίας στην πόλη της Θεσσαλονίκης και κατέδειξε την προβληματική, πλέον, λειτουργία του τραμ (Ναλμπάντης et al., 2000, p. 56). Πρόκειται δε, για μια μελέτη ιδιαίτερης ιστορικής αξίας με πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία.

Ανεξάρτητα από την προαναφερόμενη μελέτη, ήδη από το έτος 1927 είχαν αρχίσει να καταργούνται γραμμές τραμ, με την τελευταία γραμμή τραμ να καταργείται στην πόλη της Θεσσαλονίκης το έτος 1957 (Ναλμπάντης et al., 2000, p. 105) (Σχήμα 3-2).



Σχήμα 3-2: Η χάραξη των τροχιοδρομικών γραμμών στην πόλη της Θεσσαλονίκης και τα έτη έναρξης και λήξης της λειτουργίας τους (Ναλμπάντης et al., 2000, p. 104)

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η δεκαετία του ’60 δεν ήταν καλή για τις ΔΑΣ σε πολλά σημεία του κόσμου με την αυξανόμενη πεποίθηση της βιομηχανίας και των συγκοινωνιολόγων ότι το αυτοκίνητο θα γίνει η τυπική μορφή μεταφοράς για τους περισσότερους ανθρώπους (και τα λεωφορεία για όσους δεν θα μπορούσαν να αποκτήσουν αυτοκίνητο) (Roger, 1995).

Όλες οι βρετανικές πόλεις εγκατέλειψαν το τραμ ήδη από το έτος 1962, με εξαίρεση το σύστημα το Blackpool, και παρομοίως στις ΗΠΑ με περισσότερες εξαιρέσεις, αν και πλέον είχε καταστεί κοινή πεποίθηση ότι ήταν θέμα χρόνου να αντικατασταθούν και αυτά από λεωφορεία. Μόνο στην ηπειρωτική Ευρώπη συνεχίστηκαν κάποιες επενδύσεις στο τραμ, και πιο συγκεκριμένα στη Βόρεια και την Ανατολική Ευρώπη. Η Ισπανία, η Γαλλία και η Ιταλία ακολούθησαν την τάση του αγγλοσαξονικού κόσμου και έτσι η Δυτική Γερμανία έγινε το κέντρο της ανάπτυξης του τραμ, καθώς προχώρησε σε κάποιες βελτιώσεις, όπως συλλογή κομίστρου εκτός του οχήματος, ένα μόνο οδηγό κ.ά. Στην Αυστρία, το Βέλγιο και τη Γερμανία το τραμ προστατεύτηκε από τις αρνητικές συνέπειες της κυκλοφοριακής συμφόρησης με τη χαμηλού βάθους υπογειοποίηση του σε μεγάλους κυκλοφοριακούς κόμβους. Στην Ανατολική Ευρώπη το τραμ ήταν απαραίτητο επειδή δεν είχε διεισδύσει αρκετά η ιδιωτικής χρήσης αυτοκίνηση. Επιπλέον, ο κεντρικός σχεδιασμός της οικονομίας είχε ως αποτέλεσμα να παραβλέπονται οι αρνητικές οικονομικές συνέπειες της επιλογής αυτής [με αρνητικές επιπτώσεις, φυσικά, στο σύνολο της οικονομίας, οι οποίες όμως δεν ήταν ορατές]. Με το τέλος της δεκαετίας, οι πιο προβλεπτικοί σχεδιαστές στη Δύση άρχισαν να αντιλαμβάνονται τα μειονεκτήματα της συνεχούς εξάπλωσης του ΙΧ αυτοκινήτου και της περιθωριοποίησης των ΔΑΣ. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η υποβάθμιση των κέντρων των πόλεων έναντι των προαστίων, η ανησυχία για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η σχετική ευαισθητοποίηση που άρχισε να αυξάνεται, είχαν ως αποτέλεσμα οι σχεδιαστές και οι πολιτικοί να αντιληφθούν τη σημασία των αποτελεσματικών ΔΑΣ. Έτσι, το ενδιαφέρον για το τραμ επανήλθε, σε νέες βάσεις ωστόσο, πρακτικά με τελείως διαφορετική μορφή, αυτή του LRT (Roger, 1995).

Το LRT δεν είναι ένα αυστηρώς ορισμένο σύστημα, αλλά είναι ευέλικτο μέσο με λειτουργικά χαρακτηριστικά μεταξύ του λεωφορείου [ή καλύτερα του παλαιού τραμ] και του βαρέως μετρό. Σε σχέση με τα συμβατικά λεωφορεία [αλλά και το BRT] είναι πιο ακριβό στην κατασκευή, αλλά μπορεί να είναι φθηνότερο στη λειτουργία για δεδομένη χωρητικότητα. Σε σχέση με το μετρό ή τον αστικό σιδηρόδρομο, είναι φθηνότερο στην κατασκευή αλλά λειτουργεί σε χαμηλότερη εμπορική ταχύτητα (Roger, 1995).

Σήμερα πλέον, όταν γίνεται λόγος για την κατασκευή τραμ συνήθως αφορά σε LRT.

Σύμφωνα με το Roger (1995) υπάρχουν εγκατεστημένα πάνω από 350 συστήματα LRT σε ολόκληρο τον κόσμο και αυτά μπορούν να καλύψουν ολόκληρο το φάσμα παροχής ΔΑΣ με εμπειρία ανάπτυξης 100 ετών συνδυασμένων, ωστόσο, με νέες τεχνολογίες.

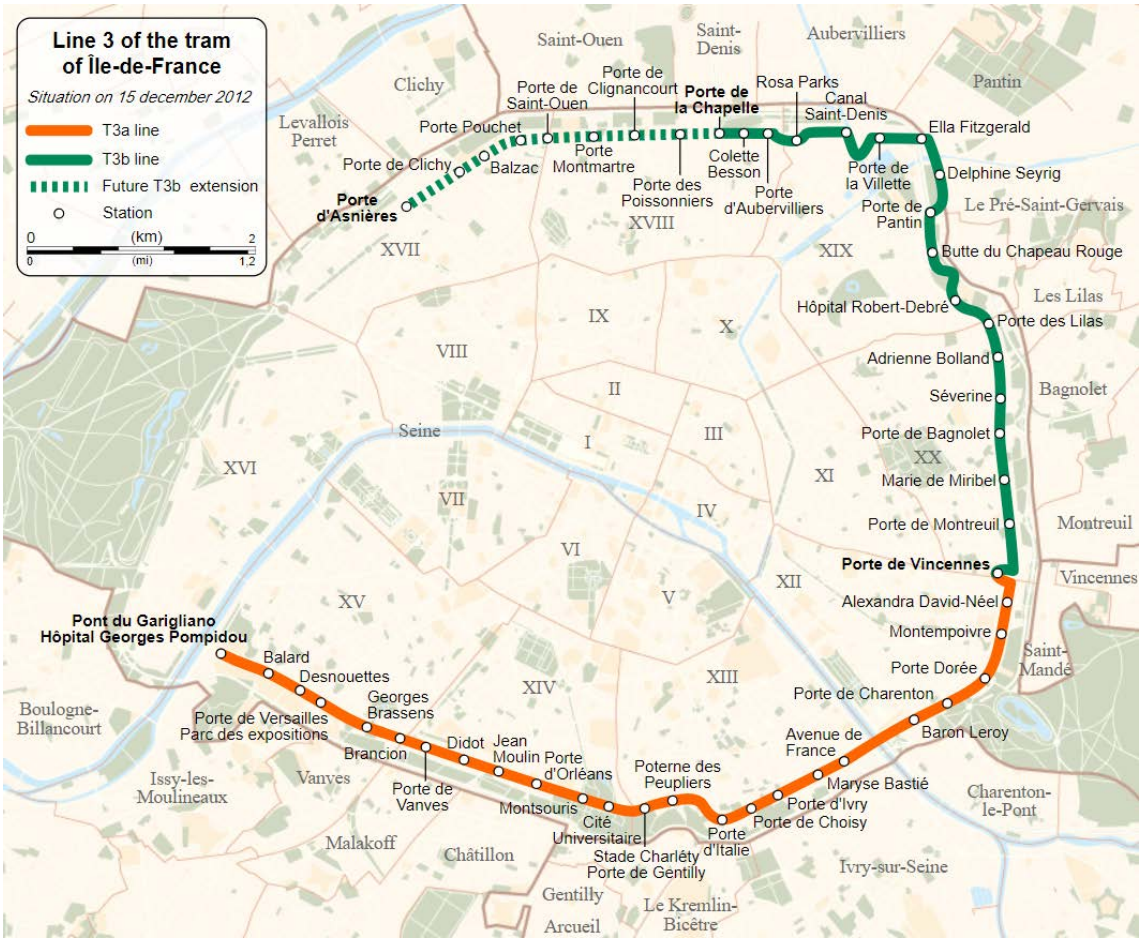
3.3 Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τραμ

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η αναφορά στο τραμ θα είναι συντομότερη από την αντίστοιχη στο BRT. Επιπλέον, δεδομένου ότι για την πόλη της Θεσσαλονίκης υπάρχει ήδη ιστορικό εφαρμογής αλλά και μελέτη εφαρμογής ενός νέου συστήματος, η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στη Θεσσαλονίκη. Έτσι, και οι μελέτες περίπτωσης προέρχονται κυρίως από το έργο External Costs of Transport and Land Equalization (ECOTALE) του προγράμματος διαπεριφερειακής συνεργασίας INTERREG IVC, στο πλαίσιο του οποίου μελετήθηκε η εφαρμογή τραμ στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

3.3.1 Το σύστημα τραμ Γραμμή Τ3 στο Île-de-France της Γαλλίας

Στη Γαλλία η «αναβίωση» του τραμ τοποθετείται στη δεκαετία του ’90 όταν το ενδιαφέρον για τα περιβαλλοντικά ζητήματα έγινε εντονότερο. Τότε ξεκίνησε και η κατασκευή των πρώτων γραμμών τραμ στο Στρασβούργο, τη Ρουέν, το Μονπελιέ και σε άλλες πόλεις. Τη δεκαετία του 2000 η ανάπτυξη δικτύων τραμ συνεχίστηκε και το 2009 στη Γαλλία ο αριθμός των μελετών και κατασκευής δικτύων τραμ ήταν πιο μεγάλος από ποτέ, παρά την οικονομική κρίση. Η επιτυχία των δικτύων τραμ στη Γαλλία βασίστηκε στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο μέσο χρησιμοποιήθηκε όχι μόνο ως μέσο συγκοινωνιακού σχεδιασμού αλλά και ως μέσο βιώσιμης ανάπτυξης, αστικής αναζωογόνησης και ανάπτυξης των πόλεων (ECOTALE, 2013, p. 22).

Η γραμμή Τ3 του τραμ (Εικόνα 3-2) έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς είναι το πρώτο σύγχρονο σύστημα τραμ στην πόλη του Παρισιού από το έτος 1937, οπότε και είχε καταργηθεί το τραμ της προηγούμενης γενεάς, και λειτουργεί από τη γνωστή Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) (ECOTALE, 2013, p. 22).



Σχήμα 3-3: Χάρτης και προεκτάσεις γραμμής Τ3 (Τ3a και Τ3b) (Sémhur, 2008)

Σύμφωνα με το ECOTALE (2013, p. 22) η γραμμή τραμ Τ3 του Île-de-France (Σχήμα 3-3) στο Παρίσι, άνοιξε στις 16 Δεκεμβρίου 2006 με κόστος 312 εκατομμύρια ευρώ. Η επιβατική ζήτηση υπολογίζεται ότι ήταν 25 εκατομμύρια επιβάτες κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους λειτουργίας -κατά μέσο όρο 100.000 επιβάτες κάθε μέρα και 70.000 τα Σαββατοκύριακα- και έχει επιτρέψει μια μείωση κατά 25% της χρήση του αυτοκινήτου.

Το σύνολο των κοινωνικών ωφελειών, συμπεριλαμβανομένων της μείωση του θορύβου, της ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, είναι περίπου 550.000 ευρώ ετησίως.

Εικόνα 3-2: Γραμμή τραμ Τ3 "Porte de Versailles", Παρίσι, Γαλλία (Pline, 2010)

3.3.2 Το σύστημα τραμ του Στρασβούργου της Γαλλίας

Σύμφωνα με το έργο ECOTALE (2013, p. 23) το Στρασβούργο έγινε η τέταρτη πόλη στη Γαλλία που εισήγαγε ένα νέο σύστημα τραμ. Η αναζωογόνηση του Στρασβούργου και του κέντρου της πόλης καθώς και η βελτίωση της ποιότητας ζωής στην πόλη ήταν οι βασικοί λόγοι για την υλοποίηση του συστήματος. Η πρώτη γραμμή του νέου τραμ άνοιξε με μήκος 9,8 χιλιόμετρα (τώρα έχει επεκταθεί στα 12,5 χιλιόμετρα) (Εικόνα 3-3). Διέρχεται μέσω του κέντρου της πόλης και συνδέεται με το σιδηροδρομικό σταθμό, που εξυπηρετεί άμεσα 140.000 άτομα. Εντός του πρώτου έτους, υπήρξε μια αύξηση 30% στην επιβατική κίνηση στα μέσα μαζικής μεταφοράς στην πόλη, με αύξηση στις μεταφορές επιβατών με ΔΑΣ από 32 εκατομμύρια το 1994 σε 65 εκατομμύρια το 2004. Δύο νέες γραμμές, με συνολικό κόστος 328 εκατομμύρια ευρώ προστέθηκαν το 2000 και μείωσαν περαιτέρω τον όγκο της διαμπερούς κυκλοφορίας στο κέντρο της πόλης (Σχήμα 3-4).

Σχήμα 3-4: Δίκτυο τραμ και BRT του Στρασβούργου (Dörrbecker, 2017)

Εικόνα 3-3: Η Γραμμή Α του τραμ του Στρασβούργου στο σταθμό Homme de Fer (Eole99, 2009)

3.3.3 Το σύστημα τραμ του Nottingham του Ηνωμένου Βασιλείου

Στο Ηνωμένο Βασίλειο το LRT γνωρίζει άνθιση. Κατά την περίοδο 2011-2012 μετακινήθηκαν 204 εκατομμύρια επιβάτες με ελαφρύ σιδηρόδρομο και τραμ στην Αγγλία, η υψηλότερη επιβατική κίνηση που καταγράφηκε ποτέ, συνεχίζοντας τη συνεχώς ανοδική τάση των τελευταίων ετών, ενώ ταυτόχρονα σημειώθηκε αύξηση 4%, δηλαδή σχεδόν 8 εκατομμύρια μετακινήσεις σε σχέση με το έτος 2010-2011 και 29% αύξηση των μετακινήσεων σε σχέση με το έτος 2004-2005 (ECOTALE, 2013, p. 24).

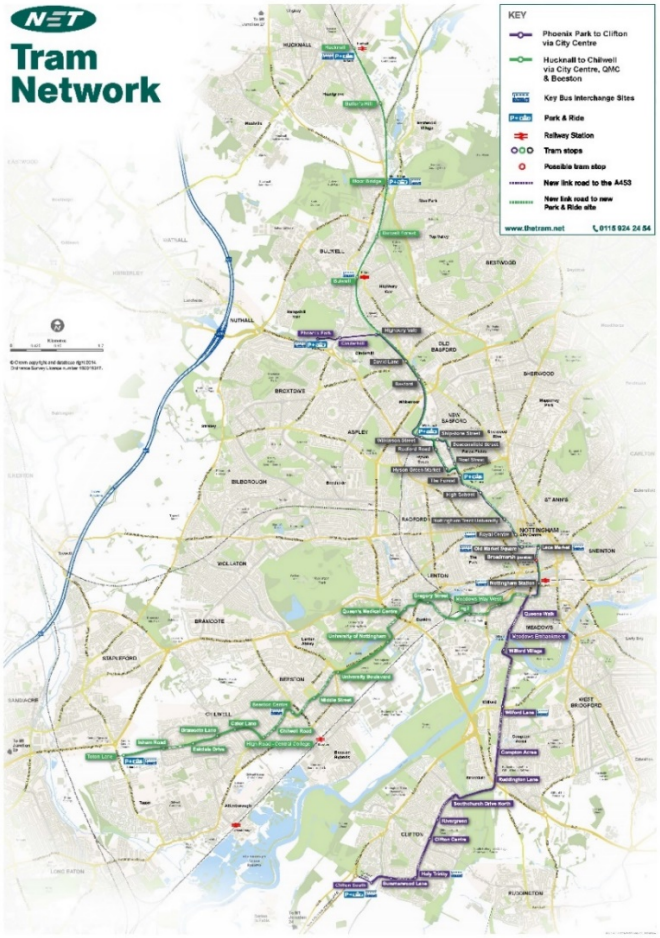
Σύμφωνα με το έργο ECOTALE (2013, p. 24), το υφιστάμενο δίκτυο του τραμ στο Nottingham του Ηνωμένου Βασιλείου, έχει μήκος 14 χλμ. και ημερήσια επιβατική κίνηση 25.000 (έτος 2009-2010) (Εικόνα 3-4). Το κόστος του ανήλθε σε £260 εκατομμύρια λίρες (τιμές 2013), ενώ χρειάστηκαν 16 χρόνια από την αρχική σύλληψη μέχρι τη λειτουργία του. Η επέκταση του δικτύου τραμ του Nottingham προβλεπόταν να υπερδιπλασιάσει το μέγεθος του δικτύου έως το τέλος του 2014. Τα 17,5 χλμ. της νέας γραμμής με τις 28 νέες στάσεις θα εξυπηρετούν το 30% του πληθυσμού της ευρύτερης περιοχής του Nottingham και θα διευκολύνουν την πρόσβαση σε περιοχές στις οποίες συγκεντρώνονται περίπου 2.000 θέσεις εργασίας.

Σήμερα, πλέον, το τραμ του Nottingham έχει 51 στάσεις, μήκος 32 χλμ. (Σχήμα 3-5), εξυπηρετεί επτά πάρκα και 23 εκατομμύρια επιβάτες ανά έτος, με τα εξής χαρακτηριστικά (Nottingham City Council, 2017):

- 16 δρομολόγια την ώρα ανά κατεύθυνση στο τμήμα του κέντρου της πόλης.
- Περίπου το 30% του πληθυσμού του ευρύτερου Nottingham και 20 από τους 30 μεγαλύτερους εργοδότες στην πόλη βρίσκονται εντός 800 μέτρων από στάση του τραμ.
- Έως £300 εκατομμύρια λίρες ώθηση στην τοπική οικονομία.
- Έως 8.000 θέσεις εργασίας δημιουργήθηκαν τοπικά.
- Νέες περιοχές ανοικτών χώρων προσβάσιμες από το κοινό.
- Νέα μηχανήματα έκδοσης εισιτηρίων στις στάσεις του τραμ και νέα οχήματα τεχνολογίας αιχμής, χωρητικότητας 200 ατόμων.
- Έως τρία εκατομμύρια μετακινήσεις με αυτοκίνητο απομακρύνθηκαν από τους δρόμους, μειώνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση.
- Ο Σταθμός του Nottingham ανακατασκευάστηκε σε έναν πρώτης τάξεως συγκοινωνιακό σταθμός μετεπιβίβασης κόστους £60 εκατομμυρίων λιρών.

- Βελτιωμένη ενσωμάτωση με το οδικό, σιδηροδρομικό και λεωφορειακό δίκτυο του ευρύτερου Nottingham.

Εικόνα 3-4: Το τραμ στο Nottingham του Ηνωμένου Βασιλείου (Newton, 2004)



Σχήμα 3-5: Το δίκτυο τραμ στο Nottingham του Ηνωμένου Βασιλείου (Nottingham Express Transit, 2014)

3.4 Δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τραμ

Στην περίπτωση του BRT υπήρχε ισχυρή ανάγκη διαχωρισμού του συστήματος από τις συμβατικές λεωφορειακές γραμμές. Έτσι, τα δομικά στοιχεία του BRT, αυτά που εξ αιτίας τους διαφοροποιούνται σημαντικά και τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά σε σχέση με τις συμβατικές λεωφορειακές γραμμές, είναι σαφώς καθορισμένα, προσδιορισμένα και, βάσει του BRT Standard, αξιολογήσιμα.

Ωστόσο, δεν ισχύει το ίδιο με τα τραμ. Στην περίπτωση των τραμ, και των LRT στη συνέχεια, δεν υπήρχε αυτή η ανάγκη. Τα τραμ πριν από τα LRT άρχισαν σταδιακά να απαξιώνονται και να μην μπορούν να ανταποκριθούν στον ανταγωνισμό των λεωφορείων. Επανήλθαν ως διαχωρισμένα από τις λεωφορειακές γραμμές που πλέον κυριαρχούσαν και όχι ως διαχωρισμένα από το παλαιότερο τραμ. Οι διαφορές τους με τον κύριο ανταγωνιστή τους, το λεωφορείο, αλλά και το μετρό, ήταν ορατές δια γυμνού οφθαλμού. Συνεπώς, δεν υπήρχε η ανάγκη σαφούς προσδιορισμού των δομικών τους στοιχείων με τρόπο αντίστοιχο του BRT. Ο κύριος διαχωρισμός μεταξύ των δομικών τους στοιχείων παρέμεινε η υποδομή και η επιδομή.

Υπάρχουν πληρέστατοι οδηγοί για το σχεδιασμό και τα δομικά στοιχεία των LRT, όπως οι δύο εκδόσεις με τίτλο “Track Design Handbook for Light Rail Transit” του TRB (2000; 2012), ωστόσο αυτοί είναι τόσο εκτενείς που δεν εξυπηρετούν τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Για το λόγο αυτό, τα στοιχεία αυτά θα παρατεθούν από πιο συμπαγείς πηγές και σε πολύ πιο περιληπτική μορφή.

Τα σύγχρονα τραμ χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο διαδρόμων τους, καθώς «μπορεί να κινηθεί σε πέντε διαφορετικούς τύπους διαδρόμων» (Πυργίδης, 2012, p. 652):

- Κατηγορία Ε (κοινός διάδρομος, βλ. Εικόνα 3-5): Στην περίπτωση αυτή η κυκλοφορία των σιδηροδρομικών οχημάτων εμπλέκεται με την κυκλοφορία των οδικών οχημάτων και την κυκλοφορία των πεζών. Οι σιδηροτροχιές εγκιβωτίζονται στο οδόστρωμα. Το κόστος κατασκευής είναι σχετικά μικρό, αλλά οι ταχύτητες εκμετάλλευσης των συρμών παραμένουν χαμηλές, ανάλογες με αυτές των συμβατικών αστικών λεωφορείων (12-15 χλμ./ώρα). Παράλληλα δεν είναι εύκολο να δοθεί στο τραμ προτεραιότητα στη φωτεινή σηματοδότηση (Πυργίδης, 2012, p. 652-653).

Εικόνα 3-5: Τραμ σε «κοινό διάδρομο» (κατηγορίας Ε) στο Όσλο της Νορβηγίας (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 105)

- Κατηγορία D (αποκλειστικός διαχωρισμένος διάδρομος, βλ. Εικόνα 3-6): Χρησιμοποιούνται και σε αυτή την περίπτωση σιδηροτροχιές που εγκιβωτίζονται στο οδόστρωμα, αλλά η τροχιοδρομική γραμμή είναι διαχωρισμένη από τους διαδρόμους κυκλοφορίας των οδικών οχημάτων (π.χ. με ταινίες διαγράμμισης, βατά από τους πεζούς εμπόδια κ.ά.). Υπάρχουν ισόπεδες διαβάσεις στις οποίες μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στο τραμ με φωτεινή (επενεργούμενη) σηματοδότηση και η ταχύτητα εκμετάλλευσης φθάνει στα 15-20 χλμ./ώρα (Πυργίδης, 2012, p. 653).

Εικόνα 3-6: Τραμ σε «αποκλειστικό διαχωρισμένο διάδρομο» (κατηγορίας D) στο Άμστερνταμ της Ολλανδίας (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 106)

- Κατηγορία C (αποκλειστικός διάδρομος τραμ, βλ. Εικόνα 3-7): Ο οδικός άξονας χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη διέλευση του τραμ, ενώ το πλάτος που απομένει πεζοδρομείται (εφαρμογή σε στενούς οδικούς άξονες, σε εμπορικά κέντρα, κέντρα πόλεων κτλ.). Επιτυγχάνεται μια σχετική βελτίωση στην ποιότητα εξυπηρέτησης των χρήσεων σε σύγκριση με το συμβατικό λεωφορείο ή το τρόλεϊ που κινούνται σε αποκλειστική λωρίδα κυκλοφορίας, επιτρέποντας παράλληλα την υλοποίηση μιας γραμμής τραμ με πολύ μικρό κόστος κατασκευής. Αντιθέτως, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από μια τέτοια παρέμβαση είναι ιδιαίτερα θετικές (Πυργίδης, 2012, p. 653-654).

Εικόνα 3-7: Τραμ σε «αποκλειστικό διάδρομο τραμ» (κατηγορίας C) στη Ζυρίχη της Ελβετίας (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 106)

- Κατηγορία B (αποκλειστικός προστατευόμενος διάδρομος, βλ. Εικόνα 3-8): Το τραμ είναι φυσικά διαχωρισμένο από την κυκλοφορία των οχημάτων και πεζών (π.χ. δένδρα, φυτά, κιγκλιδώματα, τοιχία κ.λπ.), ενώ ανά τακτά σημεία υπάρχουν διαβάσεις πεζών. Στις διασταυρώσεις με τις οδικές αρτηρίες διατηρούνται οι ισόπεδες διαβάσεις, αλλά μπορεί να δοθεί προτεραιότητα με επενεργούμενη φωτεινή σηματοδότηση. Είναι δυνατόν να επιτευχθούν ταχύτητες εκμετάλλευσης 25 χλμ./ώρα (Πυργίδης, 2012, p. 654-655).

Εικόνα 3-8: Τραμ σε «αποκλειστικό προστατευόμενο διάδρομο» (κατηγορίας Β) στην Αθήνα (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 107)

- Κατηγορία Α (εντελώς αποκλειστικός διάδρομος, βλ. Εικόνα 3-9): Δεν υπάρχουν ισόπεδες διαβάσεις για πεζούς και οχήματα και η ταχύτητα εκμετάλλευσης φθάνει στα 30 χλμ./ώρα. Ο τύπος αυτού του διαδρόμου χρησιμοποιείται και στο μετρό και το ελαφρύ μετρό (Πυργίδης, 2012, p. 655-656).

Εικόνα 3-9: Τραμ σε «εντελώς αποκλειστικό διάδρομο» (κατηγορίας Α) (A. Klonos as cited in Pyrgidis, 2016, p. 107)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3-1) φαίνονται συγκεντρωτικά οι ταχύτητες εκμετάλλευσης ανά τύπο τροχιοδρομικού διαδρόμου για τις προαναφερόμενες κατηγορίες:

Ονομασία τροχιοδρομικού διαδρόμου	**Τύπος**	**Ταχύτητα εκμετάλλευσης (χλμ./ώρα)**
Κοινός	E	12-15
Αποκλειστικός διαχωρισμένος	D	17,5
Αποκλειστικός διάδρομος τραμ	C	18-20
Αποκλειστικός προστατευόμενος	B	20
Αποκλειστικός προστατευόμενος με προτεραιότητα στη σηματοδότηση	B	25
Εντελώς αποκλειστικός	A	30

Πίνακας 3-1: Ταχύτητες εκμετάλλευσης ανά τύπο τροχιοδρομικού διαδρόμου (Πυργίδης, 2012, p. 656)

Σύμφωνα με τους Ματσούκη, Κάτσιο και Παπαδάκη (2003, p. 3) «εκτός από τον τύπο διαδρόμων, τα LRT μπορούν να διαχωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα και με τον ελάχιστο απαιτούμενο ημερήσιο αριθμό μετακινήσεων, ο οποίος προσδιορίζει το επίπεδο ανάπτυξης ενός συστήματος LRT (…). Κάθε επίπεδο εφαρμογής χαρακτηρίζεται από παραμέτρους που αφορούν στον τύπο του τροχιοδρομικού διαδρόμου, στον τύπο και στη μέση απόσταση μεταξύ των στάσεων, στον τύπο του οχήματος και στη λειτουργία του συστήματος, η ομαδοποίηση των οποίων καταλήγει στις ακόλουθες τέσσερις γενικές κατηγορίες»:

- Συστήματα κατηγορίας Δ: Κινείται διαρκώς επιγείως (στη στάθμη των υφιστάμενων διαμορφώσεων), ενώ σε περιορισμένα τμήματα μπορεί να αναπτύσσεται επί του οδοστρώματος οδών και να κινείται μικτά με την οδική κυκλοφορία. Είναι κατάλληλα για κέντρα πόλεων καθώς και σε περιοχές με στενούς δρόμους, για προβλεπόμενο ημερήσιο αριθμό μετακινήσεων τουλάχιστον 4.000 επιβατοχιλιομέτρων/χλμ. γραμμής (το επιβατοχιλιόμετρο είναι «μονάδα μέτρησης που αντιπροσωπεύει τη μεταφορά ενός επιβάτη οδικώς σε απόσταση ενός χιλιομέτρου» [Eurostat, 2010, p. 58]). Τα οχήματα του επιπέδου αυτού έχουν πλάτος έως 2,40 μ., ενώ μπορούν να κινούνται μεμονωμένα ή σε συρμό δύο οχημάτων. Η ασφάλεια της λειτουργίας τους εξαρτάται αποκλειστικά από τον οδηγό του οχήματος. Η μέγιστη μεταφορική τους

ικανότητα είναι περίπου 10.000 θέσεις/ώρα/κατεύθυνση. Ένα σύστημα LRT κατηγορίας Δ είναι το οικονομικότερο και αποτελεί τη βάση για σύστημα υψηλότερης κατηγορίας, με αναβάθμιση το μέλλον (Ματσούκης et al., 2003, p. 3).

- Συστήματα κατηγορίας Γ: Κινούνται κατά το μεγαλύτερο τμήμα τους σε αποκλειστικό διάδρομο, ενώ περιορισμένα τμήματα του διαδρόμου τους βρίσκονται είτε υπεργείως (σε γέφυρα) είτε υπογείως (σε σήραγγα). Οι αποβάθρες των στάσεων μπορεί να είναι υψηλές ή χαμηλές, σύμφωνα με το σχεδιασμό του δαπέδου του οχήματος. Είναι δυνατή ταυτοχρόνως η ύπαρξη χαμηλών και υψηλών αποβάθρων. Στις περιπτώσεις αυτές τα οχήματα που εξυπηρετούν πρέπει να είναι εφοδιασμένα με αναδιπλούμενα σκαλοπάτια στις θέσεις των θυρών. Η μέγιστη μεταφορική ικανότητα τους είναι περίπου 20.000 θέσεις/ώρα/κατεύθυνση. Ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να σχεδιάζεται θεωρώντας δυναμικό περιτύπωμα οχήματος πλάτους 2,65μ. ώστε να είναι δυνατή η αναβάθμισή του. Το κόστος κατασκευής μπορεί να διατηρηθεί χαμηλό, περιορίζοντας το μήκος των τμημάτων του τροχιοδρόμου που βρίσκονται σε γέφυρα ή σε σήραγγα (Ματσούκης et al., 2003, p. 3).
- Συστήματα κατηγορίας Β: Οι γεωμετρικές απαιτήσεις τέτοιων συστημάτων, υποχρεώνουν κατά μέσο όρο το 20% περίπου της συνολικής διαδρομής τους να βρίσκονται σε σήραγγα (συνήθως τμήματα που διασχίζουν κέντρα πόλεων). Το μεγαλύτερο μέρος του διαδρόμου τους είναι απολύτως διαχωρισμένο με σκοπό να εξασφαλίζεται ταχεία και χρονικά αξιόπιστη λειτουργία. Στην κίνηση των οχημάτων των συστημάτων LRT κατηγορίας Β, δίνεται πάντα προτεραιότητα επενεργούμενης φωτεινής σηματοδότησης στις ισόπεδες διασταυρώσεις με οδούς, ενώ διαθέτουν αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου με υπολογιστή. Τα οχήματα έχουν πλάτος 2,65μ., ενώ όλες οι αποβάθρες των στάσεων είναι υψηλές. Η κίνηση συρμού τριών οχημάτων μπορεί να προσφέρει μεταφορική ικανότητα 30.000 θέσεων/ώρα/κατεύθυνση. Το κόστος κατασκευής ενός τέτοιου συστήματος είναι περίπου διπλάσιο του κόστους κατασκευής συστήματος LRT κατηγορίας Γ. Εύκολα όμως μπορεί να αναβαθμιστεί σε σύστημα κατηγορίας Α (Ματσούκης et al., 2003, p. 3-4).
- Συστήματα κατηγορίας Α: Πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο από 2.000.000 κατοίκους και εξαιρετικά υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους απαιτούν

συστήματα LRT που κινούνται αποκλειστικά σε απολύτως διαχωρισμένο διάδρομο, του οποίου τουλάχιστον το 50% του μήκους του βρίσκεται σε σήραγγα ή σε γέφυρα. Ισόπεδες διασταυρώσεις με οδούς πρέπει να αποφεύγονται, ενώ όπου συμβαίνουν, τα οχήματα του LRT συστήματος έχουν πάντα προτεραιότητα. Η λειτουργία των συστημάτων αυτών είναι πλήρως αυτοματοποιημένη με τα οχήματα και τον τροχιόδρομο κατάλληλα εξοπλισμένο. Τα οχήματα πλάτους 2,65μ. δεν έχουν σκαλοπάτια, ενώ η κίνηση συρμού τεσσάρων οχημάτων πρέπει να είναι δυνατή. Η μέγιστη μεταφορική ικανότητα τέτοιων συστημάτων ανέρχεται σε 40.000 θέσεις/ώρα/κατεύθυνση. Ένα σύστημα LRT κατηγορίας Α είναι ανάλογο με έναν υπόγειο σιδηρόδρομο, έχοντας όμως χαμηλότερο κόστος εξαιτίας της μεγαλύτερης ευελιξίας που παρέχουν τα ελαφρά συστήματα σταθερής τροχιάς να προσαρμόζονται σε υφιστάμενα σχέδια πόλεων και κυκλοφοριακές συνθήκες, κυρίως σε περιοχές προαστίων (Ματσούκης et al., 2003, p. 4).

Κατά συνέπεια, ανάλογα με το επιλεχθέν επίπεδο συστήματος LRT καθορίζονται και οι αρχές σχεδιασμού που αφορούν στον τύπο του τροχιοδρομικού διαδρόμου, στη στάθμη ανάπτυξης του τροχιοδρομικού διαδρόμου, στη μέση απόσταση μεταξύ των στάσεων, στο μήκος και το ύψος των αποβάθρων, στον τύπο του οχήματος και στη λειτουργία του συστήματος (Ματσούκης et al., 2003, p. 4).

Πολλά από τα στοιχεία αυτά φαίνονται κατωτέρω (Πίνακας 3-2):

	Κατηγορία Δ	**Κατηγορία Γ**	**Κατηγορία Β**	**Κατηγορία Α**
Πληθυσμός περιοχής εξυπηρέτησης (άτομα)	200.000 – 500.000	500.000 – 1.000.000	1.000.000 – 2.000.000	2.000.000 – 5.000.000
Πυκνότητα πληθυσμού επί της εξεταζόμενης διαδρομής (κάτοικοι / χλμ.^{2})	2.000	3.000	5.000	8.000
Ελάχιστος προβλεπόμενος αριθμός μετακινήσεων ανά τυπική ημέρα (επιβατοχιλιόμετρα/χλμ. γραμμής)	2.000	5.000	10.000	>15.000

	Κατηγορία Δ	**Κατηγορία Γ**	**Κατηγορία Β**	**Κατηγορία Α**
Τύπος τροχιοδρομικού διαδρόμου	20% κοινός με κυκλοφορία 80% αποκλειστικός	80% αποκλειστικός 20% απολύτως διαχωρισμένος	20% αποκλειστικός 80% απολύτως διαχωρισμένος	100% απολύτως διαχωρισμένος
Υψομετρική θέση τροχιοδρομικού διαδρόμου (% του συνολικού μήκους διαδρομής)	100% επιγείως	5% υπογείως ή/και υπεργείως	20% υπογείως ή/και υπεργείως	>50% υπογείως ή/και υπεργείως
Μέση απόσταση μεταξύ στάσεων (μ.)	500	600	750	1.000
Μήκος αποβαθρών στάσεων (μ.)	40	70	100	130
Ύψος αποβαθρών στάσεων (μ.)	Χαμηλό	Χαμηλό ή/και υψηλό	Υψηλό	Υψηλό
Πλάτος οχήματος (μ.)	≤ 2,40	2,40/2,65	2,65	2,65
Τύπος εισόδων – εξόδων οχήματος	Χαμηλού δαπέδου	Με αναδιπλούμενη κλίμακα / χωρίς κλίμακα	Χωρίς κλίμακα	Χωρίς κλίμακα
Μέγιστος αριθμός οχημάτων συρμού	1	2	3	4
Φωτεινή σηματοδότηση στις θέσεις ισόπεδων διασταυρώσεων	Στις περισσότερες	Σε όλες	Σε όλες τις και προτεραιότητα στο LRT	Σε όλες με προτεραιότητα στο LRT και ειδικό εξοπλισμό
Εμπορική ταχύτητα (χλμ./ώρα)	20	25	30	35

Πίνακας 3-2: Πεδίο εφαρμογής και γενικά χαρακτηριστικά κατηγοριών συστημάτων LRT (Ματσούκης et al., 2003, p. 5)

Πέραν τούτων, υπάρχει πλήθος άλλων δομικών και λειτουργικών στοιχείων τα οποία θα μπορούσαν να παρατεθούν, π.χ. στοιχεία υποδομής (κατασκευαστικά στοιχεία σιδηροτροχιών, τύποι αποβαθρών, τρόποι εγκιβωτισμού σιδηροτροχιών στο οδόστρωμα κτλ.) και επιδομής (τύποι οχημάτων, μήκη συρμών στο σύνολο, εσωτερικό οχημάτων κτλ.), αλλά αυτό θα ξέφευγε από τις ανάγκες της παρούσας εργασίας.

3.5 Στοιχεία κόστους κατασκευής και λειτουργίας τραμ

Από τα ανωτέρω φαίνεται ότι όπως και στην περίπτωση των συστημάτων BRT έτσι και στην περίπτωση των συστημάτων LRT υπάρχει πολύ μεγάλη διαφοροποίηση ως προς τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας, η οποία δεν οφείλεται μόνο στις διαφορετικές συνθήκες κατασκευής (π.χ. κόστος χρήματος / επιτόκια, συναλλαγματικές διακυμάνσεις, εργασιακό κόστος, ενεργειακό κόστος κτλ.) ανάλογα με τη χώρα κατασκευής, αλλά σε πολύ μεγάλο βαθμό και στην επιλεχθείσα λύση υλοποίησης ανά κατηγορία διαδρόμου κίνησης και κατηγορία τύπου συστήματος LRT.

Σύμφωνα με το North Florida Transportation Planning Organization (2013, p. 69) «η εξοικονόμηση κατασκευαστικού κόστους των LRT είναι σημαντική σε σχέση με άλλες μορφές αστικών σιδηροδρομικών συστημάτων [δηλαδή του μετρό] επειδή το LRT έχει την ικανότητα να χρησιμοποιήσει όλους τους τύπους της προτεραιότητας. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα αστικά συγκοινωνιακά σιδηροδρομικά συστήματα, το LRT μπορεί να αποφύγει τις κοστοβόρες εκσκαφές για την κατασκευή τούνελ ή τις ανυψωμένες κατασκευές [δηλαδή γέφυρες]. Παρόλα αυτά, με αυτόν τον τρόπο υπάρχει σημαντική μείωση της μεταφορικής ικανότητας επιβατών. Το κόστος κατασκευής συστημάτων LRT διαφέρει σημαντικά, καθώς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις απαιτούμενες εκσκαφές για τούνελ και ανυψωμένων κατασκευών. Άλλες μορφές σιδηροδρομικής συγκοινωνίας, όπως ο βαρύς σιδηρόδρομος [δηλαδή το μετρό] προσφέρονται περισσότερο για διαδρόμους πυκνοκατοικημένων περιοχών, ενώ το LRT θεωρείται μια υπηρεσία μέσης μεταφορικής ικανότητας».

Για τους ανωτέρω λόγους, στην παρούσα ενότητα θα παρατεθούν κάποια ενδεικτικά στοιχεία κόστους από υφιστάμενα συστήματα LRT ανά τον κόσμο, ώστε ο αναγνώστης να είναι σε θέση να σχηματίσει μια αντιπροσωπευτική εικόνα σχετικά με τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας των συστημάτων LRT.

Πόλη	**Συνολικό κόστος σε 10^6 του 2000**	**Συνολικό μήκος σε μίλια (χλμ.)**	**Κόστος/μίλι (χλμ.) σε 10^6 του 2000**
Sacramento, CA	$262,1	20,6 (33,2)	$12,7 ($7,9)
Baltimore, MD	$536,5	29,4 (47,3)	$18,2 ($11,3)
St. Louis, MO	$395,3	19,0 (30,6)	$20,8 ($12,9)
Salt Lake, UT	$320,2	15,0 (24,1)	$21,4 ($13,3)
Denver, CO	$305,4	14,0 (22,5)	$21,8 ($13,6)
San Diego, CA	$1.295,2	46,8 (75,3)	$27,7 ($17,2)
San Jose, CA	$882,6	28,6 (46,0)	$30,9 ($19,2)
Pittsburgh, PA	$780,0	25,2 (40,6)	$31,0 ($19,2)
Portland, OR	$1.400,4	32,7 (52,6)	$42,8 ($26,6)
Dallas, TX	$909,6	20,0 (32,2)	$45,5 ($28,2)
Los Angeles, CA	$1.934,8	42,0 (67,6)	$46,1 ($28,6)
Newark, NJ	$992,1	10,0 (16,1)	$99,2 ($61,6)
Buffalo, NY	$760,5	6,4 (10,3)	$118,8 ($73,8)

Πίνακας 3-3: Κεφαλαιουχική δαπάνη διαφόρων συστημάτων LRT στις ΗΠΑ (McKendrick et al., 2007, p. 730)

Υφιστάμενα συστήματα και έτος έναρξης	**Πραγματικό κόστος κατασκευής (10^6 £)**	**Κόστος κατασκευής σε τιμές 2003/2004 (10^6 £)**	**Μήκος γραμμής (χλμ.)**	**Κόστος κατασκευής ανά χλμ. σε τιμές 2003-2004 (10^6 £)**
Metrolink Phase 1 του Manchester, 1992	145	191	31	6,2

Supertram του Sheffield, 1994-1995	241	304	29	10,5
Metro του Midland, 1999	145	160	21	7,6
Tramlink του Croydon, 2000	200	218	28	7,8
Metrolink Phase 2 του Manchester, 2000	160	174	8,2	21,2
Metro του Sunderland επέκταση προς Tyne & Wear, 2002	98	101	18,5	5,4
Express Transit του Nottingham, 2004	180	180	14,3	12,6
Μέσος Όρος	**167**	**190**	**21,4**	**10,2**

Πίνακας 3-4: Κόστη κατασκευής / χιλιόμετρο επιλεγμένων συστημάτων LRT στην Αγγλία (House of Commons, 2005)

Στους ανωτέρω πίνακες (Πίνακας 3-3 και Πίνακας 3-4) παρουσιάζονται τα κόστη κατασκευής ανά χιλιόμετρο για επιλεγμένα συστήματα LRT στις ΗΠΑ και στην Αγγλία αντιστοίχως, ενώ στον κατωτέρω (Πίνακας 3-5) φαίνονται τα λειτουργικά κόστη για επιλεγμένα συστήματα LRT στις ΗΠΑ.

	Λειτουργικό κόστος ανά επιβατομίλι	**Λειτουργικό κόστος ανά οχηματομίλι**
St. Louis, MO	$0,27	$6,60
Dallas, TX	$0,60	$11,31
Denver, CO	$0,43	$6,38
Sacramento, CA	$0,52	$11,34
Portland, OR	$0,34	$9,93
Philadelphia, PA	$0,78	$14,01
Buffalo, NY	$1,04	$17,58
Baltimore, MD	$0,57	$12,16

Πίνακας 3-5: Λειτουργικά κόστη σε επιλεγμένα συστήματα LRT στις ΗΠΑ (Garrett, 2004, p. 7)

Από τα ανωτέρω, προκύπτει ότι ενώ το κόστος κατασκευής των συστημάτων LRT είναι σχετικά υψηλό, φαίνεται πως το κόστος λειτουργίας τους είναι σχετικό χαμηλότερο. Ενδιαφέρουσες και χρήσιμες σχετικές συγκρίσεις θα ακολουθήσουν στο Κεφάλαιο 4

4 Η Διαδικασία Λήψης της Απόφασης: Σύγκριση ΛΣΥΕΕ και Τραμ

4.1 Η διαδικασία λήψης της απόφασης

Η απόφαση σχετικά με την επιλογή μια συγκεκριμένης τεχνολογίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Κόστη, χαρακτηριστικά αποδοτικότητας, τοπικές συνθήκες και προσωπικές επιλογές, έχουν ιστορικά παίξει το ρόλο τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει μια αναφορά στους παράγοντες επιλογής ενός συστήματος μαζικής μεταφοράς για μια πόλη, και ως προς αυτούς τους παράγοντες θα γίνεται η σύγκριση των δύο εναλλακτικών που απασχολούν την παρούσα εργασία, δηλαδή του BRT και του LRT.

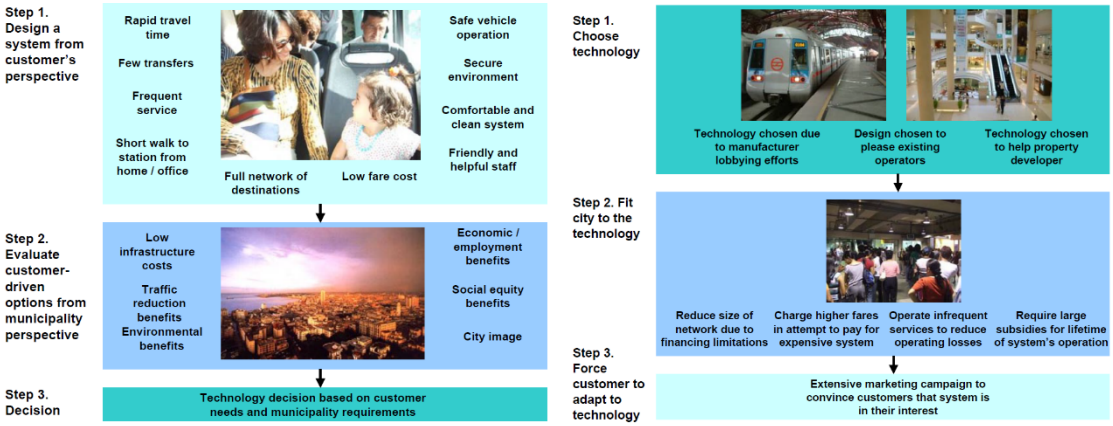
Υπάρχει πλέον σημαντική αντιπαράθεση μεταξύ των συγκοινωνιολόγων σχετικά με το αν οι BRT ή οι λύσεις που βασίζονται στο σιδηρόδρομο είναι καταλληλότερες. Ο ανταγωνισμός αυτός είναι υγιής επειδή διαμορφώνει ένα περιβάλλον στο οποίο όλες οι τεχνολογίες τείνουν να βελτιώνονται. Η διαδικασία σχεδιασμού και η διαδικασία λήψης της απόφασης μπορούν να οριστούν με τρόπο τέτοιο ώστε ο τελικός στόχος να αντανακλά τους στόχους και τους σκοπούς της πόλης σε συνδυασμό με τις τρέχουσες και μελλοντικές τάσεις (Wright & Hook, 2007, p. 51).

Η διαδικασία λήψης της απόφασης θα πρέπει να ακολουθεί τα εξής βήματα (Wright & Hook, 2007, p. 51):

1. Στόχοι και σκοποί: Καθορισμός στόχων και σκοπών σε σχέση με την προσβασιμότητα και την κινητικότητα, την ποιότητα ζωής, την εικόνα της πόλης κτλ.
2. Υφιστάμενη κατάσταση και τάσεις: Εκτός από τους στόχους και τους σκοπούς, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ’ όψιν η υφιστάμενη κατάσταση και οι τάσεις ως προς τα υφιστάμενα προβλήματα και τις μελλοντικές προκλήσεις. Π.χ. το δημογραφικό, οι χρήσεις γης, ο πολεοδομικός σχεδιασμός κτλ. θα πρέπει να ληφθούν υπ’ όψιν.
3. Προσδιορισμός εναλλακτικών λύσεων: Διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων με χρήση BRT, LRT, μετρό κτλ.
4. Αξιολόγηση: Αντικειμενική διαδικασία λήψης της απόφασης.

5. Απόφαση.

Πολλές φορές η ανωτέρω διαδικασία δεν ακολουθείται, καθώς επιλέγεται μια διαδικασία «τεχνολογοκεντρική» και από τα πάνω, δηλαδή πρώτα λαμβάνεται η απόφαση σχετικά με το μέσο το οποίο θα υλοποιηθεί και στη συνέχεια εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο το επιλεχθέν μέσο θα απαντήσει στα προβλήματα της πόλης και του επιβατικού κοινού. Αυτός ο τρόπος «σχεδιασμού» είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος στην Ελλάδα, στην οποία ελλείψει ενός επαρκούς και ολοκληρωμένου χωροταξικού, πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού, οι σχετικές αποφάσεις λαμβάνονται, συνήθως, με κριτήριο το πολιτικό όφελος και, ενδεχομένως και άλλες παραμέτρους όπως η ελλιπής γνώση, οι πιέσεις των ομάδων συμφερόντων κτλ., και όχι με μια πελατοκεντρική προσέγγιση, όπου στην υπό εξέταση περίπτωση οι πελάτες είναι οι χρήστες και οι δυνητικοί χρήστες των ΔΑΣ.



Σχήμα 4-1: α) Πελατοκεντρικός και β) Τεχνολογοκεντρικός σχεδιασμός (Wright & Hook, 2007, p. 52-53)

Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται από το Σχήμα 4-1, ο πελατοκεντρικός σχεδιασμός ακολουθεί τα εξής τρία βήματα (Wright & Hook, 2007, p. 52):

1. Σχεδιασμός ενός συστήματος από την οπτική του πελάτη: χρόνος ταξιδιού, λίγες μετεπιβιβάσεις, τακτική εξυπηρέτηση, μικρή απόσταση πεζή από και προς το σπίτι/γραφείο, πλήρες δίκτυο προορισμών, χαμηλό κόμιστρο, ασφαλής λειτουργία οχήματος, ασφαλές περιβάλλον, άνετο και καθαρό σύστημα, φιλικό και βοηθητικό προσωπικό.
2. Αξιολόγηση των, προερχομένων από τους πελάτες, επιλογών από την οπτική του Δήμου: χαμηλό κόστος υποδομής, μείωση της κυκλοφορίας, περιβαλλοντικά οφέλη, οικονομικά οφέλη και θέσεις εργασίας, εικόνα της πόλης.

3. Απόφαση: επιλογή τεχνολογίας βασισμένη στις ανάγκες των πελατών και τις απαιτήσεις του Δήμου.

Από την άλλη, ο τεχνολογοκεντρικός σχεδιασμός ακολουθεί τα εξής τρία βήματα (Wright & Hook, 2007, p. 53):

1. Επιλογή τεχνολογίας: επιλογή τεχνολογίας βάσει των πιέσεων των ομάδων συμφερόντων, σχεδιασμός επιλεγμένος για να ικανοποιήσει τους υφιστάμενους παρόχους, τεχνολογία επιλεγμένη για την υποβοήθηση της οικιστικής ανάπτυξης.
2. Προσαρμογή της πόλης στην τεχνολογία: μείωση του μεγέθους του δικτύου λόγω των οικονομικών περιορισμών, καθορισμός υψηλοτέρων κομίστρων για την αποπληρωμή του ακριβού συστήματος, λειτουργία χωρίς τακτική και συχνή εξυπηρέτηση για τη μείωση των λειτουργικών εξόδων, απαίτηση μεγάλων επιδοτήσεων για το σύνολο του χρόνου λειτουργίας του μέσου.
4. Πίεση προς τον πελάτη να προσαρμοστεί με την τεχνολογία: εκτεταμένες καμπάνιες μάρκετινγκ για να πειστούν οι πελάτες ότι το σύστημα είναι προς το συμφέρον τους.

Από τα ανωτέρω είναι φανερό το ποια προσέγγιση ακολουθείται συνήθως στην Ελλάδα και δη στη Θεσσαλονίκη, όπου ακολουθήθηκε η δεύτερη προσέγγιση στο σχεδιασμό των μεγάλων συγκοινωνιακών έργων με αποτέλεσμα να εμφανίζονται οι περισσότερες παρεπόμενες αρνητικές επιπτώσεις. Ενδεχομένως να ισχύει το ίδιο και με την περίπτωση του τραμ, δεδομένου ότι επρόκειτο για τον κύριο αντίπαλο του μετρό κατά τη δεκαετία του ’80 και εντυπώθηκε στη συλλογική μνήμη των Θεσσαλονικέων ως το εναλλακτικό, βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον μέσο. Επιπλέον, δεδομένου ότι τραμ έχει κατασκευαστεί ήδη στην Αθήνα, η κατασκευή τραμ στην πόλη της Θεσσαλονίκης προσφέρεται για πολιτική εκμετάλλευση και την αποκόμιση πολιτικού οφέλους, δεδομένου του υφέρποντος ανταγωνισμού των δύο πόλεων στον οποίο η Θεσσαλονίκη τείνει να ακολουθεί τυφλά την Αθήνα αντί να δοκιμάζει λύσεις οι οποίες ενδεχομένως να προσφέρονται περισσότερο για τις ανάγκες της. Φυσικά, παρόλο που όλα τα προηγούμενα είναι δεδομένο ότι ισχύουν, αυτό δεν σημαίνει και ότι το τραμ σίγουρα δεν είναι το προσφορότερο συμπληρωματικό μέσο του μετρό στη Θεσσαλονίκη. Ενδεχομένως, να αποτελεί όντως την καλύτερη εναλλακτική έναντι του BRT και αυτό μένει να εξεταστεί στη συνέχεια.

Κατηγορία	**Παράγοντας**
Κόστος	Κεφαλαιουχική δαπάνη (κόστη υποδομής και ιδιοκτησίας)
	Λειτουργικά κόστη
	Κόστος σχεδιασμού
Σχεδιασμός και διαχείριση	Χρόνος σχεδιασμού και υλοποίησης
	Διαχείριση και διοίκηση
Σχέδιο (design)	Επεκτασιμότητα
	Ευελιξία
	Διαφορετικότητα έναντι ομοιογένειας
Απόδοση	Χωρητικότητα
	Χρόνος ταξιδιού / ταχύτητα
	Συχνότητα εξυπηρέτησης
	Αξιοπιστία
	Άνεση
	Ασφάλεια
	Εξυπηρέτηση πελατών
	Εικόνα και αντίληψη
Επιπτώσεις	Οικονομικές επιπτώσεις
	Κοινωνικές επιπτώσεις
	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
	Αστικές επιπτώσεις

Πίνακας 4-1: Παράγοντες επιλογής τύπου τεχνολογίας αστικής συγκοινωνίας (Wright & Hook, 2007, p. 54)

Ανωτέρω (Πίνακας 4-1) φαίνονται οι παράγοντες επιλογής τύπου τεχνολογίας αστικής συγκοινωνίας και στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου θα εξεταστούν συγκριτικά το BRT και το LRT ως προς τους πιο σημαντικούς από αυτούς τους παράγοντες.

4.2 Κόστος

4.2.1 Κεφαλαιουχική δαπάνη

Τα συστήματα BRT σύμφωνα με τον Τσολάκη (2009, p. 40) «πλεονεκτούν έναντι όλων των διαθέσιμων επιλογών σε μέσα μεταφοράς υψηλού επιπέδου εξυπηρέτησης στο ζήτημα του κόστους κατασκευής».

Πόλη	**Τύπος συστήματος**	**Χιλιόμετρα διαχωρισμένης γραμμής (χλμ.)**	**Κόστος ανά χιλιόμετρο (10^6/χλμ.)**
Taipei, Ταϊβάν	BRT	57,0	0,5
Quito, Ισημερινός (Γραμμή Ecovía)	BRT	10,0	0,6
Porto Alegre, Βραζιλία	BRT	27,0	1,0
Las Vegas, ΗΠΑ (Γραμμή Max)	BRT	11,2	1,7
Curitiba, Βραζιλία	BRT	57,0	2,5
São Paulo, Βραζιλία	BRT	114,0	3,0
Bogotá, Βολιβία (Φάση Ι)	BRT	40,0	5,3
Tunis, Τυνησία	Τραμ	30,0	13,3
Lyon, Γαλλία	LRT	18,0	18,9
Bordeaux, Γαλλία	LRT	23,0	20,5
Zurich, Ελβετία	Τραμ	Μη διαθέσιμο	29,2
Portland, ΗΠΑ	LRT	28,0	35.2
Los Angeles, ΗΠΑ (Χρυσή γραμμή)	LRT	23,0	37.8

Πίνακας 4-2: Κεφαλαιουχική δαπάνη (capital cost): κόστος ανά χιλιόμετρο επιλεγμένων συστημάτων BRT και LRT ανά τον κόσμο (Wright & Hook, 2007, p. 55)

«Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, έδειξαν ότι το κόστος κατασκευής ενός Λ.Σ.Υ.Ε.Ε. [δηλαδή BRT] αποτελεί ένα μικρό ποσοστό του αντίστοιχου κόστους των σιδηροδρομικών εφαρμογών» (Τσολάκης, 2009, p. 40).

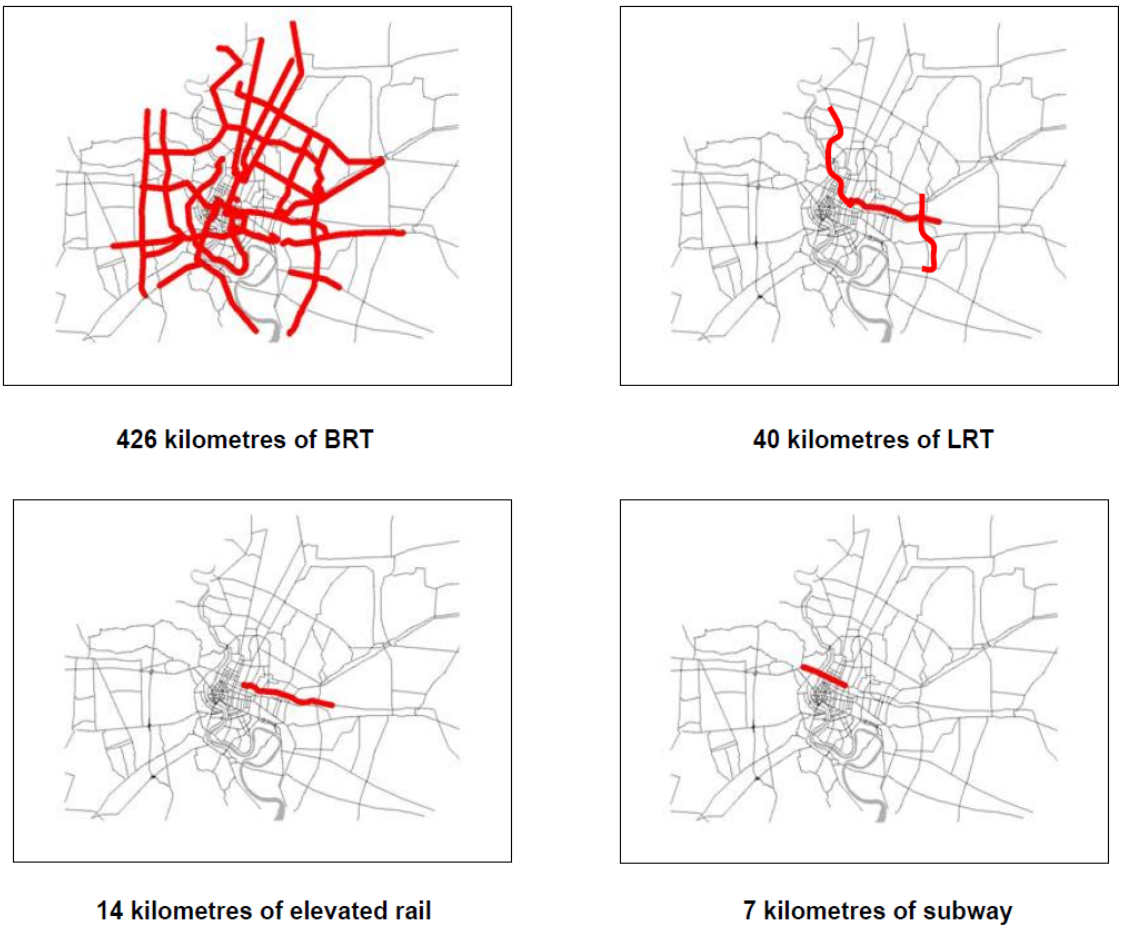
Παρόλο που, όπως προαναφέρθηκε, το κόστος της κεφαλαιουχικής δαπάνης ανά χιλιόμετρο συστήματος εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες, από τον ανωτέρω πίνακα (Πίνακας 4-2) προκύπτει ότι τελικά η συσχέτιση της κεφαλαιουχικής δαπάνης ανά χιλιόμετρο συστήματος με τον τύπο του συστήματος, BRT ή LRT, φαίνεται να είναι πολύ πιο ισχυρή από την αντίστοιχη συσχέτιση της κεφαλαιουχικής δαπάνης με τις τοπικές συνθήκες.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στον πίνακα, εκτός από τα LRT και τα BRT, αναφέρονται και «Τραμ», τα οποία θα πρέπει να θεωρηθούν επίσης LRT συστήματα διαδρόμου τύπου Ε και, προφανώς, όχι τραμ της παλαιότερης γενιάς, αλλά διατηρήθηκε η ονομασία αυτή επειδή έτσι αναφέρονται στην πηγή. Είναι αξιοσημείωτο ότι ακόμα και σε αυτή την περίπτωση το κόστος ανά χιλιόμετρο είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο κόστος των συστημάτων BRT! Τέλος, ο ίδιος πίνακας, στην πηγή περιέχει και άλλα συστήματα, όπως το monorail και το μετρό, τα οποία εννοείται πως έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής ανά χιλιόμετρο ακόμα και από τα συστήματα LRT, αλλά δεν παρατίθενται εδώ, καθώς ξεφεύγουν από το θέμα της παρούσας εργασίας.

Σύμφωνα με τους Wright και Hook (2007, p. 55) ο Πίνακας 4-2 «δείχνει ότι τα συστήματα BRT τυπικά κυμαίνονται στο εύρος των $500.000 έως $15 εκατομμυρίων δολαρίων ανά χιλιόμετρο με τα περισσότερα από αυτά να κατασκευάζονται με κόστος χαμηλότερο των χαμηλότερο των $15 εκατομμυρίων δολαρίων ανά χιλιόμετρο. Συγκριτικά, τα τραμ και τα LRT συστήματα φαίνεται να κυμαίνονται στο εύρος των $13 εκατομμυρίων έως $40 εκατομμυρίων δολαρίων ανά χιλιόμετρο. Τα ανυψωμένα συστήματα σιδηροδρόμου κυμαίνονται στο εύρος των $40 εκατομμυρίων έως $100 εκατομμυρίων δολαρίων ανά χιλιόμετρο. Τέλος, τα υπόγεια συστήματα μετρό κυμαίνονται στο εύρος των $45 εκατομμυρίων έως $350 εκατομμυρίων δολαρίων ανά χιλιόμετρο».

Οι ανωτέρω διαφορές είναι εντυπωσιακές, ιδιαίτερα αν εκφραστούν σε δυνητικό μήκος κατασκευής δικτύου με την ίδια κεφαλαιουχική δαπάνη, καθώς το μήκος του δικτύου είναι από τις σημαντικότερες παραμέτρους της άνεσης των επιβατών.

Αυτό φαίνεται πολύ παραστατικά στο Σχήμα 4-2 στο οποίο φαίνονται οι προβολές μήκους δυνητικού δικτύου για τα συστήματα α) BRT, β) LRT, γ) ανυψωμένος σιδηρόδρομος και δ) μετρό, για υποτιθέμενη συνολική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου δολαρίων στην Bangkok της Ταϊλάνδης. Σύμφωνα με την προβολή αυτή τα αντίστοιχα κόστη ανά χιλιόμετρο θα ήταν $2,34 εκατομμύρια για το BRT, $25 εκατομμύρια για το LRT, $72,5 εκατομμύρια για τον ανυψωμένο σιδηρόδρομο και $142,9 εκατομμύρια για το μετρό (Wright & Hook, 2007, p. 55)!



Σχήμα 4-2: Προβολή μήκους δυνητικού δικτύου συστήματος α) BRT, β) LRT, γ) ανυψωμένος σιδηρόδρομος και δ) μετρό, για υποτιθέμενη συνολική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου δολαρίων στην Bangkok της Ταϊλάνδης (Wright & Hook, 2007, p. 56)

Οι διαφορές είναι πράγματι εντυπωσιακές καθώς πρόκειται για τάξη μεγεθών και όχι απλά για μικροαποκλίσεις, όπως φαίνεται και κατωτέρω (Πίνακας 4-3):

Σύστημα	**Μήκος δικτύου (χλμ.)**	**Κόστος ανά χιλιόμετρο (10^6/χλμ.)**
Μετρό	7	142,9
Ανυψωμένος σιδηρόδρομος	14	72,5
LRT	40	25
BRT	426	2,34

Πίνακας 4-3: Σύγκριση μήκους δικτύου κόστους ανά χιλιόμετρο για υποθετική επένδυση $1 δισεκατομμυρίου δολαρίων στη Bangkok της Ταϊλάνδης ανά σύστημα (βλ. Wright & Hook, 2007, p. 56)

Με πιο απλά λόγια, «ένα σύστημα BRT μπορεί να επιτρέψει σε μια πόλη την κατασκευή ενός δικτύου από τέσσερις (4) έως είκοσι (20) φορές πιο εκτεταμένου από αυτό ενός τραμ ή ενός LRT με τον ίδιο προϋπολογισμό (…). Ένα σύστημα BRT γενικά θα κοστίσει τέσσερις (4) έως είκοσι (20) φορές λιγότερο από ένα σύστημα LRT και από δέκα (10) έως εκατό (100) φορές λιγότερο από ένα σύστημα ανυψωμένου ή υπόγειου σιδηροδρόμου (μετρό)» (Wright & Hook, 2007, p. 56).

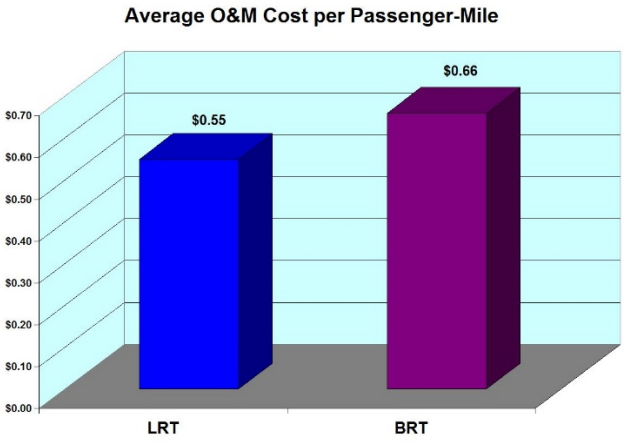
Όπως φαίνεται, το BRT έχει ένα σαφές συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι του LRT, αλλά και όλων των υπολοίπων μέσων, το οποίο, μάλιστα, ισχυροποιείται ακόμα περισσότερο με την αναγωγή της κεφαλαιουχικής δαπάνης ανά χιλιόμετρο στον αριθμό των επιβατών, δηλαδή στη χωρητικότητα του συστήματος, όπως θα φανεί κατωτέρω.

4.2.2 Λειτουργικό κόστος

Όσον αφορά στο λειτουργικό κόστος, η κατάσταση είναι αρκετά πιο περίπλοκη από την κεφαλαιουχική δαπάνη. Το μεγαλύτερο μέρος του λειτουργικού κόστους αφορά στο εργασιακό κόστος και επειδή αυτό είναι αρκετά πιο υψηλό στις ανεπτυγμένες χώρες από τις αναπτυσσόμενες, έχει κυριαρχήσει η άποψη ότι το LRT έχει χαμηλότερο λειτουργικό κόστος από το BRT, επειδή ένας συρμός μπορεί να έχει πολλά οχήματα στα οποία θα αντιστοιχεί ένας οδηγός ενώ στο BRT χρειάζεται ένας οδηγός για κάθε όχημα.

Με βάσει στοιχεία από την Εθνική Βάση Δεδομένων Συγκοινωνιών (National Transit Database [NTD]) της FTA των ΗΠΑ και με επεξεργασία τους στο πλαίσιο του έργου Light Rail Now (LRN) «το οποίο είναι μια φιλανθρωπική εκπαιδευτική επιχείρηση που ιδρύθηκε για την υποστήριξη των προσπαθειών τόσο στη Βόρεια Αμερική όσο και

παγκοσμίως για την ανάπτυξη και βελτίωση του LRT και άλλων σιδηροδρομικών συγκοινωνιακών συστημάτων και συστημάτων μαζικής μεταφοράς» (Light Rail Now!, 2007), φαίνεται πως όντως το λειτουργικό κόστος του LRT ανά επιβατομίλι είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο λειτουργικό κόστος του BRT (βλ. Lyndon, 2015) (Σχήμα 4-3).



Σχήμα 4-3: Σύγκριση λειτουργικού και διαχειριστικού κόστους LRT και BRT ανά επιβατομίλι στις ΗΠΑ (Lyndon, 2015)

Ωστόσο, «ενώ το εργασιακό κόστος μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ του 35% και 75% του λειτουργικού κόστους στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική, στα συστήματα των αναπτυσσόμενων χωρών μπορεί κάλλιστα να είναι λιγότερο από το 20%» (Wright & Hook, 2007, p. 59).

Αυτή η διαφορά φαίνεται πως έχει επηρεάσει σημαντικά τη μεγαλύτερη εξάπλωση των συστημάτων LRT σε σχέση με τα συστήματα BRT στον ανεπτυγμένο κόσμο. Σε αντίθεση με τον ανεπτυγμένο κόσμο, η κατάσταση στον αναπτυσσόμενο κόσμο φαίνεται πως είναι η αντίστροφη. Σε αυτόν, η χαμηλότερη επίδραση του εργασιακού κόστους στο σύνολο του κόστους σημαίνει ότι το κόστος αυτό μπορεί να υπερκεραστεί. Το Porto Alegre της Βραζιλίας προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία για την άμεση σύγκριση του λειτουργικού κόστους του αστικού σιδηροδρόμου (LRT) με το BRT. Η πόλη διαθέτει και τους δύο τύπους συστημάτων τα οποία λειτουργούν σε παρόμοιες συνθήκες. Το σύστημα LRT TrensUrb απαιτεί την επιδότηση του 70% του λειτουργικού κόστους κάθε διαδρομής επιβάτη σε αντίθεση με το σύστημα BRT της πόλης το οποίο έχει συγκρίσιμη δομή κομίστρου αλλά λειτουργεί χωρίς επιδοτήσεις και στην πραγματικότητα επιστρέφει και κέρδος στις ιδιωτικές εταιρίες οι οποίες λειτουργούν τα οχήματα (Wright & Hook, 2007, p. 59).

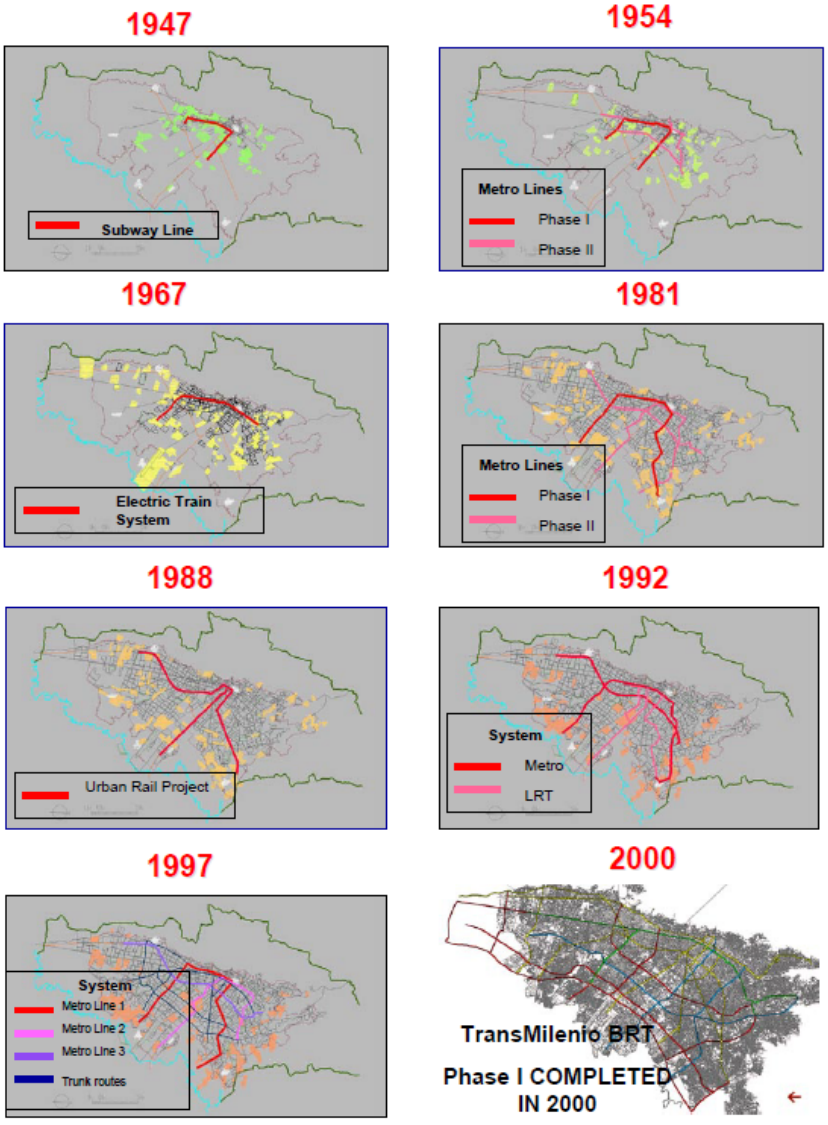
Φυσικά, ενδέχεται μέρος αυτής της μεγάλης διαφοράς να οφείλεται και στο διαφορετικό ιδιοκτησιακό καθεστώς των δύο συστημάτων και όχι αποκλειστικά στα συστήματα καθαυτά.

Τι ισχύει όμως για την Ελλάδα; Η Ελλάδα ανήκει στον ανεπτυγμένο κόσμο και παρά την οικονομική κρίση συνεχίζει να ανήκει σε αυτόν. Το εργασιακό κόστος στις ΔΑΣ παραδοσιακά ήταν πολύ υψηλότερο από το αναμενόμενο και το αντίστοιχο κόστος για εργαζόμενο με αντίστοιχα τυπικά προσόντα τόσο στον ιδιωτικό όσο και στο δημόσιο τομέα. Με αυτή τη λογική, στην περίπτωση του λειτουργικού κόστους, η πλάστιγγα φέρεται να γέρνει προς την πλευρά του LRT. Ωστόσο, η ένταξη των εργαζομένων των ΔΑΣ, τόσο στην περίπτωση των εποπτευόμενων της ΟΑΣΑ ΑΕ παρόχων συγκοινωνιακού έργου όσο και της νεότευκτης Αστικές Συγκοινωνίες Θεσσαλονίκης (ΑΣΥΘ) ΑΕ, στο ενιαίο μισθολόγιο, φαίνεται πως διαφοροποιούν αρκετά την κατάσταση. Εάν υπήρχε σύστημα BRT στην Αθήνα ενδεχομένως θα μπορούσαν να βγουν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα από τη σύγκρισή του με την ΤΡΑΜ ΑΕ, αλλά δυστυχώς κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό. Η συζήτηση σχετικά με τη σύγκριση των συστημάτων BRT και LRT ως προς το λειτουργικό τους κόστος συνεχίζεται παγκοσμίως. Φαίνεται πως η κατάσταση είναι διαφορετική για τις χώρες του ανεπτυγμένου κόσμου σε σχέση με τις χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου. Η περίπτωση της Ελλάδας είναι ιδιάζουσα και ενδεχομένως ακόμα και μια τεχνικοοικονομική μελέτη να μην είναι δυνατόν να καταλήξει σε οριστικά συμπεράσματα.

4.3 Χρόνος σχεδιασμού και υλοποίησης

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του BRT έναντι τόσο του LRT όσο και όλων των υπολοίπων σιδηροδρομικών λύσεων, είναι ο χρόνος υλοποίησης. Ο χρόνος σχεδιασμού και υλοποίησης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο τόσο στο κόστος του έργου όσο και στις υπόλοιπες επιπτώσεις της κατασκευής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση της Θεσσαλονίκης, στην οποία ενώ οι πρώτες προσπάθειες σχεδιασμού του συστήματος του μετρό άρχισαν το έτος 1989, αυτό ακόμα και σήμερα δεν έχει ολοκληρωθεί με τεράστιες αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις στη λειτουργία της αγοράς, ιδιαίτερα στις περιοχές πέριξ των εργοταξίων και στη διόγκωση του κυκλοφοριακού προβλήματος της πόλης, με αρνητικές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις.

Φυσικά, τα παραδείγματα από μελέτες περίπτωσης χρόνων σχεδιασμού και υλοποίησης μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, αλλά η διάρκεια από την έναρξη μέχρι την ολοκλήρωση του έργου είναι σημαντικά χαμηλότερη για τα συστήματα BRT. Ο σχεδιασμός ενός συστήματος BRT τυπικά μπορεί να ολοκληρωθεί σε ένα χρονικό ορίζοντα 12 έως 18 μηνών, ενώ η κατασκευή των αρχικών διαδρόμων μπορεί να ολοκληρωθεί σε μια περίοδο 12 έως 24 μηνών, σε αντίθεση με ένα σύστημα LRT για το οποίο θα απαιτηθούν τρία έως πέντε έτη, τα οποία μπορεί να φτάσουν έως και τα 10 αν απαιτούνται υπόγειες ή υπέργειες κατασκευές (Wright & Hook, 2007, p. 63-65).



Σχήμα 4-4: Η εξέλιξη των συστημάτων μετρό, LRT και BRT στην Bogotá της Κολομβίας (Wright & Hook, 2007, p. 64)

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Bogotá στην Κολομβία. Για πάνω από τέσσερις δεκαετίες αναπτύσσονταν δίκτυο μετρό και LRT με πολύ αργούς ρυθμούς και ελάχιστο μήκος. Αυτό που δεν έγινε μέσα σε τέσσερις δεκαετίες με τη χρήση σιδηροδρομικών συστημάτων, έγινε εφικτό μόλις σε τρία έτη όταν εξετάστηκε και υλοποιήθηκε η λύση του BRT και μάλιστα σε ασυγκρίτως πιο εκτεταμένο σε μήκος δικτύου. Ο Δήμαρχος Peñalosa κατάφερε σε μια μόνο τριετή θητεία όσα δεν έγιναν κατορθωτά σε 50 έτη σιδηροδρομικού σχεδιασμού (βλ. Σχήμα 4-4) (Wright & Hook, 2007, p. 63-65). Η περίπτωση της Bogotá στη Κολομβία μπορεί να είναι ιδιαίτερα διδακτική για την περίπτωση της Θεσσαλονίκης.

4.4 Επεκτασιμότητα και ευελιξία

Η επεκτασιμότητα ενός συστήματος ΔΑΣ αναφέρεται «στη δυνατότητα του συστήματος να προσαρμοστεί στο μέγεθος της πόλης και του σκοπού του συστήματος στο συγκεκριμένο αστικό περιβάλλον. Τα περισσότερο ακριβά συστήματα τείνουν να απαιτούν μεγαλύτερες κλίμακες για να λειτουργούν οικονομικά. Τα μεγαλύτερα κόστη σημαίνουν ότι απαιτούνται περισσότεροι επιβάτες για να συντηρούν οικονομικά το σύστημα. Για τους ίδιους λόγους, αυτά τα συστήματα μπορεί να απαιτούν μεγαλύτερα δίκτυα για να λειτουργούν αποτελεσματικά» (Wright & Hook, 2007, p. 66).

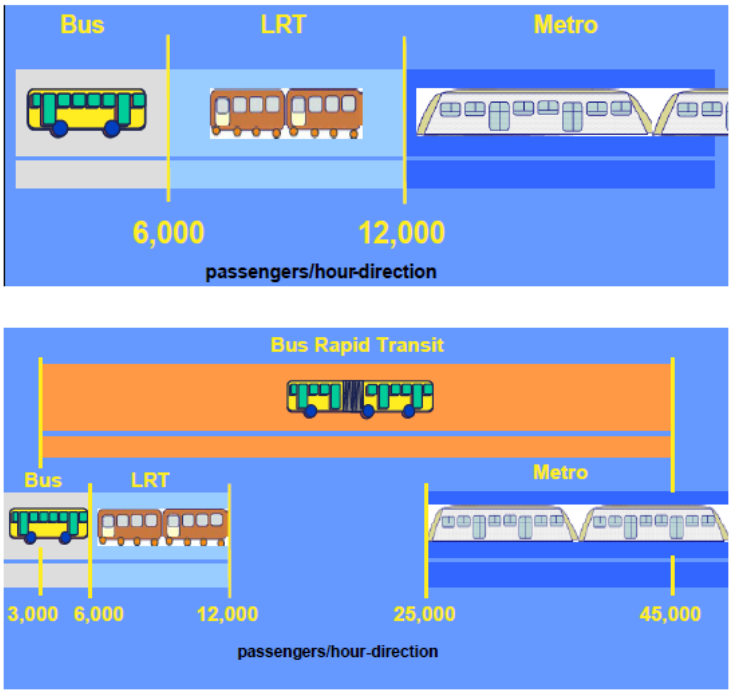
Η ευελιξία αναφέρεται στη δυνατότητα να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά της εξυπηρέτησης και εν μέρει της υποδομής, π.χ. στη δυνατότητα εύκολης αναβάθμισης μιας γραμμής, στη δυνατότητα μείωσης ή αύξησης δρομολογίων κτλ. (Wright & Hook, 2007, p. 66).

Τα συστήματα LRT θεωρούνται γενικά ευέλικτα συστήματα, π.χ. εύκολα μπορούν να προστεθούν και να αφαιρεθούν οχήματα από τους συρμούς. Ακόμα πιο ευέλικτα όμως είναι τα συστήματα BRT, όπως φαίνεται από την ανάλυση της δομικών τους στοιχείων που προηγήθηκε. Ως προς την επεκτασιμότητα, το BRT έχει σαφές συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι τόσο του LRT όσο και όλων των υπολοίπων σιδηροδρομικών συστημάτων αστικών συγκοινωνιών, ενώ το LRT μόνο έναντι των υπόλοιπων σιδηροδρομικών συστημάτων, π.χ. του μετρό.

4.5 Χωρητικότητα

Το πιο σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα των συστημάτων BRT, δηλαδή το χαμηλότερο κόστος κατασκευής ανά χιλιόμετρο, γίνεται ακόμα πιο ισχυρό με την αναγωγή του κόστους αυτού ανά αριθμό μεταφερόμενων επιβατών την ώρα, δηλαδή αν ληφθεί υπ' όψιν και η χωρητικότητα των συστημάτων. Βέβαια, το μετρό έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από όλα τα αναφερόμενα συστήματα, αλλά και το BRT δεν υπολείπεται σημαντικά, δεδομένου ότι ανάλογα με τη διαμόρφωσή του το εύρος της χωρητικότητάς του είναι πολύ μεγάλο.

Η παραδοσιακή αντίληψη σχετικά με τη χωρητικότητα των συστημάτων ΔΑΣ ανά κατεύθυνση ήταν ότι τα συμβατικά λεωφορεία έχουν χωρητικότητα έως 6.000 επιβάτες/ώρα, τα συστήματα LRT από 6.000 έως 12.000 επιβάτες/ώρα και τα συστήματα μετρό από 12.000 επιβάτες/ώρα και πάνω. Την οπτική αυτή έρχεται να ανατρέψει το σύστημα BRT και το πολύ μεγάλο εύρος της χωρητικότητάς του. Πιο συγκεκριμένα, το BRT, ανάλογα με τις επιλογές που γίνονται κατά το σχεδιασμό και την υλοποίησή του, έχει χωρητικότητα από 3.000 έως 45.000 επιβάτες/ώρα για κάθε κατεύθυνση! Τα προηγούμενα φαίνονται αρκετά παραστατικά στο κατωτέρω Σχήμα 4-5:

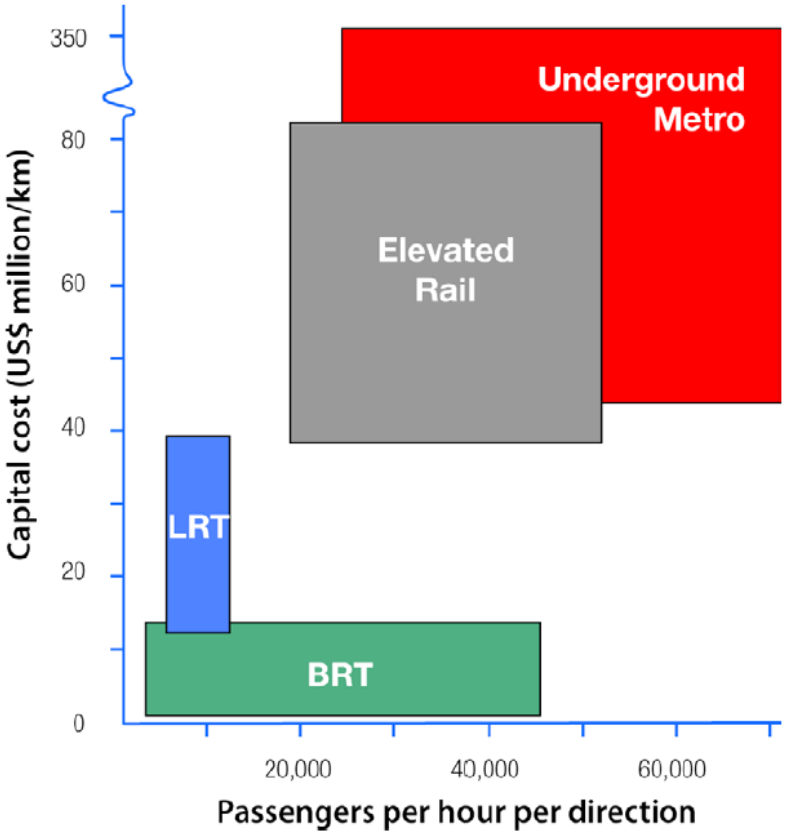


Σχήμα 4-5: Παραδοσιακή (άνω) και νέα (κάτω) οπτική της χωρητικότητας των συστημάτων ΔΑΣ, για τα συμβατικά λεωφορεία, το LRT, το μετρό και το BRT στη νέα οπτική (Wright & Hook, 2007, p. 70)

Γραμμή	**Τύπος**	**Χωρητικότητα (επιβάτες/ώρα)**
Hong Kong, Κίνα (Subway)	Μετρό	80.000
São Paulo, Βραζιλία (1)	Μετρό	60.000
Bogotá, Κολομβία (TransMilenio)	BRT	45.000
Mexico City, Μεξικό (Γραμμή B)	Μετρό	39.300
Santiago, Χιλή (La Moneda)	Μετρό	36.000
São Paulo, Βραζιλία (9 de julho)	BRT	34.910
Porto Alegre, Βραζιλία (Assis Brasil)	BRT	28.000
Manila, Φιλιππίνες (MRT-3)	Ανυψωμένος σιδηρόδρομος	26.000
London, Ηνωμένο Βασίλειο (Victoria)	Μετρό	25.000
Bangkok, Ταϊλάνδη (SkyTrain)	Ανυψωμένος σιδηρόδρομος	22.000
Belo Horizonte, Βραζιλία (Cr. Machado)	BRT	21.100
Buenos Aires, Αργεντινή (D)	Μετρό	20.000
Tunis, Τυνησία	LRT	13.400
Curitiba, Βραζιλία (Eixo Sul)	BRT	10.640

Πίνακας 4-4: Χωρητικότητες για επιλεγμένα συστήματα μαζικής μεταφοράς σε επιβάτες/ώρα και κατεύθυνση (Wright & Hook, 2007, p. 71)

Εκτός από τη θεωρία, την πραγματικότητα αυτή αποδεικνύει και η εφαρμογή, όπως φαίνεται στον ανωτέρω πίνακα (βλ. Πίνακας 4-4) με επιλεγμένα συστήματα μαζικών μεταφορών μετρό, BRT και LRT ανά τον κόσμο και τις χωρητικότητές τους σε επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση, όπου φαίνεται καθαρά πως τα συστήματα BRT εισχωρούν σε χωρητικότητες οι οποίες σύμφωνα με την παραδοσιακή οπτική των μαζικών μεταφορών είναι χωρητικότητες που αντιστοιχούν σε συστήματα μετρό.



Σχήμα 4-6: Χωρητικότητα και κεφαλαιουχική δαπάνη των εναλλακτικών μέσων μαζικής μεταφοράς από πραγματικά δεδομένα (Wright & Hook, 2007, p. 71)

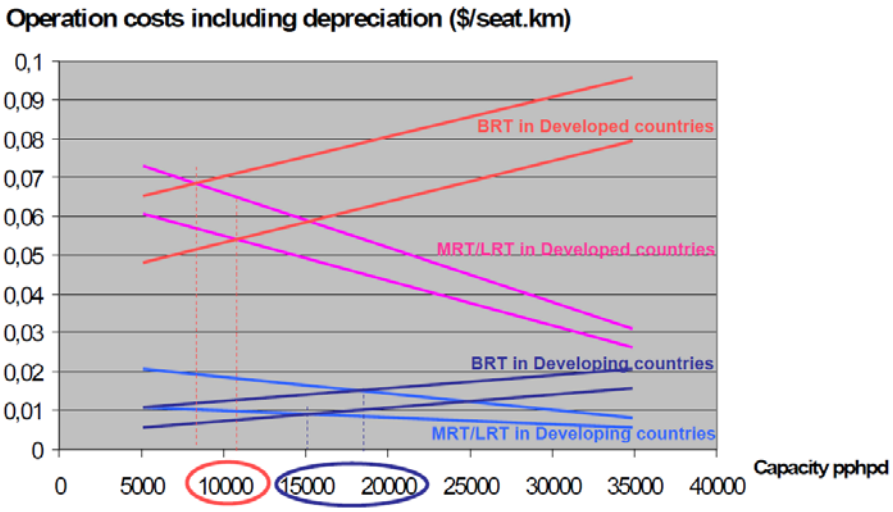
Στο Σχήμα 4-6 φαίνονται πολύ παραστατικά όλα τα ανωτέρω σε συνδυασμό με την κεφαλαιουχική δαπάνη βάσει πραγματικών, και όχι θεωρητικών, δεδομένων. Όπως φαίνεται από αυτό, το BRT έχει δυνατότητα να εισέρχεται σε χωρητικότητες ακόμα και του υπόγειου μετρό διατηρώντας τη χαμηλότερη κεφαλαιουχική δαπάνη ανά χιλιόμετρο σε σχέση με όλες τις εναλλακτικές, ενώ η σύγκριση με το LRT είναι συντριπτικά υπέρ του BRT. Πρακτικά, από το Σχήμα 4-6 φαίνεται ότι όταν οι σχεδιαστές σκοπεύουν να υλοποιήσουν ένα σύστημα μαζικής μεταφοράς, η πρώτη από τις εναλλακτικές που θα πρέπει να εξετάζουν είναι το BRT και μόνο εφόσον υπάρχουν ειδικοί λόγοι να επιλέγεται κάποια άλλη λύση. Τέτοιοι ειδικοί λόγοι, ενδεικτικά, μπορεί να είναι οι εξής:

- πολύ υψηλό εργασιακό κόστος, και κατά συνέπεια λειτουργικό, στις πολύ αναπτυγμένες χώρες,
- ισχυροί λόγοι για την υπογειοποίηση του συστήματος (π.χ. σε κάποιο τουριστικό προορισμό ή σε πόλη με ισχυρή εικόνα/φυσιογνωμία την οποία το BRT ενδέχεται να αλλάξει) και

- πολύ υψηλές ανάγκες χωρητικότητας τις οποίες το BRT δεν μπορεί να καλύψει (και ως μόνη λύση φαίνεται να είναι το μετρό και σε λίγες περιπτώσεις ο ανυψωμένος σιδηρόδρομος).

Από τους ανωτέρω λόγους ο μόνος σοβαρός λόγος ο οποίος φαίνεται να δικαιολογεί τη λύση του LRT έναντι του BRT είναι το υψηλό λειτουργικό κόστος σε κάποιες χώρες του αναπτυγμένου κόσμου.

Εκτός από την κεφαλαιουχική δαπάνη, η χωρητικότητα επηρεάζει και το λειτουργικό κόστος. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα 4-7 φαίνεται η θεωρητική συσχέτιση του λειτουργικού κόστους με τη χωρητικότητα του BRT, LRT και μετρό για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Το σχήμα είναι θεωρητικό και είναι μια ανάλυση τύπου ανάλυσης νεκρού σημείου (breakeven point analysis) όχι για το σημείο από το οποίο θα αρχίσουν να υπάρχουν κέρδη, αλλά για το σημείο από το οποίο και μετά το λειτουργικό κόστος ανά χιλιόμετρο του ενός συστήματος θα είναι υψηλότερο από το λειτουργικό κόστος του άλλου.



Σχήμα 4-7: Χωρητικότητα και λειτουργικό κόστος των εναλλακτικών μαζικών μεταφοράς BRT, LTR και μετρό στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες (Draifer, 2006, p. 14)

Πιο συγκεκριμένα, ως προς το νεκρό σημείο από το οποίο όσο αυξάνεται η χωρητικότητα τόσο αυξάνεται το λειτουργικό κόστος κατά του BRT σε δολάρια ανά κάθισμα και χιλιόμετρο. από το Σχήμα 4-7 φαίνονται τα εξής:

- Ανεπτυγμένες χώρες:
  - Περίπου από 8.000 έως 11.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση.
- Αναπτυσσόμενες χώρες:

- Περίπου από 15.000 έως 20.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση.

Το Σχήμα 4-7 δημιουργεί εύλογες απορίες οι οποίες απαντώνται ως εξής:

- Δεν είναι περίεργο που το μετρό (Metro Rail Transit [MRT]) δεν διαχωρίζεται από το LRT; Όχι επειδή ως συστήματα είναι πολύ παρόμοια ως προς τη λειτουργία τους. Οι μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο συστημάτων δεν εμφανίζονται στο λειτουργικό κόστος αλλά στην κεφαλαιουχική δαπάνη και ιδιαίτερα στη συνιστώσα της αυτή του κατασκευαστικού κόστους.
- Το διάγραμμα δεν δείχνει ξεκάθαρα ότι ναι μεν η κατασκευή BRT είναι οικονομικότερη αλλά τελικά από ότι φαίνεται μακροπρόθεσμα η ωφέλεια εξανεμίζεται επειδή για όσο μεγαλύτερες χωρητικότητες τόσο περισσότερο αυξάνεται η διαφορά του λειτουργικού κόστους του BRT έναντι του LRT; Όχι επειδή το κατασκευαστικό κόστος είναι αρκετά μεγάλο σε σχέση με τη συνολική επένδυση και, επιπλέον, το LRT δεν μπορεί να επιτύχει καν τις τόσο υψηλές χωρητικότητες στις οποίες συμβαίνει αυτό στις αναπτυσσόμενες χώρες, δεδομένου ότι το διάγραμμα είναι θεωρητικό και δεν βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα.
- Δηλαδή από χωρητικότητες της τάξης μεγέθους 8.000-11.000 και 15.000-20.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση θα πρέπει να κατασκευάζεται μετρό ή LRT αντί για BRT στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες αντιστοίχως; Όχι, επειδή όπως προαναφέρθηκε δεν θα πρέπει να γίνεται σύγχυση μεταξύ της συνολικής επένδυσης σε βάθος χρόνου και του λειτουργικού κόστους στο οποίο αναφέρεται το διάγραμμα και το οποίο είναι ένα μόνο μέρος της συνολικής επένδυσης και επιπλέον δεν υπάρχει η επιλογή του LRT σε τόσο μεγάλες χωρητικότητες για τον αναπτυσσόμενο κόσμο. Αυτός είναι και ο λόγος που στις αναπτυσσόμενες χώρες δεν κατασκευάζονται συστήματα LRT, ενώ μπορεί να κατασκευάζονται συστήματα μετρό (MRT).

Από τα ανωτέρω βγαίνει το συμπέρασμα ότι όταν οι χωρητικότητες αναφέρονται σε μεγέθη που ικανοποιούνται με συστήματα BRT και LRT στις ανεπτυγμένες χώρες, η διαδικασία λήψης της σχετικής απόφασης θα πρέπει να λαμβάνει υπ’ όψιν της και ξεχωριστή τεχνικοοικονομική μελέτη ως προς το λειτουργικό κόστος.

4.6 Οικονομική προσιτότητα

Η οικονομική προσιτότητα για τους επιβάτες είναι πολύ σημαντικός παράγοντας επιλογής μέσου ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Μικρές διαφορές στην τιμή του κομίστρου μπορεί να παίζουν μεγάλο ρόλο στην επιλογή συγκοινωνιακού μέσου (Wright & Hook, 2007, p. 75). Υπάρχει, δηλαδή, μεγάλη ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή.

Το κόμιστρο εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες, από το λειτουργικό κόστος ενός συστήματος και από τις τυχόν επιδοτήσεις. Όπως προαναφέρθηκε, από το παράδειγμα του Porto Alegre της Βραζιλίας φαίνεται ότι τα συστήματα LRT χρειάζονται μεγαλύτερες επιδοτήσεις από τα BRT σε παρόμοιες συνθήκες, στο συγκεκριμένο παράδειγμα της τάξης του 85%(!) στην τιμή του εισιτηρίου, ενώ το σύστημα BRT της πόλης όχι μόνο δεν λειτουργεί με επιδότηση αλλά είναι και κερδοφόρο. Φυσικά, η Βραζιλία είναι χώρα του αναπτυσσόμενου κόσμου και αυτό μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στο αποτέλεσμα αυτό, άρα θα πρέπει να υπάρχει μια σχετική επιφύλαξη για την κατάσταση στον ανεπτυγμένο κόσμο στον οποίο το λειτουργικό κόστος είναι αυξημένο, ωστόσο είναι ενδεικτικό της κατάστασης.

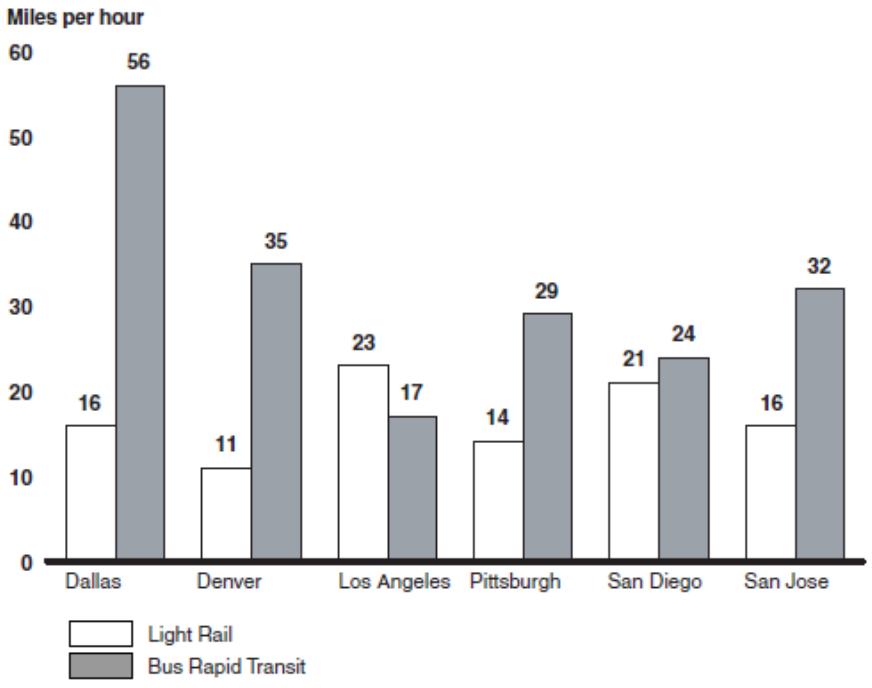
Στον ανεπτυγμένο κόσμο, η κατάσταση φαίνεται να είναι πιο ισορροπημένη μεταξύ BRT και LRT, σύμφωνα με την ανωτέρω λογική. Σε κάθε περίπτωση, φαίνεται πως στον αναπτυσσόμενο κόσμο συνήθως υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης του λειτουργικού κόστους ενός συστήματος BRT από τα έσοδα του κομίστρου, κάτι που δεν ισχύει για το LRT, ενώ στον ανεπτυγμένο κόσμο φαίνεται πως τα έσοδα του κομίστρου καλύπτουν μεν ένα μεγάλο μέρος του λειτουργικού κόστους και στις δύο εναλλακτικές αλλά χρειάζεται να ακολουθηθεί πολιτική επιδοτήσεων με στόχο την αυξημένη οικονομική προσιτότητα και των δύο εναλλακτικών, ανάλογα πάντα και με τη γενικότερη διαχείριση των συστημάτων αλλά και τις κεντρικές πολιτικές επιλογές.

4.7 Διάρκεια ταξιδιού / ταχύτητα

Ο χρόνος ταξιδιού και η εμπορική ταχύτητα είναι συνδεδεμένες αλλά διακριτές έννοιες. Από την πλευρά του πελάτη ο συνολικός χρόνος ταξιδιού από πόρτα σε πόρτα είναι, ενδεχομένως, πιο σημαντική παράμετρος από τις τελικές ταχύτητες των συστημάτων.

Συνεπώς, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και ο χρόνος διαδρομής προς και από τους σταθμούς, ο χρόνος πεζή από τις εισόδους των σταθμών προς τις αποβάθρες των οχημάτων και ο χρόνος αναμονής των οχημάτων. Η εξίσωση που ακολουθεί παρουσιάζει το συνολικό χρόνο ταξιδιού: Συνολικός χρόνος ταξιδιού = Χρόνος διαδρομής από την αφετηρία έως το σταθμό του συγκοινωνιακού μέσου + Χρόνος διαδρομής από την είσοδο στο σταθμό έως την πλατφόρμα επιβίβασης + Χρόνος αναμονής οχήματος + Χρόνος επιβίβασης + Χρόνος διαδρομής εντός του οχήματος + Χρόνος αποβίβασης + Χρόνος διαδρομής από την αποβάθρα αποβίβασης έως την έξοδο του σταθμού + Χρόνος διαδρομής από το σταθμό του συγκοινωνιακού μέσου έως τον τελικό προορισμό (Wright & Hook, 2007, p. 75).

Αντίστοιχα και η «εμπορική ταχύτητα» του οχήματος είναι συχνά πιο σημαντική από τη «μέγιστη» ταχύτητα. Η εμπορική ταχύτητα αντιπροσωπεύει τη μέση ταχύτητα συμπεριλαμβανομένων των χρόνων εντός των σταθμών. Συνεπώς, ως επιφανειακά συστήματα, το BRT και το LRT πλεονεκτούν έναντι του ανυψωμένου σιδηρόδρομου ή του μετρό. Επιπλέον, το υψηλότερο κατασκευαστικό κόστος του μετρό και του ανυψωμένου σιδηροδρόμου συνεπάγεται και μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των σταθμών (Wright & Hook, 2007, p. 75).



Σχήμα 4-8: Μέσες ταχύτητες συστημάτων BRT και LRT στις ΗΠΑ το έτος 1999 (United States General Accounting Office, 2001, p. 27)

Ωστόσο, αφού ο επιβάτης έχει επιβιβαστεί στο όχημα, οι εμπορικές ταχύτητες του μετρό και του ανυψωμένου σιδηροδρόμου μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερες από το BRT και το LRT. Τα υπόγεια και τα ανυψωμένα συστήματα μετρό γενικά φθάνουν σε εμπορικές ταχύτητες από 28 έως 35 χλμ./ώρα. Τα συστήματα LRT επιτυγχάνουν γενικά εμπορικές ταχύτητες στο φάσμα από 12 έως 20 χλμ./ώρα. Τα συστήματα BRT τυπικά κινούνται στο φάσμα από 20 έως 30 χλμ./ώρα (Wright & Hook, 2007, p. 76) ενώ μπορεί να φθάσουν και ακόμα και τα 40 χλμ./ώρα όπως το Metrobüs της Κωνσταντινούπολης στην Τουρκία και το TransOeste του Rio de Janeiro της Βραζιλίας.

Ως προς τη διαφορά στις εμπορικές ταχύτητες των συστημάτων BRT και LRT, διαφωτιστικό είναι και το Σχήμα 4-8, το οποίο συγκρίνει τις μέσες ταχύτητες των δύο συστημάτων το έτος 1999 σε διάφορες πόλεις των ΗΠΑ. Ωστόσο, σύμφωνα με το United States General Accounting Office (2001, p. 26) στις περισσότερες από τις ανωτέρω περιπτώσεις, τα συστήματα BRT αναπτύσσονται σε λωρίδες οχημάτων υψηλής χωρητικότητας (High Occupancy Vehicle [HOV]) και μάλιστα διανύουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς στάσεις, επειδή εξυπηρετούν συγκοινωνιακές ανάγκες καθημερινής μετακίνησης από και προς την εργασία, δηλαδή δεν είναι τυπικά συστήματα BRT που αναπτύσσονται σε αστικό περιβάλλον και για αυτό παρουσιάζουν τις ακόμα μεγαλύτερες μέσες ταχύτητες από 40 χλμ./ώρα. Σε κάθε περίπτωση, η διαφορά υπέρ του συστήματος BRT σε σχέση με το LRT είναι πολύ μεγάλη.

Από τα ανωτέρω, είναι σαφές ότι το BRT πλεονεκτεί σαφώς έναντι του LRT ως προς την εμπορική ταχύτητα και, επιπλέον, είναι σε θέση να ανταγωνιστεί ακόμα και το μετρό σε αυτόν τον τομέα.

4.8 Συχνότητα εξυπηρέτησης

Ο χρόνος ταξιδιού επηρεάζεται πολύ και από τη συχνότητα εξυπηρέτησης. Δεδομένου ότι ο χρόνος διαδρομής έχει εξεταστεί ανωτέρω, δεν θα αφιερωθεί πολύ χώρος για το στοιχείο αυτό.

Υψηλή συχνότητα εξυπηρέτησης σημαίνει χαμηλότερους χρόνους αναμονής για τους επιβάτες. Επιπλέον, η συχνότητα εξυπηρέτησης επηρεάζει την αντίληψη για την αξιοπιστία που έχει ο πελάτης για το σύστημα.

Ενώ μια συχνότητα πέντε (5) έως δέκα (10) λεπτών μπορεί να μην φαίνεται σχετικά μεγάλη, από την πλευρά του επιβάτη κατά την αναμονή φαίνεται μεγάλο χρονικό διάστημα. Παλαιότερα, ο σημαντικότερος λόγος για τους χρόνους αναμονής ήταν η ασφάλεια. Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες τεχνολογίες αλλαγής γραμμών και ελέγχου του στόλου, επιτρέπουν στους συρμούς των LRT να καταφθάνουν ακόμα και σε αποστάσεις των 60 δευτερολέπτων. Τα συστήματα που βασίζονται σε λεωφορείο, όπως το BRT, επιτρέπουν ακόμα μικρότερες αποστάσεις. Συνεπώς, ο σημαντικότερος λόγος, πλέον, για μεγαλύτερες χρονικές αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων είναι η προσπάθεια της κατά το δυνατόν αποδοτικότερης εκμετάλλευσης της υπηρεσίας. Για παράδειγμα, αν σε ένα σταθμό καταφθάνουν συρμοί LRT σε παρόμοια συχνότητα εξυπηρέτησης με ένα σύστημα BRT, τότε εξανεμίζεται το ενδεχομένως μοναδικό συγκριτικό πλεονέκτημα των συστημάτων LRT έναντι των BRT, αυτό του χαμηλότερου λειτουργικού κόστους, επειδή για κάθε συρμό χρειάζεται ένας οδηγός, όπως και για κάθε λεωφορείο. Άλλωστε, η προτίμηση στα συστήματα LRT έναντι των BRT στη Βόρειο Αμερική και την Ευρώπη οφείλεται εν μέρει στην ικανότητά τους να μεταφέρουν έως και 400 επιβάτες ανά συρμό με έναν μόνο οδηγό, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα χαμηλό λειτουργικό κόστος που είναι αυξημένο σε αυτές τις χώρες. Η άλλη πλευρά της εξίσωσης, όμως, είναι ότι τα οχήματα υψηλής χωρητικότητας τείνουν να έχουν ως αποτέλεσμα μικρότερες συχνότητες, επειδή υπάρχει η ανάγκη να αξιοποιούνται αποδοτικά, δηλαδή να γεμίζουν τα οχήματα. Η επιλογή οχημάτων κατάλληλου μεγέθους μπορεί να διατηρήσει τη συχνότητα σε ένα φάσμα από δύο (2) έως πέντε (5) λεπτά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Σε κάθε περίπτωση, τα συστήματα BRT έχουν αποδείξει την ικανότητά τους να επιτυγχάνουν υψηλές συχνότητες εξυπηρέτησης παράλληλα με την κερδοφορία (Wright & Hook, 2007, p. 78-79), ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, και ως προς το χαρακτηριστικό αυτό έχουν ένα μικρό πλεονέκτημα έναντι των συστημάτων LRT.

4.9 Αξιοπιστία, άνεση, ασφάλεια, εξυπηρέτηση πελατών

Ως προς την αξιοπιστία, τόσο τα συστήματα BRT όσο και τα συστήματα LRT, αλλά και το μετρό, έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αξιόπιστα συστήματα. Σε ομαλές συνθήκες λειτουργίας, το μετρό είναι λογικό να είναι το πιο αξιόπιστο από όλα επειδή λόγω της υπογειοποίησής του δεν υπάρχει το ενδεχόμενο σημείων μικτής κυκλοφορίας.

Ωστόσο, σε περίπτωση ακινητοποίησης ενός συρμού, τόσο το LRT όσο και το μετρό αντιμετωπίζουν προβλήματα μέχρι την απομάκρυνσή του, σε αντίθεση με το BRT το οποίο είναι πιο ευέλικτό και έχει τη δυνατότητα παράκαμψής του, άρα πλεονεκτεί. Η μόνη περίπτωση στην οποία μπορεί να πλεονεκτεί το LRT έναντι του BRT είναι σε περίπτωση πολύ κακών καιρικών συνθηκών, στις οποίες τα σιδηροδρομικά συστήματα ανταπεξέρχονται καλύτερα από τα οδικά (Wright & Hook, 2007, p. 78-79), αλλά στην Ελλάδα, και πόσο μάλλον στη Θεσσαλονίκη, αυτές οι περιπτώσεις είναι εξαιρετικά σπάνιες. Σε κάθε περίπτωση, η αξιοπιστία των συστημάτων αυτών κυμαίνεται σε παρόμοια επίπεδα, οπότε δεν έχει νόημα η περαιτέρω ανάλυση της.

Η άνεση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι από το σύστημα μεταφοράς καθαυτό., όπως π.χ. ο σχεδιασμός των σταθμών, το πλάτος των αποβαθρών, η πληροφόρηση των επιβατών κ.ο.κ. Ένα στοιχείο στο οποίο υπάρχει ένας βαθμός διαφοροποίησης και αφορά στο σύστημα καθαυτό, είναι η άνεση ταξιδιού, η οποία έχει να κάνει με το πόσο γρήγορα επιταχύνει και επιβραδύνει το όχημα, καθώς και το πόσο «αναπηδά». Σε αυτό τον τομέα τα σιδηροδρομικά συστήματα όπως το LRT έχουν ένα ελαφρό πλεονέκτημα έναντι των BRT καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις, για παράδειγμα, μπορεί άνετα ακόμα και να διαβάσει ο επιβάτης. Αυτό δεν είναι δεδομένο για όλες τις υλοποιήσεις συστημάτων BRT, αν και δεν είναι αδύνατο αν ληφθούν τα κατάλληλα σχεδιαστικά μέτρα (Wright & Hook, 2007, p. 79-80). Σε κάθε περίπτωση, η άνεση των συστημάτων αυτών κυμαίνεται σε παρόμοια επίπεδα οπότε δεν έχει νόημα η περαιτέρω ανάλυση της.

Τέλος, η ασφάλεια των συστημάτων BRT και LRT εξαρτάται άμεσα από το βαθμό διαχωρισμού των διαδρόμων κίνησής τους από την υπόλοιπη κυκλοφορία και κατά συνέπεια δεν μπορούν τα συστήματα αυτά να συγκριθούν μεταξύ τους ως προς το χαρακτηριστικό αυτό. Σε κάθε περίπτωση, γενικά πρόκειται για συστήματα τα οποία παρέχουν ένα πολύ υψηλό βαθμό ασφάλειας στους επιβάτες.

Επιπλέον, τα συστήματα θα μπορούσαν να συγκριθούν και σε σχέση με υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους, όπως η εξυπηρέτηση επιβατών, η ενσωμάτωση στο υπόλοιπο συγκοινωνιακό και οδικό δίκτυο, η εικόνα του συστήματος κ.ά. Ωστόσο, όλα αυτά τα χαρακτηριστικά εξαρτώνται άμεσα από το σχεδιασμό του κάθε συστήματος και όχι από το σύστημα καθαυτό, οπότε, επίσης, δεν έχει νόημα η περαιτέρω ανάλυση τους.

5 Το Σύστημα BRT Συνοπτικά

Στο Κεφάλαιο 4 έγινε μια εκτεταμένη αναφορά στο σύστημα BRT σε σύγκριση κυρίως με το LRT αλλά και τα υπόλοιπα συστήματα μαζικής μεταφοράς. Επειδή, σε συνδυασμό και με τα υπόλοιπα κεφάλαια που προηγήθηκαν, η πληροφορία είναι ποσοτικά αρκετά μεγάλη και, ενδεχομένως, δύσκολα διαχειρίσιμη από τον αναγνώστη, στο παρόν Κεφάλαιο 5 γίνεται μια προσπάθεια να συνοψισθούν αυτές οι πληροφορίες ως προς δύο βασικά στοιχεία. Το πρώτο είναι ένας πίνακας επιλογής συστήματος ΔΑΣ, όπου παρουσιάζονται τα διάφορα συστήματα ΔΑΣ ως προς τις απαιτήσεις επιβατικής ζήτησης, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους (Πίνακας 5-1) και το δεύτερο είναι ένας πίνακας με βασικούς κυρίαρχους μύθους γύρω από το σύστημα BRT και η πραγματικότητα (Πίνακας 5-2).

5.1 Πίνακας λήψης απόφασης μεταξύ εναλλακτικών συστημάτων ΔΑΣ

Τεχνολογία	Απαιτήσεις ζήτησης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μετρό / ανυψωμένο σιδηρο-δρομικό σύστημα	Υψηλή έως πολύ υψηλή επιβατική ζήτηση (30.000 έως 80.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση)	• Ανώτατη εικόνα για την πόλη • Υψηλές εμπορικές ταχύτητες (28-35 χλμ./ώρα) • Ελκύει περιστασιακούς επιβάτες ΔΑΣ • Χρησιμοποιεί σχετικά μικρό δημόσιο χώρο • Χαμηλές εκπομπές αέριων ρύπων τοπικά	• Πολύ υψηλά κόστη υποδομής ($45-$350 εκατομμύρια ανά χλμ.) • Μπορεί να χρειάζεται επιδοτήσεις για τη βιωσιμότητά του • Χαμηλή ανάκτηση εσόδων σε περιόδους εκτός αιχμής • Μεγάλοι χρόνοι ανάπτυξης και κατασκευής

Τεχνολογία	Απαιτήσεις ζήτησης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
			• Σύνθετη ενσωμάτωση με τροφοδοτική συγκοινωνία
LRT	Μέτρια επιβατική ζήτηση (5.000 έως 12.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση)	• Καλή εικόνα για την πόλη • Ελκύει περιστασιακούς επιβάτες ΔΑΣ • Αθόρυβη λειτουργία • Μπορεί να χωρέσει σε στενούς δρόμους • Χαμηλές εκπομπές αέριων ρύπων τοπικά	• Σχετικά υψηλά κόστη υποδομής ($15-$45 εκατομμύρια ανά χλμ.) • Μπορεί να χρειάζεται επιδοτήσεις για τη βιωσιμότητά του • Περιορισμοί ως προς τη χωρητικότητα επιβατών
BRT	Χαμηλή έως υψηλή επιβατική ζήτηση (3.000 έως 45.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση)	• Σχετικά χαμηλά κόστη υποδομής ($0,5-$14 εκατομμύρια ανά χλμ.) • Συνήθως δεν χρειάζεται επιδοτήσεις για τη βιωσιμότητά του • Καλές μέσες εμπορικές ταχύτητες (20-30 χλμ./ώρα) • Εύκολη ενσωμάτωση με τη τροφοδοτική συγκοινωνία • Σχετικά καλή εικόνα για την πόλη	• Μπορεί να φέρει το αρνητικό στίγμα της τεχνολογίας του λεωφορείου • Σχετικά άγνωστο σε πολλούς υπευθύνους λήψης των αποφάσεων
Συμβατικά λεωφορεία	Χαμηλή έως υψηλή	• Χαμηλά κόστη υποδομής	• Πτωχή εικόνα υπηρεσίας

Τεχνολογία	Απαιτήσεις ζήτησης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
	επιβατική ζήτηση (500 έως 5.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση)	• Σχετικά χαμηλά κόστη λειτουργίας • Κατάλληλη για πόλεις με χαμηλή ζήτηση	• Συχνά πάσχει ως προς τις βασικές παροχές και την άνεση για τους επιβάτες • Τακτικά μειώνονται οι επιβάτες και στρέφονται στο IX αυτοκίνητο

Πίνακας 5-1: Πίνακας λήψης απόφασης μεταξύ εναλλακτικών συστημάτων ΔΑΣ (Wright & Hook, 2007, p. 89)

5.2 BRT: Μύθοι και πραγματικότητα

Μύθος	Πραγματικότητα
Το BRT δεν μπορεί να ανταγωνιστεί την χωρητικότητα των σιδηροδρομικών συστημάτων.	Το σύστημα TransMilenio της Bogotá στη Κολομβία κινείται με 45.000 επιβάτες ανά ώρα και κατεύθυνση ενώ οι διάδρομοι BRT στο São Paulo της Βραζιλίας μπορεί να παρέχουν χωρητικότητες άνω των 30.000 επιβατών ανά ώρα και κατεύθυνση. Τέτοιοι αριθμοί χωρητικότητας είναι στην πραγματικότητα υψηλότεροι από πολλά σιδηροδρομικά συστήματα συμπεριλαμβανομένων όλων των συστημάτων LRT και πολλών συστημάτων μετρό, όπως τα συστήματα στο Λονδίνο του Ηνωμένου Βασιλείου, το Santiago της Χιλής και την Bangkok της Ταϊλάνδης.

Μύθος	**Πραγματικότητα**
Το BRT είναι κατάλληλο μόνο για μικρές πόλεις με χαμηλές πυκνότητες πληθυσμού.	Η Bogotá της Κολομβίας είναι μητρόπολη επτά (7) εκατομμυρίων κατοίκων με πυκνότητα πληθυσμού 240 κάτοικων ανά εκτάριο. Εν συγκρίσει, οι πυκνότητες πληθυσμού επιλεγμένων ασιατικών πόλεων με σιδηροδρομικά συστήματα είναι οι εξής: Manila (Φιλιππίνες): 198, Bangkok (Ταϊλάνδη): 149, Kuala Lumpur (Μαλαισία): 58,7 κάτοικοι ανά εκτάριο.
Το BRT απαιτεί μεγάλο οδικό χώρο και δεν μπορεί να κατασκευαστεί σε στενούς δρόμους.	Σχεδιάστηκες λύσεις υπάρχουν εικονικά για κάθε περίσταση οδικού χώρου. Στο Quito Design του Ισημερινού, λειτουργεί σύστημα BRT σε οδό πλάτους τριών μέτρων στο ιστορικό κέντρο της πόλης.
Το BRT δεν μπορεί να ανταγωνιστεί με τις σιδηροδρομικές εναλλακτικές σε όρους ταχύτητας και χρόνου ταξιδιού.	Οι μέσες εμπορικές ταχύτητες των συστημάτων BRT είναι γενικά στο φάσμα από 20 έως 30 χλμ./ώρα. Ως μια επιλογή επιφανειακής συγκοινωνίας, το BRT μειώνει τους χρόνους ταξιδιού μέσω της ταχείας πρόσβασης σε σταθμούς και αποβάθρες. Σύμφωνα με μια μελέτη του Γενικού Λογιστηρίου των ΗΠΑ (United States General Accounting Office, 2001) βρέθηκε ότι οι εμπορικές ταχύτητες των συστημάτων BRT είναι υψηλότερες από αυτές των LRT συστημάτων.
Το BRT χρησιμοποιεί οχήματα με ελαστικά, η οποία είναι μια κατώτερη τεχνολογία. Οι πελάτες δεν θα το αποδεχθούν ποτέ.	Είναι αμφίβολο ότι οποιοσδήποτε στην Bogotá της Κολομβίας, στην Curitiba της Βραζιλίας, στο Guayaquil του Ισημερινού ή στην Pereira της Κολομβίας νιώθει ότι διαθέτει «χαμηλότερη τεχνολογία». Η εμφάνιση των σταθμών, των τερματικών και των οχημάτων BRT μπορούν όλα να φαίνονται αρκετά εξεζητημένα και ελκυστικά όπως κάθε σιδηροδρομικής εναλλακτικής.

Μύθος	**Πραγματικότητα**
Το BRT δεν μπορεί να παρέχει την προσανατολισμένη στις συγκοινωνίες ανάπτυξη και τα πλεονεκτήματα των χρήσεων γης του σιδηρόδρομου.	Κάποιος χρειάζεται απλά να δει τις συστοιχίες της υψηλής αστικής ανάπτυξης που αναπτύχθηκαν κατά μήκος των BRT διαδρόμων στην Curitiba της Βραζιλίας για να καταλάβει ότι το BRT μπορεί όντως να παρέχει ποιοτική ανάπτυξη προσανατολισμένη στις συγκοινωνίες (Transit-Oriented Development [TOD]).
Το BRT είναι άψογο ως τροφοδοτική υπηρεσία, αλλά δεν μπορεί να εξυπηρετήσει κύριους διαδρόμους.	Ναι, το BRT μπορεί να λειτουργήσει οικονομικά ως τροφοδοτική υπηρεσία ή ως επέκταση άλλου συστήματος εξυπηρέτησης και μπορεί να το κάνει χωρίς να απαιτεί επιδοτήσεις ή απαγορευτικά ακριβά κόμιστρα. Αλλά τα συστήματα BRT της Λατινικής Αμερικής έχουν, επίσης, αποδείξει ότι λειτουργεί άψογα και σε κύριους διαδρόμους με σχετικά υψηλή πυκνότητα.

Πίνακας 5-2: Μύθοι και πραγματικότητα για το σύστημα BRT (Wright & Hook, 2007, p. 91)

6 Το Προτεινόμενο Σύστημα Τραμ για την Πόλη της Θεσσαλονίκης

6.1 Εισαγωγικά στοιχεία σχετικά με το τραμ στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Το σύστημα των ΔΑΣ στην πόλη της Θεσσαλονίκης στο μέλλον θα έχει ως κύριο κορμό το μετρό (Σχήμα 6-1). Δεν πρόκειται απλά για μια ώριμη λύση, αλλά για λύση η οποία ήδη υλοποιείται και, μάλιστα, «η βασική γραμμή του Μετρό Θεσσαλονίκης θα είναι έτοιμη να λειτουργήσει και θα λειτουργήσει το 2020, χρονιά που θα μπει σε λειτουργία και η επέκταση προς Καλαμαριά» (Καρολίδου, 2016) σύμφωνα με τον πρόεδρο της Αττικό Μετρό ΑΕ καθ. Ιωάννη Μυλόπουλο.

Σχήμα 6-1: Σχέδιο ανάπτυξης γραμμών μετρό Θεσσαλονίκης (Αττικό Μετρό ΑΕ, 2017)

Στο ανωτέρω Σχήμα 6-1 παρουσιάζεται η χάραξη του συστήματος μετρό για την πόλη της Θεσσαλονίκης. Δεδομένου του βαθμού ωρίμανσης του έργου και της υλοποίησής του, είναι προφανές ότι η διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων ΔΑΣ σε σχέση με το μετρό δεν έχει πρακτικό νόημα, παρόλο που θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την εξαγωγή πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων για το μέλλον.

Ωστόσο, εκτός από το μετρό, η πόλη της Θεσσαλονίκης χρειάζεται και συμπληρωματικά μέσα μαζικής μεταφοράς, μικρότερης χωρητικότητας αλλά μεγαλύτερης ευελιξίας, δηλαδή μικρότερης κεφαλαιουχικής δαπάνης ανά χιλιόμετρο, για την κάλυψη περιοχών οι οποίες θα βρίσκονται μακριά από τους σταθμούς του μετρό και, επιπλέον, και για τη τροφοδοσία του μετρό. Σύμφωνα με την παραδοσιακή θεώρηση της χωρητικότητας των συστημάτων ΔΑΣ (βλ. Σχήμα 4-5) το σύστημα αυτό δεν θα μπορούσε να είναι άλλο πέρα από το LRT, καθώς πρόκειται για σύστημα με απαιτούμενη χωρητικότητα τάξης μεγέθους 14.000 επιβατών ανά ώρα και κατεύθυνση (Πίνακας 7-1).

Όντως, για την πόλη της Θεσσαλονίκης έχουν γίνει κατά το παρελθόν διάφορες προτάσεις για συστήματα LRT, συνήθως αναφερόμενα με την ονομασία τραμ, στο πλαίσιο φοιτητικών και διπλωματικών εργασιών. Μάλιστα, είχαν προταθεί συστήματα ελαφρού μετρό (δηλαδή πρακτικά συστήματα LRT, υψηλής σχετικά για σύστημα LRT χωρητικότητας) αντί του μετρό, δηλαδή ως το κύριο σύστημα μαζικής μεταφοράς και αυτό που θα υλοποιούσε τον κύριο συγκοινωνιακό άξονα της πόλης, και όχι ως συμπληρωματικό / τροφοδοτικό σύστημα του μετρό, τόσο από την Ερευνητική Ομάδα Μεταφορών του Εργαστηρίου Συγκοινωνιακής Τεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ (1989) όσο και από τους Πενέλη et al. (1991).

Ωστόσο, με τις νέες συνθήκες μετά από την επιλογή υπογείου μετρό για την πόλη της Θεσσαλονίκης ως το κύριο μέσο μαζικής μεταφοράς της πόλης, το LRT θεωρήθηκε η ιδανική λύση ως σύστημα συμπληρωματικό και με λειτουργία τροφοδοτική του μετρό. Σε αυτό το πλαίσιο, η λύση του LRT μελετήθηκε εις βάθος στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ECOTALE (n.d.) από το ΣΑΣΘ, το οποίο ήταν εταίρος του έργου. Το έργο ECOTALE ήταν ένα έργο στο πλαίσιο του προγράμματος διαπεριφερειακής συνεργασίας INTERREG IVC και ολοκληρώθηκε το έτος 2014.

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί το προτεινόμενο σύστημα LRT από το έργο ECOTALE, ώστε στη συνέχεια να είναι δυνατή η εξέταση της εναλλακτικής της υλοποίησης ενός αντίστοιχου συστήματος με παρόμοια χαρακτηριστικά (π.χ. χάραξη, εξυπηρέτηση κτλ.) με τεχνολογία BRT, η οποία, όπως φάνηκε, από όσα προαναφέρθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, είναι μια αξιόπιστη εναλλακτική με πολλά πλεονεκτήματα, μειωμένη κεφαλαιουχική δαπάνη ανά χιλιόμετρο και σύμφωνη με τη νέα οπτική της χωρητικότητας των συστημάτων ΔΑΣ (βλ. Σχήμα 4-5).

Αυτά θα είναι και τα δύο εναλλακτικά σενάρια που θα συγκριθούν, όπως αναφέρονται στον τίτλο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Δεδομένου ότι το κεφάλαιο αυτό θα αποτελεί σε μεγάλο βαθμό την παρουσίαση έργου τρίτων, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν οι πηγές εξαρχής με αναλυτικό τρόπο. Αυτές είναι οι εξής:

- Πυργίδης, Χ., & Πολίτης, Ι. (2014). Διερεύνηση για την υλοποίηση δικτύου τραμ στη Θεσσαλονίκη – Η πρόταση του ΣΑΣΘ. *Τεχνογράφημα, 488*, 12-13 & 22. Ανακτήθηκε από http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/GRAFEIO_TYPOY/TEXNOGRAFHMA_2014/TEXNOGRAFHMA_488/488_12and13and22.pdf
- Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης. (2014a). *Δίκτυο τραμ Θεσσαλονίκης* (Σχήμα). Ανακτήθηκε από https://www.thita.gov.gr/sites/default/files/News_entry/Press_release/tram_2.pdf
- Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης. (2014b). *Το Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης προτείνει δίκτυο τραμ για τη μητροπολιτική περιοχή της Θεσσαλονίκης.* Ανακτήθηκε από https://www.thita.gov.gr/sites/default/files/News_entry/Press_release/ecotale-proposal-tram-thessaloniki.pdf

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζεται ο σχεδιασμός του συστήματος (δηλαδή οι βασικές παραδοχές, οι βασικές αρχές λειτουργίας και οι βασικές αρχές σχεδιασμού), τα χαρακτηριστικά του συστήματος (δηλαδή η υποδομή [Πίνακας 6-1], το τροχαίο υλικό [Πίνακας 6-2] και η εκμετάλλευση [Πίνακας 6-3]), η ανάπτυξη του δικτύου (Σχήμα 6-2), το κόστος και η βιωσιμότητα του συστήματος (δηλαδή το κόστος υλοποίησης, η βιωσιμότητα του έργου [Σχήμα 6-3], οι χρηματοοικονομικοί δείκτες και οι κοινωνικοοικονομικοί δείκτες [Πίνακας 6-4], οι ωφέλειες του συστήματος (στην κοινωνία, στον πολεοδομικό / αστικό ιστό και στις συνθήκες μετακίνησης [Σχήμα 6-4]), η υλοποίηση του συστήματος, η χρηματοδότηση του συστήματος, το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του συστήματος [Σχήμα 6-5] και η ένταξη του συστήματος στον αστικό ιστό.

6.2 Σχεδιασμός προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

6.2.1 Βασικές παραδοχές

Σύμφωνα με τους Πυργίδη και Πολίτη (2014, p. 12) «για το σχεδιασμό του δικτύου τραμ της Θεσσαλονίκης, λήφθηκε υπόψη η ανάπτυξη όλων των μέσων μεταφοράς, που είτε λειτουργούν, είτε σχεδιάζονται να λειτουργήσουν στο άμεσο μέλλον στην πόλη. Στο πλαίσιο αυτό, το τραμ σχεδιάστηκε με σκοπό να λειτουργήσει συμπληρωματικά και τροφοδοτικά με το μετρό και σε καμία περίπτωση ανταγωνιστικά». Οι βασικές παραδοχές είναι οι εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 4):

- Πρόταση του προκαταρκτικού Στρατηγικού Σχεδίου Υποδομών των Μεταφορών της πόλης της Θεσσαλονίκη για την ένταξη επιφανειακού σιδηροδρομικού συστήματος (τραμ).
- Υλοποίηση μέχρι το 2020 της βασικής γραμμής του μετρό και της επέκτασης προς Καλαμαριά-Μίκρα.
- Υλοποίηση των επεκτάσεων του μετρό προς Σταυρούπολη και Εύοσμο.

6.2.2 Βασικές αρχές λειτουργίας

Οι βασικές αρχές λειτουργίας του προτεινόμενου συστήματος είναι οι εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 4):

- Υψηλές μέσες ταχύτητες.
- Υψηλή συχνότητα δρομολογίων.
- Εξυπηρέτηση του επιβατικού έργου.

6.2.3 Βασικές αρχές σχεδιασμού

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού του προτεινόμενου συστήματος είναι οι εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 4):

- Συμπληρωματική λειτουργία με το μετρό στη διαδρομή του στο κέντρο της πόλης, όπου αναμένονται συνθήκες κορεσμού (τμήμα Νέος Σιδηροδρομικός Σταθμός Θεσσαλονίκης [ΝΣΣΘ] – Σιντριβάνι).
- Οδεύσεις του τραμ που καλύπτουν γεωγραφικά περιοχές της πόλης που δεν θα εξυπηρετούνται από τις επεκτάσεις του Μετρό (Άνω Τούμπα, ανατολικές περιοχές της Θεσσαλονίκης κοντά και παράλληλα στο θαλάσσιο μέτωπο).

- Τροφοδοτική λειτουργία του μετρό με μετεπιβίβαση σε ικανό αριθμό κοινών/κοντινών σταθμών.
- Εξασφάλιση χώρου αμαξοστασίου.

6.3 Χαρακτηριστικά προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

6.3.1 Υποδομή

Στον κατωτέρω πίνακα (Πίνακας 6-1) φαίνονται τα στοιχεία της υποδομής του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης:

Συνολικό μήκος δικτύου:	24 χλμ.
Είδος γραμμής:	Διπλή, κανονικού εύρους.
Τυπολογία διαδρόμων:	Προστατευμένοι διάδρομοι στο 89,6% του μήκους.
Αριθμός στάσεων:	43 (5 τερματικοί).
Ελάχιστη ακτίνα οριζοντιογραφίας:	28-30 μ.
Μέγιστη κατά μήκος κλίση:	5,7 % σε μήκος 400 μ.
Εγκαταστάσεις αμαξοστασίου:	1 αμαξοστάσιο 45 στρεμμάτων.
Σύστημα έλξης:	Ηλεκτροκίνησή με εναέρια καλώδια.

Πίνακας 6-1: Υποδομή προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 5)

6.3.2 Τροχαίο υλικό

Στον κατωτέρω πίνακα (Πίνακας 6-2) φαίνονται τα στοιχεία του τροχαίου υλικού του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης:

Στόλος οχημάτων:	45 αρθρωτά οχήματα χαμηλού δαπέδου.
Διαστάσεις οχημάτων:	Μήκος: 35 μ.
	Πλάτος: 2,30 μ.

Χωρητικότητα συρμών (όρθιοι και καθήμενοι):	220 (4 επιβάτες/μ.^{2}). (140 όρθιοι, 80 καθήμενοι).
Μέγιστη κατασκευαστική ταχύτητα συρμών:	80 χλμ./ώρα.

Πίνακας 6-2: Τροχαίο υλικό προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 6)

6.3.3 Εκμετάλλευση

Στον κατωτέρω πίνακα (Πίνακας 6-3) φαίνονται τα στοιχεία της εκμετάλλευσης του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης:

Σύστημα σηματοδότησης:	Ηλεκτρική πλευρική, με προτεραιότητα του τραμ σε όλες τις σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις.
Μέση ταχύτητα συρμών:	20-21 χλμ./ώρα.
Μέση απόσταση στάσεων:	>450 μ. και <650 μ.
Στάσεις κοινές με το μετρό:	5 (ΝΣΣΘ, Πανεπιστήμιο, Παπάκης, Νομαρχία, Μίκρα).
Εκτελούμενα Δρομολόγια (Φάσης Γ):	Δρομολόγιο Γ1: ΚΤΕΛ-Ελαιώνες, Μήκος: 10,8 χλμ., Χρόνος απλής διαδρομής: 32 λ. Δρομολόγιο Γ2: ΝΣΣΘ- Ελαιώνες, Μήκος: 8,76 χλμ., Χρόνος απλής διαδρομής: 26 λ. Δρομολόγιο Γ3: Πλατεία Ευόσμου – Μίκρα, Μήκος: 14,3 χλμ., Χρόνος απλής διαδρομής: 41 λ.
Συνολικοί αναμενόμενοι επιβάτες ημερησίως:	172.700.
Συνολικοί δυνάμενοι να εξυπηρετηθούν επιβάτες ημερησίως:	196.300.

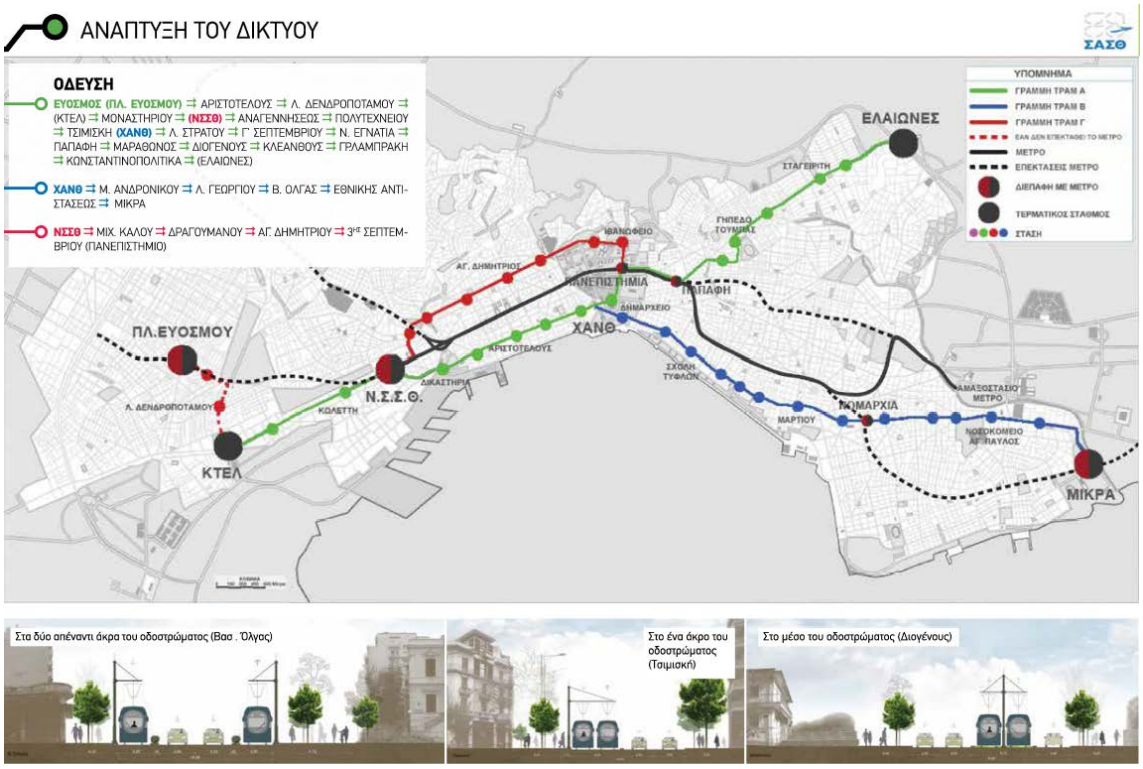
Συνολικοί αναμενόμενοι επιβάτες ετησίως:	51.810.000.

Πίνακας 6-3: Εκμετάλλευση προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 7)

6.4 Ανάπτυξη του δικτύου του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

Σύμφωνα με τους Πυργίδη και Πολίτη (2014, p. 12) «το προτεινόμενο δίκτυο έχει μήκος 23,9 km και προτείνεται να υλοποιηθεί σε 3 χρονικά φάσεις (Α: έναρξη λειτουργίας το 2020, Β: Έναρξη λειτουργίας το 2025 και Γ: έναρξη λειτουργίας το 2030) όπως αυτές εμφανίζονται στο (…) [Σχήμα 6-2]». Οι γραμμές διέρχονται επιφανειακά από τις παρακάτω οδικές αρτηρίες (Πυργίδης & Πολίτης, 2014, p. 12):

- Πλατεία Ευόσμου – Αριστοτέλους – Λεωφόρος Δεδροποτάμου – Κοινό Ταμείο Είσπραξης Λεωφορείων (ΚΤΕΛ) – ΝΣΣΘ – Αναγεννήσεως – Πολυτεχνείου – Τσιμισκή – Χριστιανική Αδελφότητα Νέων Θεσσαλονίκης (ΧΑΝΘ) – Λεωφόρος Στρατού – Γ΄ Σεπτεμβρίου – Νέα Εγνατία – Παπάφη – Μαραθώνος – Διογένους – Κλεάνθους – Γρηγορίου Λαμπράκη – 17ης Νοεμβρίου – (Κωνσταντινουπολίτικα) – (Ελαιώνες).
- ΧΑΝΘ – Ανδρονίκου – Βασιλέως Γεωργίου – Βασιλίσσης Όλγας – Εθνικής Αντιστάσεως – (Μίκρα).
- (ΝΣΣΘ) – Μιχαήλ Καλού – Δραγουμάνου – Αγίου Δημητρίου – Γ΄ Σεπτεμβρίου – Νέα Εγνατία (Πανεπιστήμιο).



Σχήμα 6-2: Ανάπτυξη δικτύου προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 8-9; ΣΑΣΘ, 2014a)

6.5 Κόστος και βιωσιμότητα του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

6.5.1 Κόστος υλοποίησης

Σύμφωνα με τους Πυργίδη και Πολίτη (2014, p. 22) «το κόστος του έργου (515,76 εκ €) όπως προκύπτει από μια πρώτη εκτίμηση, κυμαίνεται σε ανάλογα, σύμφωνα με την ισχύουσα διεθνή πρακτική, οικονομικά μεγέθη. Συγκεκριμένα το κόστος αυτό εκτιμάται σε 21,57 εκ €/km όταν οι συνήθεις τιμές είναι μεταξύ 15-35 εκ € / km. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι το κόστος προμήθειας ενός τροχιοδρομικού οχήματος λήφθηκε ίσο με 3,25 εκ. ευρώ, τιμή που αφορά τα πλέον σύγχρονα σε εξοπλισμό οχήματα. Το συνολικό κόστος του έργου μπορεί να μειωθεί κατά 30 εκ ευρώ αν αγορασθεί σχετικά φθηνότερο τροχαίο υλικό και με τα δεδομένα αυτά το κόστος ανά km γραμμής θα μειωθεί στα 20 εκ ευρώ». Πιο συνοπτικά (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 10):

- Κόστος τροχαίου υλικού: 146,30 εκ. €.
- Κόστος υποδομής: 369,46 εκ. €.

- Συνολικό κόστος: 515, 76 εκ. €.

6.5.2 Βιωσιμότητα του έργου

Η βιωσιμότητα του προτεινόμενου συστήματος φαίνονται στο κατωτέρω Σχήμα 6-3:

	Μήκος γραμμής (km)	Συνολικό Κόστος (εκ €)	Κόστος / km (εκ €)	Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης	Αριθμός Στόλου Οχημάτων	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης ανά μεταφερόμενο επιβάτη	Κόστος ανά οχηματ/τρο
ΦΑΣΗ Α	10,800	237,31	21,97	7,16 εκ €	12	0,40 €/ επιβάτη	9,15 εκ. €
ΦΑΣΗ Β	7,189	153,59	21,36	16,89 εκ €	31	0,367 €/ επιβάτη	8,14 εκ. €
ΦΑΣΗ Γ	5,909	124,86	21,13	25,3 εκ €	45	0,40 €/ επιβάτη	7,9 εκ. €
Α+Β+Γ	**23,898**	**515,76**	**21,58**	**25,3 εκ €**	**45**	**0,40 €/ επιβάτη**	**7,9 εκ. €**

Σχήμα 6-3: Βιωσιμότητα προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 10)

6.5.3 Χρηματοοικονομικοί δείκτες

Οι χρηματοοικονομικοί δείκτες του προτεινόμενου συστήματος έχουν ως εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 10):

- Προεξοφλητικό επιτόκιο: 5%.
- Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) (Net Present Value [NPV]): -17.420.956,81€.
- Δείκτης εσωτερικής απόδοσης (Internal Rate of Return [IRR]): 4,66%.
- Λόγος ωφελειών – κόστους (B/C): 0,98.
- Ανάλυση “break-even point”: Τιμή εισιτηρίου, 1,0255€.

6.5.4 Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες

Στον κατωτέρω πίνακα (Πίνακας 6-4) φαίνονται οι κοινωνικοοικονομικοί δείκτες του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης:

Δείκτες	**Βασικό σενάριο (Α+Β+Γ)**	**Αισιόδοξο σενάριο (Α+Β+Γ)**
Παρούσα Οικονομική Αξία	346 εκ. €	861,6 εκ. €
Εσωτερικός Συντελεστής Οικονομικής Απόδοσης	10,02%	13,87%
Λόγος οφέλους / κόστους	1,59	2,47

Πίνακας 6-4: Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 10)

6.6 Ωφέλειες του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

6.6.1 Στην κοινωνία

Οι ωφέλειες του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης προς την κοινωνία είναι οι εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 11):

- Μείωση των ρύπων.
- Μείωση των τροχαίων ατυχημάτων.
- Μείωση του συνολικού εξωτερικού κόστους των μεταφορών.
- Προσέλκυση επενδύσεων.
- Δημιουργία θέσεων απασχόλησης.

6.6.2 Στον πολεοδομικό / αστικό ιστό

Οι ωφέλειες του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης στον πολεοδομικό / αστικό ιστό είναι οι εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 11):

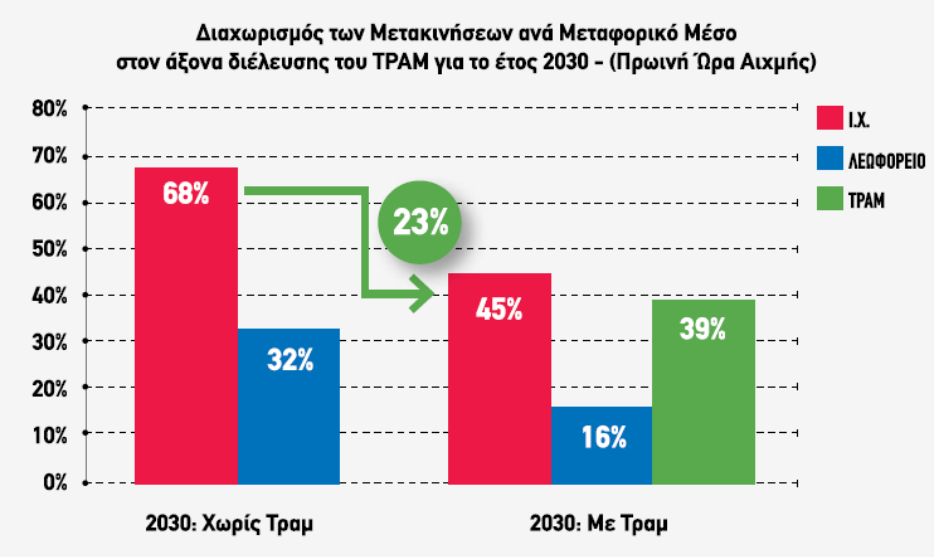
- Ανάπλαση περιοχών.
- Τακτοποίηση οδών.
- Αναβάθμιση περιοχών.
- Αύξηση της ελκυστικότητας.
- Σημαντική βελτίωση της εικόνας της πόλης.

6.6.3 Στις συνθήκες μετακίνησης

Οι ωφέλειες του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης στις συνθήκες μετακίνησης είναι οι εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 11):

- Μείωση των χρόνων διαδρομής.
- Αποφόρτιση του μετρό στο κέντρο της πόλης.
- Αύξηση των επιβιβάσεων στο μετρό στους κοινούς με το τραμ σταθμούς.

Στο κατωτέρω Σχήμα 6-4 φαίνεται ο καταμερισμός των μετακινήσεων κατά μέσο το έτος 2030 χωρίς και με το προτεινόμενο σύστημα τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης:



Σχήμα 6-4: Διαχωρισμός των μετακινήσεων κατά μεταφορικό μέσο στον άξονα διέλευσης του τραμ για το έτος 2030 – (Πρωινή Ώρα Αιχμής) (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 11)

6.7 Υλοποίηση του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

Η υλοποίηση του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης προτείνεται να γίνει ως εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 12):

- Προτεινόμενο σύστημα Design Build Finance Operate (DBFO), δηλαδή Μελέτη – Κατασκευή – Χρηματοδότηση – Λειτουργία (όπως το τραμ του Nottingham στη Βρετανία).
- Πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος σε ολοκληρωμένες συμπράξεις γραφείων μελετών, κατασκευαστικών εταιριών, προμηθευτών τροχαίου υλικού, εταιριών λειτουργίας αστικών συγκοινωνιών και χρηματοπιστωτικών οργανισμών.

- Συνεργασία του πρώην ΣΑΣΘ (νυν ΟΣΕΘ) με την Αττικό Μετρό ΑΕ (πρώην Τραμ ΑΕ) που έχει την αρμοδιότητα για τη διενέργεια διαγωνισμών, τη διοίκηση του έργου κ.λπ. καθώς και για τη βέλτιστη διεπαφή – «διαμεσότητα» (intermodality) με το μετρό.
- Ανάθεσή σε κοινοπραξία εταιρειών και παραχώρηση της λειτουργίας των εσόδων και άλλων αντιπαροχών για συγκεκριμένη περίοδο παραχώρησης, με εποπτικό έλεγχο από το πρώην ΣΑΣΘ (νυν ΟΣΕΘ) ως μητροπολιτικός ενιαίος φορέας μεταφορών και βιώσιμης κινητικότητας.
- Αναδιάρθρωση των λεωφορειακών γραμμών ώστε να είναι τροφοδοτικές και όχι ανταγωνιστικές προς το δίκτυο τραμ.

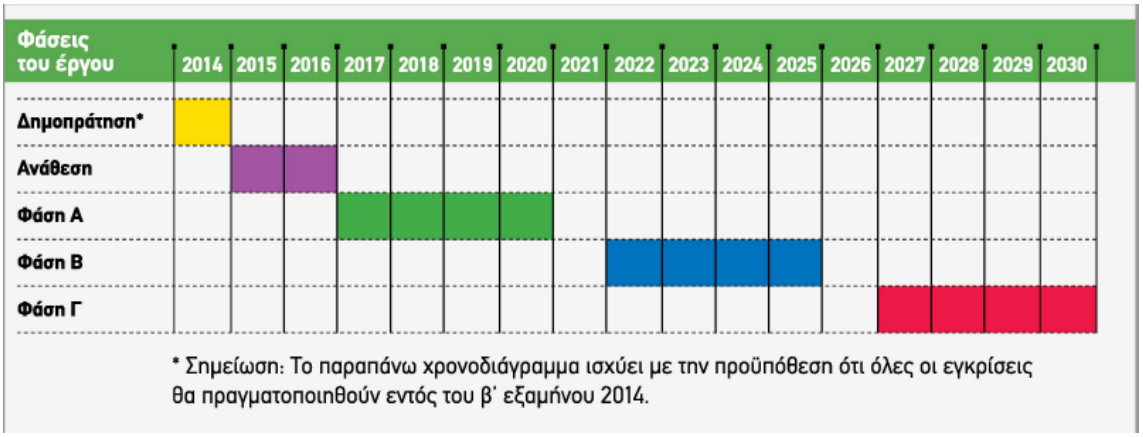
6.8 Χρηματοδότηση του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

Η χρηματοδότηση του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης προτείνεται να γίνει ως εξής (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 13):

- Νέες μορφές χρηματοδότησης με διευρυμένη Σύμπραξη Δημοσίου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) (Public Private Partnership [PPP]) και μόχλευση επενδύσεων.
- Αξιοποίηση των μέσων περιφερειακής πολιτικής και χρηματοδοτικής τεχνικής (Financial Engineering) και ειδικότερα το μέσο Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas (JESSICA), που σημαίνει Κοινή Ευρωπαϊκή Υποστήριξη για Βιώσιμες Επενδύσεις σε αστικές περιοχές.
- Διερεύνηση χρηματοδότησης μέσω «Δέσμευσης της Αξίας Γης» (Value Capture Financing, Land Value Capture), ήτοι άντληση κεφαλαίων με βάση την αύξηση της αξίας γης λόγω της βελτίωσης της προσβασιμότητας από το δίκτυο τραμ.
- Επένδυση εσόδων από αναβαθμισμένη ελεγχόμενη στάθμευση ΙΧ, από συμπληρωματικά τέλη κυκλοφορίας ΙΧ ή από χρέωση κυκλοφοριακής συμφόρησης στο κέντρο (μακροπρόθεσμα).

6.9 Χρονοδιάγραμμα του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

Είναι προφανές ότι το κατωτέρω χρονοδιάγραμμα (Σχήμα 6-5) μετατίθεται αντιστοίχως προς τα δεξιά (δηλαδή μελλοντικά) ανάλογα με το έτος δημοπράτησης του έργου:



Σχήμα 6-5: Χρονοδιάγραμμα προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 14)

6.10 Ένταξη στον αστικό ιστό του προτεινόμενου τραμ για τη Θεσσαλονίκη

Η ένταξη στον αστικό ιστό του προτεινόμενου τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης φαίνεται στην κατωτέρω Εικόνα 6-1 και Εικόνα 6-2.

Εικόνα 6-1: Ένταξη του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης στην περιοχή του Δημαρχείου (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 5)

Εικόνα 6-2: Ένταξη του προτεινόμενου συστήματος τραμ για την πόλη της Θεσσαλονίκης στην περιοχή του Ιερού Ναού Αγίου Δημητρίου (ΣΑΣΘ, 2014b, p. 13)

6.11 Συνοψίζοντας για το προτεινόμενο τραμ για τη Θεσσαλονίκη

Από τον έλεγχο εφικτότητας προέκυψε ότι «είναι δυνατή γεωμετρικά η ένταξη του δικτύου στην υπό εξυπηρέτηση αστική περιοχή καθώς:

- Όλες οι ακτίνες οριζοντιογραφίας είναι ≥ 30 μ. (ελάχιστο όριο τα 25 μ.).
- Δεν συναντάται στο δίκτυο κατά μήκος κλίση > 7%.
- Το διαθέσιμο πλάτος οδοστρώματος των οδών διέλευσης επιτρέπει την ένταξη γραμμών αποκλειστικής κυκλοφορίας τραμ ενώ παράλληλα επιτρέπει στο υπόλοιπο πλάτος οδοστρώματος, τη λειτουργία λωρίδων οδικής κυκλοφορίας ικανού πλάτους (3.5 μ.)» (Πυργίδης & Πολίτης, 2014, p. 13).

Επιπλέον «εξασφαλίζει ένα ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης για τους χρήστες καθώς:

- Οι εμπορικές ταχύτητες για τα 3 δρομολόγια που προτάθηκαν κρίνονται ικανοποιητικές (20,6 km/h για το Γ1, 20,34 km/h για το Γ2, 21 km/h για το Γ3, ήτοι κυμαίνονται μέσα στο αποδεκτό όριο των 19-25km/h). Σε αυτό συντελούν οι επιλογές που έγιναν όσον αφορά τον τύπο των τροχιοδρομικών διαδρόμων (89,6% προστατευόμενος διάδρομος). Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη

των παραπάνω ταχυτήτων είναι η παραχώρηση προτεραιότητας στο τραμ στις ισόπεδες σηματοδοτημένες διασταυρώσεις.

- Οι χρόνοι διαδρομής συγκρινόμενοι με αυτούς των λεωφορείων είναι κατά πολύ μικρότεροι.
- Το επιβατικό έργο που μπορεί να εξυπηρετηθεί είναι μικρότερο του αναμενόμενου.
- Η μέση απόσταση μεταξύ στάσεων είναι μέσα στα αποδεκτά όρια.
- Το όχημα χαμηλού δαπέδου εξασφαλίζει τη γρήγορη επιβίβαση – αποβίβαση των χρηστών του συστήματος.
- Οι επιπτώσεις στα υπόλοιπα συστήματα μετακίνησης (ΙΧ οδικά οχήματα, πεζή, δημόσια μέσα μεταφοράς, στάθμευση), μπορούν να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά καθώς απαιτούν επεμβάσεις και ρυθμίσεις που μπορούν να αντιμετωπιστούν με μικρό κόστος.
- Για την κατασκευή του αμαξοστασίου, απαιτείται έκταση 45 στρεμμάτων η οποία πρέπει να αναζητηθεί πριν ακόμα τη δημοπράτηση του έργου, κοντά σε έναν τουλάχιστον από τους τερματικούς σταθμούς για τη μείωση των νεκρών χιλιομέτρων.
- Η εκτίμηση των επιβατικών φόρτων και όλα τα δεδομένα μετακινήσεων που απαιτούνται για τον έλεγχο εφικτότητας και τη χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική ανάλυση της επένδυσης προέκυψαν από την εφαρμογή μαθηματικού υποδείγματος που αναπτύχθηκε από το ΣΑΣΘ» (Πυργίδης & Πολίτης, 2014, p. 13).

7 Προσομοίωση Λειτουργίας Συστήματος BRT αντί LRT και Σύγκριση των Δύο Εναλλακτικών

7.1 Η προσομοίωση της λειτουργίας συστήματος LRT στην πόλη της Θεσσαλονίκης

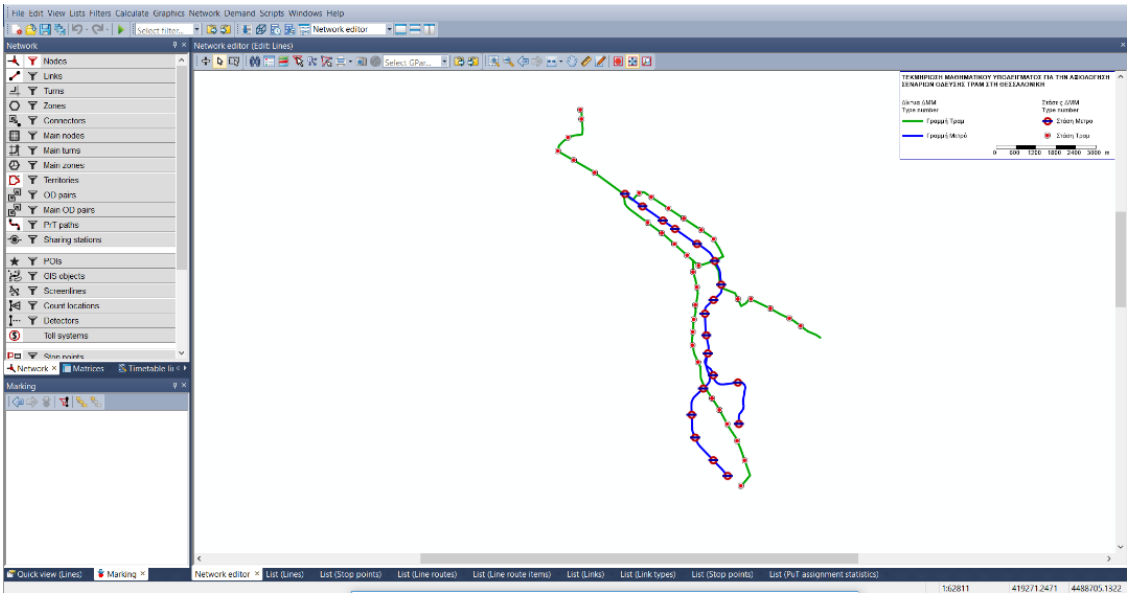
Στο προηγούμενο Κεφάλαιο 6 παρουσιάστηκε το σύστημα LRT όπως αυτό μελετήθηκε από το πρώην ΣΑΣΘ, νυν ΟΣΕΘ, για την πόλη της Θεσσαλονίκης, στο πλαίσιο του έργου ECOTALE του προγράμματος διασυνοριακής συνεργασίας INTERREG IVC. Στην πρόταση χρησιμοποιείται ο όρος «τραμ» αντί του LRT, επειδή με αυτόν είναι περισσότερο εξοικειωμένο το ευρύ κοινό στην Ελλάδα, παρόλο που είναι ξεκάθαρο ότι πρόκειται για σύστημα LRT και όχι για τραμ της παλαιότερης γενιάς, που είχε τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με τους Πυργίδη και Πολίτη (2014, p. 13) «η εκτίμηση των επιβατικών φόρτων και όλα τα δεδομένα μετακινήσεων που απαιτούνται για τον έλεγχο εφικτότητας και τη χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική ανάλυση της επένδυσης προέκυψαν από την εφαρμογή μαθηματικού υποδείγματος που αναπτύχθηκε από το ΣΑΣΘ. Το κυκλοφοριακό μοντέλο αυτό είχε χρησιμοποιηθεί ως μαθηματικό υπόδειγμα στο πλαίσιο της "Κοινωνικοοικονομικής μελέτης της επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης προς Καλαμαριά"[1] και προσαρμόστηκε κατάλληλα στις συνθήκες του υπό διερεύνηση έργου. Κατά τη φάση κωδικοποίησης των σεναρίων που αναπτύχθηκαν, απαιτήθηκε μια πρώτη αναδιάρθρωση του υφιστάμενου δικτύου προγράμματος δρομολόγησης των λεωφορείων του ΟΑΣΘ, η οποία όμως είναι ενδεικτική και σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να θεωρείται ως τελική καθώς απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση. Ορισμένοι από τους δείκτες που εξήχθησαν από την εφαρμογή του υποδείγματος, είναι τα διανυόμενα οχηματοχιλιόμετρα με δημόσια και ιδιωτικά μέσα, η αντίστοιχη επιβατική κίνηση ανά μέσο, οι μέσες διανυόμενες αποστάσεις στο δίκτυο κ.λπ».

[1] Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης. (2011). *Κοινωνικοοικονομική μελέτη της επέκτασης του μετρό Θεσσαλονίκης προς την Καλαμαριά – Τεχνική Έκθεση Ανάπτυξης Κυκλοφοριακού Προτύπου.* Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: χ.ε.
Η ανωτέρω Τεχνική Έκθεση δεν κατέστη δυνατό να παραχωρηθεί από τον ΟΣΕΘ, πρώην ΣΑΣΘ, στο συγγραφέα της παρούσας εργασίας και για αυτό δεν χρησιμοποιούνται στοιχεία από αυτή και δεν αναφέρεται στη βιβλιογραφία.

«Ενδεικτικά διαφαίνεται ότι το τραμ σε επίπεδο άξονα διέλευσής του, αποσπά ένα σημαντικό ποσοστό των μετακινήσεων, της τάξης του 40%, λίγο λιγότερο από το ποσοστό των οχημάτων (45%) ενώ μειώνει περίπου κατά 50% την επιβατική κίνηση του λεωφορείου, από 32% σε 16% όπως φαίνεται στο (…) [Σχήμα 6-4]» (Πυργίδης & Πολίτης, 2014, p. 13).

Το μαθηματικό υπόδειγμα (μοντέλο), αναπτύχθηκε στη πλατφόρμα λογισμικού VISUM της γερμανικής εταιρίας Planung Transport Verkehr Aktiengesellschaft (PTV AG). Το VISUM (PTV AG, 2017) είναι, ίσως, το πιο γνωστό λογισμικό μακροσκοπικής προσομοίωσης της κυκλοφορίας στον κόσμο και χρησιμοποιείται, μεταξύ άλλων, από παρόχους και αρχές ΔΑΣ, από ερευνητικά ινστιτούτα και τον ακαδημαϊκό χώρο και από μελετητικές εταιρίες μεταφορών. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε αποτελεί ένα διατροπικό μοντέλο προσομοίωσης της κυκλοφορίας για την Πρωινή Ώρα Αιχμής (ΠΩΑ), στο ευρύτερο ΠΣΘ (Σχήμα 7-1). Η διατροπικότητα του μοντέλου αναφέρεται στο γεγονός ότι συμπεριλαμβάνει μετακινήσεις με διάφορα μέσα ΔΑΣ, συμπεριλαμβανομένου του ΙΧ αυτοκινήτου και λαμβάνει υπ’ όψιν του τις ενδεχόμενες μετεπιβιβάσεις.



Σχήμα 7-1: Η προσομοίωση του δικτύου μετρό και LRT στο VISUM χωρίς υπόβαθρο

Το έτος βάσης, στο όποιο βαθμονομήθηκε το υπόδειγμα, θεωρήθηκε το 2008, καθώς βασίστηκε στο μοντέλο που αναπτύχθηκε από το ΣΑΣΘ στα πλαίσια του έργου «Κοινωνικοοικονομική Μελέτη της Επέκτασης του Μετρό Θεσσαλονίκης προς Καλαμαριά» το οποίο χρησιμοποίησε το ίδιο έτος βάσης 2008, ενώ ολοκληρώθηκε το 2011.

Ο στόχος ήταν η διερεύνηση της βιωσιμότητας και σκοπιμότητας του προτεινόμενου συστήματος LRT, προκειμένου να καταστεί δυνατή η χρηματοδότηση του από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων (ΕΤΕπ), η οποία και εγκρίθηκε και, ως γνωστόν, η επέκταση του μετρό προς την Καλαμαριά ήδη κατασκευάζεται.

Τα μοντέλα αυτού του τύπου είναι ιδιαίτερα περίπλοκα: θα πρέπει να χωριστεί η υπό εξέταση περιοχή σε ζώνες για τις οποίες θα πρέπει να μετρηθούν οι παραγόμενες και ελκόμενες μετακινήσεις και να εισαχθούν στο μοντέλο. Θα πρέπει να δημιουργηθεί το οδικό δίκτυο, με τα γραμμικά στοιχεία και τους κόμβους του και ομοίως τα δίκτυα ΔΑΣ, εφόσον συμπεριλαμβάνονται στο υπό ανάπτυξη μοντέλο. Εκτός από το δίκτυο θα πρέπει να εισαχθούν και τα οχήματα των ΔΑΣ, οι παραδοχές (π.χ. συχνότητες εξυπηρέτησης, χωρητικότητες κτλ.) καθώς και γενικότερα στοιχεία του δικτύου όπως μονοδρομήσεις, χωρητικότητες οδικών στοιχείων, φωτεινή σηματοδότηση και λοιπά στοιχεία ανάλογα με το βαθμό λεπτομέρειας κατά την αναπαράσταση του δικτύου κτλ. Σε γενικές γραμμές μπορεί να ειπωθεί ότι το λογισμικό προσομοίωσης VISUM ακολουθεί τη λογική των τεσσάρων (4) σταδίων της διαδικασίας πρόβλεψης των μελλοντικών αναγκών μετακινήσεων του επιστημονικού πεδίου του Σχεδιασμού Μεταφορών (βλ. Γιαννόπουλος, 2002):

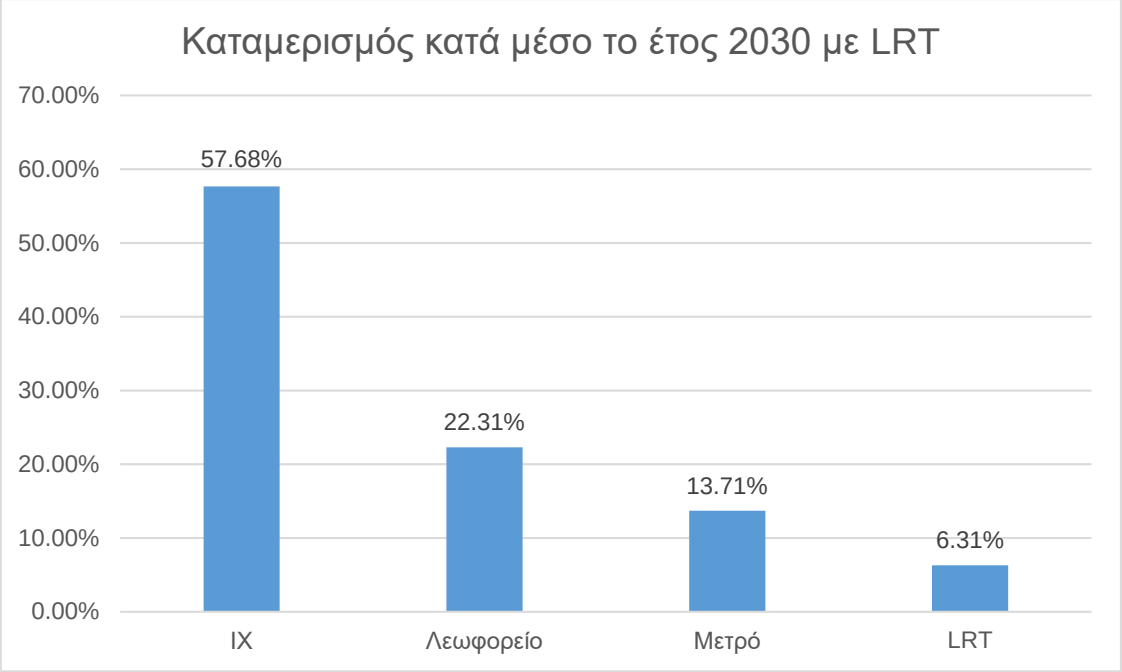
1. Γένεση των μετακινήσεων.
2. Κατανομή των μετακινήσεων στο χώρο.
3. Καταμερισμός των μετακινήσεων κατά μεταφορικό μέσο.
4. Καταμερισμός στο δίκτυο.

Είναι εύκολα κατανοητό ότι είναι αδύνατον να αναπτύσσεται εξαρχής κάθε φορά ένα νέο μοντέλο για την εξέταση ενός νέου σεναρίου και για αυτό, στις περισσότερες περιπτώσεις, η εργασία βασίζεται σε προηγούμενα μοντέλα που έχουν ήδη αναπτυχθεί. Ακριβώς για αυτό το λόγο, και σε αυτήν την περίπτωση το μοντέλο για το σενάριο υλοποίησης LRT βασίστηκε στο μοντέλο για την επέκταση του μετρό προς την Καλαμαριά.

Από το μοντέλο που αναπτύχθηκε από το ΣΑΣΘ, νυν ΟΣΕΘ, για το προτεινόμενο LRT για την πόλη της Θεσσαλονίκης στο πλαίσιο του έργου ECOTALE, για το έτος 2030 για και για λειτουργία LRT προκύπτουν οι μετακινήσεις κατά την Πρωινή Ώρα Αιχμής (ΠΩΑ) και τα αντίστοιχα ποσοστά μετακινήσεων επί του συνόλου των μετακινήσεων, επίσης κατά την ΠΩΑ, όπως αυτά φαίνονται κατωτέρω (Πίνακας 7-1 και Σχήμα 7-2):

Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με LRT	**Μετακινήσεις (ΠΩΑ)**	**Ποσοστό Μετακινήσεων επί του Συνόλου (ΠΩΑ)**
ΙΧ	126.378	57,68%
Συμβατικό λεωφορείο	48.886	22,31%
Μετρό	30.037	13,71%
LRT	13.817	6,31%
Σύνολο ΔΑΣ	92.741	42,32%
Γενικό σύνολο	219.119	100,00%

Πίνακας 7-1: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με LRT κατά την ΠΩΑ σε μετακινήσεις και ποσοστά επί του συνόλου από την προσομοίωση [2]



Σχήμα 7-2: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με LRT κατά την ΠΩΑ σε ποσοστά μετακινήσεων επί του συνόλου

[2] Οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται κατά την προσομοίωση από τα συστήματα ΔΑΣ (λεωφορείο, μετρό και LRT) ελήφθησαν από τα εξαγόμενα του μοντέλου για το έτος 2030 με λειτουργία LRT, με εξαίρεση τις συνολικές μετακινήσεις (219.119), από τις οποίες εξήχθησαν και οι μετακινήσεις με ΙΧ αυτοκίνητο με αφαίρεση των μετακινήσεων με ΔΑΣ. Αυτές αναφέρονται στο:
Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης. (2014). *Τεκμηρίωση μαθηματικού υποδείγματος για την αξιολόγηση σεναρίων όδευσης τραμ στη Θεσσαλονίκη*. Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: χ.ε.
Η ανωτέρω Τεχνική Έκθεση δεν κατέστη δυνατό να παραχωρηθεί από τον ΟΣΕΘ, πρώην ΣΑΣΘ, στο συγγραφέα της παρούσας εργασίας και για αυτό δεν χρησιμοποιούνται λοιπά στοιχεία από αυτή και δεν αναφέρεται στη βιβλιογραφία, πλην του προαναφερόμενου στοιχείου του οποίου έλαβε γνώση.

Κάποια άλλα ενδιαφέροντα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το συγκεκριμένο μοντέλο για το έτος 2030 με λειτουργία LRT είναι τα εξής (Πίνακας 7-2):

Στοιχείο:	**Μέγεθος:**
Μέσος όρος χρόνος συνολικού ταξιδιού με ΔΑΣ	37 λεπτά και 58 δευτερόλεπτα
Μέσος όρος χρόνου διαδρομής με ΔΑΣ	29 λεπτά και 40 δευτερόλεπτα
Μέσος χρόνος εντός του οχήματος με ΔΑΣ	15 λεπτά και 29 δευτερόλεπτα
Μέσος όρος αίσθησης χρόνου ταξιδιού με ΔΑΣ	54 λεπτά και 00 δευτερόλεπτα
Μέση απόσταση ταξιδιού με ΔΑΣ	7,045 χλμ.
Μέση απόσταση διαδρομής με ΔΑΣ	5,561 χλμ.
Μέση ταχύτητα ταξιδιού με ΔΑΣ	11 χλμ./ώρα
Μέση ταχύτητα εντός του οχήματος με ΔΑΣ	22 χλμ./ώρα
Μέσος όρος μετεπιβιβάσεων με ΔΑΣ	0,3

Πίνακας 7-2: Ενδεικτικά στοιχεία προσομοίωσης λειτουργίας συνολικού συστήματος ΔΑΣ (συμβατικά λεωφορεία, μετρό, LRT) για το έτος 2030 με λειτουργία LRT

Εκτός από τα ανωτέρω αναφερόμενα, από το εν λόγω μοντέλο προκύπτουν και άλλα πάρα πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία σχετικά με την πρόταση του ΟΣΕΘ, π.χ. η εξέλιξη των μετακινήσεων στο δίκτυο σε διάφορες χρονικές περιόδους (έτη 2016, 2020, 2025 και 2025), αισιόδοξο και απαισιόδοξο σενάριο, κατανομές κατά μέσο σε επιλεγμένες γραμμές διήθησης κ.ά., οχηματοχιλιόμετρα ανά μέσο κτλ.

Ωστόσο, τα στοιχεία αυτά αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία του ΟΣΕΘ και δεν υπάρχει η δυνατότητα παρουσίασής τους χωρίς την άδεια του, η οποία δεν κατέστη δυνατό να παραχωρηθεί εγκαίρως λόγω των τρεχουσών διοικητών αλλαγών (μετατροπή ΣΑΣΘ σε ΟΣΕΘ, πλήρωση κενών θέσεων διοίκησης, εγγραφή στο Γενικό Εμπορικό Μητρώο [ΓΕΜΗ] κτλ.). Για αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται μόνο όσα στοιχεία κρίνονται απαραίτητα για την τεκμηρίωση της σύγκρισης των δύο εναλλακτικών σεναρίων LRT και BRT, σύμφωνα με τη σχετικά ασαφή άδεια χρήσης του μοντέλου VISUM στο χώρο του ΟΣΕΘ (βλ. Παράρτημα Β΄).

7.2 Η προσομοίωση της λειτουργίας συστήματος BRT στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας γινόταν ολοένα και πιο φανερό στο συγγραφέα ότι τα συστήματα LRT και BRT είναι αρκετά παρόμοια μεταξύ τους ως προς το πως θα πρέπει να προσομοιωθούν με τη χρήση VISUM, καθώς έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά, π.χ. διαχωρισμένοι διάδρομοι κίνησης, αποβάθρες, σταθμοί κτλ.

Επιπλέον, δεδομένου ότι ο στόχος της εργασίας δεν είναι η εξ αρχής μελέτη ενός συστήματος BRT αλλά η σύγκρισή του με το προτεινόμενο σύστημα LRT, κρίθηκε σκόπιμο να διατηρηθούν όσο το δυνατόν περισσότερα χαρακτηριστικά του προτεινόμενου LRT είναι δυνατόν για την εναλλακτική του BRT. Συνεπώς, για την προσομοίωση του BRT κρίθηκε πως θα πρέπει να αλλάξουν μόνο τα χαρακτηριστικά εκείνα τα οποία δεν είναι δυνατόν να υλοποιηθούν με λύση BRT και να διατηρηθούν όλα τα υπόλοιπα ακόμα και εάν στην περίπτωση του BRT θα μπορούσαν να υλοποιηθούν με καλύτερο τρόπο, π.χ. οι εμπορικές ταχύτητες, ούτως ώστε οποιαδήποτε βελτίωση παρατηρούνταν να είναι ξεκάθαρο από που προέκυψε σε σχέση με τη διαφοροποίηση του συστήματος BRT με το LRT. Ο αναγνώστης, συνεπώς, θα πρέπει να έχει υπ' όψιν του ότι ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν είναι να προτείνει την καλύτερη δυνατή λύση BRT σε αντικατάσταση του LRT, καθώς για αυτό θα απαιτούνταν ξεχωριστή εξαρχής προσομοίωση και νέα τεχνικοοικονομική μελέτη, η οποία δεν είναι δυνατόν να γίνει χωρίς να υπάρχει διαθέσιμη η αντίστοιχη μελέτη του ΣΑΣΘ, αλλά απλά να τεκμηριώσει το γεγονός ότι το BRT θα μπορούσε να ήταν μια βιώσιμη εναλλακτική λύση έναντι του προτεινόμενου LRT, η οποία θα ήταν σκόπιμο επίσης να μελετηθεί κατά τον ίδιο τρόπο με τον οποίο μελετήθηκε και η λύση του LRT.

Από την εξέλιξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έχει καταδειχθεί ότι το BRT υπερτερεί έναντι του LRT σχεδόν σε όλα τα δομικά και λειτουργικά στοιχεία, με κάποιες εξαιρέσεις, όπως οι εξής:

- Λειτουργικό κόστος: Για τις ανεπτυγμένες χώρες και για όσο περισσότερο μεγαλύτερες χωρητικότητες το λειτουργικό κόστος του BRT αυξάνεται και μπορεί να ξεπεράσει αυτό του LRT. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα του LRT να μπορεί να σχηματίζει συρμούς μεγαλύτερης χωρητικότητας από τα επί μέρους

οχήματα που το σχηματίζουν, και αυτοί να λειτουργούν με έναν οδηγό, ενώ το BRT δεν έχει αυτή τη δυνατότητα και για κάθε ξεχωριστό όχημα απαιτείται ξεχωριστός οδηγός. Συνεπώς, εάν το λειτουργικό κόστος του BRT είναι μεγαλύτερο από ένα αντίστοιχο σύστημα LRT, αυτό θα οφείλεται στη συνιστώσα εργασιακό κόστος του λειτουργικού κόστους και στους περισσότερους οδηγούς που απαιτούνται.

- Άνεση: Τα συστήματα LRT γενικά, λόγω των χαμηλών επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων σε σιδηροτροχιές, θεωρείται πως προσφέρουν μεγαλύτερη άνεση. Ωστόσο, με κατάλληλες διαμορφώσεις και χειρισμούς, αντίστοιχη άνεση μπορεί να προσφέρεται και από τα συστήματα BRT, συνεπώς δεν είναι ένα πρόβλημα το οποίο θα πρέπει να παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία λήψης της σχετικής απόφασης.
- Έκτακτες ανάγκες: Μόνο στο ενδεχόμενο συγκεκριμένου τύπου κακών καιρικών συνθηκών, π.χ. χιονόπτωση, το σύστημα LRT μπορεί να συνεχίσει τη λειτουργία του ενώ το BRT ενδέχεται να πρέπει να τη διακόψει μέχρι τον καθαρισμό του διαδρόμου. Ωστόσο, σε άλλου τύπου έκτακτη ανάγκη, π.χ. ακινητοποίηση οχήματος επί του διαδρόμου, το BRT μπορεί να έχει πολύ καλύτερη ανταπόκριση από το LRT. Επιπλέον, δεδομένου ότι στην Ελλάδα, και δη στη Θεσσαλονίκη, πάρα πολύ σπάνια παρατηρούνται τόσο σφοδρά καιρικά φαινόμενα, αυτό είναι ένα πρόβλημα το οποίο δεν θα πρέπει να επηρεάζει σημαντικά τη διαδικασία λήψης της σχετικής απόφασης.

Από το Κεφάλαιο 6 και το μοντέλο προσομοίωσης για LRT το έτος 2030, προκύπτει ότι προκειμένου να προσομοιωθεί η λειτουργία BRT αντί του LRT θα πρέπει να αλλάξει ένα μόνο στοιχείο ως προς το LRT και ως προς όλα τα υπόλοιπα μπορεί να ισχύει η αρχή ceteris paribus. Το στοιχείο αυτό είναι το τροχαίο υλικό του (Πυργίδης & Πολίτης, 2014, p. 13):

- Στόλος οχημάτων: 45 αρθρωτά οχήματα χαμηλού δαπέδου.
- Διαστάσεις οχημάτων: Μήκος: 35 μ. Πλάτος: 2,30 μ.
- Χωρητικότητα συρμών: 220 (4 επιβάτες/μ.^{2}), 140 όρθιοι, 80 καθήμενοι.
- Μέγιστη κατασκευαστική ταχύτητα συρμών 80 χλμ./ώρα.

Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του τροχαίου υλικού, και του συστήματος γενικότερα, είτε μπορούν να κατασκευασθούν με τον ίδιο τρόπο (π.χ. αποβάθρες, διαχωρισμένοι διάδρομοι κτλ.) είτε δεν επηρεάζουν την προσομοίωση (π.χ. σύστημα έλξης).

Ωστόσο, για την υλοποίηση ενός συστήματος BRT, ως προς το τροχαίο υλικό, οι διαθέσιμες επιλογές είναι οι εξής:

Μήκος	**Πλάτος**	**Ύψος δαπέδου**	**Αριθμός θυρών**	**Αριθμός καθισμάτων**	**Μέγιστη χωρητικότητα**[3]
12,2 μ.	2,45-2,60 μ.	33-92 εκ.	2-5	35-44	50-60
13,8 μ.	2,45-2,60 μ.	33-92 εκ.	2-5	35-52	60-70
18,0 μ.	2,50-2,60 μ.	33-92 εκ.	4-7	31-65	80-90
24,0 μ.	2,50-2,60 μ.	33-92 εκ.	7-9	40-70	110-130

Πίνακας 7-3: Διαστάσεις και χωρητικότητα τυπικών οχημάτων BRT στις ΗΠΑ και τον Καναδά (Zimmerman & Levinson, 2004, p. 86)

Από τα ανωτέρω στοιχεία (Πίνακας 7-3) φαίνεται ότι δεν υπάρχει διαθέσιμο όχημα BRT το οποίο να προσφέρει χωρητικότητα ίδια ή αντίστοιχη με τη χωρητικότητα του συρμού του προτεινόμενου συστήματος LRT (220 επιβάτες). Η πιο κοντινή διαθέσιμη επιλογή οχήματος BRT είναι όχημα μήκους 24 μέτρων, με χωρητικότητα 110-130 ατόμων (όρθιων και καθήμενων). Είναι φανερό ότι για να επιτευχθεί η ομαλή λειτουργία του συστήματος BRT, για κάθε συρμό LRT απαιτούνται δύο (2) οχήματα BRT, ώστε να επιτυγχάνεται χωρητικότητα 220-260 ατόμων. Συνεπώς, το σύστημα BRT θα πρέπει να προσομοιωθεί για τροχαίο υλικό με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Στόλος οχημάτων: 90 αρθρωτά οχήματα χαμηλού δαπέδου.
- Διαστάσεις οχημάτων: Μήκος: 24 μ. Πλάτος: 2,50-2,60 μ.
- Χωρητικότητα οχήματος: 110-130 (3 επιβάτες/μ.^{2}), 40-70 καθήμενοι και οι λοιποί όρθιοι.
- Μέγιστη κατασκευαστική ταχύτητα οχήματος πάνω από 80 χλμ./ώρα (τα οχήματα BRT έχουν μεγαλύτερες μέγιστες ταχύτητες από τα LRT).

[3] «Υπολογισμένη για πυκνότητα όρθιων 3/μ.^{2}» (Zimmerman & Levinson, 2004, p. 86).

Ως προς τη μέγιστη κατασκευαστική ταχύτητα, σε κάθε περίπτωση αυτό το χαρακτηριστικό εν προκειμένω δεν ενδιαφέρει, δεδομένου ότι δεν υπάρχει καν κάποια γραμμή express στο δίκτυο, η οποία να χρειάζεται τέτοιες ταχύτητες.

Η ανωτέρω προτεινόμενη διαμόρφωση έχει ένα θετικό και ένα αρνητικό στοιχείο:

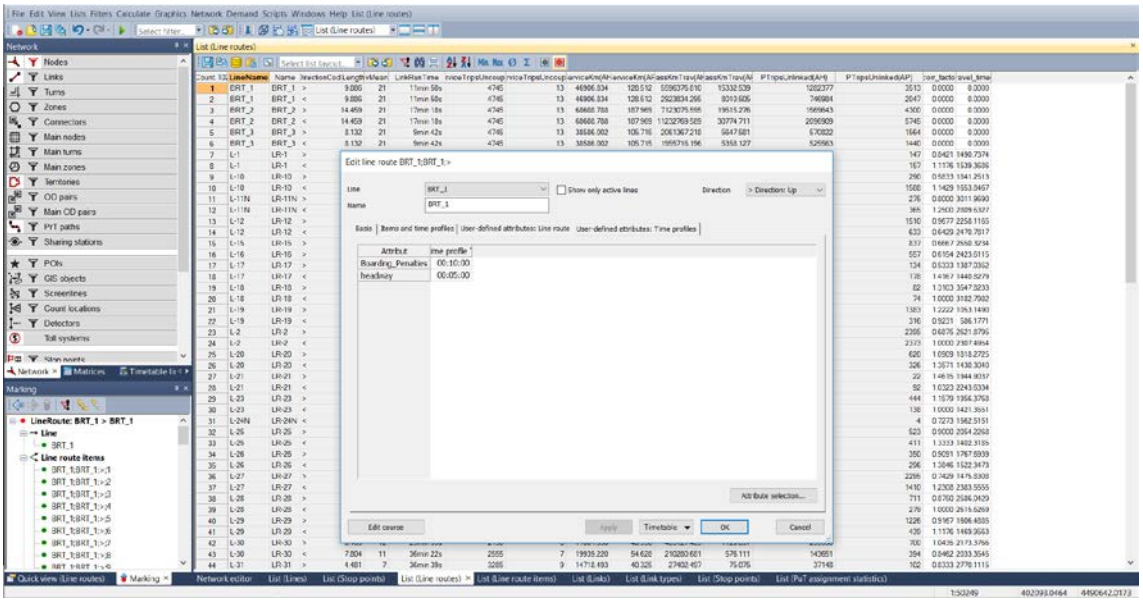
- Θετικό στοιχείο: Η δυνατότητα διπλασιασμού της συχνότητας λειτουργίας του δικτύου με παράλληλο υποδιπλασιασμό του χρόνου αναμονής των επιβατών στις αποβάθρες.
- Αρνητικό στοιχείο: Η αύξηση των απαιτούμενων οδηγών για τη λειτουργία του δικτύου με παράλληλη αύξηση του λειτουργικού κόστους.

Το προτεινόμενο σύστημα LRT προσομοιώθηκε με συχνότητα λειτουργίας, δηλαδή με χρονική απόσταση μεταξύ των συρμών, 10 λεπτών και άρα με μέσο χρόνο αναμονής των επιβατών στις αποβάθρες 10 / 2 = 5 λεπτών. Σύμφωνα με την ανωτέρω λογική, το σύστημα BRT θα πρέπει να προσομοιωθεί με συχνότητα λειτουργίας, δηλαδή με χρονική απόσταση μεταξύ των συρμών, 5 λεπτών και άρα με μέσο χρόνο αναμονής των επιβατών στις αποβάθρες 5 / 2 = 2,5 λεπτών, για οχήματα BRT μισής χωρητικότητα του συρμού του LRT.

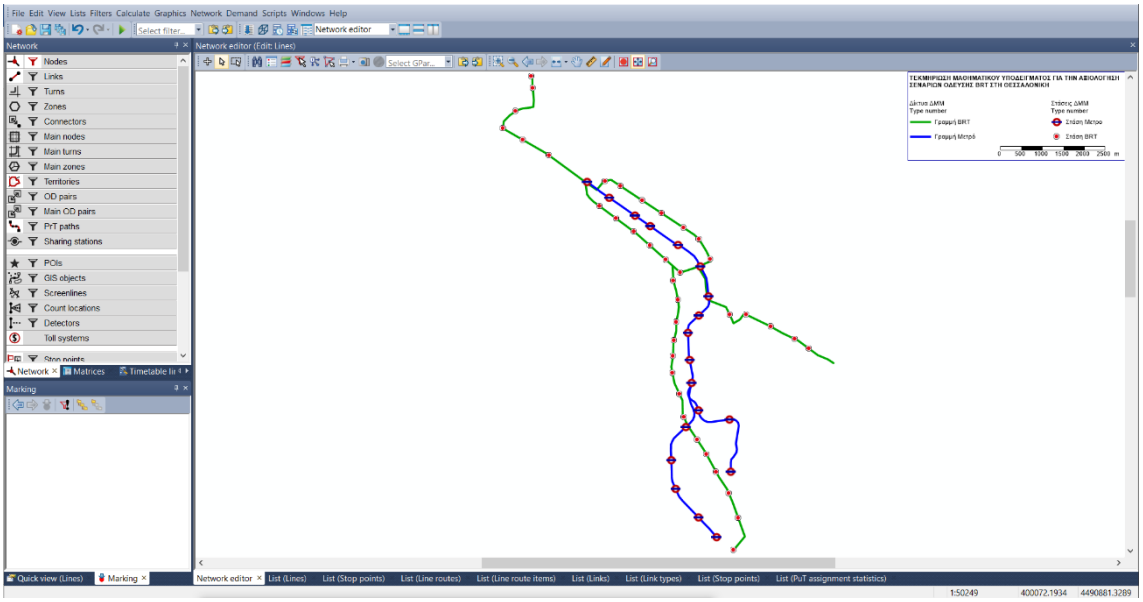
Ως προς τους απαιτούμενους οδηγούς, μια απλουστευμένη λογική θα οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι δεδομένου ότι στην περίπτωση του LRT οι συρμοί είναι 45 και εφόσον ο κάθε συρμός απαιτεί έναν οδηγό, το σύστημα λειτουργεί με 45 οδηγούς. Αντιστοίχως, το σύστημα BRT θα χρειάζεται 90 οχήματα άρα θα λειτουργεί με 90 οδηγούς. Σύμφωνα με τη λογική αυτή, για τη λειτουργία συστήματος BRT αντί συστήματος LRT θα απαιτούνται 90 – 45 = 45 επιπλέον οδηγοί. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση δεν είναι σωστή, επειδή σε κάθε όχημα δεν αντιστοιχεί ένας αλλά περισσότεροι οδηγοί καθώς το κάθε όχημα λειτουργεί για περισσότερες από μια βάρδιες, λόγω της κείμενης νομοθεσίας προβλέπεται 45λεπτο διάλειμμα εντός της 8ωρης βάρδιας, για τους οδηγούς προβλέπονται άδειες, κτλ. Ένας συντελεστής αντιστοίχισης αριθμού οδηγών ανά συρμό LRT ή όχημα BRT που θα μπορούσε στην περίπτωση αυτή να χρησιμοποιηθεί, είναι ο αντίστοιχος συντελεστής που χρησιμοποιεί ο ΟΑΣΘ, δηλαδή 3,4 οδηγοί ανά όχημα (Ναλμπάντης, 2015, p. 52). Προκύπτει, συνεπώς ότι για το προτεινόμενο σύστημα LRT οι απαιτούμενοι οδηγοί είναι 3,4 * 45 = 153, για το σύστημα BRT οι απαιτούμενοι οδηγοί είναι 3,4 * 90 = 306 και η διαφορά τους είναι 306 – 153 = 153 οδηγοί, και όχι 45 οδηγοί.

Η διαφορά στο εργασιακό και κατά συνέπεια στο λειτουργικό κόστος των δύο συστημάτων θα πρέπει να υπολογιστεί για διαφορά 153 οδηγών. Για έστω 1.500,00€ μηνιαίο μισθολογικό κόστος οδηγού (Ναλμπάντης, 2015, p. 51), η ετήσια επιβάρυνση στο λειτουργικό κόστος του συστήματος για την επιλογή BRT έναντι του LRT υπολογίζεται στα: 1.500,00€ * 12 * 153 = 2.754.000€. Περαιτέρω σχολιασμός θα γίνει στη σύγκριση των δύο εναλλακτικών.

Για την προσομοίωση του συστήματος BRT, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο που αναπτύχθηκε από το ΣΑΣΘ, νυν ΟΣΕΘ, για το προτεινόμενο σύστημα LRT για την πόλη της Θεσσαλονίκης στο πλαίσιο του έργου ECOTALE για το έτος 2030 με λειτουργία LRT. Σε αυτό έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις σύμφωνα με τα ανωτέρω (αλλαγή headway για τις τρεις γραμμές BRT και προς τις δύο κατευθύνσεις από 10 σε 5 λεπτά [Σχήμα 7-3]) και το μοντέλο «έτρεξε» με τρόπο τέτοιο ώστε για τα υπόλοιπα στοιχεία να ισχύει η αρχή ceteris paribus (Σχήμα 7-4).

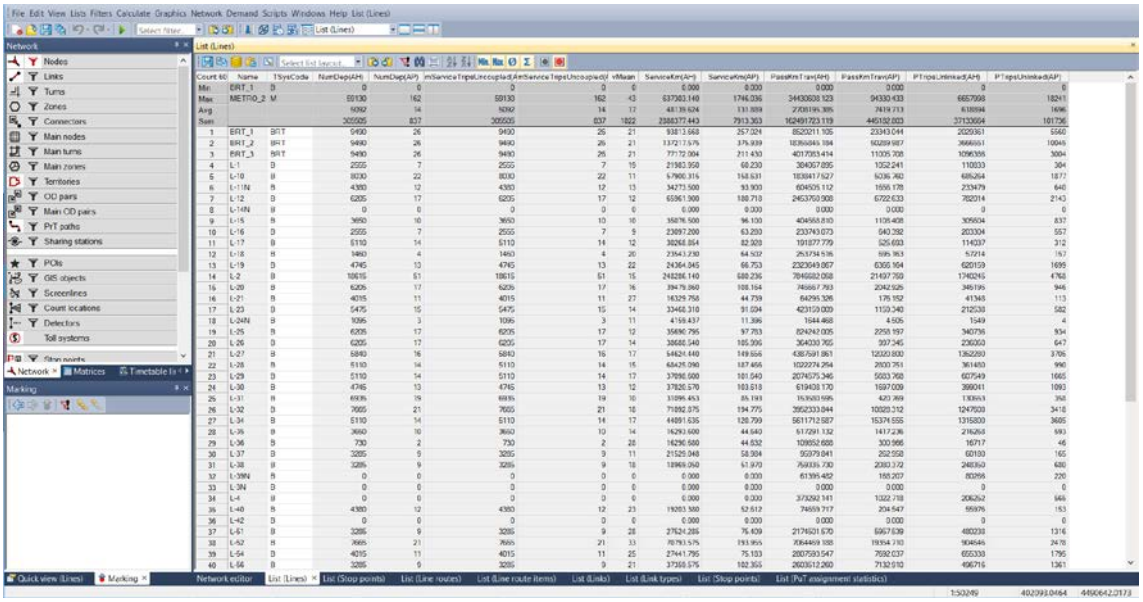


Σχήμα 7-3: Ενδεικτικό τροποποιημένο "headway" από 00:10:00 σε 00:05:00 για σύστημα BRT στο VISUM

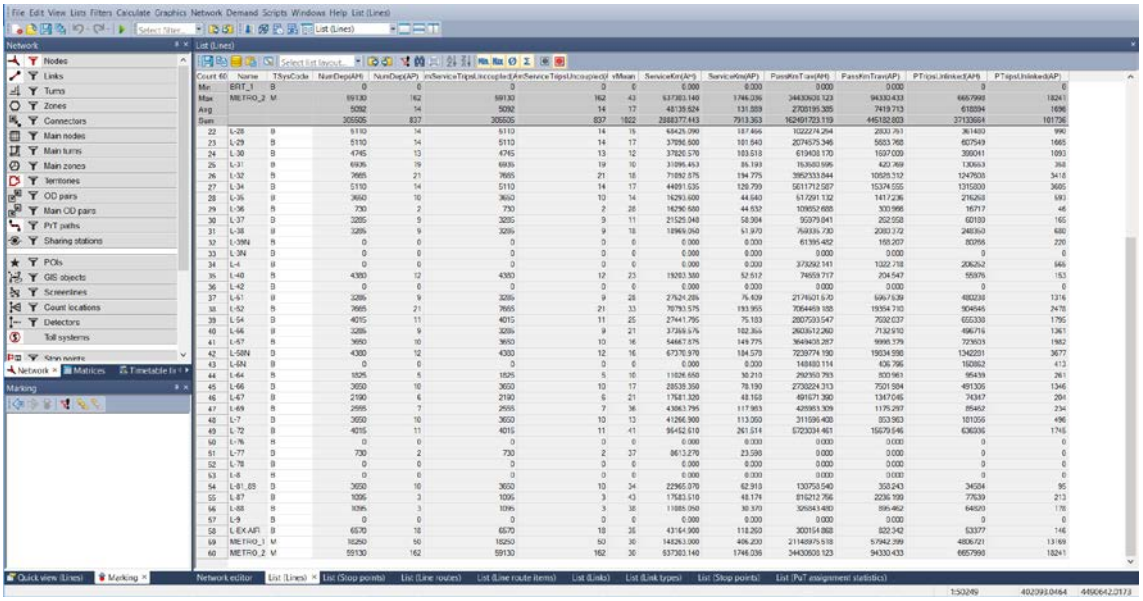


Σχήμα 7-4: Η προσομοίωση του δικτύου μετρό και BRT στο VISUM χωρίς υπόβαθρο

Τα αποτελέσματα, μετά από την εκτέλεση του νέου μοντέλου VISUM για σύστημα BRT το έτος 2030, φαίνονται στο Σχήμα 7-5 (ελάχιστα, μέγιστα, μέσοι όροι, αθροίσματα, όλες οι γραμμές του BRT και όσες συμβατικές λεωφορειακές γραμμές χωράνε στην οθόνη) και στο Σχήμα 7-6 (ελάχιστα, μέγιστα, μέσοι όροι, αθροίσματα, όλες οι γραμμές του μετρό και όσες συμβατικές λεωφορειακές γραμμές χωράνε στην οθόνη).



Σχήμα 7-5: Αποτελέσματα μοντέλου VISUM για σύστημα BRT το έτος 2030 μετά από την εκτέλεσή του (1)



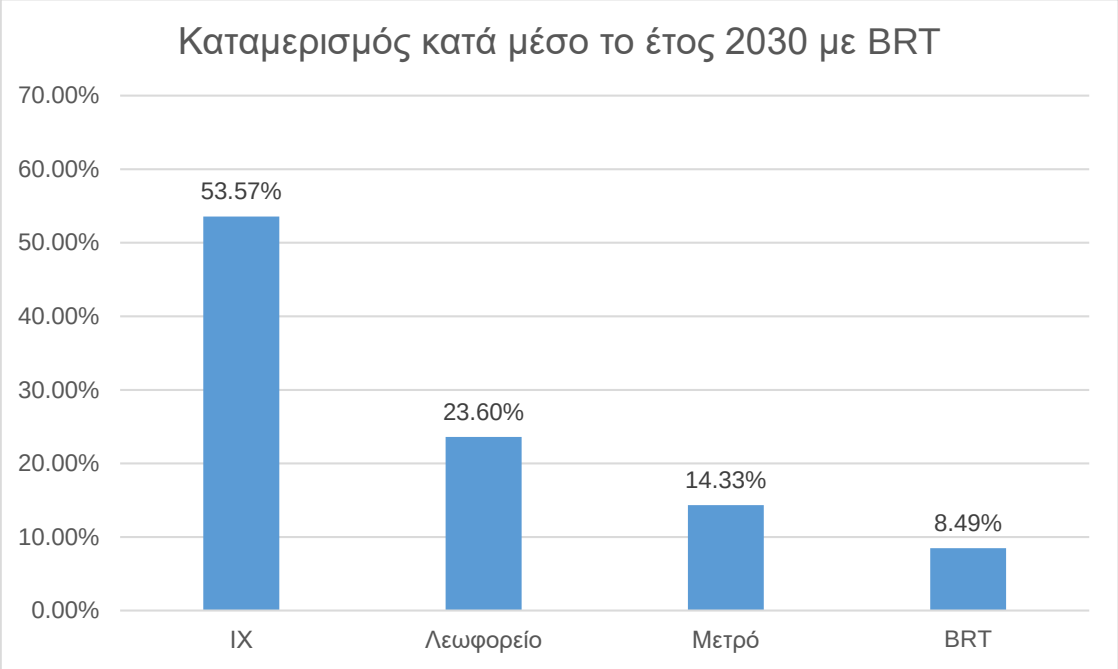
Σχήμα 7-6: Αποτελέσματα μοντέλου VISUM για σύστημα BRT το έτος 2030 μετά από την εκτέλεσή του (2)

Από την εκτέλεση του νέου μοντέλου για το έτος 2030 για λειτουργία BRT, προκύπτουν οι μετακινήσεις κατά την Πρωινή Ώρα Αιχμής (ΠΩΑ) και τα αντίστοιχα ποσοστά μετακινήσεων επί του συνόλου των μετακινήσεων, επίσης κατά την ΠΩΑ, όπως φαίνονται κατωτέρω (Πίνακας 7-4 και Σχήμα 7-7):

Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με BRT	**Μετακινήσεις (ΠΩΑ)**	**Ποσοστό Μετακινήσεων επί του Συνόλου (ΠΩΑ)**
ΙΧ	117.383	53,57%
Συμβατικό λεωφορείο	51.717	23,60%
Μετρό	31.410	14,33%
BRT	18.609	8,49%
Σύνολο ΔΑΣ	101.736	46,43%
Γενικό σύνολο	219.119	100,00%

Πίνακας 7-4: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με BRT κατά την ΠΩΑ σε μετακινήσεις και ποσοστά επί του συνόλου από τη νέα προσομοίωση[4]

[4] Οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται κατά την προσομοίωση από τα συστήματα ΔΑΣ (συμβατικό λεωφορείο, μετρό και BRT) ελήφθησαν από τα εξαγόμενα του νέου μοντέλου για το έτος 2030 με λειτουργία BRT αφού αυτό τροποποιήθηκε κατάλληλα και «έτρεξε» για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, με εξαίρεση τις συνολικές μετακινήσεις (219.119), από τις οποίες εξήχθησαν και οι μετακινήσεις με ΙΧ αυτοκίνητο με αφαίρεση των μετακινήσεων με ΔΑΣ. Αυτές αναφέρονται στο: Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης. (2014). *Τεκμηρίωση μαθηματικού υποδείγματος για την αξιολόγηση σεναρίων όδευσης τραμ στη Θεσσαλονίκη*. Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: χ.έ.



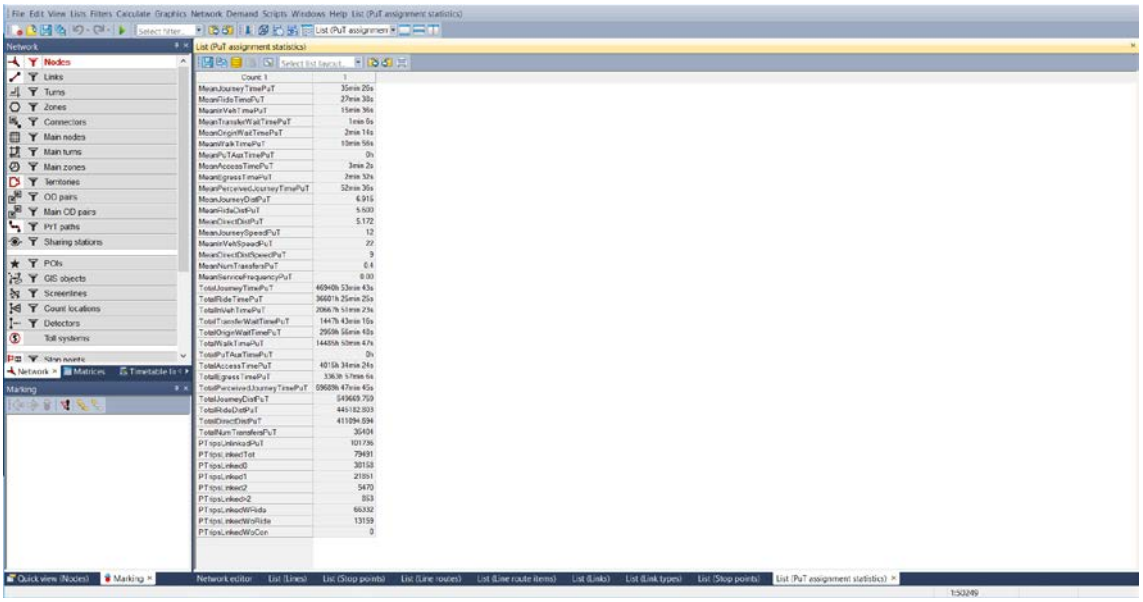
Σχήμα 7-7: Καταμερισμός κατά μέσο το έτος 2030 με BRT κατά την ΠΩΑ σε ποσοστά μετακινήσεων επί του συνόλου από τη νέα προσομοίωση

Στοιχείο:	**Μέγεθος:**
Μέσος όρος χρόνος συνολικού ταξιδιού με ΔΑΣ	35 λεπτά και 26 δευτερόλεπτα
Μέσος όρος χρόνου διαδρομής με ΔΑΣ	27 λεπτά και 38 δευτερόλεπτα
Μέσος χρόνος εντός του οχήματος με ΔΑΣ	15 λεπτά και 36 δευτερόλεπτα
Μέσος όρος αίσθησης χρόνου ταξιδιού με ΔΑΣ	52 λεπτά και 36 δευτερόλεπτα
Μέση απόσταση ταξιδιού με ΔΑΣ	6,915 χλμ.
Μέση απόσταση διαδρομής με ΔΑΣ	5,600 χλμ.
Μέση ταχύτητα ταξιδιού με ΔΑΣ	12 χλμ./ώρα
Μέση ταχύτητα εντός του οχήματος με ΔΑΣ	22 χλμ./ώρα
Μέσος όρος μετεπιβιβάσεων με ΔΑΣ	0,4

Πίνακας 7-5: Ενδεικτικά στοιχεία νέας προσομοίωσης λειτουργίας συνολικού συστήματος ΔΑΣ (λεωφορεία, μετρό, BRT) για το έτος 2030 με λειτουργία BRT

Η ανωτέρω Τεχνική Έκθεση δεν κατέστη δυνατό να παραχωρηθεί από τον ΟΣΕΘ, πρώην ΣΑΣΘ, στο συγγραφέα της παρούσας εργασίας και για αυτό δεν χρησιμοποιούνται λοιπά στοιχεία από αυτή και δεν αναφέρεται στη βιβλιογραφία, πλην του προαναφερόμενου στοιχείου του οποίου έλαβε γνώση.

Κάποια άλλα ενδιαφέροντα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το νέο μοντέλο για το έτος 2030 με λειτουργία BRT, και τα οποία εξάγονται από την οθόνη που φαίνεται στο Σχήμα 7-8, φαίνονται ανωτέρω (Πίνακας 7-5):



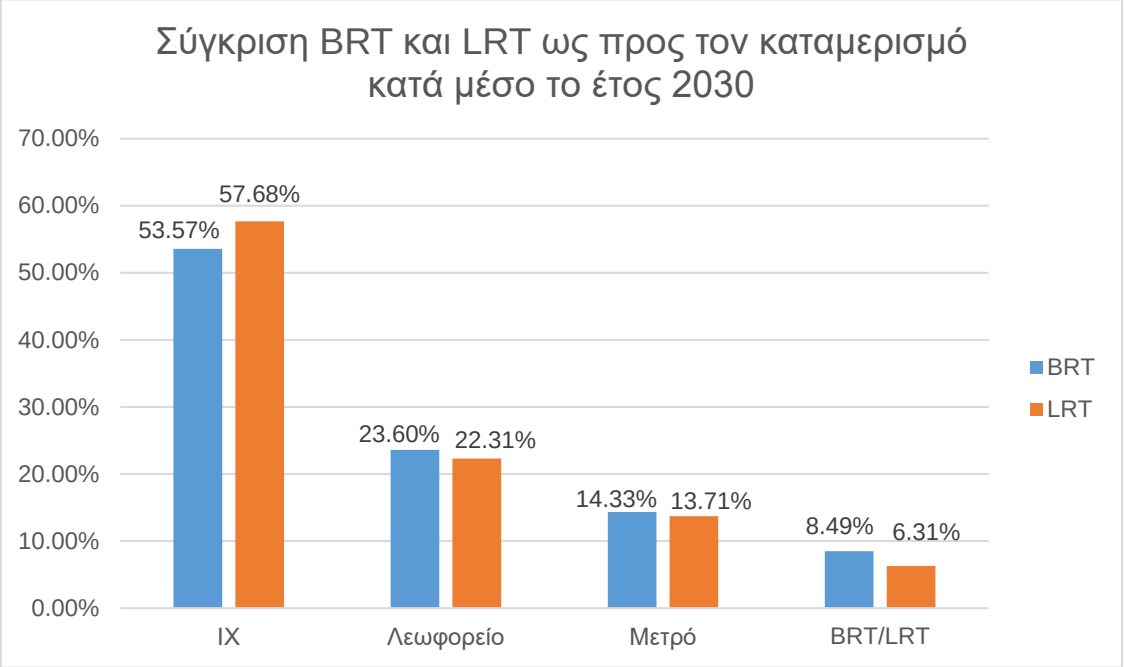
Σχήμα 7-8: Συγκεντρωτικά στοιχεία λειτουργίας συνολικού συστήματος ΔΑΣ για σύστημα BRT το έτος 2030

Τα ανωτέρω στοιχεία (Πίνακας 7-5 και Σχήμα 7-8) τεκμηριώνουν το γεγονός ότι από συγκοινωνιακή άποψη, η εναλλακτική του συστήματος BRT έναντι του LRT μπορεί όχι μόνο να αποτελέσει μια αξιόπιστη εναλλακτική, αλλά επιπλέον, να έχει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από το LRT! Επειδή αυτό δεν είναι εύκολα κατανοητό στον αναγνώστη που δεν έχει εξειδικευμένες γνώσεις σε θέματα συστημάτων ΔΑΣ και συγκοινωνιολογίας, στην επόμενη ενότητα ακολουθεί μια σύγκριση των δύο εναλλακτικών.

7.3 Σύγκριση εναλλακτικών LRT και BRT

Στην παρούσα ενότητα θα συγκριθούν οι προσομοιώσεις για το σύστημα LRT και BRT με στόχο να γίνουν πιο εύκολα κατανοητές οι διαφορές που προέκυψαν. Επιπλέον, θα γίνουν κάποια γενικότερα σχόλια σχετικά με τη βιωσιμότητα του συστήματος BRT σε σχέση με το LRT.

Στο κατωτέρω Σχήμα 7-9 παρουσιάζεται η σύγκριση των συστημάτων BRT και LRT ως προς τον καταμερισμό κατά μέσο το έτος 2030 σύμφωνα με τις προσομοιώσεις.



Σχήμα 7-9: Σύγκριση BRT και LRT ως προς τον καταμερισμό κατά μέσο το έτος 2030 (ΠΩΑ)

Όπως φαίνεται, το σύστημα BRT δείχνει να υπερτερεί σημαντικά δεδομένου ότι η εναλλακτική αυτή έχει μειωμένα ποσοστά μετακινήσεων με ΙΧ αυτοκίνητο και αυξημένα με όλα τα υπόλοιπα συστήματα ΔΑΣ, λόγω της διαφορετικής συχνότητας λειτουργίας (headway).

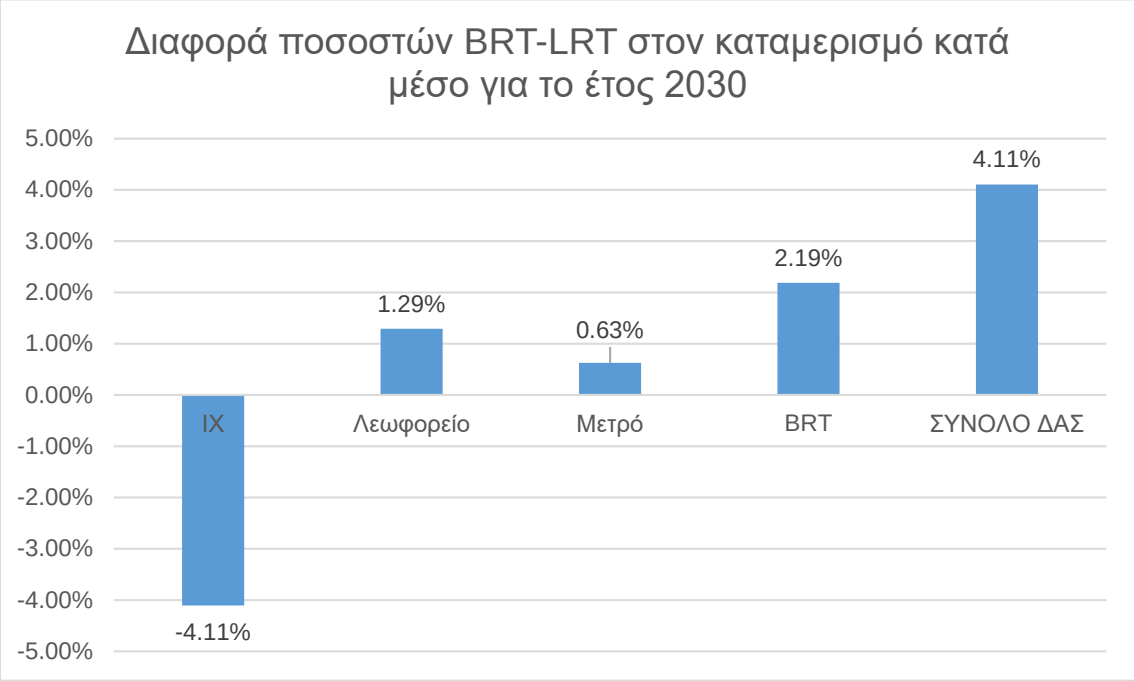
Κατωτέρω (Πίνακας 7-6) φαίνονται πιο καθαρά οι διαφορές στον καταμερισμό κατά μέσο για το έτος 2030 από τη λειτουργία της εναλλακτικής του συστήματος BRT έναντι του LRT. Είναι εντυπωσιακό ότι μόνο σε μια ώρα, αυτή της Πρωινής Ωριαίας Αιχμής (ΠΩΑ), η λειτουργία του BRT έχει ως αποτέλεσμα 8.995 (4,11%) λιγότερες μετακινήσεις με ΙΧ αυτοκίνητο και, αντιστοίχως, 8.995 (4,11%) περισσότερες με συστήματα ΔΑΣ. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στις κατά 4.792 (2,19%) περισσότερες μετακινήσεις με το σύστημα BRT έναντι του LRT, αλλά και στην αύξηση των μετακινήσεων με τα υπόλοιπα συστήματα ΔΑΣ έναντι του ΙΧ αυτοκινήτου, λόγω της τροφοδοτικής λειτουργίας των συμβατικών λεωφορείων ως προς το BRT, αλλά και της τροφοδοσίας του BRT προς το μετρό. Το ποσοστό αυτό δεν είναι αμελητέο και ο αναγνώστης μπορεί να καταλάβει τη σημασία του εάν το ανάγει σε ημερήσια και ετήσια βάση.

Διαφορές στον καταμερισμό κατά μέσο το έτος 2030 για λειτουργία BRT έναντι LRT	**Μετακινήσεις (ΠΩΑ) (BRT-LRT)**	**Ποσοστό Μετακινήσεων επί του Συνόλου (ΠΩΑ) (BRT-LRT)**
ΙΧ	-8.995	-4,11%
Συμβατικό λεωφορείο	2.830	1,29%
Μετρό	1.373	0,63%
BRT	4.792	2,19%
Σύνολο ΔΑΣ	8.995	4,11%
Γενικό σύνολο	0	0%

Πίνακας 7-6: Διαφορές των μετακινήσεων και ποσοστών επί του συνόλου στον καταμερισμό κατά μέσο το έτος 2030 για λειτουργία BRT έναντι LRT κατά την ΠΩΑ από τα αποτελέσματα των δύο προσομοιώσεων (Πίνακας 7-4 – Πίνακας 7-1)

Τα ανωτέρω, ενδεχομένως να φαίνονται ακόμη πιο παραστατικά στο κατωτέρω Σχήμα 7-10, στο οποίο παρουσιάζονται οι διαφορές στον καταμερισμό κατά μέσο με λειτουργία συστήματος BRT αντί LRT το έτος 2030 κατά την Πρωινή Ώρα Αιχμής (ΠΩΑ) για το ΙΧ αυτοκίνητο (μείωση κατά -4,11%), το λεωφορείο (αύξηση κατά 1,29%), το μετρό (αύξηση κατά 0,63%) και το BRT έναντι του LRT (αύξηση κατά 2,19%), με αποτέλεσμα συνολική αύξηση των μετακινήσεων με συστήματα ΔΑΣ ακριβώς όση και η μείωση για το ΙΧ αυτοκίνητο, δηλαδή κατά 4,11%!

Επιπλέον, όπως φαίνεται, τα συστήματα ΔΑΣ, εάν είναι σωστά σχεδιασμένα, λειτουργούν συνεργατικά, και όχι ανταγωνιστικά, μεταξύ τους, μειώνοντας τις μετακινήσεις με ΙΧ αυτοκίνητο. Με πιο απλά λόγια, η αύξηση των μετακινήσεων με ένα σύστημα ΔΑΣ συνήθως σημαίνει ότι αυξάνονται (και δεν μειώνονται) οι μετακινήσεις και με τα υπόλοιπα συστήματα ΔΑΣ, αφού δεν ακολουθούν τις ίδιες διαδρομές, υπάρχουν μετεπιβιβάσεις και κάποια λειτουργούν τροφοδοτικά για τα υπόλοιπα!



Σχήμα 7-10: Διαφορές στον καταμερισμό κατά μέσο με λειτουργία συστήματος BRT αντί LRT (BRT-LRT) το έτος 2030 κατά την ΠΩΑ

Σε σχέση με τα υπόλοιπα ενδιαφέροντα μεγέθη, οι διαφορές τους παρουσιάζονται κατωτέρω (Πίνακας 7-7):

Στοιχείο:	**Μέγεθος:**
Μέσος όρος χρόνος συνολικού ταξιδιού με ΔΑΣ	2 λεπτά και 32 δευτερόλεπτα (-)
Μέσος όρος χρόνου διαδρομής με ΔΑΣ	2 λεπτά και 2 δευτερόλεπτα (-)
Μέσος χρόνος εντός του οχήματος με ΔΑΣ	7 δευτερόλεπτα (+)
Μέσος όρος αίσθησης χρόνου ταξιδιού με ΔΑΣ	1 λεπτό και 24 δευτερόλεπτα (-)
Μέση απόσταση ταξιδιού με ΔΑΣ	0,13 χλμ. (-)
Μέση απόσταση διαδρομής με ΔΑΣ	0,039 χλμ. (+)
Μέση ταχύτητα ταξιδιού με ΔΑΣ	1 χλμ./ώρα (+)
Μέση ταχύτητα εντός του οχήματος με ΔΑΣ	0 χλμ./ώρα
Μέσος όρος μετεπιβιβάσεων με ΔΑΣ	0,1 (+)

Πίνακας 7-7: Διαφορές σε ενδεικτικά στοιχεία από τη λειτουργία συστήματος BRT έναντι LRT (BRT-LRT) για το έτος 2030

Από τα ανωτέρω (Πίνακας 7-7) προκύπτουν πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία για τη λειτουργία του συνολικού συστήματος ΔΑΣ στην πόλη της Θεσσαλονίκης με την εναλλακτική λειτουργίας συστήματος BRT αντί του LRT. Πιο συγκεκριμένα, κατά μέσο όρο στο σύνολο του συστήματος ΔΑΣ παρουσιάζεται μια μείωση του μέσου όρου του συνολικού χρόνου ταξιδιού με ΔΑΣ κατά 2 λεπτά και 32 δευτερόλεπτα, του μέσου όρου χρόνου διαδρομής με ΔΑΣ κατά 2 λεπτά και 2 δευτερόλεπτα, του μέσου όρου αίσθησης χρόνου ταξιδιού με ΔΑΣ κατά 1 λεπτό και 24 δευτερόλεπτα και της μέσης απόστασης ταξιδιού με ΔΑΣ κατά 0,13 χλμ. Αύξηση παρουσιάζεται στη μέση απόσταση διαδρομής με ΔΑΣ κατά 0,039 χλμ., στη μέση ταχύτητα ταξιδιού με ΔΑΣ κατά 1 χλμ./ώρα και στο μέσο όρο μετεπιβιβάσεων με ΔΑΣ κατά 0,1. Όλα τα ανωτέρω δείχνουν τη σημαντική βελτίωση ως προς τη συνολική λειτουργία του συστήματος ΔΑΣ στην πόλη της Θεσσαλονίκης με την εναλλακτική του συστήματος BRT έναντι του LRT. Ακόμα και τα στοιχεία που φαίνεται να δείχνουν το αντίθετο, π.χ. η αύξηση της μέσης απόστασης διαδρομής με ΔΑΣ και του μέσου όρου μετεπιβιβάσεων με ΔΑΣ, οφείλεται στη μεγαλύτερη χρήση των ΔΑΣ έναντι του ΙΧ αυτοκινήτου και δεν θα πρέπει να δημιουργούν αρνητικές εντυπώσεις.

Παρόλα αυτά υπάρχει το πρόβλημα των αυξημένων λειτουργικών εξόδων κατά 2.754.000€/έτος. Ωστόσο, αυτό φαίνεται να καλύπτεται εξ ολοκλήρου από την αύξηση της επιβατικής κίνησης και μόνο από την Πρωινή Ώρα Αιχμής! Πιο συγκεκριμένα, για κόμιστρο έστω 1€ προκύπτει ότι τα επιπλέον ετήσια έσοδα και μόνο από την Πρωινή Ώρα Αιχμής θα είναι 1 * 8.995 * 365 = 3.283.175€/έτος, δηλαδή όχι μόνο φαίνεται πως το επιπλέον λειτουργικό κόστος μπορεί να καλυφθεί αλλά προκύπτει και ετήσιο κέρδος 3.283.175 - 2.754.000 = 529.175€/έτος και αυτό μόνο από τα επιπρόσθετα έσοδα της Πρωινής Ώρας Αιχμής!

Το ερώτημα που τίθεται πλέον είναι το εξής: εφόσον το σύστημα BRT φαίνεται να έχει τόσα πολλά οφέλη έναντι του LRT δεν θα έπρεπε να εφαρμοστεί αυτό; Η απάντηση δεν είναι δεδομένη για διάφορους λόγους, όπως οι εξής:

- Εκτός από το εργασιακό κόστος, το λειτουργικό κόστος αλλάζει και από άλλους παράγοντες (π.χ. ενδεχόμενη κίνηση με υγρά καύσιμα έναντι ηλεκτροκίνησης [παρόλο που υπάρχουν πλέον και ηλεκτροκίνητα οχήματα BRT], περισσότερες ανάγκες συντήρησης για τον αυξημένο στόλο για τα οχήματα BRT, συντήρηση οδοστρώματος κ.ά.).

- Η παρούσα διερεύνηση έγινε στο πλαίσιο μιας απλής μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας και ενδέχεται να υπάρχουν λάθη και παραλείψεις στην προσομοίωση, δεδομένου ότι αυτή έγινε από το συγγραφέα ο οποίος δεν έχει μεγάλη σχετική εμπειρία.
- Για τη σωστή αποτίμηση της λειτουργίας των δύο εναλλακτικών σεναρίων θα πρέπει να γίνει πλήρης μελέτη σκοπιμότητας και βιωσιμότητας και για το σύστημα BRT, αντίστοιχη με αυτή που έγινε για το σύστημα LRT και, επιπλέον, μια συγκριτική μελέτη μεταξύ των δύο εναλλακτικών (comparative study).

Παρόλα αυτά, δεδομένου ότι όπως φάνηκε από τη διερεύνηση κατά τα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας η απαιτούμενη κεφαλαιουχική δαπάνη για τα συστήματα BRT είναι ιδιαίτερα μειωμένη έναντι των συστημάτων LRT, φαίνεται πως τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας τεκμηριώνουν επαρκώς την ανάγκη όποτε υπάρχει μελέτη σκοπιμότητας για την υλοποίηση συστήματος LRT να διερευνάται παράλληλα και με αντίστοιχη μεθοδολογία η εναλλακτική του BRT και αυτή είναι η σημαντική συμβολή της παρούσας εργασίας.

8 Συμπεράσματα και Προτάσεις.

8.1 Κύρια συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκε ενδελεχώς το σύστημα BRT με τρόπο που ενδεχομένως να μην έχει ξαναγίνει στην ελληνική βιβλιογραφία. Παρόμοια διερεύνηση έγινε για το σύστημα LRT, παρόλο που για αυτό υπάρχει σχετικό υλικό στην ελληνική βιβλιογραφία. Παρουσιάστηκαν τα θετικά και αρνητικά των δύο εναλλακτικών και προτάθηκαν προσεγγίσεις για τη διαδικασία λήψης της σχετικής απόφασης μεταξύ των δύο. Παρουσιάστηκε αναλυτικά το προτεινόμενο από το πρώην ΣΑΣΘ, νυν ΟΣΕΘ, σύστημα LRT για την πόλη της Θεσσαλονίκης, ώστε ο αναγνώστης να γνωρίζει σε σχέση με ποια πρόταση διερευνάται η εναλλακτική. Τέλος, έγινε μια νέα προσομοίωση, αυτή της λειτουργίας του συστήματος BRT με χρήση του λογισμικού μακροπροσομοίωσης της κυκλοφορίας VISUM της PTV AG, τα αποτελέσματα της οποίας συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της προσομοίωσης που έγιναν από το ΣΑΣΘ στο πλαίσιο του έργου ECOTALE για το προτεινόμενο σύστημα LRT για την πόλη της Θεσσαλονίκης για το έτος 2030.

Τα κύρια συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι τα εξής:

- Το σύστημα BRT είναι μια αξιόπιστη λύση μαζικής μεταφοράς, η οποία από την άποψη της χωρητικότητας μπορεί να εισέλθει ακόμα και στα επίπεδα χωρητικότητας συστημάτων μετρό.
- Επιπλέον, η υλοποίηση ενός συστήματος BRT διακρίνεται για την πολύ χαμηλή απαιτούμενη κεφαλαιουχική δαπάνη ανά χιλιόμετρο δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, «ένα σύστημα BRT γενικά θα κοστίσει τέσσερις (4) έως είκοσι (20) φορές λιγότερο από ένα σύστημα LRT και από δέκα (10) έως εκατό (100) φορές λιγότερο από ένα σύστημα ανυψωμένου ή υπόγειου σιδηροδρόμου (μετρό)» (Wright & Hook, 2007, p. 56)! Αυτό σημαίνει ότι με την ίδια κεφαλαιουχική δαπάνη μπορεί να κατασκευαστεί αντιστοίχως μεγαλύτερο δίκτυο με σύστημα BRT έναντι των εναλλακτικών του LRT και του μετρό.
- Επιπλέον, το σύστημα BRT φαίνεται να υπερτερεί ή, έστω, να είναι ισάξιο με το σύστημα LRT, σχεδόν ως προς όλα τα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του, με πιο σημαντική εξαίρεση το λειτουργικό κόστος και αυτό φαίνεται να ισχύει μόνο για μεγάλες χωρητικότητες και μόνο για τον ανεπτυγμένο κόσμο.

- Η πίεση για φθηνή μαζική μεταφορά στα μητροπολιτικά κέντρα του αναπτυσσόμενου κόσμου, είχε ως αποτέλεσμα τη ραγδαία εξάπλωση συστημάτων BRT σε αυτές.
- Τα αποτελέσματα της λειτουργίας αυτών των συστημάτων οδήγησαν και τον ανεπτυγμένο κόσμο να στραφεί προς τη λύση του BRT, με αποτέλεσμα, σήμερα πλέον να υλοποιούνται συστήματα BRT σε ολόκληρο τον κόσμο με γεωμετρική πρόοδο.
- Η τάση αυτή φαίνεται πως δεν έχει ακόμα εμπεδωθεί στην Ελλάδα, καθώς όποτε παρουσιάζεται ανάγκη για την υλοποίηση ενός συστήματος μαζικής μεταφοράς μέσης χωρητικότητας, οι μελετητές στρέφονται προς τα συστήματα LRT, ενδεχομένως αντλώντας από την ευρωπαϊκή εμπειρία των προηγουμένων δεκαετιών, χωρίς να εξετάζουν την εναλλακτική του BRT. Ωστόσο, η όχι και τόσο επιτυχημένη λειτουργία του τραμ στην Αθήνα ενδεχομένως θα μπορούσε να αλλάξει σταδιακά αυτή την προσέγγιση.
- Για την περίπτωση της Θεσσαλονίκης, έχει μελετηθεί ενδελεχώς ένα σύστημα LRT το οποίο θα λειτουργεί συμπληρωματικά και τροφοδοτικά ως προς το μετρό. Τα αποτελέσματα της σχετικής μελέτης σκοπιμότητας ήταν θετικά. Ωστόσο, δεν εξετάστηκε το ενδεχόμενο η υλοποίηση της ίδια χάραξης δικτύου να γίνει με την εναλλακτική ενός συστήματος BRT.
- Στην παρούσα εργασία, έγινε μια σχετική διερεύνηση των δύο εναλλακτικών σεναρίων με τη χρήση μακροπροσομοίωσης (πιο συγκεκριμένα με τη χρήση του λογισμικού μακροπροσομοίωσης κυκλοφορίας VISUM της εταιρίας PTV AG) και τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά ως προς την εναλλακτική του BRT σε σχέση με το LRT.
- Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε πως κατά την Πρωινή Ώρα Αιχμής, η εναλλακτική του BRT ενδέχεται να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των μετακινήσεων με ΙΧ αυτοκίνητο κατά 8.995 μετακινήσεις (δηλαδή κατά 4,11%) με αντίστοιχη αύξηση των μετακινήσεων με συστήματα ΔΑΣ.
- Το μόνο αρνητικό στοιχείο στο ενδεχόμενο υλοποίησης του συστήματος BRT φαίνεται να είναι το αυξημένο λειτουργικό κόστος, λόγω της ανάγκης για 153 επιπλέον οδηγούς. Το κόστος αυτό υπολογίστηκε χονδρικά στα 2.754.000€/έτος.

- Ωστόσο, φάνηκε πως το κόστος αυτό μπορεί να καλυφθεί κάλλιστα από την αύξηση της επιβατικής κίνησης με ΔΑΣ. Πιο συγκεκριμένα, μόνο από την αύξηση των εισιτηρίων κατά την Πρωινή Ώρα Αιχμής, υπολογίστηκε πως τα επιπλέον ετήσια έσοδα θα είναι της τάξης των 3.283.175€/έτος, δηλαδή περισσότερα από την αύξηση του λειτουργικού κόστους.
- Παρόλα αυτά, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το λειτουργικό κόστος και για αυτό απαιτείται πλήρης μελέτη σκοπιμότητας και βιωσιμότητας για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.
- Δεδομένου ότι, όπως φάνηκε από τη διερεύνηση κατά τα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η απαιτούμενη κεφαλαιουχική δαπάνη για τα συστήματα BRT είναι ιδιαίτερα μειωμένη έναντι των συστημάτων LRT, φαίνεται πως τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας τεκμηριώνουν επαρκώς την ανάγκη όποτε υπάρχει μελέτη σκοπιμότητας για την υλοποίηση συστήματος LRT να διερευνάται παράλληλα και με αντίστοιχη μεθοδολογία η εναλλακτική του BRT και αυτή είναι η σημαντική συμβολή της παρούσας εργασίας.

8.2 Κύριες προτάσεις και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Οι κύριες προτάσεις της παρούσας εργασίας είναι οι εξής:

- Το σύστημα BRT θα πρέπει να θεωρείται αξιόπιστη εναλλακτική λύση μαζικής μεταφοράς και θα πρέπει να διερευνάται η σκοπιμότητα υλοποίησής του κάθε φορά που παρουσιάζεται σχετική ανάγκη, ακόμα και αν υπάρχουν μελέτες σκοπιμότητας εναλλακτικών λύσεων, είτε αυτές είναι λύσεις LRT είτε αυτές είναι λύσεις μετρό, ανάλογα φυσικά και με την απαιτούμενη χωρητικότητα του συστήματος.
- Η ανωτέρω πρόταση είναι ιδιαίτερα σημαντική για την περίπτωση της Ελλάδας, καθώς ενώ οι πόλεις της έχουν αυξημένες ανάγκες μαζικής μεταφοράς, αυτή διέρχεται από μια αρκετά σοβαρή οικονομική κρίση.

- Το ίδιο ισχύει για την περίπτωση της Θεσσαλονίκης, για την οποία φαίνεται πως το BRT θα μπορούσε να αποτελέσει μια αξιόπιστη εναλλακτική λύση έναντι του LRT και, μάλιστα, ενδεχομένως με αυξημένα πλεονεκτήματα παρά την χαμηλότερη απαιτούμενη κεφαλαιουχική δαπάνη για την υλοποίησή του.
- Τέλος, ο ΟΣΕΘ, ως Δημόσια Αρχή Μεταφορών της πόλης της Θεσσαλονίκης, θα μπορούσε να προχωρήσει σε μια πολιτική ανοικτών δεδομένων και συνεργασιών με στόχο την επεξεργασία και τον εμπλουτισμό τους από τρίτα μέρη.

Οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα της παρούσας εργασίας είναι οι εξής:

- Ο ΟΣΕΘ θα μπορούσε να αξιοποιήσει τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας και εφόσον πειστεί θα μπορούσε να προχωρήσει στην ανάθεση αντίστοιχης μελέτης σκοπιμότητας και βιωσιμότητας για την εναλλακτική του BRT έναντι του LRT, δεδομένου ότι δεν έχει προχωρήσει ακόμα η δημοπράτηση του έργου.
- Επιπλέον, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το BRT Standard το οποίο παρουσιάστηκε στην παρούσα εργασία, ως εργαλείο για τον κατά το δυνατόν καλύτερο σχεδιασμό της εναλλακτικής του BRT.
- Η μειωμένη απαιτούμενη κεφαλαιουχική δαπάνη για το σύστημα BRT παρέχει τη δυνατότητα υλοποίησης ενός ακόμα μεγαλύτερου δικτύου το οποίο θα εξυπηρετεί ακόμα περισσότερες περιοχές της Θεσσαλονίκης και αυτό είναι ένα στοιχείο το οποίο, επίσης θα πρέπει να μελετηθεί.
- Εφόσον αποκτηθεί η απαιτούμενη εμπειρία, ο ΟΣΕΘ ή άλλοι φορείς, όπως ερευνητικά ινστιτούτα, πανεπιστήμια και μελετητικές εταιρίες, θα μπορούσαν να αναζητήσουν πόρους για την υλοποίηση συστημάτων BRT και σε άλλες μεγάλες πόλεις της Ελλάδας, φυσικά χαμηλότερης χωρητικότητας ανάλογα με τις κατά τόπους ανάγκες. Αυτό είναι ένα θέμα επί του οποίου μπορεί να γίνει σημαντική περαιτέρω έρευνα.
- Τέλος, ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον θα είχε μια σύγκριση του υπό κατασκευή μετρό της Θεσσαλονίκης με ένα σύστημα BRT αντίστοιχης, κατά το δυνατόν, χωρητικότητας. Παρόλο που αυτή η διερεύνηση δεν θα έχει πρακτικό ενδιαφέρον εφαρμογής, δεδομένου ότι το μετρό ήδη κατασκευάζεται, τα αποτελέσματα ενδέχεται να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε σχέση με μια ολοκληρωμένη προσέγγιση των μεγάλων συγκοινωνιακών, και άλλων, έργων στην Ελλάδα.

Βιβλιογραφία

Alpkokin, P., & Ergun, M. (2012). Istanbul Metrobüs: first intercontinental bus rapid transit. *Journal of Transport Geography, 24*, 58-66. doi:10.1016/j.jtrangeo.2012.05.009

Cain, A., Darido, G., Baltes, M. R., Rodriguez, P., & Barrios, J. C. (2006). *Applicability of Bogota's TransMilenio BRT System to the United States* (Final report of project no. FL-26-7104-01). Washington, DC: Federal Transit Administration. Retrieved from https://nbrti.org/docs/pdf/Bogota%20Report_Final%20Report_May%202006.pdf

Carrigan, A., King, R., Velasquez, J. M., Raifman, M., & Duduta, N. (2013). *Social, environmental and economic impacts of BRT systems: Bus Rapid Transit case studies from around the world* (EMBARQ project report). Retrieved from http://www.wrirosscities.org/sites/default/files/Social-Environmental-Economic-Impacts-BRT-Bus-Rapid-Transit-EMBARQ.pdf

Danaher, A., Levinson, H. S., & Zimmerman, S. L. (2007). *Bus Rapid Transit practitioner's guide* (TCRP report 118). Washington DC: Transportation Research Board. doi:10.17226/23172

Diaz, R. B., & Hinebaugh, D. (2009). *Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making* (Federal Transit Administration report). Retrieved from https://nbrti.org/docs/pdf/2009_CBRT_combined.pdf

Dörrbecker, M. (2005). *Curitiba (Brazil): City bus system: - express bus routes (linhas expresso biarticulado) and "direct" routes (linhas direta), 10/2005* (Figure). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Curitiba_PublicTransport.png

Dörrbecker, M. (2013). *Metrobüs Istanbul map* (Figure). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_of_the_Istanbul_Metrob%C3%BCs.png

Dörrbecker, M. (2017). *Strasbourg streetcar and Bus Rapid Transit network* (Figure). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strasbourg_-_Stra%C3%9Fenbahn_-_Netzplan.png

Draief, M. (2006). *BRT performance vs. MRT*. Retrieved from http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1122908670104/1504838-1157987224249/4SYSTRA2.pdf

ECOTALE. (2013). *Implementation plan*. Retrieved from http://www.ecotale.eu/files/ip_gr.pdf [in Greek]

ECOTALE. (n.d.). *ECOTALE – External costs of transport and land equalization.* Retrieved from http://www.ecotale.eu

Energy Sector Management Assistance Program. (2009). *Good practices in city energy efficiency: Bogota, Colombia – Bus Rapid Transit for urban transport*. Retrieved from https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/CS_Bogota_020310_0.pdf

Eole99. (2009). *Tramway de Strasbourg ligne A à la station Homme de Fer pour Illkirch* (Image). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TramStrasbourg_lineA_HommeFer_versIllkirch.JPG

Eurostat. (2010). *Illustrated Glossary for transport statistics* (4th ed.). Luxembourg: Publications Office of the European Union. Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5911341/KS-RA-10-028-EN.PDF/6ddd731e-0936-455a-be6b-eac624a83db4

Federal Transit Administration. (2017). *Bus Rapid Transit.* Retrieved from https://www.transit.dot.gov/research-innovation/bus-rapid-transit

Garrett, T. A. (2004). *Light-Rail Transit in America: Policy issues and prospects for economic development.* St. Louis, MO: The Federal Reserve Bank of St. Louis. Retrieved from https://www.stlouisfed.org/~/media/Files/PDFs/Community%20Development/Research%20Reports/light_rail.pdf

Global BRT Data. (2009). *Bogotá.* Retrieved from http://brtdata.org/location/latin_america/colombia/bogota

Global BRT Data. (2011). *Rouen*. Retrieved from http://brtdata.org/location/europe/france/rouen

Global BRT Data. (2013). *Istanbul*. Retrieved from http://brtdata.org/location/europe/turkey/istanbul

Harrington, P., Kelker, R. F., & De Leuw, C. E. (1937). *A comprehensive local transportation plan for the city of Chicago.* Retrieved from https://ia600607.us.archive.org/22/items/chicago-transportation-plan-1937/2507_001%201937%20chicago.pdf

House of Commons. (2005). The cost of light rail. In *Public Accounts* (11th report). Retrieved from https://publications.parliament.uk/pa/cm200405/cmselect/cmpubacc/440/44007.htm

Hue, R. (2004). Strategic justification of three existing models of transportation in Rouen. *Japan Railway & Transport Review, 38*, 17-21. Retrieved from http://www.ejrcf.or.jp/jrtr/jrtr38/pdf/f17_hue.pdf

Institut National de la Statistique et des Études Économiques. (2011). *Données complémentaires* (Dataset). Retrieved from https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/1894549/nr_ind_01_Donnees_complementaires.xls

Institute for Transportation and Development Policy. (2016). *The BRT Standard* (2016 ed.). Retrieved from https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/BRT2016-REV7.75.pdf

Karis, B., McCartney, K., Veilleux, J., & Yannes, C. (2006). *Curitiba, Brazil: Transportation case study.* Retrieved from http://www.engr.uconn.edu/~garrick/ce255/2006/Curitiba_1.pdf

Levinson, H. S., Zimmerman, S., Clinger, J., & Rutherford, G. S. (2002). Bus Rapid Transit: an overview. *Journal of Public Transportation, 5*(2), 1-30. doi:10.5038/2375-0901.5.2.1

Levinson, H., Zimmerman, S., Clinger, J., Rutherford, S., Smith, R. L., Cracknell, J., & Soberman, R. (2003). *Bus Rapid Transit, Volume 1: case studies in Bus Rapid Transit* (TCRP report 90). Washington DC: Transportation Research Board. doi:10.17226/21947

Light Rail Now! (2007). *About us.* Retrieved from http://www.lightrailnow.org/about.htm

Lyndon, H. (2015). *LRT beats BRT on key metrics: FTA.* Retrieved from http://www.railwayage.com/index.php/blogs/lyndon-henry/lrt-beats-brt-on-key-metrics-fta.html

McKendrick, N., Colquhoun, D., Charles, B., & Hubbell, J. (2007). Calgary's CTrain effective capital utilization. *Transportation Research Circular, E-C112,* 724-737. doi:10.17226/17610

Metropole Rouen Normandie. (2017). *TEOR.* Retrieved from http://www.metropole-rouen-normandie.fr/transports-dans-la-metropole-teor

Newton, D. (2004). *Nottingham express transit tram* (Image). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nottingham-express-transit.jpg

North Florida Transportation Planning Organization. (2013). *Congestion management process*. Retrieved from http://northfloridatpo.com/images/uploads/docs/13-07-18_CMP_Report.pdf

Nottingham City Council. (2017). *2012 - 2015: Expanding Nottingham's tram network.* Retrieved from http://transport.nottinghamcity.gov.uk/Projects/NET-extensions.aspx

Nottingham Express Transit. (2014). *Tram network* (Figure). Retrieved from http://www.thetram.net/Userfiles/PDFs/Maps/FULL%20NETWORK%20CITY%20MAP.pdf

Nuÿ. (2012). *Karta Rouen je podzemne mreže napravio s nevjerojatnom pomoć* (Figure). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rouen-01.jpg

Ortiz, M. R. D. (2013). *Marechal Floriano BRT station, Linha Verde (Green Line), Curitiba RIT, Brazil* (Image). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linha_Verde_Curitiba_BRT_02_2013_Est_Marechal_Floriano_5978.JPG

Planung Transport Verkehr AG. (2017). *PTV Visum 16 Manual.* Karlsruhe, Germany: Planung Transport Verkehr AG.

Pline. (2010). *Tram line T3, "Porte de Versailles", Paris, France* (Image). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ligne--T3-porte-de-Versaill.jpg

Pyrgidis, C. (2016). *Railway transportation systems: design, construction and operation.* Boca Raton, FL: CRC Press.

Reed, D. (2015, May 26). How Curitiba's BRT stations sparked a transport revolution – a history of cities in 50 buildings, day 43. *The Guardian.* Retrieved from https://www.theguardian.com/cities/2015/may/26/curitiba-brazil-brt-transport-revolution-history-cities-50-buildings

Rogers, P. (1995). *The Mumbles Train – World's first railway service*. Retrieved from http://www.welshwales.co.uk/mumbles_railway_swansea.htm

Sémhur. (2014). *Map and extensions of lines T3/T3a et T3b* (Figure). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tramway_IleDeFrance_Ligne3-en.svg

Smiley.toerist. (2013). *Geleide bussen op een busbaan* (Image). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rouen_bus_T2_II.jpg#file

Taplin, M. R. (1998). *The history of tramways and evolution of light rail*. Retrieved from http://www.lrta.org/mrthistory.htmlhttp://www.lrta.org/mrthistory.html

Tischler, D. (2015). *Forecasting the operational impacts of Bus Rapid Transit projects: a survey of current practices in North America* (San Francisco County Transportation Authority presentation of May 19, 2015). Retrieved from https://www.sfcta.org/sites/default/files/content/IT/SFCHAMP/PDFs/2015_AppCon_BRT.pdf

TransMilenio. (2017). *Plano de estaciones y portales de TransMilenio* (Figure). Retrieved from http://www.sitp.gov.co/plano_de_estaciones_y_portales_de_transmilenio

Transportation Research Board. (1978). *Glossary of Urban Public Transportation terms* (Special report 179). Washington DC: National Academy of Sciences. Retrieved from http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr179/179.pdf

Transportation Research Board. (2000). *Track Design Handbook for Light Rail Transit* (TCRP report 57). Washington DC: National Academy of Sciences. Retrieved from http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_57-a.pdf; http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_57-b.pdf

Transportation Research Board. (2012). *Track Design Handbook for Light Rail Transit* (2nd ed.) (TCRP report 155). Washington DC: National Academy of Sciences. doi:10.17226/22800

Union Internationale des Transports Publics. (2015). *Bus Rapid Transit: a world panorama.* Retrieved from http://www.uitp.org/news/bus-rapid-transit-world-panorama

Union Internationale des Transports Publics. (2017). *Our members.* Retrieved from http://www.uitp.org/all-members

United Nations Human Settlements Programme. (2013). *Planning and design for sustainable urban mobility: global report on human settlements 2013* (2014 rev.). New York, NY: Routledge. Retrieved from http://mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3503&alt=1

United States General Accounting Office. (2001). *Mass Transit: Bus Rapid Transit shows promise* (GAO-01-984). Washington DC: United States General Accounting Office. Retrieved from http://www.gao.gov/new.items/d01984.pdf

Vignaccia76. (2008). *Stazione tranviaria di San Casciano in Val di Pesa* (Image). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:San_Casciano_in_Val_di_Pesa_-_Stazione_tranviaria.jpg

Weinstock, A., Hook, W., Replogle, M., & Cruz, R. (2011). *Recapturing global leadership in Bus Rapid Transit: A survey of select U.S. cities*. New York, NY: Institute for Transportation & Development Policy. Retrieved from https://3gozaa3xxbpb499ejp30lxc8-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2014/07/20110526ITDP_USBRT_Report-HR.pdf

Wirasinghe, S. C., Kattan, L., Rahman, M. M., Hubbell, J., Thilakaratne, R., & Anowar, S. (2013). Bus rapid transit – a review. *International Journal of Urban Sciences, 17*(1), 1-31. doi:10.1080/12265934.2013.777514

Wright, L. (2004). *Sustainable Transport: a sourcebook for developing cities* (Module 3b: Bus Rapid Transit). Retrieved from https://3gozaa3xxbpb499ejp30lxc8-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2014/07/Module-3b-Bus-Rapid-Transit.pdf

Wright, L., & Hook, D. (2007). *Bus Rapid Transit Planning Guide* (3rd ed.). New York, NY: Institute for Transportation & Development Policy. Retrieved from https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/Bus-Rapid-Transit-Guide-Complete-Guide.pdf

Yazici, M. A., Levinson, H. S., Ilicali, M., Camkesen, N, & Kamga, C. (2013). A Bus Rapid Transit line case study: Istanbul's Metrobüs system. *Journal of Public Transportation, 16*(1), 153-177. doi:10.5038/2375-0901.16.1.8

Zimmerman, S. L., & Levinson, H. (2004). Vehicle selection for BRT: issues and options. *Journal of Public Transportation, 7*(1), 83-103. doi:10.5038/2375-0901.7.1.5

Αττικό Μετρό ΑΕ. (2017). *Σχέδιο ανάπτυξης γραμμών μετρό Θεσσαλονίκης* (Σχήμα). Ανακτήθηκε από http://www.ametro.gr/wp-content/uploads/2016/05/AM_Thess_Metro_map_Oct17_gr.pdf

Βούγιας, Σ. (1998). *Η Θεσσαλονίκη είναι μια πεταλούδα.* Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Παρατηρητής.

Γαβανάς, Ν., Παπαϊωάννου, Π., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Μ., & Πολίτης, Ι. (2015). *Αστικά δίκτυα μεταφορών και διαχείριση κινητικότητας.* Αθήνα, Ελλάδα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Ανακτήθηκε από http://hdl.handle.net/11419/2081

Γιαννόπουλος, Γ. (2002). *Σχεδιασμός των μεταφορών: η διαδικασία πρόβλεψης των μελλοντικών αναγκών μετακινήσεων.* Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Παρατηρητής.

Ερευνητική Ομάδα Μεταφορών του Εργαστηρίου Συγκοινωνιακής Τεχνικής ΑΠΘ. (1989). Έρευνα σχετικά με τη σκοπιμότητα, επιθυμητά χαρακτηριστικά και αναμενόμενες επιπτώσεις της δημιουργίας ενός μέσου υψηλής μεταφορικής ικανότητας επιβατών σε σταθερές τροχιές στη Θεσσαλονίκη (1ος & 3ος Τομ.). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης.

Καρολίδου, Α. (2016, 6 Σεπτεμβρίου). Μυλόπουλος: Το 2020 η Θεσσαλονίκη θα έχει μετρό σε λειτουργία. *Voria.* Ανακτήθηκε από http://www.voria.gr/article/milopoulos-to-2020-i-thessaloniki-tha-echi-metro-se-litourgia

Ματσούκης, Ε., Κάτσιος, Δ., & Παπαδάκος, Π. (2003). *Γενικές αρχές επιλογής τύπου ελαφρού συστήματος σταθερής τροχιάς (LRT): Η περίπτωση της Πάτρας.* Διεθνές Συνέδριο «Σύγχρονα Συστήματα Τραμ & Επιφανειακού Μετρό», 19-20 Μάϊου 2003, Πάτρα, Ελλάδα. Ανακτήθηκε από http://www.spoudmet.civil.upatras.gr/2003/pdf/08_01.pdf

Ναλμπάντης, Δ. (2015). *Μελέτη Δρομολόγησης στόλου καθαρών λεωφορείων στο Δήμο της Κέρκυρας* (Παραδοτέο 4.1.1 έργου CUTS). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: χ.ε.

Ναλμπάντης, Δ., & Καραγιάννη, Ο. (2011). *Συμπεράσματα ημερίδας.* Ημερίδα «Προσβασιμότητα Κοινοχρήστων Χώρων και Κτιρίων: το Νομοθετικό Πλαίσιο και η Εφαρμογή του από την Τοπική Αυτοδιοίκηση», 21 Ιουνίου 2011, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα. Ανακτήθηκε από http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/EKDHLVSEIS/EKDHLWSEIS_2010_2013/PROSVASIMOTHTA/Tab2/symperasmata_prosvasimotitas.pdf

Ναλμπάντης, Δ., Γιολδάσης, Κ., & Ματαφιά, Α. (2000): *Η εξέλιξη των συστημάτων Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών στην πόλη της Θεσσαλονίκης* (Διπλωματική εργασία). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Νανιόπουλος, Α., & Ναλμπάντης, Δ. (2002). Ο αστικός συγκοινωνιακός σχεδιασμός στην πόλη της Θεσσαλονίκης κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα. *Επιστημονική Επετηρίδα του Κέντρου Ιστορίας της Θεσσαλονίκης «Θεσσαλονίκη», 6*, 207-224.

Νανιόπουλος, Α., & Ναλμπάντης, Δ. (2003). *Συστήματα σταθερής τροχιάς στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Ιστορική αναδρομή (1889-1968).* Διεθνές Συνέδριο «Σύγχρονα Συστήματα Τραμ & Επιφανειακού Μετρό», 19-20 Μάϊου 2003, Πάτρα, Ελλάδα. Ανακτήθηκε από http://www.spoudmet.civil.upatras.gr/2003/pdf/01_01.pdf

Παλαντάς, Π., & Μαργώνη, Θ. (2012). *Δημιουργία συστήματος μεταφοράς BRT ή METROBUS στη Θεσσαλονίκη (κίνηση των λεωφορείων σε ειδικά διαμορφωμένες λωρίδες)* (Διπλωματική εργασία). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Πενέλης, Γ., Γιαννιτσοπούλου, Ε., Δημήκας, Α., Δημητριάδης, Κ. Καλτιμπάνης, Β., Μαγγανάρης, Ι., Μαυρομάτης, Ι., Μπαντέλλας, Α., Παπαγιάννη, Μ., Παπαχαρίσης, Ν., & Προφυλλίδης, Β. (1991). *Προμελέτη ελαφρού μετρό Θεσσαλονίκης* (Συνοπτικό τεύχος). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Δήμος Θεσσαλονίκης.

Πυργίδης, Χ. (2012). *Συστήματα σιδηροδρομικών μεταφορών.* Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Ζήτη.

Πυργίδης, Χ., & Πολίτης, Ι. (2014). Διερεύνηση για την υλοποίηση δικτύου τραμ στη Θεσσαλονίκη – Η πρόταση του ΣΑΣΘ. *Τεχνογράφημα, 488,* 12-13 & 22. Ανακτήθηκε από http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/GRAFEIO_TYPOY/TEXNOGRAFHMA_2014/TEXNOGRAFHMA_488/488_12and13and22.pdf

Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης. (2014). *Δίκτυο τραμ Θεσσαλονίκης* (Σχήμα). Ανακτήθηκε από https://www.thita.gov.gr/sites/default/files/News_entry/Press_release/tram_2.pdf

Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης. (2014). *Το Συμβούλιο Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης προτείνει δίκτυο τραμ για τη μητροπολιτική περιοχή της Θεσσαλονίκης.* Ανακτήθηκε από https://www.thita.gov.gr/sites/default/files/News_entry/Press_release/ecotale-proposal-tram-thessaloniki.pdf

Τσολάκης, Ο.-Α. (2009). *Λεωφορειακό σύστημα υψηλού επιπέδου εξυπηρέτησης (BRT/BHNS): Δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά, εφαρμογές και διερεύνηση σκοπιμότητας/εφικτότητας εφαρμογής στο Π.Σ. Θεσσαλονίκης* (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία). Θεσσαλονίκη, Ελλάδα: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Ανακτήθηκε από http://ikee.lib.auth.gr/record/114092/files/tsolakis.pdf

Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών. (2007). *Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.).* Ανακτήθηκε από http://www.yme.gr/imagebank/categories/KOK_pdf.pdf

Παράρτημα Α: Αίτημα χρήσης μοντέλου προς τον ΟΣΕΘ

Dimitrios Nalmpantis

From: Dimitrios Nalmpantis <dnalba@civil.auth.gr>
Sent: Sunday, September 24, 2017 6:12 PM
To: 'info@sasth.gr'
Subject: ΑΙΤΗΜΑ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ VISUM (ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ)

Αξιότιμες/οι κυρίες/οι,

Ονομάζομαι Δημήτριος Ναλμπάντης και είμαι μέλος του Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού στο Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Διαχείρισης Έργων του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) καθώς και μέλος του Συνεργαζόμενου Εκπαιδευτικού Προσωπικού (ΣΕΠ) στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (ΕΑΠ) στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Ειδίκευσης «Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Έργων Υποδομής».

Ο λόγος που σας γράφω είναι επειδή παράλληλα με τις υπόλοιπες υποχρεώσεις μου, έχω ολοκληρώσει τον κύκλο σπουδών του Master in Business Administration (MBA) Executive του Πανεπιστημίου Μακεδονίας (ΠΜ) και το μόνο που εκκρεμεί είναι η παράδοση της διπλωματικής μου εργασίας την οποία έχω καθυστερήσει αρκετά λόγω των λοιπών διδακτικών μου υποχρεώσεων, ενώ με ενημέρωσαν ότι θα πρέπει να παραδοθεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, έχει ανακύψει το εξής πρόβλημα: επειδή είμαι συγκοινωνιολόγος και ήθελα να κάνω κάτι το οποίο να έχει σχέση με το διδακτικό μου έργο, αποφάσισα να προτείνω ένα θέμα σε σχέση με τις Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες της Θεσσαλονίκης με τίτλο «ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (ΔΑΣ) ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ». Πρακτικά είχα σκοπό να εξετάσω την εναλλακτική του BRT αντί του προτεινόμενου Τραμ, δηλαδή να κάνω χρήση του μοντέλου που αναπτύχθηκε από το ΣΑΣΘ με τη χρήση VISUM στο πλαίσιο του μαθηματικού υποδείγματος που χρησιμοποιήθηκε στην κοινωνικοοικονομική μελέτη της επέκτασης του μετρό προς Καλαμαριά (έτος βαθμονόμησης 2008) και στο έργο ECOTALE, και να το τρέξω με ενδεικτικές προδιαγραφές για BRT αντί για Τραμ. Η διερεύνηση θα έχει εκπαιδευτικό χαρακτήρα και δεν θα είναι μια ολοκληρωμένη / τεκμηριωμένη μελέτη, απλά φιλοδοξούσα να έχουμε κάποιες πρώτες ενδείξεις στο πλαίσιο της εργασίας ως προς το κατά πόσο θα είχε νόημα να διερευνηθεί περεταίρω και αυτή η εναλλακτική. Στην τριμελή εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής μου εργασίας είναι μέλος και ο επίκουρος καθηγητής Ιωάννης Πολίτης ο οποίος εργάστηκε επάνω στο εν λόγω μοντέλο ως επιστημονικός συνεργάτης του ΣΑΣΘ.
Το πρόβλημα που προέκυψε είναι ότι παρόλο που ο ΣΑΣΘ είναι Δημόσια Αρχή και όχι ιδιωτική εταιρία και άρα θεωρούσα ότι δεν θα υπήρχε κάποιο θέμα με την παραχώρηση του μοντέλου για τις ανάγκες μιας διπλωματικής εργασίας, για μεγάλο διάστημα ο ΣΑΣΘ δεν είχε διοίκηση και άρα δεν μπορούσα να αιτηθώ κάτι τέτοιο. Ελπίζω τώρα που πλέον υπάρχει διοίκηση να γίνει αποδεκτό το αίτημά μου και γιατί όχι να αναπτυχθεί και μια ευρύτερη συνεργασία στο μέλλον δεδομένου ότι στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του ΑΠΘ διδάσκω και προπτυχιακά μαθήματα του ενδιαφέροντος σας όπως «Δημόσιες Συγκοινωνίες», «Συστήματα Μεταφορών», «Οικονομική των Μεταφορών» κ.ά.

Αντιλαμβάνομαι ότι παρόλα αυτά ενδέχεται να υπάρχουν κάποιοι ενδοιασμοί και για αυτό εννοείται πως δεσμεύομαι για τα εξής:

- Το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά από εμένα για τις ανάγκες της διπλωματικής μου εργασίας και για κανένα άλλο λόγο πέραν αυτής και δεν θα παραχωρηθεί σε κανένα τρίτο πρόσωπο συμπεριλαμβανομένων και των μελών της τριμελούς επιτροπής της διπλωματικής μου εργασίας.
- Δέχομαι να μου υποδειχθεί από το ΣΑΣΘ ο βαθμός της ανάλυσης στην οποία θα μπορέσω να προβώ και της χρήσης στοιχείων από το μοντέλο, π.χ. στη συγκριτική εξέταση των εναλλακτικών τραμ / BRT στη διπλωματική εργασία μου και στην παρουσίαση της, εφόσον κρίνεται κάτι τέτοιο σκόπιμο.

Για τα ανωτέρω εννοείται πως μπορώ να δεσμευθώ και εγγράφως με σχετική υπεύθυνη δήλωση.

Ως προς τη χρήση του μοντέλου δεν υπάρχει πρόβλημα δεδομένου ότι μου έχει παραχωρηθεί ακαδημαϊκή άδεια από την εταιρία PTV και άρα έχω τη δυνατότητα να το δουλέψω τοπικά από τον υπολογιστή μου.

1

Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων!

Με εκτίμηση,
Δημήτριος Ναλμπάντης

Dimitrios Nalmpantis
Dr. Eng. (Transp.), MA (Human.), Dipl. Eng. (Civil)
Laboratory Teaching Faculty AUTh
Transport Eng. Lab. AUTh, Department of Transportation and
Project Management, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering AUTh
1st fl., Edron Bldg., Faculty of Engineering, AUTh Campus, Thessaloniki 541 24, Greece.
t: +302310995811
f: +302310995789
s: Dimitrios.Nalmpantis
e: dnalba@civil.auth.gr

Παράρτημα Β: Έγκριση χρήσης μοντέλου από τον ΟΣΕΘ

Dimitrios Nalmpantis

From: SAMUEL ALEXIOS SALEM <samsalem@sasth.gr>
Sent: Monday, October 23, 2017 3:38 PM
To: dnalba@civil.auth.gr
Cc: info@sasth.gr
Subject: Αίτημα παραχώρησης μοντέλου visum για μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία

Αγαπητέ κ.Ναλμπάντη,

Αρ. Πρωτ. 140/
23-10-2017

σε απάντηση του αιτήματος σας για χρήση του μοντέλου VISUM που αναπτύχθηκε από το ΣΑΣΘ για την κοινωνικοοικονομική μελέτη της επέκτασης του μετρό θεσσαλονίκης προς την Καλαμαριά.

Ο ΟΣΕΘ που απορρόφησε το ΣΑΣΘ σας παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσετε το μοντέλο VISUM στον χώρο των γραφείων του ΟΣΕΘ αποκλειστικά και μόνο για τους σκοπούς της διπλωματικής σας εργασίας.

Επίσης σας επισημαίνεται ότι τα αποτελέσματα της διερεύνησης σας θα πρέπει να τεθούν και στη διάθεση του ΟΣΕΘ για τυχόν αξιοποίηση τους.

Με εκτίμηση,

Σάμουελ Σαλέμ

--

Samuel Salem
Transport Planner - Civil Engineer, CEng, CMIHT, MSc Associate for ThePTA www.thita.gov.gr tel. (0030) 2310 483083 mob. (0030) 6978552573

email: samsalem@sasth.gr

1

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.