



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού
Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός (MSc)

Διπλωματική Εργασία

«Αξιολόγηση των Κυκλοφοριακών Επιπτώσεων Σεναρίων
Εφαρμογής του Μοντέλου Superblock στο Κέντρο της
Θεσσαλονίκης»

Θωμάς Μέλλιος

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Ναλμπάντης

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«Αξιολόγηση των Κυκλοφοριακών Επιπτώσεων Σεναρίων
Εφαρμογής του Μοντέλου Superblock στο Κέντρο της
Θεσσαλονίκης»

Θωμάς Μέλλιος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Δημήτριος Ναλμπάντης
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός –
Συγκοινωνιολόγος ΑΠΘ
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό ΑΠΘ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
Φωτεινή Κεχαγιά
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός –
Οδοποιός ΑΠΘ
Καθηγήτρια ΑΠΘ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν, άμεσα ή έμμεσα, στην εκπόνησή της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δημήτριο Ναλμπάντη, για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες παρατηρήσεις, την επιστημονική υποστήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για τον χρόνο που θα αφιερώσουν στη μελέτη και αξιολόγηση της εργασίας. Επιπλέον, ευχαριστώ τον Οργανισμό Συγκοινωνιακού Έργου Θεσσαλονίκης (ΟΣΕΘ) για τη διάθεση των απαραίτητων κυκλοφοριακών δεδομένων, τα οποία αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη και αξιολόγηση του συγκοινωνιακού μοντέλου της παρούσας εργασίας. Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους φίλους και την οικογένειά μου για τη διαρκή στήριξη, την υπομονή και την ενθάρρυνση που μου προσέφεραν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Η συμπαράστασή τους αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Περίληψη

Η αυξανόμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση, η περιβαλλοντική επιβάρυνση και η ανάγκη αναβάθμισης του δημόσιου χώρου καθιστούν αναγκαία την υιοθέτηση νέων προσεγγίσεων στον σχεδιασμό της αστικής κινητικότητας. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τη δυνατότητα εφαρμογής του μοντέλου Superblock στο κέντρο της Θεσσαλονίκης και αξιολογεί τις επιπτώσεις του στη λειτουργία του οδικού δικτύου. Αρχικά πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση των αρχών της βιώσιμης αστικής κινητικότητας, της εξέλιξης του μοντέλου και των σημαντικότερων διεθνών εφαρμογών του. Στη συνέχεια αναπτύσσεται μακροσκοπικό συγκοινωνιακό μοντέλο της περιοχής μελέτης στο PTV Visum, με αξιοποίηση διαθέσιμων κυκλοφοριακών δεδομένων και παραμετροποίηση του οδικού δικτύου. Διαμορφώνονται τέσσερα εναλλακτικά σενάρια, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τον αριθμό και το μέγεθος των Superblocks και τον βαθμό περιορισμού της διαμπερούς κυκλοφορίας. Η αξιολόγηση βασίζεται στη σύγκριση των κυκλοφοριακών φόρτων, του λόγου κυκλοφοριακού φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα (V/C) και των αντίστοιχων βαθμίδων επιπέδου εξυπηρέτησης (LoS) των βασικών οδικών αξόνων με την υφιστάμενη κατάσταση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η διεύρυνση των παρεμβάσεων περιορίζει τη διαμπερή κυκλοφορία στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης, αλλά αυξάνει τη συγκέντρωσή της στους κύριους περιμετρικούς άξονες. Το πρώτο σενάριο οδηγεί σε ηπιότερη και περισσότερο ισορροπημένη ανακατανομή, ενώ στα εκτενέστερα σενάρια καταγράφονται υψηλές τιμές V/C και δυσμενέστερες βαθμίδες LoS σε τμήματα της Εγνατίας και στον άξονα της Σαλαμίνας. Τα ευρήματα αναδεικνύουν την ανάγκη εξισορρόπησης μεταξύ της αναβάθμισης του εσωτερικού δημόσιου χώρου και της διατήρησης αποδεκτών συνθηκών κυκλοφοριακής λειτουργίας στο βασικό οδικό δίκτυο.

Λέξεις – Κλειδιά

Superblocks, βιώσιμη αστική κινητικότητα, Θεσσαλονίκη, PTV Visum, λόγος V/C , επίπεδο εξυπηρέτησης (LoS).

“Assessment of the Traffic Impacts of Superblock Implementation Scenarios in Thessaloniki City Center”

Thomas Mellios

Abstract

Increasing traffic congestion, environmental pressures, and the need to upgrade public spaces make adopting new approaches to urban mobility planning increasingly necessary. Within this context, the present thesis investigates the potential application of the Superblock model in central Thessaloniki and evaluates its effects on the operation of the road network. First, a literature review is conducted on the principles of sustainable urban mobility, the evolution of the model, and its most significant international applications. A macroscopic transport model of the study area is then developed in PTV Visum, using available traffic data and appropriate road-network parameterization. Four alternative scenarios are formulated, differing in the number and size of the Superblocks and in the degree of through-traffic restriction. The evaluation is based on a comparison of traffic volumes, Volume-to-Capacity ratios (V/C), and the corresponding Level of Service (LoS) grades on the main road corridors against the existing conditions. The results indicate that extending the interventions reduces through traffic within the study area but increases its concentration on the main perimeter corridors. The first scenario produces a milder, more balanced redistribution of traffic, whereas the more extensive scenarios result in higher V/C values and poorer LoS grades on sections of Egnatia Street and along the Salaminos corridor. The findings highlight the need to balance improvements to the internal public space with maintaining acceptable traffic operating conditions on the main road network.

Keywords

Superblocks, sustainable urban mobility, Thessaloniki, PTV Visum, V/C ratio, Level of Service (LoS).

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Περιεχόμενα.....	8
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	10
Κατάλογος Πινάκων	11
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	12
Highlights.....	13
Συνεισφορά της Εργασίας.....	14
1 Εισαγωγή	1
1.1 Το μοντέλο Superblock και η εφαρμογή του στον αστικό σχεδιασμό	1
1.2 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας.....	3
1.3 Μεθοδολογική προσέγγιση	3
1.4 Δομή της εργασίας	4
2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	6
2.1 Το μοντέλο Superblock.....	6
2.1.1 Ιστορική εξέλιξη	6
2.1.2 Μελέτες εφαρμογής του Superblock σε άλλες πόλεις.....	10
2.2 Εργαλεία ανάλυσης και προσομοίωσης για την αξιολόγηση του μοντέλου	17
2.2.1 Εργαλεία συλλογής πληροφοριών	17
2.2.2 Εργαλεία προσομοίωσης.....	18
2.2.3 Διεθνής βιβλιογραφία για το Superblock.....	21
2.2.4 Διεθνής βιβλιογραφία για τα προγράμματα προσομοίωσης PTV Vissim και SUMO	26
3 Η Υφιστάμενη Κατάσταση της Θεσσαλονίκης	30
3.1 Πολεοδομική εξέλιξη.....	32
3.1.1 Περίοδος διαμόρφωσης	32
3.1.2 Σύγχρονες προκλήσεις του πολεοδομικού σχεδιασμού.....	35
3.2 Αστική κινητικότητα.....	37
3.2.1 Οδικό δίκτυο	37
3.2.2 Εναλλακτικές μορφές μετακίνησης	40
3.3 Αστικό πράσινο.....	42
3.3.1 Οι πράσινοι χώροι της Θεσσαλονίκης	44
4 Μεθοδολογία και Ανάπτυξη Συγκοινωνιακού Μοντέλου	47
4.1 Οριοθέτηση και χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.....	49
4.2 Ανάπτυξη κυκλοφοριακών σεναρίων	52
4.2.1 Κυκλοφοριακός φόρτος	55
4.2.2 Επίπεδο εξυπηρέτησης.....	57
4.2.3 Διαδικασία προσομοίωσης στο PTV Visum.....	61
4.2.4 Παραδοχές και περιορισμοί του μοντέλου	62
5 Εφαρμογή Σεναρίων και Αποτελέσματα Προσομοίωσης	64
5.1 Σενάριο 1: Παραμετρική Διαμόρφωση 20 Blocks.....	67
5.2 Σενάριο 2: Παραμετρική Διαμόρφωση 12 Blocks.....	70
5.3 Σενάριο 3: Παραμετρική Διαμόρφωση 8 Blocks.....	74
5.4 Σενάριο 4: Παραμετρική Διαμόρφωση 4 Blocks.....	78
5.5 Αποτελέσματα σεναρίων	82

6	Συμπεράσματα	88
	Βιβλιογραφία	92

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2-1: Τα οικοδομικά τετράγωνα της Βαρκελώνης (Urmanis, 2019).....	8
Εικόνα 4-1: Η περιοχή μελέτης στο κέντρο της Θεσσαλονίκης (Google, n.d.,· ιδία επεξεργασία).	50
Σχήμα 1-1: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου Superblock. Στα σχέδια της ομαδοποίησης “b” παρουσιάζονται οι τρεις προτεινόμενες κατηγορίες (Eggimann, 2022).	2
Σχήμα 2-1: Οι θέσεις των τριών εφαρμοσμένων Superblocks και ο πράσινος άξονας της Βαρκελώνης (Manganelli, 2024).	9
Σχήμα 2-2: Η προτεινόμενη πεζοδρομημένη ζώνη σύμφωνα με τα κριτήρια του μοντέλου (Caballero et al., 2022).....	12
Σχήμα 3-1: Το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (Gemenetzi, 2017).	31
Σχήμα 3-2: Το οδικό δίκτυο και τα κύρια αστικά κέντρα της Θεσσαλονίκης (Tsigdinos et al., 2020).	39
Σχήμα 3-3: Η βασική γραμμή του μετρό Θεσσαλονίκης και οι μελλοντικές επεκτάσεις του (Ελληνικό Μετρό, χ.χ.).	41
Σχήμα 3-4: Το ποσοστό πράσινου χώρου που αντιστοιχεί ανά κάτοικο στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (Καραγιάννη, 2024).....	45
Σχήμα 5-1: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων της υφιστάμενης κατάστασης. Η πράσινη περιοχή αντιστοιχεί στην περιοχή μελέτης, ενώ οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τους αμετάβλητους οδικούς άξονες.	66
Σχήμα 5-2: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων στην κατάσταση αναφοράς.	67
Σχήμα 5-3: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.	69
Σχήμα 5-4: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.....	70
Σχήμα 5-5: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.....	73
Σχήμα 5-6: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.....	74
Σχήμα 5-7: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.	77
Σχήμα 5-8: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.....	78
Σχήμα 5-9: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.....	81
Σχήμα 5-10: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.....	82
Σχήμα 5-11: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C στην κατάσταση αναφοράς.....	83
Σχήμα 5-12: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.....	84
Σχήμα 5-13: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.....	85
Σχήμα 5-14: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.....	86
Σχήμα 5-15: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.....	87

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4-1: Αντιστοίχιση των τιμών του λόγου V/C στις αντίστοιχες βαθμίδες LoS και συνθήκες κυκλοφοριακής λειτουργίας (Afrin & Yodo, 2020).	59
Πίνακας 5-1: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης. Οι τιμές αφορούν την υφιστάμενη κατάσταση και παρουσιάζονται ως εύρος τιμών, καθώς οι οδικοί άξονες εξετάζονται τμηματικά κατά μήκος του δικτύου.....	65
Πίνακας 5-2: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.....	68
Πίνακας 5-3: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.	71
Πίνακας 5-4: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.....	75
Πίνακας 5-5: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.	80

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AV	Autonomous Vehicle
BCN	Barcelona
BIM	Building Information Modelling
CIM	City Information Modelling
GEH	Geoffrey E. Havers
GIS	Geographic Information System
GTFS	General Transit Feed Specification
HCAI	Human-Centered Artificial Intelligence
HCM	Highway Capacity Manual
LoS	Level of Service
OSM	OpenStreetMap
PTV	Planung Transport Verkehr
SUMO	Simulation of Urban Mobility
V/C	Volume-to-Capacity ratio
IX	Ιδιωτικής Χρήσης
ΟΑΣΘ	Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης
ΟΣΕΘ	Οργανισμός Συγκοινωνιακού Έργου Θεσσαλονίκης
ΠΖΘ	Περιαστική Ζώνη επιρροής της Θεσσαλονίκης
ΠΣΘ	Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης
ΧΑΝΘ	Χριστιανική Αδελφότητα Νέων Θεσσαλονίκης

Highlights

- Αξιολογήθηκε η εφαρμογή Superblocks στο κέντρο της Θεσσαλονίκης.
- Αναπτύχθηκαν τέσσερα εναλλακτικά σενάρια στο PTV Visum.
- Το πρώτο σενάριο παρουσίασε την πιο ισορροπημένη ανακατανομή της κυκλοφορίας.
- Τα εκτενέστερα σενάρια επιβάρυναν κυρίως την Εγνατία και τη Σαλαμίνας.
- Συνολικά, τα αποτελέσματα κρίθηκαν θετικά υπό προϋποθέσεις.

Συνεισφορά της Εργασίας

Η συνεισφορά της παρούσας εργασίας έγκειται στην ποσοτική αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων εφαρμογής του μοντέλου Superblock στο κέντρο της Θεσσαλονίκης μέσω μακροσκοπικής συγκοινωνιακής προσομοίωσης. Στο πλαίσιο της βιβλιογραφίας που εξετάστηκε, οι προηγούμενες δημοσιεύσεις για τη Θεσσαλονίκη επικεντρώνονται κυρίως στις αντιλήψεις και στον βαθμό αποδοχής του μοντέλου από τους κατοίκους, χωρίς να διερευνούν συστηματικά τις επιπτώσεις διαφορετικών χωρικών διαμορφώσεων στη λειτουργία του οδικού δικτύου. Η παρούσα εργασία καλύπτει αυτό το κενό, προσαρμόζοντας και αξιοποιώντας μακροσκοπικό συγκοινωνιακό μοντέλο στο PTV Visum για τη συγκριτική αξιολόγηση τεσσάρων σεναρίων με βάση τους κυκλοφοριακούς φόρτους, τον λόγο V/C και τις αντίστοιχες βαθμίδες LoS. Με τον τρόπο αυτό, αναδεικνύεται η αντιστάθμιση μεταξύ του περιορισμού της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό των Superblocks και της πιθανής επιβάρυνσης των κύριων περιμετρικών αξόνων, παρέχοντας τεκμηριωμένη βάση για τον σχεδιασμό πιθανών παρεμβάσεων στη Θεσσαλονίκη και σε αντίστοιχα ελληνικά αστικά περιβάλλοντα.

1 Εισαγωγή

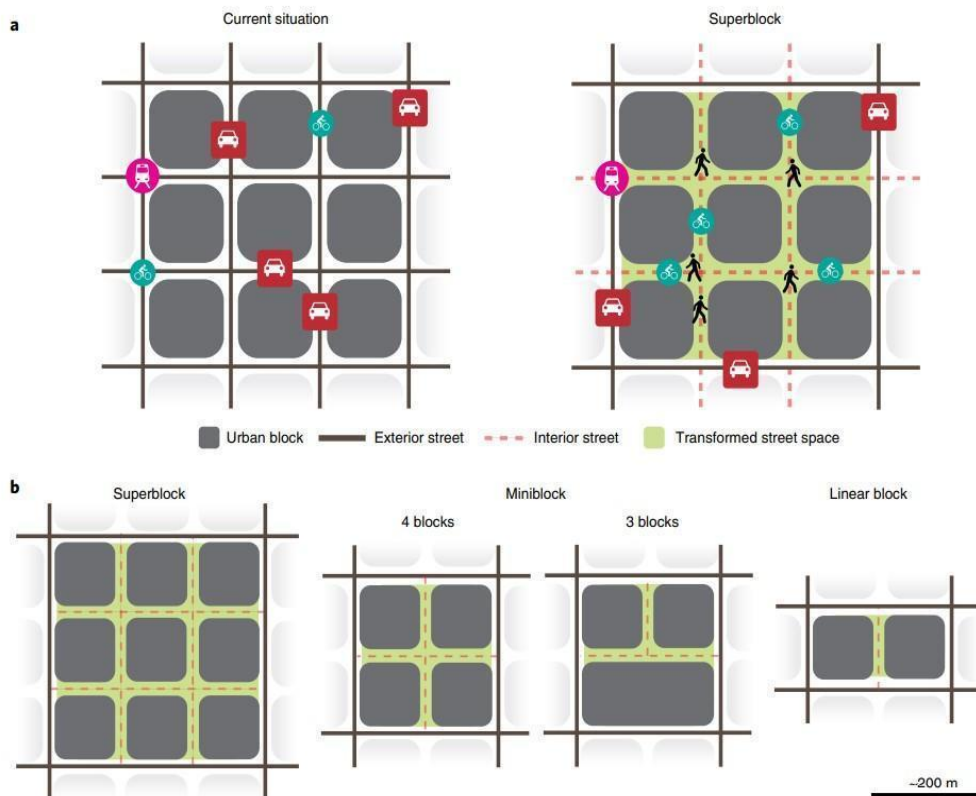
1.1 Το μοντέλο Superblock και η εφαρμογή του στον αστικό σχεδιασμό

Το Superblock, ως ένα καινοτόμο μοντέλο αστικού σχεδιασμού, αναπτύχθηκε για τη διαχείριση των μαζικών αστικών υποδομών και των προκλήσεων που απορρέουν από την ταχεία αστικοποίηση και ανάπτυξη των μεγαλουπόλεων (Kutty & Scoppa, 2025). Το μοντέλο αυτό στοχεύει στη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων μέσω της αναδιαμόρφωσης των δημόσιων χώρων σε πολυλειτουργικές περιοχές. Παράλληλα, μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο βιώσιμης ανάπτυξης, καθώς προωθεί πολιτικές συμπαγούς πόλης και μεικτών χρήσεων γης στον αστικό ιστό. Επιπλέον, το Superblock ενισχύει την παρουσία του αστικού πρασίνου και των υποδομών που ενθαρρύνουν τη σωματική δραστηριότητα και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, ενώ παράλληλα υποστηρίζει την ενεργητική κινητικότητα και τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Ως αποτέλεσμα, συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, του θορύβου και των επιπτώσεων του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Nieuwenhuijsen et al., 2024).

Το μοντέλο παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στην Υπηρεσία Αστικής Οικολογίας της Βαρκελώνης στις αρχές της δεκαετίας του 2000 από τον Salvador Rueda και του συνεργάτες του. Η πρόταση αφορούσε τη δημιουργία 503 «υπέρ – μπλοκ» με το καθένα να προκύπτει από το κλείσιμο τεσσάρων οδικών κόμβων μέσα σε ένα πλέγμα εννέα οικοδομικών τετραγώνων. Το οδικό δίκτυο βασίζεται σε μια νέα ιεραρχία δρόμων, με τη δημιουργία ενός δικτύου βασικών δρόμων, όπου τα οχήματα κινούνται με 30 km/h και ένα δίκτυο τοπικών οδών, όπου δίνεται προτεραιότητα σε πεζούς και ποδηλάτες, με μέγιστη ταχύτητα οχημάτων 10 km/h. Η εφαρμογή του σεναρίου είναι ικανή να μετατρέψει δύο στους τρεις δρόμους σε άξονες αποκλειστικά για ενεργές μεταφορές και, ταυτόχρονα, να απελευθερώσει χώρο για την ενσωμάτωση πράσινων υποδομών και χώρων πρασίνου (Nieuwenhuijsen et al., 2024).

Πέρα από την εφαρμογή του στον αστικό ιστό της Βαρκελώνης, το μοντέλο έχει λάβει διεθνή αναγνώριση, αποτελώντας αντικείμενο εκτεταμένης επιστημονικής έρευνας σχετικά με τις δυνατότητες και τις προϋποθέσεις εφαρμογής του. Ο Eggimann (2022) αναφέρει πως το Superblock μπορεί να βρει εφαρμογή τόσο σε μικρές όσο και σε μεγάλες πόλεις, προτείνοντας τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον αριθμό των οικοδομικών τετραγώνων που καταλαμβάνει, τις εξής (Σχήμα 1-1) (Eggimann, 2022):

- το Superblock (9 οικοδομικά τετράγωνα),
- το Miniblock (3 ή 4 οικοδομικά τετράγωνα) και
- το Linear block (2 οικοδομικά τετράγωνα).



Σχήμα 1-1: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου Superblock. Στα σχέδια της ομαδοποίησης “b” παρουσιάζονται οι τρεις προτεινόμενες κατηγορίες (Eggimann, 2022).

Η μεθοδολογία αυτή εξετάστηκε σε γεωχωρικά δεδομένα 18 πόλεων παγκοσμίως, διαφόρων μεγεθών και σχημάτων. Σε αρκετές περιπτώσεις, το οδικό δίκτυο που θεωρείται δυνητικά κατάλληλο για την εφαρμογή του μοντέλου ξεπερνά το 40%, γεγονός που παρέχει σημαντικές ευκαιρίες για στρατηγικές βιώσιμης ανάπτυξης και μείωσης της εξάρτησης από το αυτοκίνητο. Τέλος, οι τρεις διαφορετικές κατηγορίες του μοντέλου υποδηλώνουν ότι η ύπαρξη διάταξης εννέα οικοδομικών τετραγώνων με τη μορφή πλέγματος δεν αποτελεί απόλυτη προϋπόθεση εφαρμογής. Έτσι, πολλές πόλεις ενδέχεται να διαθέτουν υψηλό δυναμικό για την ανάπτυξη Superblocks, ακόμη και αν χαρακτηρίζονται από ακανόνιστο σχήμα ή μέγεθος (Eggimann, 2022).

1.2 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής και προσαρμογής του μοντέλου Superblock στον αστικό ιστό της Θεσσαλονίκης, μέσω χωρικής προσομοίωσης και ανάλυσης των φόρτων κυκλοφορίας. Αντικείμενο της έρευνας αποτελεί η αξιολόγηση του χωρικού και λειτουργικού δυναμικού της πόλης για την υλοποίηση παρεμβάσεων τύπου Superblock, με στόχο τη βελτίωση της βιώσιμης κινητικότητας, τη μείωση της εξάρτησης από το ιδιωτικό αυτοκίνητο και την ενίσχυση του αστικού πρασίνου. Η Θεσσαλονίκη, ως μια πόλη με έντονη αστική πυκνότητα, περιορισμένους δημόσιους χώρους και υψηλά επίπεδα κυκλοφοριακού φόρτου, προσφέρει ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας για την αξιολόγηση της προσαρμοστικότητας του μοντέλου Superblock σε ελληνικές αστικές συνθήκες. Μέσα από την έρευνα αυτήν επιχειρείται να εντοπιστούν περιοχές κατάλληλες για την πιλοτική εφαρμογή του μοντέλου, καθώς και να αποτυπωθούν οι δυνάμει χωρικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις μιας τέτοιας παρέμβασης. Ο βασικός στόχος της έρευνας είναι να συμβάλει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αρχές βιώσιμου αστικού σχεδιασμού, όπως αυτές που ενσωματώνονται στο μοντέλο Superblock, μπορούν να εφαρμοστούν σε ελληνικά αστικά περιβάλλοντα, προτείνοντας ένα πλαίσιο σχεδιασμού και αξιολόγησης που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και σε άλλες πόλεις.

1.3 Μεθοδολογική προσέγγιση

Η μεθοδολογία της έρευνας βασίζεται σε συνδυαστική προσέγγιση που περιλαμβάνει βιβλιογραφική επισκόπηση, χαρτογραφική ανάλυση και γεωχωρική προσομοίωση του μοντέλου Superblock στον αστικό ιστό της Θεσσαλονίκης. Αρχικά, πραγματοποιείται εκτενής βιβλιογραφική επισκόπηση των αρχών και των χαρακτηριστικών του μοντέλου Superblock, της προϋπάρχουσας έρευνας σχετικά με την προσομοίωση κυκλοφοριακών σεναρίων και των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, με σκοπό τη διαμόρφωση ενός θεωρητικού πλαισίου κατανόησης. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται χωρική ανάλυση στον αστικό ιστό της Θεσσαλονίκης, προκειμένου να εντοπιστούν περιοχές που πληρούν τα μορφολογικά και λειτουργικά κριτήρια για την πιθανή εφαρμογή του μοντέλου Superblock.

Η ανάλυση γίνεται με αποτύπωση και αξιολόγηση του υφιστάμενου οδικού δικτύου, υπολογισμό δεικτών πυκνότητας και χρήσεων γης, εντοπισμό χώρων πρασίνου και ανοιχτών δημόσιων χώρων, και εκτίμηση του δυναμικού μετασχηματισμού των περιοχών σε ζώνες μειωμένης κυκλοφορίας.

Τέλος, μέσω της προσομοίωσης διαφορετικών σεναρίων, επιχειρείται να αποτυπωθεί η πιθανή χωρική διαμόρφωση ενός ή περισσότερων Superblocks στον αστικό ιστό της πόλης και να προσδιοριστούν τα οφέλη και οι προκλήσεις που θα μπορούσαν να προκύψουν από την εφαρμογή τους.

1.4 Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία διαρθρώνεται σε έξι κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας, διατυπώνονται ο σκοπός και το αντικείμενό της και περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, με αναφορά στην ιστορική εξέλιξη του μοντέλου Superblock, στις βασικές αρχές και στα χαρακτηριστικά του, στις εφαρμογές του σε διαφορετικά αστικά περιβάλλοντα, καθώς και στα εργαλεία ανάλυσης και προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση αντίστοιχων παρεμβάσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση της Θεσσαλονίκης, με έμφαση στην πολεοδομική της εξέλιξη, στα χαρακτηριστικά της αστικής κινητικότητας, στη λειτουργία του οδικού δικτύου και στην παρουσία αστικού πρασίνου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία της έρευνας, οριοθετείται η περιοχή μελέτης και περιγράφονται η ανάπτυξη του συγκοινωνιακού μοντέλου, η διαμόρφωση των εναλλακτικών κυκλοφοριακών σεναρίων, οι δείκτες αξιολόγησης και οι βασικές παραδοχές και περιορισμοί της ανάλυσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για το βασικό σενάριο αναφοράς και για τα τέσσερα εναλλακτικά σενάρια εφαρμογής του μοντέλου Superblock, με έμφαση στις μεταβολές των κυκλοφοριακών φόρτων και του επιπέδου εξυπηρέτησης του οδικού δικτύου.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας, αποτιμώνται οι δυνατότητες και οι περιορισμοί εφαρμογής του μοντέλου στη Θεσσαλονίκη και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα και για πιθανή πιλοτική υλοποίηση αντίστοιχων παρεμβάσεων.

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση στοχεύει στη συστηματική διερεύνηση του θεωρητικού και ερευνητικού πλαισίου που περιβάλλει το μοντέλο Superblock και τις εφαρμογές του σε διαφορετικά αστικά περιβάλλοντα. Παράλληλα, εξετάζει τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί διεθνώς για την προσομοίωση κυκλοφοριακών και χωρικών σεναρίων, ενώ εντοπίζει τα ερευνητικά κενά και την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του θέματος.

2.1 Το μοντέλο Superblock

Η ιδέα των Superblocks γεννήθηκε στη Βαρκελώνη της Ισπανίας, μια από τις πιο πυκνοκατοικημένες και δυναμικές πόλεις της Ευρώπης. Η συνεχής αστικοποίηση, η έντονη κυκλοφορία και η έλλειψη επαρκών χώρων πρασίνου και ανοικτών δημόσιων χώρων συνέβαλαν στη δημιουργία του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, στην αύξηση της ατμοσφαιρικής και ηχητικής ρύπανσης, καθώς και σε πρόωρους θανάτους. Παράλληλα, η ευαισθησία της πόλης απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής οδήγησε στην αναζήτηση καινοτόμων παρεμβάσεων στον τρόπο χρήσης γης, με στόχο την προσαρμογή και τον μετριασμό αυτών των φαινομένων, αλλά και τη βελτίωση της καθημερινότητας των κατοίκων. Έτσι, διαμορφώθηκε το μοντέλο των υπερ-μπλοκ, βασισμένο στις αρχές του οικοσυστημικού αστικού σχεδιασμού. Όπως περιγράφεται σε έναν ευρύτερο ορισμό, το Superblock αποτελεί «έναν νέο τρόπο οργάνωσης του αστικού ιστού, που ανατρέπει την παραδοσιακή κατανομή του δημόσιου χώρου μεταξύ οχημάτων και ανθρώπων, δίνοντας προτεραιότητα στον πεζό και τον πολίτη, με στόχο τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών και της ποιότητας ζωής» (Tiran et al., 2023).

2.1.1 Ιστορική εξέλιξη

Αν και το μοντέλο του Superblock εντάσσεται σε μια μακρά παράδοση αστικών παρεμβάσεων που δίνουν έμφαση στην κίνηση και την εμπειρία του πεζού, η σύλληψή του αντλεί τις ρίζες της από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα.

Πρόκειται για μια περίοδο όπου κυριάρχησε ο μοντερνιστικός οραματισμός της γειτονιάς ή του αστικού τετραγώνου ως «κυττάρου» της πόλης, βασικής μονάδας οργάνωσης του αστικού ιστού. Όταν η ισπανική κυβέρνηση παραχώρησε στη Βαρκελώνη το δικαίωμα να επεκταθεί πέρα από τα στρατιωτικά της οχυρωματικά έργα, ο πολιορκητής Ildefons Cerdà ανέλαβε τον σχεδιασμό της νέας αστικής διάταξης. Μεταξύ 1855 και 1863, ανέπτυξε ένα καινοτόμο πολυεδομικό πλέγμα λοξοποιημένων οκταγωνικών τετραγώνων διαστάσεων $113,3 \times 113,3$ μέτρων, το οποίο προοριζόταν να υποστηρίξει την προοδευτική εξέλιξη των χρήσεων γης. Το σχέδιο διαμορφώθηκε με τρόπο ώστε να παραμένει ευέλικτο απέναντι στις ραγδαίες κοινωνικοοικονομικές και τεχνολογικές μεταβολές, ιδίως σε ό,τι αφορά τις συγκοινωνίες (Amati et al., 2023). Κάθε οικοδομικό τετράγωνο είχε αρχικά σχεδιαστεί ώστε να διαθέτει έναν ανοιχτό κοινόχρηστο χώρο στο κέντρο του, ο οποίος θα κάλυπτε τις υγειονομικές, ψυχαγωγικές και εμπορικές ανάγκες των κατοίκων. Ωστόσο, ήδη από τη δεκαετία του 1920, οι κεντρικοί αυτοί χώροι άρχισαν να χάνουν τον αρχικό τους χαρακτήρα, καθώς καταλαμβάνονταν σταδιακά από μικρές κατασκευές και ιδιωτικά γκαράζ. Οι δρόμοι μετατράπηκαν με την πάροδο του χρόνου, ιδίως από τις δεκαετίες 60' και 70' και μετά, σε χώρους κυκλοφορίας και στάθμευσης μηχανοκίνητων οχημάτων, επιβαρύνοντας έτσι σημαντικά την ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος (Nieuwenhuijsen et al., 2024).

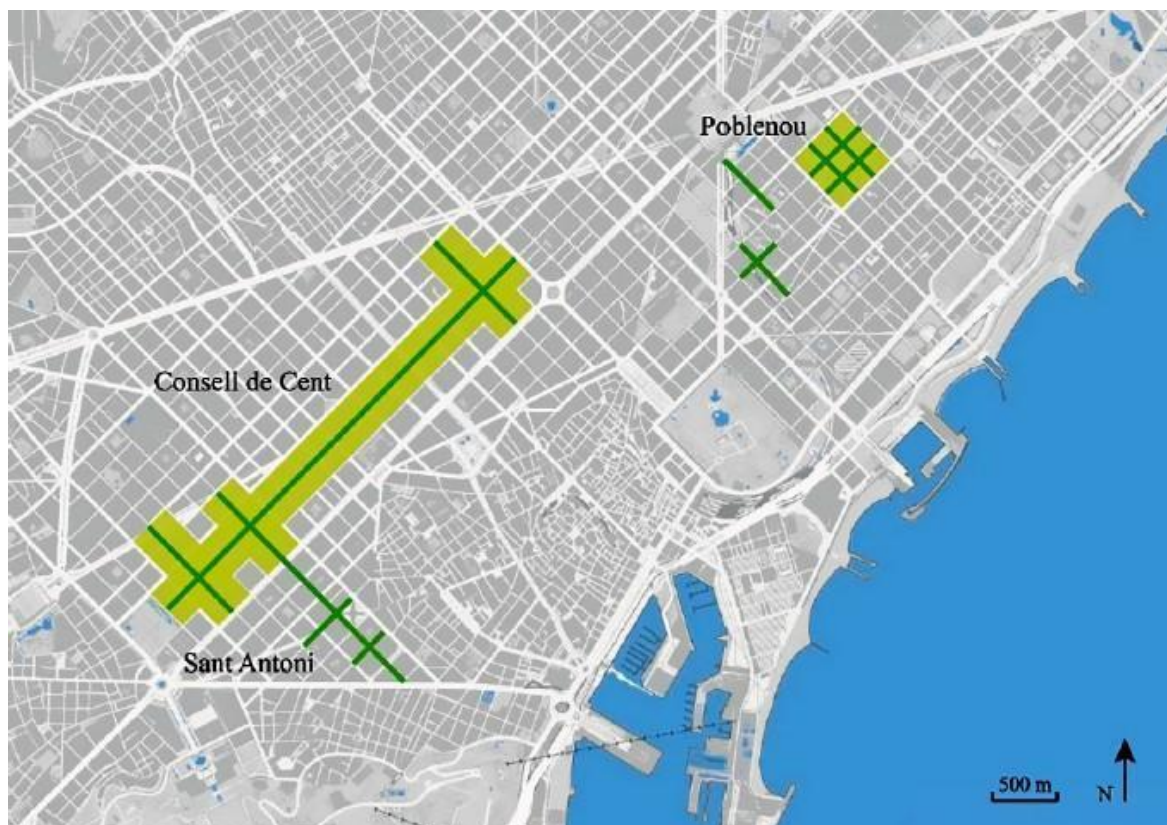
Ο Salvador Rueda και η ερευνητική του ομάδα ανέπτυξαν το μοντέλο του Superblock στις αρχές της δεκαετίας του 2000, αξιοποιώντας τις αρχές του σχεδίου του Cerdà ως θεμέλιο για μια νέα προσέγγιση αστικού σχεδιασμού. Η στρατηγική τους στόχευε στη δραστική μείωση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων σε επιλεγμένες αστικές ενότητες, με σκοπό τη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου, ήσυχου και καθαρού περιβάλλοντος, το οποίο ενθαρρύνει το περπάτημα, την ποδηλασία και την κοινωνική αλληλεπίδραση. Δίνοντας προτεραιότητα στις ανάγκες των πεζών έναντι εκείνων των οχημάτων, η προσέγγιση αυτή επιδίωκε τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την ενίσχυση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας στις πυκνοκατοικημένες γειτονιές της πόλης. Το πρότυπο Superblock της Βαρκελώνης αποτελείται από εννέα οικοδομικά τετράγωνα, στα οποία η κυκλοφορία οχημάτων ανακατευθύνεται περιμετρικά, αποδεδμεύοντας το εσωτερικό τους από τη διαμπερή διέλευση. Με τον τρόπο αυτό, τέσσερις συμβολές οδών μετατρέπονται σε δημόσιες πλατείες, δημιουργώντας έναν σχεδόν πλήρως πεζοδρομημένο χώρο που επαναπροσδιορίζει τη χρήση του δημόσιου χώρου και επαναφέρει τον άνθρωπο στο επίκεντρο του αστικού ιστού (Εικόνα 2-1) (Marquet et al., 2024).



Εικόνα 2-1: Τα οικοδομικά τετράγωνα της Βαρκελώνης (Urmanis, 2019).

Οι πρώτες πιλοτικές εφαρμογές του μοντέλου Superblock ξεκίνησαν ήδη από το 2005, όταν η Υπηρεσία Αστικής Οικολογίας της Βαρκελώνης (Barcelona [BCN] Ecologia) συνεργάστηκε με τις περιοχές Gràcia και Sants-Montjuïc για την υλοποίηση παρεμβάσεων μικρής κλίμακας. Ωστόσο, ήδη από τη δεκαετία του 1990, οι αστικές αναπλάσεις στη La Ribera της περιοχής Born μπορούν να θεωρηθούν ως πρώιμα παραδείγματα ή πρωτότυπα του μοντέλου Superblock, καθώς μοιράζονταν κοινές αρχές αστικού επανασχεδιασμού και ανακατανομής του δημόσιου χώρου. Η πρώτη φάση ευρείας εφαρμογής πραγματοποιήθηκε μεταξύ 2016 και 2019, στο πλαίσιο του δημοτικού προγράμματος “Omplim de vida els carrers” (Ας γεμίσουμε τους δρόμους με ζωή), με την ανάπτυξη τριών Superblocks στις γειτονιές Poblenou, Sant Antoni και Horta. Η περιοχή Poblenou, με πληθυσμό περίπου 34.000 κατοίκους το 2016, βρίσκεται στη ζώνη Santa Martí, στο βόρειο τμήμα της πόλης. Από μια παραδοσιακά βιομηχανική περιοχή, μεταμορφώθηκε μετά τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 1992, γνωρίζοντας μια σημαντική αστική αναγέννηση. Κατά την τελευταία δεκαετία, εξελίχθηκε σε ιδιαίτερα δημοφιλή περιοχή κατοικίας, χάρη στην εγγύτητα στη θάλασσα και στη ζωντανή Rambla de Poblenou. Το Sant Antoni, με περίπου 38.000 κατοίκους, αποτελεί γειτονιά του Eixample και είναι γνωστό για τη νεοανακαινισμένη κεντρική αγορά του, ενώ βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το ιστορικό κέντρο της πόλης. Η Horta, με 27.000 κατοίκους, υπήρξε ανεξάρτητος οικισμός έως το 1904, οπότε και ενσωματώθηκε στη Βαρκελώνη· βρίσκεται στα δυτικά, κοντά στους λόφους, διατηρώντας ακόμη στοιχεία του παλαιού αστικού της χαρακτήρα (Nieuwenhuijsen et al., 2024).

Η εφαρμογή του πρώτου Superblock στο Poblenou συνάντησε σημαντικές αντιδράσεις από την τοπική κοινότητα, κυρίως λόγω του αποσπασματικού τρόπου υλοποίησης, της απουσίας συμμετοχικών διαδικασιών και των ανησυχιών που εκφράστηκαν σχετικά με φαινόμενα εξευγενισμού και ζητήματα διακυβέρνησης. Ο εξευγενισμός, ως πιθανή συνέπεια της βελτίωσης της ποιότητας ζωής και της αύξησης της ελκυστικότητας της περιοχής, ενδέχεται να οδηγήσει σε άνοδο των ενοικίων και των τιμών των κατοικιών, προκαλώντας την εκτόπιση των παλαιότερων κατοίκων με χαμηλότερα εισοδήματα. Σε μεταγενέστερες εφαρμογές, ο Δήμος της Βαρκελώνης αναθεώρησε τη στρατηγική του, ενσωματώνοντας ουσιαστικές διαδικασίες διαβούλευσης και συμμετοχής των πολιτών ως βασικό στάδιο της ανάπτυξης κάθε Superblock. Οι επεμβάσεις στις περιοχές Sant Antoni και Horta υλοποιήθηκαν με βάση τη συν-δημιουργία και τη συνεργασία με τους κατοίκους, γεγονός που οδήγησε σε ευρύτερη κοινωνική αποδοχή και ενίσχυση της συλλογικής ταυτότητας των γειτονιών (Σχήμα 2-1) (Nieuwenhuijsen et al., 2024).



Σχήμα 2-1: Οι θέσεις των τριών εφαρμοσμένων Superblocks και ο πράσινος άξονας της Βαρκελώνης (Manganelli, 2024).

Παρόλο που η υλοποίηση του μοντέλου εξελίχθηκε με αργούς ρυθμούς, ωστόσο όπου εφαρμόστηκε, παρατηρήθηκαν σημαντικές βελτιώσεις σε τομείς όπως το περιβάλλον, ο τρόπος ζωής των κατοίκων, η βιωσιμότητα και η δημόσια υγεία, αν και όχι πάντα με σταθερή συνέπεια. Σύμφωνα με αποτελέσματα μοντέλων προσομοίωσης, η ευρύτερη εφαρμογή του συστήματος θα μπορούσε να επιφέρει ουσιαστική αναβάθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών, να ενισχύσει την ευημερία των κατοίκων και να συμβάλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης, ιδίως μέσα στα όρια των ίδιων των Superblocks. Όμως, πέρα από τις θετικές προεκτάσεις, το εγχείρημα δέχεται και έντονη κριτική. Έχουν εκφραστεί βάσιμες ανησυχίες σχετικά με ζητήματα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης, κοινωνικής ισότητας και μετατόπισης της κυκλοφορίας στους οδικούς άξονες που γειτνιάζουν με τα Superblocks. Οι αρνητικές επιπτώσεις του μοντέλου καθιστούν αναγκαία τη συνέχιση της έρευνας και την επανεξέταση των τρόπων εφαρμογής του σε διαφορετικά αστικά περιβάλλοντα (Nieuwenhuijsen et al., 2024).

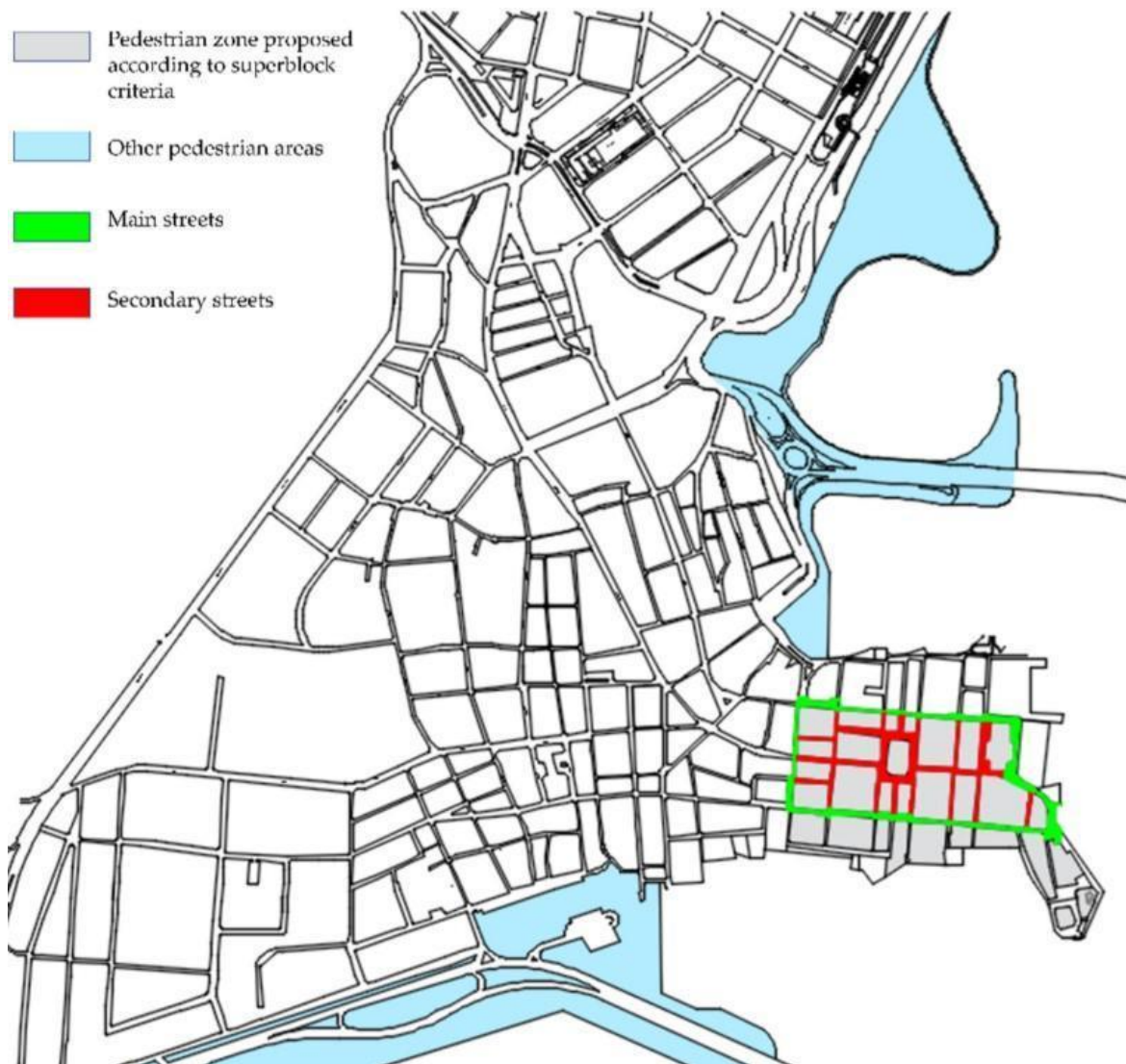
2.1.2 Μελέτες εφαρμογής του Superblock σε άλλες πόλεις

Το βιβλίο της Chen (2022) αποτελεί την πρώτη ολοκληρωμένη ανάλυση στην αγγλική βιβλιογραφία σχετικά με το αστικά μοντέλα Supergrid και Superblock, σε πόλεις της Ανατολικής Ασίας. Εξετάζοντας την ιστορική εξέλιξη, τις πολιτισμικές ρίζες και τις χωρικές αρχές, η συγγραφέας αναλύει τις δύο διαφορετικές εκδοχές που διαμορφώθηκαν, η μία στις πόλεις της Κίνας (Χι'αν και Nanjing) και η άλλη σε αυτές της Ιαπωνίας (Kyoto και Osaka). Μέσα από τη συγκριτική μελέτη των τεσσάρων αντιπροσωπευτικών Superblocks, καταγράφονται τα πλεονεκτήματα και οι αδυναμίες κάθε προσέγγισης, ενώ η έρευνα καταλήγει ότι τα μοντέλα Supergrid και Superblock συνιστούν ένα ευέλικτο και προσαρμόσιμο αστικό μοντέλο, με δυνατότητες εφαρμογής και σε άλλες πόλεις πέρα από την Ανατολική Ασία, εφόσον ληφθούν υπόψη οι τοπικοί παράμετροι.

Η έρευνα του Eggimann (2022) εξετάζει τη δυναμική της εφαρμογής του μοντέλου Superblock σε πόλεις με διαφορετικά χωρικά πρότυπα και επίπεδα πυκνότητας, αναλύοντας πώς ο περιορισμός του χώρου που κατέχουν τα αυτοκίνητα μπορεί να ενισχύσει τη βιωσιμότητα και την ποιότητα ζωής. Προτείνει, επίσης, τα Miniblocks, μια λιγότερο παρεμβατική εκδοχή τεσσάρων οικοδομικών τετραγώνων (2×2), ως ένα αρχικό στάδιο για την αστική αναδιαμόρφωση.

Με χρήση γεωχωρικής ανάλυσης (OpenStreetMap), εντοπίζονται κατάλληλες τοποθεσίες για τη δημιουργία πολυλειτουργικών οδών, ενώ παράλληλα αξιολογείται ο βαθμός κυκλοφοριακής διαταραχής που ενδέχεται να προκύψει. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η καταλληλότητα για Superblocks ή Miniblocks διαφέρει σημαντικά ανά πόλη και επηρεάζεται από την υποκείμενη αστική διάταξη, με κάποιες πόλεις να εμφανίζουν δυνατότητα μετασχηματισμού σε ποσοστό άνω του 40% του οδικού δικτύου. Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι ένα κανονικό πλέγμα δρόμων δεν αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για υψηλό δυναμικό εφαρμογής, καθώς και πόλεις με ακανόνιστη μορφολογία μπορούν να προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες βιώσιμου μετασχηματισμού (Eggimann, 2022).

Σε έρευνα των Caballero et al. (2022) εξετάζεται το Casco Viejo της Πόλης του Παναμά ως περιοχή με σημαντική δυναμική για μετατροπή σε ζώνη ήπιας κυκλοφορίας, αξιοποιώντας τα κριτήρια του μοντέλου Superblock. Σκοπός της παρέμβασης αποτελεί η διασφάλιση ασφαλούς και προσβάσιμης κινητικότητας για όλους τους πεζούς. Μέσω επιτόπιων ερευνών, οι ερευνητές κατέγραψαν την υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής συμπεριλαμβανομένου του πλάτους και της φυσικής κατάστασης των πεζοδρομίων, της ύπαρξης εμποδίων, της προσβασιμότητας και των υποδομών ασφαλούς διάσχισης καθώς και ζητήματα στάθμευσης και δημόσιων μεταφορών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η περιοχή αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα σχετικά με τη βιώσιμη κινητικότητα, με ανεπαρκή χώρο για πεζούς και ποδηλάτες λόγω παράνομης στάθμευσης και φυσικών εμποδίων, ενώ η έλλειψη ραμπών και κιγκλιδωμάτων καθιστά τον χώρο απροσπέλαστο για άτομα με αναπηρία. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν την ανάγκη στοχευμένων παρεμβάσεων για την υλοποίηση ενός πιο συμπεριληπτικού και λειτουργικού συστήματος μετακινήσεων (Σχήμα 2-2).



Σχήμα 2-2: Η προτεινόμενη πεζοδρομημένη ζώνη σύμφωνα με τα κριτήρια του μοντέλου (Caballero et al., 2022).

Το 2023 οι Veisi και Shakibamanesh (2023) δημοσίευσαν μια έρευνα για την εφαρμογή των τεχνολογιών City Information Modelling (CIM) και Building Information Modelling (BIM) για τη δημιουργία αρχικών ψηφιακών διδύμων, με στόχο την προσομοίωση και αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων σε αστικά Superblocks. Η προτεινόμενη μεθοδολογία συνδυάζει δισδιάστατα δεδομένα Geographic Information System (GIS) με τρισδιάστατα BIM μοντέλα, επιτρέποντας τη συγκριτική ανάλυση διαφορετικών αστικών αρχέτυπων σε επίπεδο ηλεκτρικής κατανάλωσης, χρήσης ορυκτών καυσίμων και συνολικής ενεργειακής απόδοσης.

Εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία σε μελέτες περίπτωσης μελέτης στην Kermanshah του Ιράν, συμπεραίνεται ότι η αξιολόγηση αρχέτυπων μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο στα πρώιμα στάδια του αστικού σχεδιασμού σε περιπτώσεις επιλογής μοτίβων Superblock. Οι δυνατότητες ενεργειακής βελτίωσης φτάνουν σε μείωση της κατανάλωσης έως και 20% σε σύγκριση με τα πρότυπα μοντέλα American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), συμβάλλοντας στη μετάβαση προς πιο ενεργειακά αποδοτικές και βιώσιμες αστικές διαμορφώσεις (Veisi & Shakibamanesh, 2023).

Η έρευνα των Makkonen et al. (2023) διερευνά τον τρόπο με τον οποίο ευφυείς τεχνολογίες, και ειδικότερα εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, μπορούν να ενισχύσουν και να διευκολύνουν τη χρήση κοινόχρηστων χώρων στο πλαίσιο των Nordic Superblocks, ενός νέου μοντέλου αστικού σχεδιασμού που προωθεί τη συλλογική διαχείριση υπαίθριων και κοινόχρηστων χώρων από τους κατοίκους. Η έρευνα, βασίζεται σε ποιοτική μεθοδολογία δύο φάσεων που κατέγραψε τόσο τις αντιλήψεις πιθανών μελλοντικών κατοίκων όσο και τις απόψεις ειδικών, αναδεικνύοντας ότι η κοινοχρησία χώρων και η έννοια της κοινότητας είναι αλληλοενισχυόμενα στοιχεία, τα οποία όμως περιπλέκονται από την κοινωνική αλληλεπίδραση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι έξυπνες τεχνολογίες μπορούν να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στην οργάνωση της χρήσης των κοινόχρηστων χώρων και στη διευκόλυνση των κοινωνικών δεσμών, προτείνοντας τέσσερις βασικούς ρόλους/λειτουργίες των τεχνολογιών αυτών. Η μελέτη συμβάλλει στη συζήτηση για τον ανθρωποκεντρικό σχεδιασμό της τεχνητής νοημοσύνης (Human-Centered Artificial Intelligence [HCAI]) και την προώθηση πιο βιώσιμων πρακτικών κατοίκησης σε μελλοντικές αστικές γειτονιές.

Οι Song και Pang (2023) προτείνουν ένα νέο γνωσιακό πλαίσιο (hierarchy matrix), για τη μέτρηση και την ταξινόμηση της μορφολογίας των Superblocks στην παλιά πόλη της Nanjing. Το προτεινόμενο πλαίσιο αναλύει τέσσερις διαστάσεις: τη διαμόρφωση δικτύου, τη γεωμετρία δικτύου, τη διαμόρφωση περιοχής και τη γεωμετρία περιοχής. Με τον τρόπο αυτόν, επιτρέπει μια ολοκληρωμένη αποτύπωση των σύνθετων δομικών ιδιοτήτων των Superblocks. Η έρευνα υποστηρίζει ότι το hierarchy matrix μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο για την κατανόηση της πολυπλοκότητας των δομημένων περιβαλλόντων σε ταχέως μεταβαλλόμενες πόλεις, καθώς και για την ανάπτυξη μεθόδων αξιολόγησης που θα στηρίζουν επιστημονικά τις πρακτικές αστικής ανανέωσης.

Η έρευνα των Li και Wilson (2023) αναπτύσσει ένα γενικευμένο μεθοδολογικό πλαίσιο για τη μοντελοποίηση των Superblocks στην πόλη του Los Angeles και για την αξιολόγηση των σχετικών ωφελειών στην υγεία. Οι συγγραφείς καθορίζουν πέντε κανόνες για την επιλογή αρτηριακών οδών και κατάλληλων οικοδομικών τετραγώνων, δημιουργώντας ένα λειτουργικό μοντέλο Superblock προσαρμοσμένο σε μια εκτεταμένη και πολυπληθή μητρόπολη. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο BenMap-CE, διεξάγουν ποσοτική ανάλυση πέντε σεναρίων, στα οποία μετατρέπεται σε Superblocks το 5%–50% των οικιστικών περιοχών, αξιολογώντας τη μείωση των επιβλαβών περιβαλλοντικών εκθέσεων και των νοσηλειών, καθώς και το αντίστοιχο οικονομικό όφελος. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μεγαλύτερες υγειονομικές και οικονομικές βελτιώσεις επιτυγχάνονται όταν μετασχηματίζεται το 5%–10% των οικιστικών περιοχών, ενώ τα οφέλη μειώνονται αισθητά μετά το 30%. Η έρευνα προσφέρει ένα πρακτικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων, βοηθώντας τους ενδιαφερόμενους να προσδιορίσουν την ισορροπία μεταξύ της μείωσης της αυτοκινητικής κυκλοφορίας και της μεγιστοποίησης των υγειονομικών ωφελειών σε μεγάλης κλίμακας αστικές παρεμβάσεις.

Οι Brenner et al. (2024) εξετάζουν την πορεία της εφαρμογής των Superblocks στη Βιέννη, από τα πρώτα στάδια συζήτησης έως την πειραματική εφαρμογή τους, αναλύοντας τόσο τις κλιματικές και υγειονομικές επιπτώσεις όσο και τη σχέση τους με το παραδοσιακό πολεοδομικό καθεστώς. Χρησιμοποιείται συνδυαστική μεθοδολογία όπου εφαρμόζεται μοντελοποίηση μεταφορών και συνεντεύξεις με φορείς. Έτσι, οι συγγραφείς αξιολογούν τρία υποθετικά σημεία εφαρμογής, δείχνοντας ότι οι μειώσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τα οφέλη για τη δημόσια υγεία είναι 2–3 φορές μεγαλύτερα σε λιγότερο προνομιούχες περιοχές συγκριτικά με τις πιο εύπορες. Παράλληλα, οι συνεντεύξεις αποκαλύπτουν πως πλαισιώνεται δημόσια το Superblock, ιδίως ως μέτρο κοινωνικής αναδιανομής, και πως επηρεάστηκε η επιλογή της περιοχής για τον πρώτο πιλοτικό σχεδιασμό. Καταλήγοντας, μια επιτυχής υιοθέτηση των Superblocks εξαρτάται τόσο από τα ποσοτικά περιβαλλοντικά οφέλη όσο και από τη δυναμική των δρώντων, των ενδιαφερόμενων πλευρών και των μηχανισμών διακυβέρνησης στο υπάρχον σύστημα πολεοδομικού σχεδιασμού.

Η έρευνα του Johnson (2024) εξετάζει το φαινόμενο του κινεζικού megablock, ένα υπερμεγέθες μοντέλο υπερ-οικοδομικού τετραγώνου που κυριαρχεί στη σύγχρονη αστική ανάπτυξη του Πεκίνου και αποτελεί κληρονομιά του σοβιετικά επηρεασμένου πολεοδομικού σχεδιασμού.

Με εμβαδά που συχνά υπερβαίνουν τα 40 εκτάρια και πληθυσμούς που μπορεί να ξεπεράσουν τις 100.000 κατοίκους, αυτά τα αυτόνομα και περιτειχισμένα πολεοδομικά σύνολα λειτουργούν ως «πόλεις μέσα στην πόλη», με εσωστρεφή οργάνωση, ελεγχόμενη πρόσβαση και ελάχιστη σύνδεση με τον περιβάλλοντα αστικό ιστό. Η έρευνα αναλύει τις κοινωνικές, πολιτισμικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες αυτής της τυπολογίας, υποστηρίζοντας ότι η επικράτησή της έχει συμβάλει στη δημιουργία εκτεταμένων αστικών αποσπασμάτων χωρίς συνοχή. Παράλληλα, ο συγγραφέας διερευνά πώς το megablock επιχειρεί να ενσωματώσει έναν αυτόνομο, βιώσιμο και αυτοοργανωμένο μικρόκοσμο μέσα σε ένα ενιαίο όριο, φέρνοντας στην επιφάνεια τις συγκρούσεις ανάμεσα στον πολεοδομικό και αστικό σχεδιασμό (Johnson, 2024).

Η έρευνα των Chachava et al. (2025) εξετάζει τρία διαφορετικά Superblocks στην Τιφλίδα, Sololaki, Kiacheli και την περιοχή γύρω από το London Park, αναπτύσσοντας εξατομικευμένα σχεδιαστικά μοντέλα κινητικότητας βασισμένα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής. Η ερευνητική διαδικασία στηρίχθηκε σε διεπιστημονική προσέγγιση και σε ένα ενοποιημένο σύνολο δεδομένων, που περιλαμβάνει τρισδιάστατη αποτύπωση μέσω laser scanning και φωτογραμμετρίας, εξειδικευμένες αναλύσεις πρόσβασης μέσω GIS και αναλύσεις από εμπειρογνώμονες. Η απόδοση κάθε Superblock καθορίστηκε από ένα αλγοριθμικό πλαίσιο που ενσωματώνει οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους, εστιάζοντας στην κινητικότητα ως ενοποιητικό στοιχείο των τριών πυλώνων. Οι προσομοιώσεις κινητικότητας περιλάμβαναν το περπάτημα, την ποδηλασία και τη δημόσια συγκοινωνία, με στόχο τη μείωση της χρήσης αυτοκινήτων Ιδιωτικής Χρήσης (ΙΧ) και των συναφών προβλημάτων, όπως ρύπανση, κυκλοφοριακή συμφόρηση, ατυχήματα, θόρυβος και αστική θερμική νησίδα. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων επηρέασαν βελτιστοποιήσεις στον χρονισμό της σηματοδότησης, στη λειτουργία κόμβων και στον μελλοντικό αστικό σχεδιασμό, ενώ η αναδιάρθρωση χώρων στάθμευσης και ορίων ταχυτήτων συνέβαλαν στη δημιουργία ζωνών αναψυχής, στη βελτίωση της προσβασιμότητας των μέσων μαζικής μεταφοράς και στην αποδοτικότερη ροή κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών. Συνολικά, η προσέγγιση επέτρεψε την ενίσχυση της κυκλοφοριακής ικανότητας και της ποιότητας ζωής των περιοχών χωρίς εκτεταμένες επεμβάσεις στον αστικό ιστό, παρέχοντας χρήσιμες συστάσεις για πολεοδόμους, αρχές και κατοίκους.

Οι Hernández-Palacio και Üzümlü (2025) αξιολογούν πέντε διαφορετικά αστικά μορφολογικά πρότυπα: συμπαγή οικοδομικά τετράγωνα, Superblocks ανοιχτής διάταξης, κατοικίες με βεράντες, πύργους και ιδιόκτητα οικοδομικά τετράγωνα (villa block). Για την αξιολόγηση χρησιμοποιούν τρεις κρίσιμες παραμέτρους βιωσιμότητας σε αρκτικές πόλεις: την ενεργειακή αποδοτικότητα, την ηλιακή πρόσβαση και την πεζή προσβασιμότητα σε βασικές αστικές λειτουργίες. Μελετώντας την πόλη Tromsø της Νορβηγίας ως μελέτη περίπτωσης, οι συγγραφείς συμπεραίνουν ότι τα συμπαγή αστικά τετράγωνα υπερέχουν σε ενεργειακή απόδοση και προσβασιμότητα, ενώ υστερούν σε ηλιακό φωτισμό σε σύγκριση με άλλες μορφές ανάπτυξης. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν ότι στρατηγικές αστικής πυκνότητας που ενισχύουν την ποικιλία χρήσεων γης αποτελούν ρεαλιστικές και βιώσιμες λύσεις για τη βελτιστοποίηση του αστικού περιβάλλοντος σε αρκτικές συνθήκες. Δεδομένων των παρόμοιων κλιματικών χαρακτηριστικών σε παράκτιες αρκτικές περιοχές, τα ευρήματα θεωρούνται εφαρμόσιμα και σε άλλες πόλεις με ανάλογες συνθήκες.

Το 2025 οι Kingham et al. (2025) εξέτασαν το κατά πόσο το μοντέλο Superblock μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματική στρατηγική αστικής αναγέννησης σε πόλεις χαμηλής πυκνότητας και υψηλής εξάρτησης από το αυτοκίνητο, εφαρμόζοντας το θεωρητικό πλαίσιο στην περίπτωση της πόλης Ōtautahi Christchurch στη Νέα Ζηλανδία. Μετά τους σεισμούς του 2010-2011, η πόλη αντιμετώπισε την ανάγκη ανασχεδιασμού του αστικού περιβάλλοντος και της ενίσχυσης της πυκνότητας, σε συνδυασμό με τη μείωση της εξάρτησης από το αυτοκίνητο. Μέσα από μια σειρά συναντήσεων και εργαστηρίων το 2024, οι ερευνητές κατέγραψαν αντιλήψεις, ανησυχίες και προσδοκίες σχετικά με την εφαρμογή των Superblocks. Τα ευρήματα δείχνουν ότι, παρά τις ιδιαιτερότητες μιας μη ευρωπαϊκής, αραιοκατοικημένης πόλης, το μοντέλο μπορεί να προάγει πιο βιώσιμους, ανθεκτικούς και ανθρώπινους κλίμακες δρόμους. Ωστόσο, η επιτυχία του βασίζεται σε συστημικές αλλαγές, οι οποίες δεν απαιτούν απαραίτητα μεγάλα οικονομικά κόστη, αλλά πολιτική βούληση και διατομεακή συνεργασία.

Η έρευνα των Tiran et al. (2025) επιδιώκει να αποσαφηνίσει την έννοια του Superblock μέσα από μια διεθνή e-Delphi διαδικασία και να εξετάσει πώς το θεωρητικό πλαίσιο αντανάκλαται στις τρέχουσες εφαρμογές στη Βιέννη και το Βερολίνο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, σε θεωρητικό επίπεδο, το μοντέλο συνεχίζει να διαθέτει σημαντική μετασχηματιστική ικανότητα. Ωστόσο, η πρακτική εφαρμογή παρουσιάζει εννοιολογικές ασάφειες, καθυστερήσεις και περιορισμούς, κυρίως λόγω πολιτικών πιέσεων και θεσμικών εμποδίων.

Η απόκλιση ανάμεσα στη θεωρία και στην πράξη αναδεικνύει προκλήσεις ως προς την ικανότητα των Superblocks να λειτουργήσουν ως μοχλός συστημικών μεταβάσεων, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για πιο σαφείς ορισμούς, σταθερή πολιτική υποστήριξη και ενισχυμένη διατομεακή συνεργασία.

2.2 Εργαλεία ανάλυσης και προσομοίωσης για την αξιολόγηση του μοντέλου

Η αξιολόγηση ενός σεναρίου αστικής αναδιάρθρωσης, όπως το μοντέλο Superblock, απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένων εργαλείων προσομοίωσης και ανάλυσης, ικανών να αποτυπώσουν την πολυπλοκότητα των αστικών συστημάτων μετακίνησης και τη δυναμική των χωρικών παρεμβάσεων. Στο πλαίσιο αυτό, η έρευνα εστιάζει σε λογισμικά που υποστηρίζουν την προσομοίωση κυκλοφορίας, την ανάλυση κινητικότητας και την αξιολόγηση επιπτώσεων στον αστικό χώρο. Τα εργαλεία αυτά επιτρέπουν την αναπαράσταση διαφορετικών σεναρίων, όπως η μείωση της κυκλοφορίας, η αλλαγή ορίων ταχύτητας ή η δημιουργία πράσινων αξόνων, και την ποσοτική εκτίμηση των αποτελεσμάτων τους σε όρους ροής, καθυστερήσεων, εκπομπών και προσβασιμότητας.

2.2.1 Εργαλεία συλλογής πληροφοριών

Η συλλογή και ανάλυση δεδομένων στη διεθνή βιβλιογραφία βασίζεται σε έναν συνδυασμό τεχνολογικών, αναλυτικών και συμμετοχικών εργαλείων, με στόχο την τεκμηριωμένη αποτύπωση των πολεοδομικών και κοινωνικών παραμέτρων που επηρεάζουν την εφαρμογή του μοντέλου των Superblocks. Οι ερευνητικές ομάδες προσεγγίζουν το αντικείμενο με ολοκληρωμένη μεθοδολογία, που συνδυάζει ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα, επιτόπια παρατήρηση και ψηφιακή ανάλυση χωρικών στοιχείων.

Στις έρευνες που προαναφέρθηκαν, ο Eggimann (2022) χρησιμοποιεί γεωχωρική ανάλυση και ανάλυση δικτύου για την ταυτοποίηση των Miniblock και Superblock, ενώ βασίζεται σε μια γραφική αναπαράσταση των οδικών αξόνων. Η βασική επεξεργασία και μορφοποίηση γίνεται από το OpenStreetMap, μια ανοιχτή πηγή δεδομένων γεωγραφικών πληροφοριών.

Στα πιλοτικά Superblocks της Τιφλίδας, οι Chachava et al. (2025) χρησιμοποίησαν προηγμένες τεχνικές αποτύπωσης, όπως τρισδιάστατη σάρωση με λέιζερ (3D laser scanning) και φωτογραμμετρία, προκειμένου να καταγράψουν με ακρίβεια τη γεωμετρία του αστικού χώρου, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των κτιρίων και τη διάταξη των δημόσιων υποδομών. Παράλληλα, εφαρμόστηκαν GIS, τα οποία λειτούργησαν ως βασικό εργαλείο για τη χαρτογράφηση και ανάλυση των δικτύων μετακίνησης, της προσβασιμότητας και της σχέσης των λειτουργιών της πόλης. Η χρήση GIS επέτρεψε τη δημιουργία χωρικών βάσεων δεδομένων που περιλάμβαναν στοιχεία κυκλοφορίας, πυκνότητας πληθυσμού, χρήσεων γης και περιβαλλοντικών δεικτών, τα οποία στη συνέχεια αξιοποιήθηκαν στην αλγοριθμική μοντελοποίηση.

Αντίστοιχα, στην έρευνα των Caballero et al. (2022) για το Casco Antiguo της Πόλης του Παναμά, η συλλογή πληροφοριών στηρίχθηκε κυρίως σε επιτόπια έρευνα και καταγραφή των στοιχείων της οδικής και πεζοδρομιακής υποδομής. Πραγματοποιήθηκαν αυτοψίες και μετρήσεις που περιλάμβαναν την καταγραφή των διαστάσεων των οδών, των πεζοδρομίων, των σημείων στάθμευσης, καθώς και των εμποδίων που περιορίζουν την πεζή κυκλοφορία. Παράλληλα, καταγράφηκαν τα στοιχεία αστικής ταυτότητας της περιοχής, προκειμένου να διαμορφωθεί μια πλήρης εικόνα της υπάρχουσας κατάστασης.

2.2.2 Εργαλεία προσομοίωσης

Η προσομοίωση της κυκλοφορίας αποτελεί μια θεμελιώδη μεθοδολογική προσέγγιση στη σύγχρονη έρευνα για τη διαχείριση και τον σχεδιασμό αστικών δικτύων μετακίνησης. Χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση των συνθηκών κυκλοφορίας, την εκτίμηση επιπτώσεων νέων παρεμβάσεων και τη δοκιμή εναλλακτικών σεναρίων οργάνωσης της κινητικότητας. Μέσα από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι τα μοντέλα προσομοίωσης διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: τα μικροσκοπικά, που εστιάζουν στη συμπεριφορά μεμονωμένων οχημάτων και πεζών· τα μακροσκοπικά, που προσεγγίζουν τη ροή κυκλοφορίας ως συλλογικό φαινόμενο· και τα μεσοσκοπικά, τα οποία συνδυάζουν χαρακτηριστικά και από τις δύο προηγούμενες κατηγορίες (Azlan & Rohani, 2018). Αυτή η πολυεπίπεδη προσέγγιση επιτρέπει στους ερευνητές να προσεγγίζουν με ακρίβεια διαφορετικές κλίμακες του αστικού περιβάλλοντος, από τη ροή σε μεμονωμένους δρόμους μέχρι τη συνολική λειτουργία ενός δικτύου μετακινήσεων.

Στο πλαίσιο αυτό, η προσομοίωση κυκλοφοριακών συνθηκών θεωρείται πλέον απαραίτητο εργαλείο για την κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπων, οχημάτων και υποδομών, αλλά και για την αξιολόγηση και βελτιστοποίηση μοντέλων βιώσιμης κινητικότητας όπως τα Superblocks. Ενδεικτικά, λογισμικά όπως το Simulation of Urban Mobility (SUMO) και το Planung Transport Verkehr (PTV) Vissim χρησιμοποιούνται ευρέως διεθνώς για τη μελέτη της μικρο-κινητικότητας, της ροής οχημάτων και της δυναμικής των διαφορετικών μέσων μεταφοράς μέσα στον αστικό ιστό, επιτρέποντας την ανάπτυξη αξιόπιστων προσομοιώσεων και την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων στον αστικό σχεδιασμό.

Το SUMO αποτελεί ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται ευρέως για τη μικροσκοπική προσομοίωση της κυκλοφορίας οχημάτων, ποδηλάτων και πεζών. Το σύστημα βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα χωρικής και χρονικής ανάλυσης, προσφέροντας τη δυνατότητα ακριβούς αναπαράστασης της αστικής κινητικότητας. Χάρη στην παραμετροποιήσιμη δομή του, το SUMO μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά σενάρια αστικού σχεδιασμού, αξιολογώντας εναλλακτικές μορφές μετακίνησης και την αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον. Έτσι, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων σε αστικά περιβάλλοντα χάρη σε μοντέλα βελτιστοποίησης τη ροή της κυκλοφορίας (Essamlali et al., 2025). Η εφαρμογή του έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μελέτη των Superblocks, καθώς επιτρέπει τη μοντελοποίηση πολύπλοκων αστικών πλεγμάτων και τη μέτρηση των επιπτώσεων.

Η σουίτα προσομοίωσης SUMOPy / SUMO, επεκτείνει τις δυνατότητες της πλατφόρμας προσφέροντας μικροσκοπική προσομοίωση που αναπαριστά στατιστικά τον πραγματικό πληθυσμό μιας πόλης. Το SUMOPy λειτουργεί ως εργαλείο διαχείρισης σεναρίων και ανάλυσης, ενσωματώνοντας μοντέλα ζήτησης που αναπαριστούν τις ατομικές επιλογές μετακίνησης μετακίνησης, από πόρτα σε πόρτα, καθώς και μοντέλα προσφοράς που περιλαμβάνουν πλήρη αποτύπωση του οδικού δικτύου. Η πληροφορία αυτή αντλείται από δεδομένα OpenStreetMap (OSM), τα οποία περιλαμβάνουν συνδέσεις, κόμβους, λωρίδες, φανάρια, χώρους στάθμευσης και δίκτυα δημόσιας συγκοινωνίας εισαγόμενα από General Transit Feed Specification (GTFS) (Nguyen et al., 2024). Αυτή η ενσωμάτωση δεδομένων καθιστά το SUMOPy ένα ιδιαίτερα ισχυρό εργαλείο για τον σχεδιασμό βιώσιμων αστικών δικτύων, την εκτίμηση επιπτώσεων νέων πολιτικών μεταφορών και την προσομοίωση εναλλακτικών σεναρίων κινητικότητας στο πλαίσιο αστικών μετασχηματισμών.

Το PTV Vissim αποτελεί ένα από τα πλέον καθιερωμένα εργαλεία μικροσκοπικής προσομοίωσης κυκλοφορίας, προσφέροντας μια ιδιαίτερα ευέλικτη πλατφόρμα που αξιοποιείται τόσο σε σύνθετες ερευνητικές αναλύσεις όσο και σε πρακτικές εφαρμογές συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να διαμορφώνουν προσομοιώσεις χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού, αξιοποιώντας ένα ευρύ φάσμα αντικειμένων και εργαλείων που καλύπτουν πολλαπλούς τρόπους μετακίνησης, από οχήματα ιδιωτικής χρήσης έως πεζούς, ποδηλάτες, μέσα μαζικής μεταφοράς και σιδηροδρομικά συστήματα. Το λογισμικό επιτρέπει συνεχή ανανέωση της θέσης κάθε μονάδας ανά κλάσμα του δευτερολέπτου, προσφέροντας ακριβή αποτύπωση της δυναμικής της κυκλοφορίας και επιτρέποντας τη διερεύνηση σεναρίων που αφορούν τη λειτουργία σηματοδοτών, τον έλεγχο ταχύτητας, τη διαχείριση λωρίδων, την προτεραιοποίηση μέσων μαζικής μεταφοράς και τη συμπεριφορά πεζών σε πολυτροπικά περιβάλλοντα. Η εφαρμογή του PTV Vissim εκτείνεται από μελέτες αυτοκινητοδρόμων και οδικών αξόνων μέχρι την αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών κυκλοφοριακής διαχείρισης και έργων υποδομής, προσφέροντας δυνατότητες που χρησιμοποιούνται τόσο από δημόσιους οργανισμούς όσο και από μελετητές και ακαδημαϊκά ιδρύματα. Μέσα από την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων και συνθηκών φόρτου, το σύστημα συμβάλλει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, στον εντοπισμό σημείων συμφόρησης και στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των μεταφορικών δικτύων, επιβεβαιώνοντας τον σημαντικό ρόλο του στη σύγχρονη έρευνα και πράξη της αστικής κινητικότητας (Fellendorf & Vortisch, 2010).

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι έρευνες που χρησιμοποιούν το λογισμικό PTV Vissim επικεντρώνονται στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και στην αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών διαχείρισης της κυκλοφορίας σε αστικά περιβάλλοντα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι έρευνες των Islam (2021) και Tohom et al. (2025). Στην πρώτη περίπτωση το λογισμικό χρησιμοποιείται για την προσομοίωση πολυσύνθετων συνθηκών κυκλοφορίας, επιτρέποντας την αποτύπωση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ οχημάτων και πεζών σε πραγματικό χρόνο. Μέσω της μικροσκοπικής προσέγγισης, το μοντέλο βοηθά στον εντοπισμό κρίσιμων σημείων, όπου ο κίνδυνος για πεζούς αυξάνεται, και προσφέρει τη δυνατότητα δοκιμής και αξιολόγησης παρεμβάσεων που ενισχύουν την ασφάλεια, όπως βελτιωμένη σηματοδότηση, ανασχεδιασμός διασταυρώσεων και εφαρμογή έξυπνων συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας.

Στο δεύτερο παράδειγμα Tohom et al. (2025), το λογισμικό αξιοποιείται για την προσομοίωση εναλλακτικών σεναρίων που αφορούν την προσθήκη ποδηλατοδρόμων, επιτρέποντας την ποσοτική ανάλυση των επιπτώσεων στην οδική ικανότητα, στις ταχύτητες και στη συνολική απόδοση του οδικού άξονα. Η προσομοίωση αποκαλύπτει πώς οι ποδηλατικές υποδομές μπορούν να ενσωματωθούν χωρίς να υποβαθμίζουν σημαντικά τις κυκλοφοριακές ροές, ή, αντιθέτως, πώς ενδέχεται να δημιουργηθούν νέοι περιορισμοί που απαιτούν περαιτέρω βελτιστοποίηση. Συνολικά, οι δύο αυτές εφαρμογές καταδεικνύουν την ευελιξία και την αναλυτική δύναμη του PTV Vissim ως εργαλείο λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων στην αστική κινητικότητα, προσφέροντας μια αξιόπιστη πλατφόρμα για την αξιολόγηση παρεμβάσεων που προάγουν την ασφάλεια και τη βιωσιμότητα.

2.2.3 Διεθνής βιβλιογραφία για το Superblock

Οι έρευνες σχετικά με την εφαρμογή του μοντέλου Superblock ολοένα και αυξάνονται, καθώς πολλές πόλεις παγκοσμίως αναζητούν τρόπους να αναδιαμορφώσουν το αστικό περιβάλλον με στόχο τη βιώσιμη κινητικότητα, την περιβαλλοντική αναβάθμιση και την ενίσχυση της ποιότητας ζωής. Η εμπειρία της Βαρκελώνης αποτελεί το πιο χαρακτηριστικό και συχνά μελετημένο παράδειγμα καθώς δεν περιορίζεται μόνο στις περιβαλλοντικές και υγειονομικές του επιπτώσεις, αλλά επεκτείνεται και σε πολιτικές - κοινωνικές πτυχές. Η πρωτοβουλία εντάσσεται στο πλαίσιο του πράσινου αστικού σχεδιασμού και της λογικής της “έξυπνης πόλης”, προβάλλοντας μια νέα προσέγγιση που αντιμετωπίζει την ίδια την πόλη ως μέσο επίλυσης σύγχρονων περιβαλλοντικών προκλήσεων μέσω παρεμβάσεων μικρής κλίμακας, με έμφαση στην κινητικότητα και την ανακατανομή του δημόσιου χώρου. Ωστόσο, όπως δείχνουν οι πολιτικές αναλύσεις, το εγχείρημα έχει συχνά αποτελέσει πεδίο αντιπαράθεσης μεταξύ διαφορετικών θεσμικών και κοινωνικών δρώντων.. Το παράδειγμα της Βαρκελώνης αναδεικνύει ότι η εφαρμογή και αποδοχή των Superblocks δεν αποτελεί μόνο ζήτημα τεχνικού σχεδιασμού ή περιβαλλοντικής αποτελεσματικότητας, αλλά εμπλέκει δυναμικές πολιτικής διαμάχης, οικονομικών συμφερόντων και κοινωνικής διαπραγμάτευσης γύρω από τον χαρακτήρα του αστικού χώρου.

Η έρευνα των Mueller et al. (2020) αξιολογεί τις αναμενόμενες επιπτώσεις στην υγεία από την πλήρη εφαρμογή 503 Superblocks στη Βαρκελώνη, χρησιμοποιώντας ποσοτική εκτίμηση κινδύνου για να υπολογίσει αλλαγές στη φυσική δραστηριότητα, την ατμοσφαιρική ρύπανση (NO₂), τον θόρυβο, στους χώρους πρασίνου και στη μείωση της αστικής θερμικής νησίδας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εφαρμογή του μοντέλου θα μπορούσε να αποτρέψει περίπου 667 πρόωρους θανάτους ετησίως, με τη μεγαλύτερη συμβολή να προέρχεται από τη μείωση του NO₂, ενώ επιπλέον θα αύξανε το προσδόκιμο ζωής του ενήλικου πληθυσμού κατά περίπου 200 ημέρες και θα παρήγαγε σημαντικό οικονομικό όφελος. Η έρευνα καταλήγει ότι τα Superblocks μπορούν να μειώσουν επιβλαβείς περιβαλλοντικές εκθέσεις και να ενισχύσουν την υγεία, με την προϋπόθεση ότι εφαρμόζονται ισότιμα σε όλη την πόλη· παρόμοια οφέλη αναμένονται και σε άλλες πόλεις με αντίστοιχες προκλήσεις.

Στην έρευνα των Zografos et al. (2020) εξετάζεται εμπειρικά πώς η «καθημερινή» αστική πολιτική επηρεάζει την υλοποίηση μετασχηματιστικών δράσεων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, μέσα από την ανάλυση του Superblock στο Poblenou της Βαρκελώνης. Οι συγγραφείς δείχνουν ότι η βασική πηγή αντίστασης δεν είναι μόνο οι αλλαγές στον αστικό χώρο, αλλά ο πολιτικός αγώνας για το ποιος έχει την εξουσία να καθορίσει το μέλλον της πόλης. Οι συγκρουόμενες φιλοδοξίες, οι βραχυπρόθεσμες πολιτικές επιδιώξεις και ο ανταγωνιστικός αστικός σχεδιασμός συχνά υπερισχύουν των περιβαλλοντικών και κοινωνικών οφελών του έργου. Επιπλέον, η αμφισβήτηση της εξουσίας των «πρωταθλητών του κλίματος» είναι ικανή να υπονομεύσει τόσο τα αποτελέσματα της προσαρμογής όσο και την πολιτική τους θέση. Οι συγγραφείς καταλήγουν ότι η μετασχηματιστική προσαρμογή μπορεί να παρεμποδιστεί όχι μόνο λόγω φόβων για τις επιπτώσεις της, αλλά και λόγω με το ποιος αποφασίζει για το «κοινό καλό».

Η έρευνα των López et al. (2020) εξετάζει τον ρόλο των Superblocks ως εργαλείο για τον μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή μέσα στις πόλεις, οι οποίες αποτελούν ταυτόχρονα βασικές πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αλλά και περιοχές που υφίστανται έντονα τις επιπτώσεις τους. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν το Superblock ως ένα μη επεμβατικό μοντέλο αστικής κινητικότητας που αναδιαρθρώνει το οδικό δίκτυο, μειώνει τη χρήση αυτοκινήτου, ενισχύει τους χώρους πρασίνου και βελτιώνει την ποιότητα ζωής.

Η περίπτωση της Βαρκελώνης αναλύεται ως πρωτοποριακό παράδειγμα, όπου η πολιτική ηγεσία και η θεσμική υποστήριξη υπήρξαν καθοριστικές για την εφαρμογή και κοινωνική αποδοχή του έργου. Ωστόσο, η έρευνα αναδεικνύει και σημαντικές προκλήσεις, όπως η ανάγκη ανασχεδιασμού των δημόσιων συγκοινωνιών, ο κίνδυνος αλλαγών στην περιφερειακή κυκλοφορία και η πιθανότητα γκετοποίησης ή εξευγενισμού (López et al., 2020).

Το άρθρο των Zhuo et al. (2022) εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο ο σχεδιασμός των εισόδων-εξόδων των Superblocks επηρεάζει άμεσα την οδική ασφάλεια, ιδιαίτερα στις ταχέως αναπτυσσόμενες ασιατικές πόλεις όπου το μοντέλο αυτό είναι πλέον κυρίαρχο. Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι τα σημεία πρόσβασης των Superblocks δημιουργούν συχνά συμφόρηση και συγκρούσεις μεταξύ οχημάτων και ευάλωτων χρηστών, ενώ οι υφιστάμενες κατευθυντήριες οδηγίες για το πλάτος εισόδου και την ακτίνα καμπύλης είναι απλουστευμένες για ένα τόσο σύνθετο κυκλοφοριακό περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό αναπτύσσουν λεπτομερή μοντέλα σχεδιασμού που λαμβάνουν υπόψη συγκρούσεις μεταξύ στρεφόντων και διερχόμενων οχημάτων, αλληλεπιδράσεις μεταξύ μηχανοκίνητης και μη μηχανοκίνητης κυκλοφορίας, διαφορές ταχύτητας άνω των 10 km/h και εκτροπές λωρίδας. Τα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση του συνδυασμού πλάτους εισόδου και ακτίνας καμπύλης ώστε να μειώνονται οι συγκρούσεις, οι εκτροπές και οι επικίνδυνες διαφορές ταχύτητας. Σε μελέτη περίπτωσης, επτά από τις δέκα εισόδους εμφάνισαν βελτίωση άνω του 16%.

Το 2023 οι Anguelovski et al. (2023) εξέτασαν πώς ο μετασχηματιστικός πολεοδομικός σχεδιασμός, όπως το πρόγραμμα των Superblocks στη Βαρκελώνη, παραβλέπει κρίσιμες πτυχές της χωρικής ισότητας, παρά τις οικολογικές και υγειονομικές του φιλοδοξίες. Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι ο σχεδιασμός που αναμορφώνει ριζικά τις χρήσεις γης, τους δημόσιους χώρους και τη μορφή της πόλης πρέπει να ενσωματώνει εξαρχής ζητήματα κατανομητικής και σχεσιακής δικαιοσύνης, όπως η αξιολόγηση αναγκών βάσει διαθεματικότητας (intersectionality), η άνιση κατανομή ωφελειών ή επιβαρύνσεων σε τοπικό επίπεδο, οι αρχές «κινηματικής δικαιοσύνης», ο κίνδυνος αποκλεισμού και ο πράσινος εξευγενισμός. Παράλληλα, τονίζουν τη σημασία της διαδικαστικής δικαιοσύνης, δηλαδή της ουσιαστικής συμμετοχής των κατοίκων στις αποφάσεις και υποστηρίζουν ότι χωρίς σαφείς στρατηγικές που να θέτουν την κοινωνική δικαιοσύνη στο επίκεντρο, ο μετασχηματιστικός σχεδιασμός μπορεί να δημιουργήσει νέες ανισότητες ή να εντείνει τις υφιστάμενες.

Στην έρευνα του Honey-Rosés (2023) παρουσιάζεται πώς τα Superblocks της Βαρκελώνης έχουν εξελιχθεί σε έναν παγκόσμια αναγνωρισμένο χώρο αστικού μετασχηματισμού. Ο συγγραφέας δείχνει ότι η καινοτόμα αυτή προσέγγιση στον πολεοδομικό σχεδιασμό έχει προσελκύσει ερευνητές, φοιτητές, επαγγελματίες και φορείς πόλεων από όλο τον κόσμο, οι οποίοι επισκέπτονται τη Βαρκελώνη για να μελετήσουν επί τόπου τις αλλαγές, τις διαδικασίες και τις επιπτώσεις των Superblocks. Αξιοποιώντας μεθόδους όπως επιτόπιες έρευνες, συνεντεύξεις, αναλύσεις, γεωχωρική μοντελοποίηση και προσομοιώσεις, η μελέτη καταγράφει λεπτομερώς συγκεκριμένες πτυχές του εγχειρήματος αναδεικνύει πώς τα Superblocks λειτουργούν ως εργαστήρια για νέες ιδέες, ως χώροι για φοιτητική διερεύνηση και ως πρακτικά παραδείγματα που επιτρέπουν στους επαγγελματίες να εξετάσουν και να επαναπροσδιορίζουν τι είναι εφικτό στις δικές τους πόλεις. Οι συγγραφείς υποστηρίζει ότι το πρόγραμμα έχει συμβάλει στην πρόοδο της αστικής καινοτομίας, φέρνοντας τις πόλεις πιο κοντά σε ένα μοντέλο ευέλικτου και πειραματικού σχεδιασμού που ενσωματώνει τη μάθηση και τη δημιουργία γνώσης στην πρακτική της πολεοδομίας.

Οι Sarwar et al. (2023) διερεύνησαν το πώς η μετάβαση από τα συμβατικά οχήματα σε ένα περιβάλλον πλήρως αυτοματοποιημένης κινητικότητας μπορεί να επηρεάσει τον σχεδιασμό των πεζοκεντρικών πόλεων, χρησιμοποιώντας το μοντέλο των Superblocks. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι οι πόλεις που παραμένουν εξαρτημένες από το αυτοκίνητο πρέπει να ανασχεδιάσουν τις οδικές υποδομές τους ώστε να ενισχύουν τη βιώσιμη κινητικότητα, ακόμη και με την παρουσία αυτόνομων οχημάτων (Autonomous Vehicles [AVs]). Στο προτεινόμενο μοντέλο Superblock, η διαμπερής κυκλοφορία περιορίζεται, γεγονός που δημιουργεί περισσότερο χώρο για δημόσιες και πεζοδρομημένες περιοχές. Η έρευνα εφαρμόζει έναν γενετικό αλγόριθμο και χρησιμοποιεί δυναμική ανάθεση χρήστη για να αξιολογήσει τρία σενάρια διείσδυσης AVs, εξετάζοντας τη μεταβλητή κυκλοφοριακή ζήτηση και τον μεταβλητό αριθμό Superblocks. Μέσα από ανάλυση κόστους-οφέλους και εφαρμογή στο οδικό δίκτυο της Βαρκελώνης, οι συγγραφείς δείχνουν ότι η αυξανόμενη χρήση AVs, σε συνδυασμό με το μοντέλο Superblocks, μπορεί να βελτιώσει τις συνολικές επιδόσεις του δικτύου, όπως αποτυπώνεται στο μακροσκοπικό θεμελιώδες διάγραμμα.

Η έρευνα του Eggimann (2025) εξετάζει κριτικά το μοντέλο των Superblocks της Βαρκελώνης, το οποίο έχει αναδειχθεί σε μια ιδιαίτερα επιδραστική στρατηγική αστικού μετασχηματισμού με στόχο τη μείωση της κυριαρχίας του αυτοκινήτου και τη βελτίωση της βιωσιμότητας και της ποιότητας ζωής στις πόλεις. Ο συγγραφέας επισημαίνει ότι η υλοποίηση των Superblocks σε διαφορετικά γεωγραφικά πλαίσια δείχνει την ευελιξία και την προσαρμοστικότητα της έννοιας, ενώ προτείνει έναν συνδυασμός παρεμβάσεων κινητικότητας, μετασχηματισμού των οδών και υποστηρικτικών μέτρων ως πυρήνα μιας επιτυχημένης εφαρμογής. Παράλληλα, ο Eggimann αναδεικνύει πέντε κρίσιμα πεδία για μια μελλοντική ερευνητική ατζέντα: την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων βιωσιμότητας, την ολοκληρωμένη ανάλυση, την επιλογή βέλτιστων τοποθεσιών για εφαρμογή, τη διερεύνηση κόστους και την ανάπτυξη μεθόδων ταχείας υλοποίησης. Μέσα από αυτήν την προοπτική, το άρθρο τονίζει ότι τα Superblocks δεν αποτελούν μόνο μια κυκλοφοριακή παρέμβαση, αλλά ένα εργαλείο μετάβασης προς μια πιο βιώσιμη αστική μορφή, απαιτώντας ισχυρή τεκμηρίωση των θετικών τους αποτελεσμάτων και ολοκληρωμένο σχεδιασμό που να δικαιολογεί επιλογές χωροθέτησης και συγκεκριμένες οδικές διαμορφώσεις.

Το 2025 οι Banias et al. (2025) εξέτασαν την εφαρμογή του μοντέλου Superblock στη Θεσσαλονίκη, εστιάζοντας ιδιαίτερα στις αντιλήψεις και τον βαθμό αποδοχής των κατοίκων. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν ερωτηματολόγιο για να διερευνήσουν τον βαθμό ενημέρωσης, τις στάσεις και τις πιθανές αλλαγές στις συνήθειες μετακίνησης των συμμετεχόντων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι μόνο το 60% των ερωτηθέντων γνώριζε αρχικά την έννοια των Superblocks, ωστόσο μετά την ενημέρωση στο πλαίσιο της έρευνας, το 69.7% δήλωσε ότι συμφωνεί ή συμφωνεί πολύ με την υλοποίηση ενός Superblock στη Θεσσαλονίκη. Επιπλέον, ένα συντριπτικό 93.9% των συμμετεχόντων εξέφρασε την επιθυμία να αξιοποιηθεί ο απελευθερωμένος δημόσιος χώρος για δημιουργία πράσινων χώρων όπως πάρκα και κήποι. Η μελέτη καταδεικνύει σημαντική αποδοχή του μοντέλου και επισημαίνει ότι οι ανάγκες και οι προτιμήσεις των κατοίκων πρέπει να αποτελούν κεντρικό στοιχείο στον αστικό σχεδιασμό.

2.2.4 Διεθνής βιβλιογραφία για τα προγράμματα προσομοίωσης PTV Vissim και SUMO

Οι Rakkesh et al. (2016) διερευνούν πώς η πολυτροπική ανάλυση μεταφορών μπορεί να βελτιώσει τον αστικό κυκλοφοριακό σχεδιασμό, ειδικά σε περιβάλλοντα με αυξανόμενη συμφόρηση, όπως η πόλη του Κολόμπο στη Σρι Λάνκα.

Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν τον μικροσκοπικό προσομοιωτή SUMO για να μελετήσουν τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ πεζών, ιδιωτικών οχημάτων, μοτοσικλετών και μέσων δημόσιας μεταφοράς. Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν πως αυτές οι αλληλεπιδράσεις επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη συνολική κυκλοφοριακή λειτουργία της πόλης, αναδεικνύοντας ότι για να είναι αποτελεσματικός ο αστικός σχεδιασμός απαιτεί ουσιαστική κατανόηση της πολυπλοκότητας των μεταφορικών συστημάτων. Η έρευνα αναδεικνύει τον κρίσιμο ρόλο της προσομοίωσης στη δοκιμή νέων στρατηγικών πριν από την εφαρμογή τους σε πραγματικές συνθήκες, προσφέροντας έναν ασφαλή τρόπο να αξιολογηθούν εναλλακτικές λύσεις και να διαμορφωθούν τεκμηριωμένες στρατηγικές για τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης (Rakkesh et al., 2016).

Η έρευνα των Prahara και Vermolen (2018) εξετάζει τις επιπτώσεις της κατασκευής υπόγειας διάβασης στην οδό Metro Pondok Indah στη Jakarta, όπου η προσωρινή στένωση του οδοστρώματος προκάλεσε εντονότερη συμφόρηση, αυξημένο χρόνο ταξιδιού και μείωση της μέσης ταχύτητας των οχημάτων. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης PTV Vissim, οι ερευνητές ανέπτυξαν ένα μοντέλο που προσεγγίζει τις πραγματικές κυκλοφοριακές συνθήκες, τόσο κατά τη διάρκεια της συμφόρησης όσο και υπό κανονικές συνθήκες. Μέσω διαδικασίας βαθμονόμησης και αξιολόγησης με τον δείκτη Geoffrey E. Havers (GEH), το μοντέλο προσαρμόστηκε ώστε οι τιμές να βρίσκονται κάτω από το αποδεκτό όριο 5,0, αποδεικνύοντας ότι η προσομοίωση αντανακλά ρεαλιστικά τη συμπεριφορά της κυκλοφορίας στη Jakarta. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι κατάλληλα βαθμονομημένα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση των επιπτώσεων μεγάλων έργων οδικής υποδομής σε αστικές περιοχές.

Στην έρευνα των Zhao et al. (2018) εξετάζεται η περίπτωση της διασταύρωσης Cuihua Road–Yucaí Road στην πόλη Xi'an, χρησιμοποιώντας το λογισμικό PTV Vissim για την αποτύπωση των υφιστάμενων κυκλοφοριακών συνθηκών και της λειτουργίας της σηματοδότησης. Βάσει της προσομοίωσης, διερευνώνται εναλλακτικά σενάρια βελτιστοποίησης του χρονισμού και της διάταξης των λωρίδων, τα οποία αξιολογούνται ως προς την απόδοσή τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το προτεινόμενο σχήμα μειώνει ουσιαστικά τον χρόνο καθυστέρησης και το μήκος ουράς στον κόμβο, συμβάλλοντας σημαντικά σε μια πιο αποτελεσματική λειτουργία του αστικού οδικού δικτύου.

Οι Khumara et al. (2018) ερεύνησαν τη ρεαλιστική προσομοίωση αστικής κινητικότητας χρησιμοποιώντας το λογισμικό SUMO, βασισμένη σε πραγματικά δεδομένα κυκλοφοριακών μετρήσεων από την πόλη της Surabaya. Το SUMO επιτρέπει την αναπαράσταση της κίνησης οχημάτων σε μικροσκοπικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, όπως όρια ταχύτητας, κανόνες κόμβων και λογικές σηματοδότησης. Η έρευνα αξιοποιεί δεδομένα ζήτησης και μοντελοποιεί τα κυκλοφοριακά πρότυπα της πόλης, τα οποία στη συνέχεια ενσωματώνονται σε ένα σύστημα εκτίμησης της κυκλοφοριακής κατάστασης με χρήση Kalman filter. Παρά τη δυνατότητα του συστήματος να αποτυπώσει την κυκλοφοριακή διακύμανση, με ώρα αιχμής μεταξύ 16:00-17:00, οι συγγραφείς εντοπίζουν σημαντικό σφάλμα έως 49% στην εκτίμηση ταχύτητας, αναδεικνύοντας τόσο τις δυνατότητες όσο και τις προκλήσεις της προσομοίωσης.

Οι Rakipi et al. (2018) προτείνουν μια μεθοδολογία εκτίμησης του ημερήσιου βαθμού χρήσης οχήματος στην Τίρανα, αξιοποιώντας μικροσκοπική προσομοίωση κυκλοφορίας με το SUMO. Η προσομοίωση επιτρέπει την υπολογιστική αποτύπωση των κινήσεων της πόλης και την αξιολόγηση των μέσων αποστάσεων μετακίνησης. Βάση καθορισμένων ορίων απόστασης/χρόνου, αναγνωρίζονται προορισμοί που μπορούν να επιτευχθούν εύκολα χωρίς αυτοκίνητο. Επιπλέον, η ύπαρξη άμεσης λεωφορειακής γραμμής και ο απαιτούμενος χρόνος μετακίνησης πεζή ενσωματώνονται στον προσδιορισμό του ορίου αυτού. Χρησιμοποιώντας δεδομένα παρακολούθησης, η έρευνα καταγράφει τον καθημερινό όγκο οδήγησης και καταλήγει ότι η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να συμβάλλει στον εντοπισμό περιπτώσεων όπου η χρήση ιδιωτικού οχήματος μπορεί να αποφευχθεί.

Οι Samuel et al. (2022) εξετάζουν την περιοχή Kathrikadavu στο Ernakulam της Ινδίας, συλλέγοντας επιτόπια δεδομένα σχετικά με την ένταση της κυκλοφορίας, τη χρήση γης και τις πεζές μετακινήσεις. Η ανάλυση δείχνει ότι η ελλιπής σχεδίαση κόμβων, η απουσία επαρκών φωτεινών σηματοδοτών και η συνολική ανεπάρκεια διαχείρισης κυκλοφορίας αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες συμφόρησης στην περιοχή. Οι ερευνητές προτείνουν μια σειρά παρεμβάσεων όπως βελτιώσεις κόμβων, εναλλακτικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις και εφαρμογή σηματοδότησης, συνδυάζοντάς τις με βιώσιμα μέτρα. Η αποδοτικότητα αυτών των λύσεων αξιολογείται μέσω μικροσκοπικής προσομοίωσης με τα εργαλεία PTV Vissim και PTV Vistro, τα οποία επιτρέπουν λεπτομερή ανάλυση του μήκους ουράς και των καθυστερήσεων σε διαφορετικά σενάρια.

Οι Azam et al. (2023) εξετάζουν τις προκλήσεις της προσομοίωσης ετερογενούς κυκλοφορίας, η οποία χαρακτηρίζεται από μίξη οχημάτων διαφορετικών διαστάσεων και απρόβλεπτων συμπεριφορών οδήγησης, όπως η μη τήρηση λωρίδων και η διάχυση δικύκλων στους κόμβους. Η μελέτη αναλύει πώς η βαθμονόμηση, η προσαρμογή δηλαδή κρίσιμων παραμέτρων στο PTV Vissim ώστε η προσομοίωση να ανταποκρίνεται σε πραγματικές συνθήκες, αποτελεί θεμελιώδη διαδικασία για την αναπαράσταση τόσο πολύπλοκων συστημάτων. Στην επισκόπηση, καταγράφονται οι γεωμετρικές συνθήκες, τα απαιτούμενα δεδομένα και οι τεχνικές συλλογής τους, καθώς και οι μεθοδολογίες βαθμονόμησης που έχουν εφαρμοστεί σε προηγούμενες έρευνες. Η ανάλυση κειμένου με χρήση του VOSviewer αναδεικνύει ότι η ανάλυση ευαισθησίας και οι γενετικοί αλγόριθμοι αποτελούν τις κυρίαρχες προσεγγίσεις για επιλογή και βελτιστοποίηση παραμέτρων αντίστοιχα. Παρά τη σημαντική πρόοδο, οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι παραμένουν κενά στην προσομοίωση της πραγματικής πολυπλοκότητας της μη λωριδοποιημένης κυκλοφορίας των αναπτυσσόμενων χωρών, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σε ποικίλες τοπικές συνθήκες ώστε να προκύψουν βέλτιστα σύνολα παραμέτρων οδικής συμπεριφοράς.

Η έρευνα των Tshibangu-Muabila et al. (2023) παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στη μελέτη των πρότυπων κυκλοφορίας, της ανθρώπινης συμπεριφοράς και των επιπτώσεων της στην αστική βιωσιμότητα. Οι συγγραφείς εξετάζουν το περιφερειακό εμπορικό κέντρο του Saint-Quentin-en-Yvelines, ένα περιβάλλον με ιδιαίτερη κυκλοφοριακή πολυπλοκότητα, και επικεντρώνονται στην αξιοποίηση μοντέλων προσομοίωσης του λογισμικού SUMO ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στην αναπαράσταση των πραγματικών μοτίβων κυκλοφορίας.

Μέσα από σταδιακή βελτίωση των προσομοιωτικών μοντέλων και λεπτομερή προσαρμογή κρίσιμων παραμέτρων, επιχειρείται η ακριβέστερη αναπαράσταση των πραγματικών κυκλοφοριακών δυναμικών. Τα παραγόμενα δεδομένα αναλύονται ως προς την ικανότητά τους να αποτυπώνουν ρεαλιστικά μοτίβα κυκλοφορίας, προσφέροντας χρήσιμες ενδείξεις για τον σχεδιασμό έξυπνων εφαρμογών που μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής σε παρόμοια αστικά περιβάλλοντα.

Οι Prakash et al. (2024) εξέτασαν τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει το σύγχρονο αστικό οδικό δίκτυο, το οποίο χαρακτηρίζεται από ετερογένεια και αυξανόμενη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι η συμφόρηση αποτελεί πλέον σημαντικό κοινωνικοοικονομικό πρόβλημα, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Ινδία, όπου ο αριθμός των οχημάτων αυξάνεται διαρκώς και οι οδικές υποδομές δέχονται ολοένα και μεγαλύτερη πίεση. Στο πλαίσιο αυτό, η μελέτη αξιοποιεί το λογισμικό προσομοίωσης PTV Vissim ως εργαλείο για την αναπαράσταση δυναμικών κυκλοφοριακών συνθηκών και τη δημιουργία ρεαλιστικών σχεδίων. Μέσω της διερεύνησης της υπό μελέτη περιοχής, οι ερευνητές εντοπίζουν τα βασικά αίτια των κυκλοφοριακών προβλημάτων και προτείνουν στοχευμένα μέτρα για την αντιμετώπισή τους.

Η έρευνα των Guillén et al. (2025) εστιάζει στη ριζική αλλαγή που συντελείται στις κοινωνικές και πολιτικές προσεγγίσεις γύρω από τη βιώσιμη αστική κινητικότητα, καθώς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται ολοένα πιο εμφανείς στο αστικό περιβάλλον. Υπό το πρίσμα αυτό, οι συγγραφείς προτείνουν έναν προσομοιωτή κυκλοφορίας βασισμένο στη βαθιά ενισχυτική μάθηση, ενσωματωμένο στο λογισμικό SUMO. Το εργαλείο εκπαιδεύεται να παράγει τον στιγμιαίο αριθμό οχημάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας, αναπαράγοντας με υψηλή ακρίβεια τα προφίλ πραγματικής κυκλοφορίας που καταγράφονται από σταθμούς μέτρησης. Το προτεινόμενο σύστημα καταφέρνει να προσεγγίσει 24ωρα κυκλοφοριακά πρότυπα με απόκλιση περίπου 5% από τις πραγματικές τιμές, επιτυγχάνοντας σημαντικά μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με υπάρχοντα εργαλεία.

3 Η Υφιστάμενη Κατάσταση της Θεσσαλονίκης

Η Θεσσαλονίκη αποτελεί πόλη με μακρά ιστορική διαδρομή και κομβική γεωγραφική θέση στον ελλαδικό χώρο. Βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της χώρας, στο βόρειο άκρο του Θερμαϊκού κόλπου, θέση η οποία διαχρονικά λειτούργησε ως καθοριστικός παράγοντας για την οικονομική, κοινωνική και πολιτική της ανάπτυξη. Η γεωπολιτική της σημασία συνδέεται άμεσα με τον ρόλο της ως κόμβου μεταφορών, εμπορίου και πολιτισμικών ανταλλαγών στα Βαλκάνια, επηρεάζοντας καθοριστικά τη διαμόρφωση της ιστορικής και αστικής της ταυτότητας (Gemenetzi, 2017).

Σήμερα, η Θεσσαλονίκη συνιστά τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας, με πληθυσμό 1.092.919 κατοίκους (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2021) που αντιστοιχεί στο 10,4% του εθνικού πληθυσμού. Η μητροπολιτική της περιοχή συγκροτείται από δύο διακριτές χωρικές ενότητες, με την πρώτη να αφορά το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (ΠΣΘ) που περιλαμβάνει έξι Δήμους και δύο Δημοτικές Ενότητες, σύμφωνα με τον Ν. 3852/2010, και φιλοξενεί περισσότερους από 800.000 κατοίκους (Σχήμα 3-1). Ο κεντρικός πυρήνας της πόλης, δηλαδή ο Δήμος Θεσσαλονίκης, αριθμεί 319.044 κατοίκους κατά την απογραφή του 2021. Η δεύτερη χωρική ενότητα αφορά την ευρύτερη Περιαστική Ζώνη επιρροής της Θεσσαλονίκης (ΠΖΘ), ο ακριβής χωρικός προσδιορισμός της οποίας βρίσκεται σε διαδικασία αναθεώρησης.

Η Θεσσαλονίκη αποτελεί το δεύτερο σημαντικότερο οικονομικό, βιομηχανικό, εμπορικό, εκπαιδευτικό και διοικητικό κέντρο της χώρας, μετά την Αθήνα, γεγονός που της προσδίδει αυξημένη βαρύτητα στον εθνικό και περιφερειακό χωρικό σχεδιασμό. Διοικητικά, εντάσσεται στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, η οποία γεωγραφικά γειτνιάζει προς τον βορρά με χώρες της Βαλκανικής χερσονήσου, όπως η Βόρεια Μακεδονία και η Βουλγαρία, στοιχείο που ενισχύει περαιτέρω τη διασυνοριακή και περιφερειακή της σημασία (Gemenetzi, 2017).



Σχήμα 3-1: Το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (Gemenetzi, 2017).

3.1 Πολεοδομική εξέλιξη

3.1.1 Περίοδος διαμόρφωσης

Η Θεσσαλονίκη ιδρύθηκε το 316 π.Χ. από τον Κάσσανδρο, όπου, σύμφωνα με την αρχαία παράδοση που καταγράφει ο Στράβων, έδωσε στην πόλη το όνομα της συζύγου του Θεσσαλονίκης, κόρης του Φιλίππου Β', στο πλαίσιο της συνένωσης πολυάριθμων μικρότερων οικισμών της περιοχής του Θερμαϊκού κόλπου. Η ίδρυσή της εντάσσεται στην Ελληνιστική Εποχή, κατά την οποία, μετά τις κατακτήσεις του Μεγάλου Αλεξάνδρου, παρατηρήθηκε έντονη αστική ανάπτυξη και διεύρυνση του ελληνικού κόσμου. Η προνομιακή γεωγραφική θέση της πόλης, ανάμεσα στη θάλασσα και τις πλαγιές του Χορτιάτη, συνέβαλε καθοριστικά στη σύνδεση της μακεδονικής ενδοχώρας με τη Βαλκανική χερσόνησο και ανέδειξε τη Θεσσαλονίκη σε σημαντικό εμπορικό και διοικητικό κέντρο ήδη από την αρχαιότητα. Κατά τη ρωμαϊκή περίοδο, η πόλη απέκτησε καθεστώς «ελεύθερης πόλης» και αναδείχθηκε σε πρωτεύουσα διοικητικής περιφέρειας, ενώ το βασικό της πολεοδομικό και οδικό δίκτυο, με άξονα την Εγνατία οδό και τους κάθετους συνδετήριους δρόμους προς το λιμάνι, διαμορφώθηκε οριστικά, αφήνοντας ισχυρό αποτύπωμα στη σύγχρονη μορφή της. Στη βυζαντινή εποχή, και ιδιαίτερα κατά τον 14ο αιώνα, η Θεσσαλονίκη εξελίχθηκε σε σημαντικό πνευματικό και καλλιτεχνικό κέντρο, παρά τις γενικότερες πολιτικές και οικονομικές δυσχέρειες της αυτοκρατορίας. Μετά τη σύντομη βενετική κυριαρχία και την οριστική ενσωμάτωσή της στο οθωμανικό κράτος το 1430, η πόλη βρέθηκε υπό οθωμανική διοίκηση για σχεδόν πέντε αιώνες. Παρά τις αρχικές πληθυσμιακές απώλειες, η εγκατάσταση νέων πληθυσμιακών ομάδων, και ιδίως των εβραϊκών κοινοτήτων, συνέβαλε στην οικονομική και δημογραφική της ανασυγκρότηση, επιβεβαιώνοντας τη διαχρονική αξία της ως ένα σημαντικό αστικό κέντρο (Yerolympos, 1988).

Στις αρχές του 20ού αιώνα η Θεσσαλονίκη αποτελούσε μια πολυεθνική πόλη περίπου 150.000 κατοίκων, όπου Χριστιανοί, Εβραίοι και Μουσουλμάνοι συνυπήρχαν σε διακριτές χωρικά συνοικίες, διαμορφώνοντας έναν μεσαιωνικού χαρακτήρα αστικό ιστό με πυκνό και ακανόνιστο οδικό δίκτυο. Δύο καθοριστικά γεγονότα ανέτρεψαν ριζικά το προφίλ της πόλης: η μεγάλη πυρκαγιά του 1917, που κατέστρεψε το ιστορικό κέντρο και άφησε άστεγους περίπου 70.000 κατοίκους, και η άφιξη 117.000 προσφύγων από τη Μικρά Ασία μετά το 1922, στο πλαίσιο της υποχρεωτικής ανταλλαγής πληθυσμών με τη Συνθήκη της Λωζάνης (Gemenetzi, 2017).

Η πυρκαγιά λειτούργησε ως αφετηρία για τον εκσυγχρονισμό της πόλης, καθώς εξάλειψε τον παραδοσιακό αστικό ιστό και επιτάχυνε βίαια τη μετάβαση της πόλης προς ένα νέο, ευρωπαϊκού τύπου πρότυπο οργάνωσης. Παρότι οι κοινωνικοοικονομικοί μετασχηματισμοί θα εξελίσσονταν ούτως ή άλλως στο πλαίσιο της ενσωμάτωσης της πόλης στο ελληνικό κράτος και των ευρύτερων εθνικών αναδιαρθρώσεων, η πυρκαγιά λειτούργησε ως καταλύτης που εξαφάνισε κάθε δομική αντίσταση στην αλλαγή. Η Διεθνής Επιτροπή Σχεδιασμού, υπό την καθοδήγηση του Ernest Hébrard, εισηγήθηκε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο ανασυγκρότησης που στηριζόταν σε ένα κανονικό πολεοδομικό δίκτυο, αντικαθιστώντας τον προϋπάρχοντα ακανόνιστο και οργανικής μορφής αστικό ιστό. Το προτεινόμενο σχέδιο προέβλεπε σημαντική χωρική επέκταση της πόλης, με τετραπλασιασμό της επιφάνειάς της, καθώς και πληθυσμιακή ανάπτυξη έως 350.000 κατοίκους. Παράλληλα, εισήγαγε ουσιώδεις μεταβολές στο καθεστώς γης, μέσω διαδικασιών απαλλοτρίωσης και αναδιανομής των οικοπέδων με μηχανισμούς πλειστηριασμού, με στόχο τη διευκόλυνση της εφαρμογής του νέου πολεοδομικού σχεδιασμού. Η ανασυγκρότηση του αστικού ιστού οργανώθηκε βάσει του νέου αυτού σχεδίου, το οποίο αποτέλεσε το θεμέλιο για τον μετασχηματισμό της χωρικής δομής και της μορφολογίας της πόλης (Yiannakou, 2008). Παρά τις προσδοκίες για έναν ορθολογικά οργανωμένο αστικό χώρο, οι μετέπειτα τροποποιήσεις των κανονισμών, οι μεταπολεμικές πολιτικές εντατικής εκμετάλλευσης της γης και κυρίως η απρόβλεπτη μαζική έλευση προσφύγων μετά το 1922 ανέτρεψαν τις αρχικές πληθυσμιακές και χωρικές προβλέψεις. Η ανασυγκρότηση της Θεσσαλονίκης πραγματοποιήθηκε μέσα σε ένα εξαιρετικά ασταθές πολιτικό και διεθνές περιβάλλον, γεγονός που καθιστά το εγχείρημα ένα από τα πλέον φιλόδοξα αλλά και αντιφατικά παραδείγματα πολεοδομικού σχεδιασμού στην ελληνική ιστορία και, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, μία από τις πρώτες μεγάλες εφαρμογές του ευρωπαϊκού πολεοδομικού μοντερνισμού του 20ού αιώνα (Yerolympos, 1988). Η περίοδος 1912 με 1949 υπήρξε κρίσιμη για την πόλη, καθώς σηματοδότησε τη μετάβασή της από μια κοσμοπολίτικη οθωμανική πόλη σε μια κυρίως ελληνική μητρόπολη, με έντονη κοινωνική αναδιάρθρωση, οικονομική αναζωογόνηση και απώλεια βασικών στοιχείων του πολυπολιτισμικού της χαρακτήρα (Gemenetzi, 2017).

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και κυρίως κατά τη διάρκεια 1990 με 2000, η πόλη γνώρισε σημαντικές μεταβολές στη χωρική της οργάνωση, απομακρυνόμενη σταδιακά από το παραδοσιακό, μονοκεντρικό και συμπαγές πρότυπο ανάπτυξης.

Την περίοδο αυτήν εκδηλώθηκε με πιο συστηματικό τρόπο η διαδικασία της προαστιοποίησης, καθώς κάτοικοι των πυκνοδομημένων περιοχών του αστικού κέντρου μετακινήθηκαν προς τις περιφερειακές ζώνες, οι οποίες κατέστησαν περισσότερο προσβάσιμες. Καθοριστικό ρόλο σε αυτήν τη μεταβολή διαδραμάτισε η ολοκλήρωση της περιφερειακής οδού της Θεσσαλονίκης στα μέσα της δεκαετίας του 1980, γεγονός που ενίσχυσε τη συνδεσιμότητα με τις ανατολικές και δυτικές περιοχές, οι οποίες έως τότε ήταν αδόμητες ή ημι-αναπτυγμένες. Ως αποτέλεσμα, περιοχές που παλαιότερα λειτουργούσαν κυρίως ως ζώνες δευτερεύουσας κατοικίας κατά μήκος του Θερμαϊκού κόλπου εξελίχθηκαν σε ελκυστικούς τόπους μόνιμης εγκατάστασης, ιδιαίτερα για τα μεσαία εισοδηματικά στρώματα. Την ίδια στιγμή, παρατηρήθηκε ουσιαστική μετατόπιση δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα κατά μήκος βασικών αξόνων μεταφορών και κόμβων εκτός του ιστορικού πυρήνα της πόλης, οδηγώντας στη δημιουργία νέων, αποκεντρωμένων πόλων απασχόλησης στις περιφερειακές περιοχές (Pozoukidou & Ntriankos, 2017). Τη δεκαετία του 1990, η εφαρμογή του Ρυθμιστικού Σχεδίου Θεσσαλονίκης ανέλαβε την εκπόνηση και προώθηση σειράς πολεοδομικών και αστικών παρεμβάσεων, με στόχο την ενίσχυση της ευρωπαϊκής ταυτότητας της πόλης, στο πλαίσιο της προσπάθειας προσέλκυσης διεθνών γεγονότων. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίστηκε από την ανάπτυξη έργων αστικού σχεδιασμού και πολεοδομικού προγραμματισμού που αποσκοπούσαν στη βελτίωση του φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος. Ωστόσο, η αποσπασματική εφαρμογή των παρεμβάσεων και η απουσία ενός συνεκτικού μακροπρόθεσμου οράματος περιόρισαν την αποτελεσματικότητά τους. Η ανάγκη αναθεώρησης του Ρυθμιστικού Σχεδίου αναδείχθηκε το 2007 και παρά τη διεξαγωγή εκτεταμένης δημόσιας διαβούλευσης και την κατάθεση του αναθεωρημένου σχεδίου, η διαδικασία έγκρισής του δεν ολοκληρώθηκε. Παράλληλα, η κατάργηση του Οργανισμού Ρυθμιστικού Σχεδίου Θεσσαλονίκης στο πλαίσιο της δημοσιονομικής προσαρμογής μετέφερε την ευθύνη του μητροπολιτικού σχεδιασμού στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, γεγονός που αποδυνάμωσε τον ρόλο του στρατηγικού σχεδιασμού σε μητροπολιτικό επίπεδο (Gemenetzi, 2017). Η αστική ανάπτυξη της Θεσσαλονίκης συνέχισε να επεκτείνεται κυρίως κατά μήκος του Θερμαϊκού κόλπου καλύπτοντας το εσωτερικό του ΠΣΘ, έως την εκδήλωση της πρόσφατης οικονομικής κρίσης. Τα τελευταία χρόνια διαφαίνεται επιβράδυνση ή και μερική αναστολή αυτής της τάσης (Pozoukidou & Ntriankos, 2017).

3.1.2 Σύγχρονες προκλήσεις του πολεοδομικού σχεδιασμού

Στη σύγχρονη περίοδο, τα συσσωρευμένα θεσμικά και διαρθρωτικά ελλείμματα του πολεοδομικού σχεδιασμού αντανακλώνται σε ένα σύνθετο και αλληλένδετο σύνολο προκλήσεων που επηρεάζουν τόσο το αστικό περιβάλλον όσο και τις κοινωνικοοικονομικές λειτουργίες της Θεσσαλονίκης. Η έντονη κυκλοφοριακή επιβάρυνση, η αποσπασματική εφαρμογή παρεμβάσεων αστικής ανάπτυξης, η διαχρονική έλλειψη ανοιχτών και πράσινων χώρων, η ανεπαρκής αξιοποίηση και ανάδειξη των πολιτιστικών πόρων, καθώς και οι συγκρούσεις χρήσεων γης σε επιμέρους περιοχές της πόλης, συνιστούν δομικά προβλήματα του πολεοδομικού της συστήματος. Τα φαινόμενα αυτά εντάθηκαν περαιτέρω από τις επιπτώσεις της δεκαετούς οικονομικής κρίσης, τις κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες της πανδημίας COVID-19, καθώς και τις πρόσφατες γεωπολιτικές αναταράξεις, οδηγώντας σε συνθήκες οικονομικής στασιμότητας και αυξημένης κοινωνικής πίεσης. Παράλληλα, οι αναπτυξιακές δυνατότητες της πόλης, που απορρέουν από τη στρατηγική γεωγραφική της θέση στη Βόρεια Ελλάδα και στον ευρύτερο βαλκανικό χώρο, παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτες ή αξιοποιούνται με αποσπασματικό τρόπο (Chatzitheodoridis et al., 2023).

Κυρίαρχο χαρακτηριστικό της αστικής δομής της Θεσσαλονίκης αποτελεί η ιδιαίτερα υψηλή πυκνότητα δόμησης και πληθυσμού. Σε σύγκριση με άλλα ευρωπαϊκά αστικά κέντρα, η πόλη κατατάσσεται μεταξύ των πλέον πυκνοδομημένων, με τιμές που σε πολλές περιοχές υπερβαίνουν τα συνήθη ανώτατα όρια που εφαρμόζονται διεθνώς. Το συμπαγές αυτό πολεοδομικό πρότυπο, σε συνδυασμό με την έλλειψη επαρκών χώρων πρασίνου και τις διαχρονικές αδυναμίες του οδικού δικτύου, έχει συμβάλει καθοριστικά στην περιβαλλοντική υποβάθμιση και στη μείωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων (Verani et al., 2015).

Ιδιαίτερα κρίσιμο ζήτημα αποτελεί η ανεπάρκεια και η άνιση κατανομή του αστικού πρασίνου. Η αναλογία πρασίνου ανά κάτοικο στη Θεσσαλονίκη ανέρχεται μόλις σε 2,6 m², γεγονός που την κατατάσσει στις πόλεις με τις χαμηλότερες επιδόσεις στην Ευρώπη (Latinopoulos et al., 2016).

Ενδεικτικό της απουσίας συνεκτικών και μακροπρόθεσμων πολιτικών αποτελεί το γεγονός ότι η συγκεκριμένη τιμή παραμένει ουσιαστικά αμετάβλητη από τη δεκαετία του 1980. Παράλληλα, παρατηρούνται έντονες χωρικές ανισότητες στη διαθεσιμότητα δημόσιων χώρων πρασίνου εντός του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης. Ενώ το ιστορικό κέντρο διαθέτει συγκριτικά μεγαλύτερη συγκέντρωση πάρκων και υψηλότερη αναλογία πρασίνου ανά κάτοικο, άλλες δημοτικές ενότητες εμφανίζουν εξαιρετικά περιορισμένη πρόσβαση σε ανοιχτούς και πράσινους χώρους. Η έλλειψη αυτή εντείνεται περαιτέρω από τα υψηλά επίπεδα οικιστικής πυκνότητας, ιδίως στις δυτικές και ανατολικές συνοικίες, επιβαρύνοντας την περιβαλλοντική ποιότητα και τις συνθήκες αστικής διαβίωσης (Karagianni, 2023).

Η χωρική μορφή της Θεσσαλονίκης ενισχύει τα παραπάνω προβλήματα, καθώς χαρακτηρίζεται από γραμμική ανάπτυξη κατά μήκος της βόρειας ακτογραμμής του Θερμαϊκού Κόλπου και περιορίζεται προς βορρά από το περιαστικό δάσος του Σέιχ Σου και τον ορεινό όγκο του Χορτιάτη. Η κεντρική περιοχή της πόλης, που αντιστοιχεί στον Δήμο Θεσσαλονίκης, παρουσιάζει έντονη οικοδομική πυκνότητα και περιορισμένη παρουσία ελεύθερων χώρων, με μόλις το 5,1% της συνολικής της έκτασης να καταλαμβάνεται από χώρους πρασίνου. Επιπλέον, οι περισσότεροι από αυτούς είναι μικρής κλίμακας και έντονα κατακερματισμένοι, καθώς περίπου το 70% έχει επιφάνεια μικρότερη των 500 m². Η συνολική αυτή εικόνα επιβαρύνει σημαντικά την ποιότητα του αέρα, τη δημόσια υγεία και την αισθητική του αστικού περιβάλλοντος, ενώ η περιορισμένη λειτουργική οργάνωση των πάρκων για αναψυχή οδηγεί τους κατοίκους στην αναζήτηση ελεύθερων χώρων εκτός των ορίων της πόλης, με κυρίαρχο προορισμό το περιαστικό δάσος του Σέιχ Σου (Latinopoulos et al., 2016).

Τέλος, το κεντρικό επιχειρηματικό κέντρο της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται από έντονη λειτουργική ποικιλομορφία, με συνύπαρξη διοικητικών, εμπορικών, επιχειρηματικών και οικιστικών χρήσεων, καθώς και σημαντικού αριθμού αρχαιολογικών χώρων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι γειτονικές προς το κέντρο περιοχές αναπτύσσονται δευτερεύοντα τοπικά κέντρα που λειτουργούν συμπληρωματικά προς τον κεντρικό πυρήνα, με κυρίαρχη χρήση την κατοικία, πλην ορισμένων βασικών αξόνων μεταφορών. Οι έντονοι γεωμορφολογικοί περιορισμοί, σε συνδυασμό με το μικρό πλάτος ανάπτυξης του κεντρικού τομέα, το οποίο σε ορισμένα σημεία δεν υπερβαίνει το ένα χιλιόμετρο, εντείνουν την πίεση στις υποδομές μετακίνησης και ενισχύουν τα φαινόμενα κυκλοφοριακής συμφόρησης (Verani et al., 2015).

3.2 Αστική κινητικότητα

Οι μεταφορές αποτελούν μία από τις πλέον κρίσιμες λειτουργίες του αστικού σχεδιασμού, καθώς διασφαλίζουν την κινητικότητα εντός του αστικού χώρου και την προσβασιμότητα στις διαφορετικές χρήσεις γης. Τα χαρακτηριστικά των σύγχρονων πόλεων, όπως η αυξημένη πληθυσμιακή πυκνότητα, η πολυπλοκότητα των αστικών λειτουργιών και η χωρική διάχυση των δραστηριοτήτων, δημιουργούν υψηλές απαιτήσεις ως προς την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων μετακίνησης. Παράλληλα, τα συστήματα μεταφορών συνδέονται άμεσα με σημαντικές οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, επηρεάζοντας καθοριστικά τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων (Perra et al., 2017).

Ως προς τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, τα ευρήματα της Γενικής Κυκλοφοριακής Μελέτης του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης καταδεικνύουν ότι πραγματοποιούνται καθημερινά περίπου 1.600.000 μετακινήσεις, εκ των οποίων το 25% έχει ως αφετηρία και/ή προορισμό το κέντρο της πόλης. Το οδικό δίκτυο της Θεσσαλονίκης εμφανίζει συχνά έντονα φαινόμενα συμφόρησης, ιδιαίτερα κατά τις ώρες αιχμής, τα οποία συνοδεύονται από καθυστερήσεις και εκτεταμένη παράνομη στάθμευση. Τα προβλήματα αυτά αποδίδονται κυρίως στο γεγονός ότι η πλειονότητα των ημερήσιων μετακινήσεων (περίπου 55%) πραγματοποιείται με ιδιωτικά οχήματα, καθώς και στα υψηλά επίπεδα ιδιοκτησίας αυτοκινήτου, τα οποία εξακολουθούν να παρατηρούνται παρά τις επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης (Perra et al., 2017). Σημαντικός επιβαρυντικός παράγοντας για τη λειτουργία του συστήματος μεταφορών αποτελεί η περιορισμένη ποικιλία μέσων μαζικής μεταφοράς, καθώς το δημόσιο συγκοινωνιακό δίκτυο της πόλης βασίζεται κυρίως στα λεωφορεία. Αν και από τα τέλη του 2024 τέθηκε σε λειτουργία το μετρό, η χωρική του κάλυψη παραμένει περιορισμένη, εξυπηρετώντας κυρίως τον κύριο αναπτυξιακό άξονα της πόλης.

3.2.1 Οδικό δίκτυο

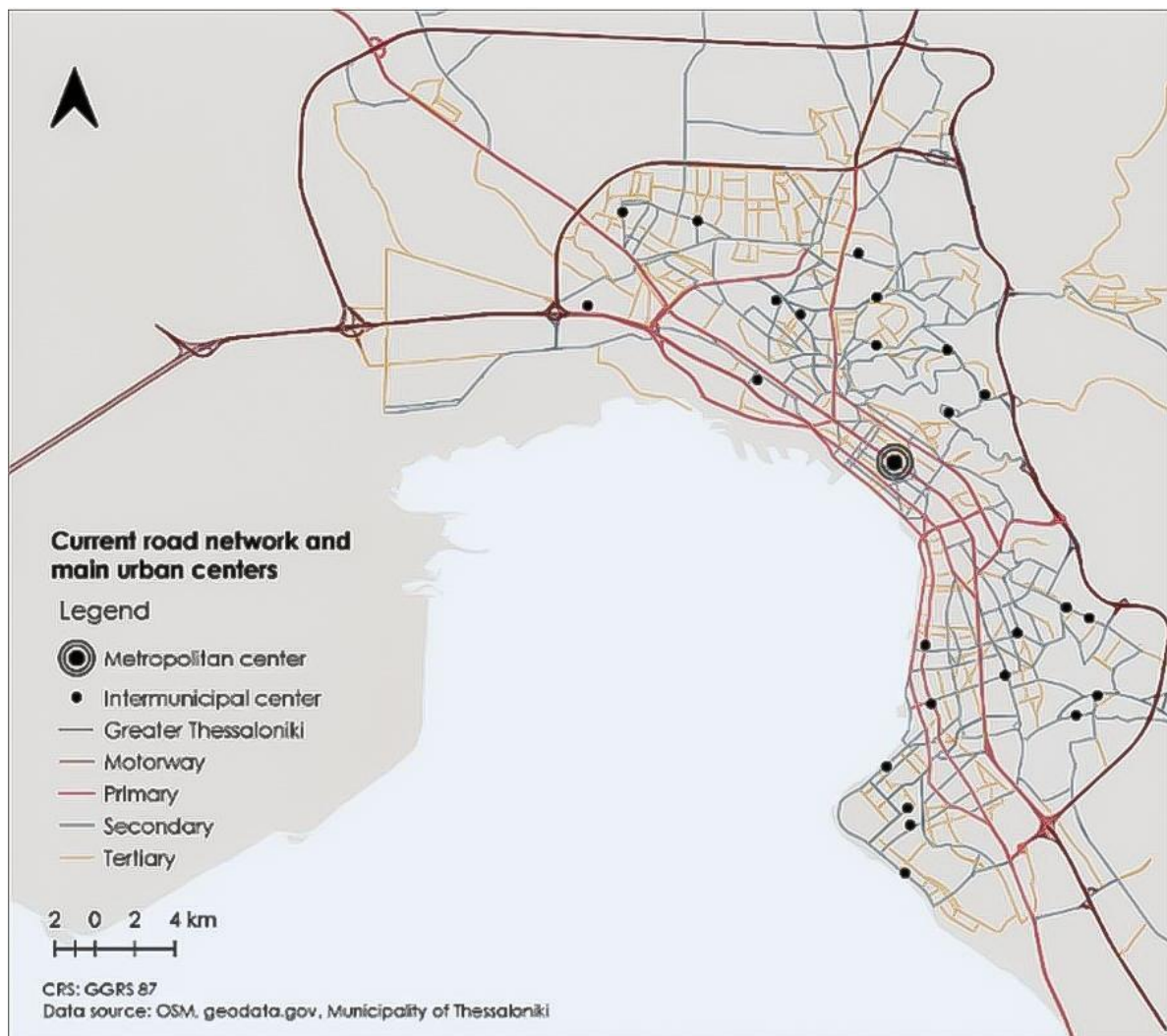
Το υφιστάμενο σύστημα λειτουργικής ιεράρχησης του οδικού δικτύου της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται έντονα από έναν προσανατολισμό βασισμένο στο αυτοκίνητο, που επιτρέπει τη διείσδυση βασικών αρτηριών στον κεντρικό πολεοδομικό πυρήνα, υποβαθμίζοντας τον ρόλο των βιώσιμων μέσων μετακίνησης.

Παρά την ύπαρξη της Περιφερειακής Οδού, η οποία συμβάλλει στη μερική εκτροπή της διαμπερούς κυκλοφορίας υπερτοπικής κλίμακας, απουσιάζει ένα ολοκληρωμένο σύστημα δακτυλίων ενδοδημοτικής ή τοπικής σημασίας, καθώς και ένας διακριτός εσωτερικός δακτύλιος που θα προστάτευε τον πυρήνα της πόλης από τη διαμπερή ροή οχημάτων. Ως αποτέλεσμα, ένα ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό της κυκλοφορίας διέρχεται από το ιστορικό και εμπορικό κέντρο, αλλά και από πυκνοδομημένες γειτονιές, δημιουργώντας δυσμενείς συνθήκες για τους πεζούς και τις ευάλωτες κοινωνικές ομάδες. Παράλληλα, η «χαοτική» μορφή του βασικού οδικού δικτύου υπονομεύει την αναγνωσιμότητα και τη λειτουργική αποδοτικότητά του, ενώ παράγει ισχυρά χωρικά και κοινωνικά εμπόδια στον αστικό ιστό, αποσπώντας γειτονιές και υποβαθμίζοντας τη συνοχή της πόλης (Tsigdinos et al., 2020).

Οι κύριοι οδικοί άξονες στο κεντρικό τμήμα του Δήμου Θεσσαλονίκης εξυπηρετούν καθημερινά ιδιαίτερα υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, με τις διαδρομές από ανατολή προς δύση και αντιστρόφως να αντιστοιχούν σε περίπου 45% του συνολικού κυκλοφοριακού όγκου που καταγράφεται κατά τις ώρες αιχμής, τόσο τις πρωινές ώρες μετακίνησης προς την εργασία όσο και τις απογευματινές ώρες επιστροφής. Σε αντίθεση με άλλες ευρωπαϊκές πόλεις, η κυκλοφοριακή ένταση στο κέντρο της Θεσσαλονίκης παραμένει υψηλή καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου, γεγονός που αποδίδεται στην ισχυρή συγκέντρωση εμπορικών χρήσεων, διοικητικών λειτουργιών και δραστηριοτήτων αναψυχής, οι οποίες δημιουργούν μετακινήσεις ακόμη και κατά τις νυχτερινές ώρες (Morfoulaki et al., 2011).

Ιδιαίτερα οξύμενο εμφανίζεται και το ζήτημα της στάθμευσης, καθώς η ζήτηση κατά τις ώρες αιχμής εκτιμάται ότι φθάνει τις 80.000 θέσεις, με το έλλειμμα να ανέρχεται σε περίπου 25.000 θέσεις στάθμευσης. Το μεγαλύτερο μέρος του ελλείμματος εντοπίζεται στον κεντρικό τομέα της πόλης, ο οποίος συγκεντρώνει εμπορικές, ιστορικές και διοικητικές λειτουργίες και ευθύνεται για περίπου το 34% της συνολικής έλλειψης. Τα παραπάνω κυκλοφοριακά και περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν επηρεάσει άμεσα τόσο τη λειτουργικότητα όσο και την οικονομική δυναμική του ιστορικού κέντρου. Από τη δεκαετία του 1990 παρατηρείται επιβράδυνση στον ρυθμό αύξησης των αξιών γης, σταδιακή μετακίνηση εμπορικών δραστηριοτήτων προς περιφερειακές περιοχές και επιδείνωση των συνθηκών προστασίας και ανάδειξης των υπαίθριων ιστορικών μνημείων, τα οποία πλήττονται από τη ρύπανση και τη συνεχή κυκλοφοριακή επιβάρυνση (Morfoulaki et al., 2011).

Τέλος, η αναλογία του κύριου οδικού δικτύου στο σύνολο του αστικού δικτύου ανέρχεται περίπου στο 26%, γεγονός που αποτυπώνει την εκτεταμένη δέσμευση του δημόσιου χώρου για την εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας των ΙΧ. Συγκεκριμένα, οι πρωτεύοντες άξονες και οι αυτοκινητόδρομοι αντιστοιχούν από 5% έκαστοι, οι δευτερεύοντες οδοί στο 9% και οι τριτεύουσες στο 7%. Η υφιστάμενη αυτή δομή δεν ευνοεί τη βιώσιμη κινητικότητα, καθώς μόνο ένα μικρό τμήμα του δικτύου (περίπου 10%) εμφανίζει υψηλό ή μεσαίο δυναμικό για την προώθηση ήπιων και συλλογικών μορφών μετακίνησης (Σχήμα 3-2) (Tsigdinos et al., 2020).



Σχήμα 3-2: Το οδικό δίκτυο και τα κύρια αστικά κέντρα της Θεσσαλονίκης (Tsigdinos et al., 2020).

3.2.2 Εναλλακτικές μορφές μετακίνησης

Σε ό,τι αφορά τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης, τα μέσα δημόσιας συγκοινωνίας που λειτουργούν σήμερα στη Θεσσαλονίκη είναι το λεωφορειακό δίκτυο και το Μετρό. Το λεωφορειακό δίκτυο υπάγεται στη διαχείριση του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Θεσσαλονίκης (ΟΑΣΘ) και περιλαμβάνει 79 γραμμές, πολλές από τις οποίες διέρχονται από τον κεντρικό τομέα της πόλης. Ωστόσο, η λειτουργία του λεωφορειακού συστήματος παρουσιάζει σημαντικές δυσλειτουργίες, καθώς ο ΟΑΣΘ αντιμετωπίζει σοβαρές ελλείψεις στον αριθμό των διαθέσιμων οχημάτων, γεγονός που επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στη συνολική κινητικότητα της πόλης. Ενδεικτικό της κατάστασης αυτής αποτελεί το γεγονός ότι το 2019 ο ΟΑΣΘ διέθετε σε επιχειρησιακή ετοιμότητα λιγότερο από το 50% του συνολικού του στόλου, γεγονός που καθιστούσε αδύνατη την παροχή αξιόπιστων και ποιοτικών υπηρεσιών. Ως άμεσο επακόλουθο, τα δρομολόγια αραιώθηκαν, ενώ η πληρότητα των λεωφορείων αυξήθηκε δραματικά, ιδίως κατά τις ώρες αιχμής. Παράλληλα, σοβαρά προβλήματα καταγράφονται και στο σύστημα τηλεματικής, το οποίο αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για την ενημέρωση των χρηστών σχετικά με τις αφίξεις και τις διαδρομές των οχημάτων. Η λειτουργικότητα πολλών «έξυπνων» στάσεων έχει υποβαθμιστεί, ενώ αρκετά οχήματα δεν επικοινωνούν αποτελεσματικά με το σύστημα, οδηγώντας στη διάχυση ανακριβών ή ελλιπών πληροφοριών προς το επιβατικό κοινό (Kalteziotis et al., 2023).

Το Μετρό Θεσσαλονίκης, ένα υπόγειο σύστημα μαζικής μεταφοράς, τέθηκε σε λειτουργία στη βασική του γραμμή τον Νοέμβριο του 2024, έπειτα από σημαντικές καθυστερήσεις που προκλήθηκαν κυρίως από αρχαιολογικές ανακαλύψεις. Το έργο εποπτεύεται από την εταιρεία Ελληνικό Μετρό Α.Ε. και περιλαμβάνει δύο γραμμές: τη Γραμμή 1 (Βασικό Έργο) και τη Γραμμή 2 (Επέκταση Καλαμαριάς) που θα τεθεί σε λειτουργία εντός του 2026. Και οι δύο γραμμές έχουν σχεδιαστεί ώστε να εξυπηρετούν τουλάχιστον 18.000 επιβάτες ανά ώρα και ανά κατεύθυνση, με πλήρως αυτοματοποιημένους συρμούς χωρίς οδηγό και με χρονικά διαστήματα διέλευσης 90 δευτερολέπτων. Παράλληλα, προβλέπονται μελλοντικές επεκτάσεις, όπως η επέκταση τεσσάρων στάσεων της Γραμμής 2 προς το Αεροδρόμιο Μακεδονία και ένας δυτικός κυκλικός κλάδος οκτώ σταθμών (Σχήμα 3-3) (Guido et al., 2025).



Σχήμα 3-3: Η βασική γραμμή του μετρό Θεσσαλονίκης και οι μελλοντικές επεκτάσεις του (Ελληνικό Μετρό, χ.χ.).

Πέρα από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, το περπάτημα και η ποδηλασία αποτελούν κρίσιμους πυλώνες των αστικών μετακινήσεων, συμβάλλοντας καθοριστικά στη βιώσιμη κινητικότητα και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Στη Θεσσαλονίκη, ωστόσο, οι υποδομές για τους πεζούς εμφανίζονται συχνά ανεπαρκείς ή μη λειτουργικές, εξαιτίας εμποδίων, φθορών και ελλειπών συντήρησης, ενώ στις περιφερειακές περιοχές παρατηρείται έντονη έλλειψη βασικών υποδομών. Επιπλέον, η έντονη κλίση του εδάφους σε αρκετά τμήματα της πόλης επηρεάζει σημαντικά τη βαδισιμότητα, ενώ χρειάζεται να λαμβάνεται συστηματικά υπόψη στον αστικό σχεδιασμό. Η αίσθηση ασφάλειας αναδεικνύεται ως ο παράγοντας με το υψηλότερο επίπεδο συμφωνίας μεταξύ των κατοίκων όμορων γειτονιών, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι πεζοί αξιολογούν το σύνολο της διαδρομής τους και όχι μόνο τα σημεία αφετηρίας και προορισμού, όπως συμβαίνει συνήθως με τους οδηγούς και τους επιβάτες. Παράλληλα, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η χαμηλή αισθητική ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος αναφέρονται ως βασικές πηγές δυσφορίας από την πλειονότητα των κατοίκων (Gkavra et al., 2019).

Η ενίσχυση της επιτήρησης, η καθαριότητα και η συστηματική συντήρηση των υποδομών, σε συνδυασμό με έναν αστικό σχεδιασμό που προστατεύει τους πεζούς από την κυκλοφορία των οχημάτων, μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά το επίπεδο walkability της πόλης. Δεδομένου ότι η πεζή μετακίνηση επηρεάζεται από ένα σύνολο αλληλοεπιδρώντων παραγόντων, καθίσταται αναγκαία η διεπιστημονική συνεργασία για την επίτευξη ικανοποιητικού επιπέδου walkability (Gkavra et al., 2019).

Αντίστοιχα, στον τομέα της ποδηλασίας, το υφιστάμενο δίκτυο ποδηλατοδρόμων παρουσιάζει σοβαρές λειτουργικές αδυναμίες, καθώς διακόπτεται σε πολλά σημεία και συχνά καταλαμβάνεται από παράνομα σταθμευμένα οχήματα, γεγονός που υπονομεύει τη συνέχεια και την ασφάλεια των διαδρομών. Η έρευνα των Konstantinidou και Spyropoulou (2017) καταδεικνύει ότι οι ποδηλατικές υποδομές επηρεάζουν καθοριστικά την προδιάθεση των πολιτών να χρησιμοποιήσουν το ποδήλατο, με την ύπαρξη αποκλειστικών λωρίδων να διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο: όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της διαδρομής που διαθέτει τέτοιες υποδομές, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα επιλογής του ποδηλάτου ως μέσου μετακίνησης. Παράλληλα, η έρευνα επισημαίνει ότι η Θεσσαλονίκη διαθέτει σημαντικό, αλλά ανεκμετάλλευτο, δυναμικό για την ανάπτυξη της ποδηλασίας, το οποίο μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσω της επέκτασης του ποδηλατικού δικτύου.

3.3 Αστικό πράσινο

Οι αστικοί πράσινοι χώροι αποτελούν θεμελιώδες στοιχείο του σύγχρονου αστικού περιβάλλοντος, αν και ο ορισμός τους δεν είναι μονοσήμαντος. Η έννοια του αστικού πρασίνου χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα και ποικιλομορφία, καθώς διαφοροποιείται ανάλογα με το επιστημονικό πεδίο, το ερευνητικό πλαίσιο και τις λειτουργικές του διαστάσεις. Στο πλαίσιο της παρούσας προσέγγισης, ως αστικός πράσινος χώρος ορίζεται κάθε μορφή βλάστησης εντός του αστικού ιστού, συμπεριλαμβανομένων των αστικών δασών, των πάρκων, των ανοιχτών χώρων, των μικρών πάρκων γειτονιάς, των δενδροστοιχιών, των ιδιωτικών κήπων και των πράσινων στεγών, με εξαίρεση τους αθλητικούς χώρους και την άτυπη βλάστηση σε αδόμητα οικοπέδα. Αυτή η ευρεία θεώρηση αντανακλά τη σημασία όλων των πράσινων στοιχείων στη συγκρότηση ενός συνεκτικού αστικού οικοσυστήματος (Sdoukopoulos, 2021).

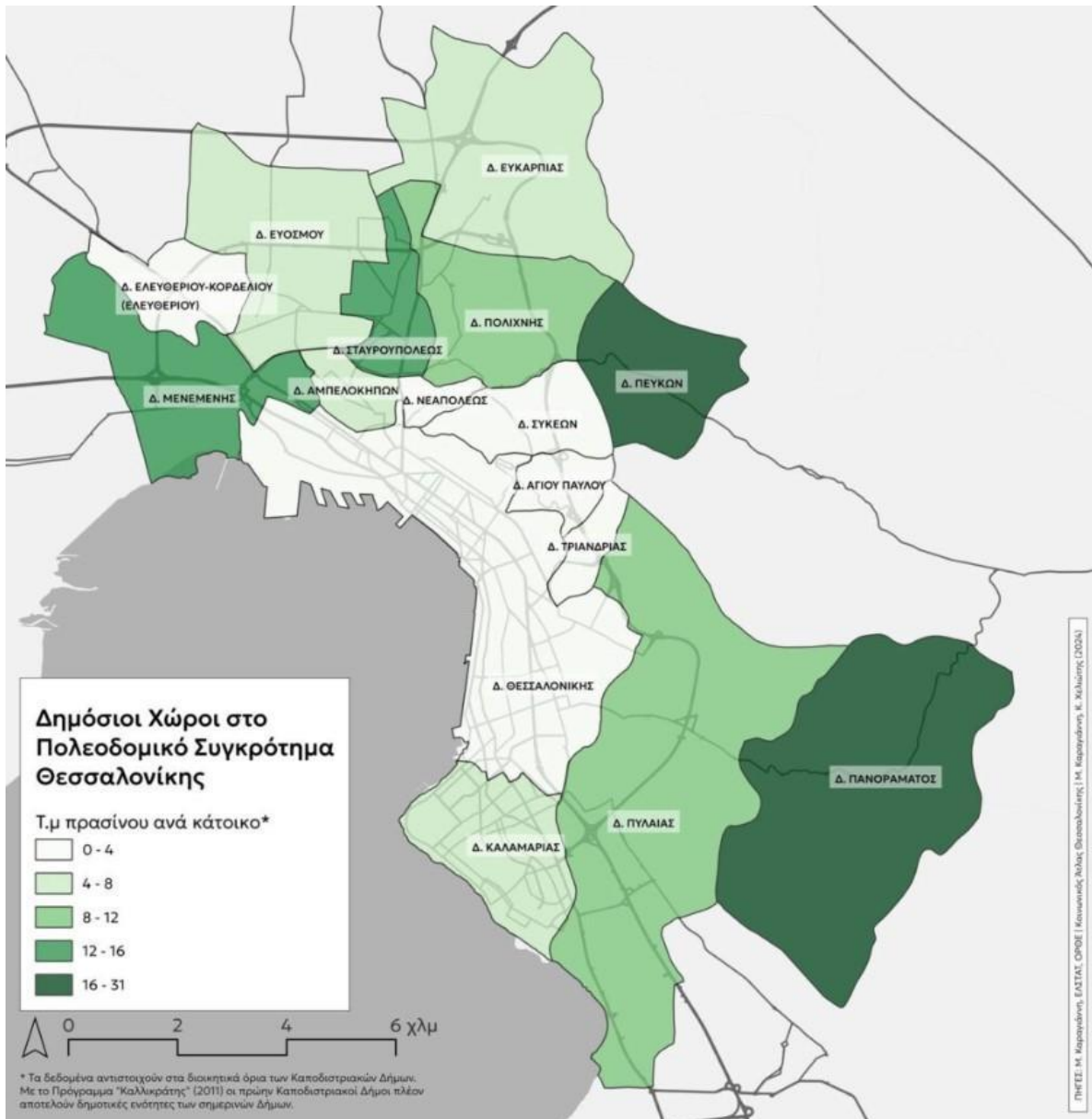
Επιπροσθέτως, οι αστικοί πράσινοι χώροι αποτελούν κρίσιμα στοιχεία του αστικού περιβάλλοντος, καθώς εξυπηρετούν τόσο ενεργές όσο και παθητικές μορφές αναψυχής, είναι προσβάσιμοι στους πολίτες και ανταποκρίνονται σε ποικίλες κοινωνικές ανάγκες, ενώ παράλληλα βελτιώνουν έμμεσα την ποιότητα του αστικού οικοσυστήματος. Αποτελούν βασικές οικολογικές υποδομές, προσφέροντας κρίσιμες οικοσυστημικές υπηρεσίες και πολυδιάστατα οφέλη, τα οποία εκτείνονται από την περιβαλλοντική προστασία έως τη δημόσια υγεία και την κοινωνική συνοχή. Συγκεκριμένα, συμβάλλουν στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στη βελτίωση του μικροκλίματος και στον περιορισμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, ενώ δημιουργούν θετικά ηχητικά τοπία και μειώνουν την όχληση από τον κυκλοφοριακό θόρυβο. Παράλληλα, η παρουσία πράσινων χώρων συνδέεται άμεσα με οφέλη για τη σωματική και ψυχική υγεία, όπως η μείωση της θνησιμότητας, η ανακούφιση από το άγχος, η ενίσχυση της ψυχικής ευεξίας και η προώθηση της σωματικής δραστηριότητας (Sdoukopoulos, 2021). Πέρα από τις περιβαλλοντικές και υγειονομικές τους διαστάσεις, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της κοινωνικής ζωής και της πολιτισμικής ταυτότητας των πόλεων. Λειτουργούν ως χώροι συνάντησης, κοινωνικής αλληλεπίδρασης και αναψυχής, ενισχύοντας τους δεσμούς γειτονιάς και την κοινωνική συνοχή, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στην αισθητική αναβάθμιση του αστικού τοπίου και στην αύξηση της αξίας γης. Για τον λόγο αυτό, σύγχρονες θεωρίες του αστικού σχεδιασμού και της βιώσιμης ανάπτυξης υπογραμμίζουν τη σημασία της ενσωμάτωσης της φύσης στον αστικό ιστό, με την Ευρωπαϊκή Ένωση να προωθεί ολοκληρωμένα μοντέλα πράσινων υποδομών στο πλαίσιο της Πράσινης Συμφωνίας και της ανθεκτικότητας των πόλεων (Latinopoulos, 2022).

Ωστόσο, στην ελληνική πραγματικότητα, και ειδικότερα στη Θεσσαλονίκη, η διαθεσιμότητα και η ποιότητα των αστικών πράσινων χώρων παραμένουν εξαιρετικά περιορισμένες. Η αναλογία πράσινου ανά κάτοικο υπολείπεται σημαντικά των ελάχιστων προτύπων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, ενώ ο μικρός τους μέσος όρος έκτασης και ο κατακερματισμός τους υποβαθμίζουν τη λειτουργικότητά τους. Παρά τα τεκμηριωμένα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και υγειονομικά τους οφέλη, το αστικό πράσινο δεν έχει αποτελέσει διαχρονικά στρατηγική προτεραιότητα στον τοπικό σχεδιασμό, καθώς συχνά αντιμετωπίζεται ως στοιχείο αισθητικής και όχι ως κρίσιμη οικολογική και κοινωνική υποδομή (Latinopoulos, 2022). Το γεγονός αυτό καθιστά αναγκαία μια επαναξιολόγηση του ρόλου του αστικού πρασίνου και την ενσωμάτωσή τους στον πυρήνα των πολιτικών βιώσιμης και ανθεκτικής αστικής ανάπτυξης.

3.3.1 Οι πράσινοι χώροι της Θεσσαλονίκης

Η Θεσσαλονίκη αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη μητροπολιτική περιοχή της Ελλάδας. Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη απογραφή του 2021, ο Πολεοδομικός Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης αριθμεί 802.392 κατοίκους, παρουσιάζοντας μείωση κατά 0,53% σε σύγκριση με την προηγούμενη δεκαετία. Η μητροπολιτική της περιοχή εκτείνεται σε επιφάνεια περίπου 400 km² και χαρακτηρίζεται από έντονες χωρικές ανισότητες όσον αφορά τη διαθεσιμότητα και κατανομή των πράσινων χώρων. Ως προς τη συνολική διαθεσιμότητα πρασίνου στην πόλη η Θεσσαλονίκη κινείται γενικά στα ίδια επίπεδα με άλλες πόλεις της Νότιας Ευρώπης (Καραγιάννη, 2024). Σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία του 2006, η συνολική έκταση πρασίνου στη μητροπολιτική περιοχή της Θεσσαλονίκης ανέρχεται σε 5,69 km² στον αστικό ιστό και 1,54 km² στην περιαστική ζώνη, αντιστοιχώντας συνολικά σε 7,23 m² πρασίνου ανά κάτοικο. Παρά το γεγονός ότι η τιμή αυτή προσεγγίζει το εθνικό πρότυπο, η κατανομή των πράσινων χώρων είναι εξαιρετικά άνιση: στον αστικό πυρήνα περιορίζεται σε 5,08 m² ανά κάτοικο, ενώ στην περιαστική ζώνη εκτοξεύεται στα 31,22 m² ανά κάτοικο, λόγω της παρουσίας δασών και φυσικών οικοσυστημάτων. Επιπλέον, παρατηρούνται έντονες ενδοαστικές ανισότητες, με τις δυτικές συνοικίες να διαθέτουν μόλις 0,8 m² ανά κάτοικο και τις ανατολικές έως 30,62 m², γεγονός που αντανακλά και κοινωνικοοικονομικές διαφοροποιήσεις (Papageorgiou & Gemenetzi, 2018).

Το σημαντικότερο στοιχείο του περιαστικού πρασίνου της Θεσσαλονίκης αποτελεί το δάσος-πάρκο Σείχ-Σου, ένας τεχνητός δασικός σχηματισμός, η δημιουργία του οποίου ξεκίνησε αμέσως μετά την απελευθέρωση της πόλης το 1912, με αρχική έκταση μόλις 0,04 km². Μέσω διαδοχικών θεσμικών ρυθμίσεων κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα, το Σείχ-Σου επεκτάθηκε σημαντικά, φτάνοντας τη δεκαετία του 1990 να καλύπτει περίπου 30 km². Ωστόσο, η μεγάλη πυρκαγιά του 1997 κατέστρεψε περίπου το 55% της έκτασής του, γεγονός που οδήγησε σε μακροχρόνιες και συνεχόμενες προσπάθειες αναδάσωσης. Η περιαστική πράσινη ζώνη της πόλης συμπληρώνεται από τους υγροτόπους του Αξιού στη δυτική πλευρά, καθώς και από το εκτεταμένο τεχνητό Περιβαλλοντικό Πάρκο στην ανατολική πλευρά, το οποίο λειτουργεί κυρίως ως χώρος αναψυχής. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο στη δομή του πράσινου δικτύου διαδραματίζει το τεχνητό κανάλι μήκους 8,3 km, το οποίο κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1960 για την απορροή των ομβρίων υδάτων από το Σείχ-Σου και είχε εξ αρχής χαρακτηριστεί ως ζώνη πρασίνου (Σχήμα 3-4) (Papageorgiou & Gemenetzi, 2018).



Σχήμα 3-4: Το ποσοστό πράσινου χώρου που αντιστοιχεί ανά κάτοικο στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (Καραγιάννη, 2024).

Οι αστικοί πράσινοι χώροι της Θεσσαλονίκης άρχισαν να διαμορφώνονται στα τέλη του 19ου αιώνα, κυρίως για αισθητικούς λόγους, με επίκεντρο το ιστορικό κέντρο. Κατά τον 20ό αιώνα, η ανάπτυξή τους απέκτησε σταδιακά και οικολογική διάσταση. Σήμερα, το εθνικό πρότυπο πρασίνου ορίζεται στα 8 m² ανά κάτοικο, στόχος ο οποίος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις πολεοδομικές εφαρμογές και τον στρατηγικό χωρικό σχεδιασμό (Papageorgiou & Gemenetzi, 2018).

Ωστόσο, η κατανομή των πράσινων χώρων στον αστικό ιστό της Θεσσαλονίκης παραμένει άνιση, αναπαράγοντας χωρικές ανισότητες που είναι εμφανείς και σε επίπεδο δημοτικών ενοτήτων. Στον Δήμο Θεσσαλονίκης, η κεντρική δημοτική κοινότητα παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό πράσινου ανά κάτοικο και τον δεύτερο μεγαλύτερο αριθμό πράσινων χώρων, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την εφαρμογή του πολεοδομικού σχεδίου του Hébrard μετά τη μεγάλη πυρκαγιά του 1917. Στο ιστορικό κέντρο της πόλης οι μεγαλύτεροι και σημαντικότεροι χώροι πρασίνου συγκεντρώνονται κατά κύριο λόγο κοντά σε μνημεία ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής και πολιτιστικής αξίας, όπως ο Λευκός Πύργος, οι βυζαντινοί ναοί και η Πλατεία Αριστοτέλους. Σημαντική έκταση καταλαμβάνει επίσης το πάρκο της Χριστιανικής Αδελφότητας Νέων Θεσσαλονίκης (ΧΑΝΘ) (Καραγιάννη, 2024).

Κατά τη διάρκεια και μετά την οικονομική κρίση του 2008, υλοποιήθηκε σειρά παρεμβάσεων αστικής αναγέννησης και πεζοδρομήσεων, οι οποίες συνέβαλαν σε μια μικρή βελτίωση της διαθεσιμότητας πράσινων χώρων στο κέντρο. Ωστόσο, οι παρεμβάσεις αυτές συνέχισαν να χωροθετούνται κυρίως κοντά σε μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς ή στο παραλιακό μέτωπο, δημιουργώντας μικρής κλίμακας πράσινους θύλακες αντί για εκτεταμένους χώρους πρασίνου. Παρά τη μικρή τους έκταση, οι χώροι αυτοί ενίσχυσαν την προσβασιμότητα των κατοίκων στο πράσινο και τη δυνατότητα πολυλειτουργικής χρήσης τους. Αντίστοιχα, η Άνω Πόλη εμφανίζει παρόμοιο ποσοστό πρασίνου ανά κάτοικο με το κέντρο, παρά τη διπλάσια οικιστική της πυκνότητα. Ο συνολικός αριθμός των πράσινων χώρων είναι σχεδόν ο μισός συγκριτικά με το ιστορικό κέντρο, με σημαντικότερους το γραμμικό πάρκο κατά μήκος των Βυζαντινών Τειχών, τους Κήπους του Πασά και τον περιβάλλοντα χώρο του Επταπυργίου (Καραγιάννη, 2024).

Συνολικά, το περιαστικό πράσινο της Θεσσαλονίκης παρουσιάζει μεγαλύτερη συνοχή στον σχεδιασμό του, λειτουργώντας ως ζώνη οικολογικής προστασίας και αναψυχής, ενώ οι πράσινοι χώροι εντός του αστικού ιστού χαρακτηρίζονται από μικρό μέγεθος, κατακερματισμό και περιορισμένη πολυλειτουργικότητα. Παρά τις ιστορικές, θεσμικές και πολεοδομικές αδυναμίες, η Θεσσαλονίκη εμφανίζει καλύτερη ενσωμάτωση του στοιχείου πρασίνου σε σύγκριση με άλλες μεγάλες ελληνικές πόλεις, προσφέροντας σχετικά ευκολότερη πρόσβαση στους κατοίκους της (Papageorgiou & Gemenetzi, 2018).

4 Μεθοδολογία και Ανάπτυξη Συγκοινωνιακού Μοντέλου

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει αναλυτικά τη μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του συγκοινωνιακού μοντέλου, το οποίο χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κυκλοφοριακής κατάστασης, καθώς και των προτεινόμενων σεναρίων εφαρμογής των Superblocks στην περιοχή μελέτης. Η ανάπτυξη ενός αξιόπιστου συγκοινωνιακού μοντέλου αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εκτίμηση των επιπτώσεων που δύνανται να προκαλέσουν οι κυκλοφοριακές παρεμβάσεις, καθώς επιτρέπει την προσομοίωση της λειτουργίας του οδικού δικτύου και τη διερεύνηση διαφορετικών εναλλακτικών σεναρίων χωρίς την ανάγκη υλοποίησης πραγματικών παρεμβάσεων.

Στη σύγχρονη συγκοινωνιακή μηχανική, τα μοντέλα μεταφορών και ιδιαίτερα τα μοντέλα προσομοίωσης αποτελούν βασικά εργαλεία για την κατανόηση, την ανάλυση και την πρόβλεψη της λειτουργίας των μεταφορικών συστημάτων. Μέσω αυτών είναι δυνατή η αναπαράσταση της ταξιδιωτικής ζήτησης, των κυκλοφοριακών και επιβατικών ροών, καθώς και της δυναμικής εξέλιξής τους υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Η αξιοποίησή τους συμβάλλει ουσιαστικά στον σχεδιασμό και τη διαχείριση των μεταφορικών υποδομών, στην αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων και πολιτικών βιώσιμης κινητικότητας, καθώς και στη βελτίωση της απόδοσης του οδικού δικτύου μέσω της εκτίμησης δεικτών, όπως οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, οι χρόνοι μετακίνησης, ο λόγος κυκλοφοριακού φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα (Volume-to-Capacity ratio [V/C]), οι αντίστοιχες βαθμίδες επιπέδου εξυπηρέτησης (Level of Service [LoS]) και η αξιοποίηση της διαθέσιμης κυκλοφοριακής ικανότητας. Δεδομένου ότι τα συστήματα μεταφορών χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας, δυναμικότητας και αβεβαιότητας, η περιγραφή τους αποκλειστικά με αναλυτικά μαθηματικά μοντέλα είναι συχνά ανεπαρκής (Huang et al., 2022). Αντίθετα, τα μοντέλα προσομοίωσης προσφέρουν τη δυνατότητα ρεαλιστικής απεικόνισης της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που εξηγεί τη διαρκώς αυξανόμενη εφαρμογή τους τόσο στην έρευνα όσο και στον συγκοινωνιακό σχεδιασμό.

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε το λογισμικό PTV Visum, το οποίο αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα λογισμικά μακροσκοπικής συγκοινωνιακής προσομοίωσης διεθνώς.

Το PTV Visum χρησιμοποιείται από δημόσιους φορείς, συγκοινωνιακούς οργανισμούς, μελετητικά γραφεία και ερευνητικά ιδρύματα για τον στρατηγικό σχεδιασμό μεταφορών, την ανάπτυξη συγκοινωνιακών μοντέλων μεγάλης κλίμακας και την αξιολόγηση εναλλακτικών πολιτικών κινητικότητας. Η δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων, η ενσωμάτωση μεθόδων κατανομής κυκλοφορίας και η παραγωγή χαρτογραφικών απεικονίσεων αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για την ανάλυση σύνθετων αστικών περιοχών. Στο πλαίσιο της ανάπτυξης του μοντέλου αξιοποιήθηκαν κυκλοφοριακά δεδομένα που παραχωρήθηκαν από τον Οργανισμό Συγκοινωνιακού Έργου Θεσσαλονίκης (ΟΣΕΘ) και αφορούν την κατάσταση του οδικού δικτύου κατά το έτος 2008. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη γεωμετρία του δικτύου, τις επιτρεπόμενες κινήσεις στους κόμβους, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των οδικών αξόνων και τους κυκλοφοριακούς φόρτους. Παρότι η χρονική απόσταση των δεδομένων από τη σημερινή πραγματικότητα αποτελεί έναν από τους βασικούς περιορισμούς της παρούσας εργασίας, κρίθηκαν κατάλληλα για τη συγκριτική αξιολόγηση των εξεταζόμενων σεναρίων, καθώς παρέχουν ένα πλήρες και συνεκτικό σύνολο πληροφοριών υπό κοινές συνθήκες αναφοράς.

Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στη διατήρηση σταθερών όλων των παραμέτρων του μοντέλου μεταξύ των διαφορετικών σεναρίων. Με τον τρόπο αυτό, κάθε μεταβολή που παρατηρείται στους κυκλοφοριακούς φόρτους, στον λόγο V/C ή στην αντίστοιχη βαθμίδα LoS , αποδίδεται αποκλειστικά στις αλλαγές που εισάγονται στη δομή του οδικού δικτύου μέσω της εφαρμογής του μοντέλου Superblock και όχι σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως διαφοροποιήσεις στη ζήτηση μετακινήσεων ή στις κυκλοφοριακές συνθήκες.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε διαρθρώνεται σε διαδοχικά στάδια, τα οποία περιλαμβάνουν την οριοθέτηση της περιοχής μελέτης, την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, την ανάπτυξη του συγκοινωνιακού μοντέλου στο περιβάλλον του PTV Visum, τη διαμόρφωση των σεναρίων εφαρμογής των Superblocks και, τέλος, την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μέσω κατάλληλων δεικτών λειτουργικής απόδοσης. Η συγκεκριμένη διαδικασία εξασφαλίζει τη συστηματική και αντικειμενική σύγκριση των εξεταζόμενων σεναρίων και επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την εφαρμοσιμότητα του μοντέλου στην περιοχή μελέτης.

4.1 Οριοθέτηση και χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

Η επιλογή και η οριοθέτηση της περιοχής μελέτης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας, καθώς επηρεάζει άμεσα τόσο τον σχεδιασμό των παρεμβάσεων όσο και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η έννοια του Superblock βασίζεται στην αναδιοργάνωση της κυκλοφορίας σε επίπεδο γειτονιάς, με στόχο τον περιορισμό της διαμπερούς κυκλοφορίας και την ανακατανομή του δημόσιου χώρου υπέρ των πεζών, του ποδηλάτου και των δραστηριοτήτων κοινωνικής ζωής. Ως εκ τούτου, η επιλογή μιας περιοχής με υψηλή πυκνότητα δραστηριοτήτων, έντονες κυκλοφοριακές πιέσεις και ποικιλία χρήσεων γης αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη ρεαλιστική αξιολόγηση της εφαρμογής του μοντέλου.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης το ιστορικό και εμπορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης, το οποίο ταυτίζεται σε μεγάλο βαθμό με την πυρόπληκτη περιοχή που ανασχεδιάστηκε μετά τη μεγάλη πυρκαγιά του 1917 σύμφωνα με το σχέδιο του Ernest Hébrard. Η περιοχή αυτή αποτελεί μέχρι σήμερα το διοικητικό, εμπορικό, επιχειρηματικό και πολιτιστικό κέντρο της πόλης, συγκεντρώνοντας καθημερινά μεγάλο αριθμό κατοίκων, εργαζομένων και επισκεπτών. Παράλληλα, χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλή ένταση μετακινήσεων, γεγονός που δημιουργεί σημαντικές απαιτήσεις ως προς τη διαχείριση της κυκλοφορίας και του δημόσιου χώρου.

Η περιοχή μελέτης οριοθετείται ανατολικά από τους οδικούς άξονες Αγγελάκη και Ν. Γερμανού, δυτικά από τους άξονες Σαλαμίνο και Δωδεκανήσου, βόρεια από την οδό Εγνατία και νότια από τη Λεωφόρο Νίκης (Εικόνα 4-1). Η συγκεκριμένη χωρική ενότητα περιλαμβάνει ένα μεγάλο μέρος του ιστορικού κέντρου της Θεσσαλονίκης, όπου συγκεντρώνονται σημαντικές εμπορικές δραστηριότητες, υπηρεσίες, δημόσια κτίρια, περιοχές κατοικίας αλλά και χώροι πολιτισμού και αναψυχής. Η συνύπαρξη διαφορετικών χρήσεων γης δημιουργεί ένα σύνθετο σύστημα καθημερινών μετακινήσεων, το οποίο καθιστά την περιοχή ιδιαίτερα κατάλληλη για τη διερεύνηση νέων μοντέλων αστικής κινητικότητας.



Εικόνα 4-1: Η περιοχή μελέτης στο κέντρο της Θεσσαλονίκης (Google, n.d.; ίδια επεξεργασία).

Η οριοθέτηση της περιοχής μελέτης βασίστηκε σε ένα πλέγμα βασικών και δευτερευουσών οδικών αξόνων, το οποίο συγκροτείται από οικοδομικά τετράγωνα ποικίλων μεγεθών και μορφολογικών χαρακτηριστικών. Το χαρακτηριστικό αυτό διευκολύνει σημαντικά την εφαρμογή της έννοιας των Superblocks, καθώς επιτρέπει την ομαδοποίηση συνεχόμενων οικοδομικών τετραγώνων σε μεγαλύτερες ενότητες χωρίς να απαιτούνται εκτεταμένες μεταβολές στη βασική δομή του οδικού δικτύου. Παράλληλα, το σχετικά πυκνό δίκτυο δευτερευόντων οδών προσφέρει τη δυνατότητα αναδιοργάνωσης της κυκλοφορίας μέσω κατάλληλων κυκλοφοριακών ρυθμίσεων, χωρίς να διακόπτεται η πρόσβαση στις ιδιοκτησίες και στις τοπικές λειτουργίες. Η περιοχή χαρακτηρίζεται επίσης από υψηλή πυκνότητα δόμησης και έντονη συγκέντρωση δραστηριοτήτων. Στο εσωτερικό της λειτουργούν εμπορικά καταστήματα, γραφεία, υπηρεσίες, εκπαιδευτικά ιδρύματα, ξενοδοχεία, χώροι εστίασης και αναψυχής, καθώς και σημαντικός αριθμός κατοικιών. Η πολυλειτουργικότητα αυτή δημιουργεί σημαντική ζήτηση μετακινήσεων καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, τόσο από κατοίκους όσο και από επισκέπτες, γεγονός που αυξάνει την κυκλοφοριακή επιβάρυνση των βασικών οδικών αξόνων.

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει και η θέση της περιοχής στο συνολικό συγκοινωνιακό σύστημα της Θεσσαλονίκης. Οι περιμετρικοί άξονες της περιοχής αποτελούν βασικά στοιχεία του πρωτεύοντος οδικού δικτύου της πόλης και εξυπηρετούν σημαντικό ποσοστό της διαμπερούς κυκλοφορίας. Η Εγνατία λειτουργεί ως ένας από τους σημαντικότερους ανατολοδυτικούς άξονες της Θεσσαλονίκης, εξυπηρετώντας μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους και αποτελώντας βασικό άξονα σύνδεσης των δυτικών και ανατολικών συνοικιών. Αντίστοιχα, η Λεωφόρος Νίκης αποτελεί τον παραλιακό άξονα του ιστορικού κέντρου, εξυπηρετώντας τόσο τοπικές όσο και διαμπερείς μετακινήσεις, ενώ παράλληλα συγκεντρώνει σημαντικές δραστηριότητες αναψυχής και τουρισμού. Οι άξονες Ν. Γερμανού και Αγγελάκη αποτελούν βασικές συνδέσεις μεταξύ του ιστορικού κέντρου και της ανατολικής Θεσσαλονίκης, ενώ οι άξονες Δωδεκανήσου και Σαλαμίνας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη σύνδεση της περιοχής με τις δυτικές συνοικίες και τη λιμενική ζώνη. Παράλληλα, στο εσωτερικό της περιοχής αναπτύσσεται ένα πυκνό πλέγμα δευτερευόντων οδών, οι οποίες εξυπηρετούν κυρίως τοπικές μετακινήσεις, πρόσβαση στις ιδιοκτησίες και εμπορικές δραστηριότητες.

Η περιοχή μελέτης διαθέτει επίσης ιδιαίτερα υψηλή προσβασιμότητα μέσω των δημόσιων συγκοινωνιών. Στο εσωτερικό ή σε άμεση γειτνίαση με αυτή διέρχεται μεγάλος αριθμός λεωφορειακών γραμμών, ενώ πλέον εξυπηρετείται και από το δίκτυο του μετρό Θεσσαλονίκης. Η λειτουργία του μετρό δημιουργεί νέες προοπτικές ανακατανομής των μετακινήσεων προς περισσότερο βιώσιμα μέσα, γεγονός που ενισχύει ακόμη περισσότερο την προοπτική εφαρμογής παρεμβάσεων όπως τα Superblocks. Αντίστοιχα, στην περιοχή συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός πεζών, λόγω της έντονης εμπορικής δραστηριότητας και της μικρής απόστασης μεταξύ των βασικών προορισμών.

Παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, η περιοχή αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα κυκλοφοριακής λειτουργίας. Η αυξημένη χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου, οι περιορισμένες δυνατότητες στάθμευσης, οι συχνές φορτοεκφορτώσεις, η συνύπαρξη διαφορετικών μέσων μεταφοράς και οι υψηλοί κυκλοφοριακοί φόρτοι δημιουργούν συνθήκες συμφόρησης κυρίως κατά τις ώρες αιχμής. Οι πιέσεις αυτές επηρεάζουν αρνητικά όχι μόνο την κυκλοφορία των οχημάτων αλλά και την ποιότητα του δημόσιου χώρου, την ασφάλεια των πεζών και την περιβαλλοντική ποιότητα της περιοχής.

Για τον λόγο αυτό, η συγκεκριμένη περιοχή προσφέρεται ιδιαίτερα για τη διερεύνηση της εφαρμογής του μοντέλου Superblock. Η αναδιοργάνωση της κυκλοφορίας έχει τη δυνατότητα να περιορίσει τη διαμπερή κίνηση στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων, να ανακαταναείμει τον διαθέσιμο δημόσιο χώρο και να δημιουργήσει ευνοϊκότερες συνθήκες για τη μετακίνηση πεζών και ποδηλάτων, χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία του βασικού οδικού δικτύου.

Στην παρούσα έρευνα, οι περιμετρικοί άξονες διατηρούν τον πρωτεύοντα κυκλοφοριακό τους ρόλο, εξυπηρετώντας τη διαμπερή κυκλοφορία και τη σύνδεση της περιοχής με το ευρύτερο αστικό δίκτυο. Αντίθετα, στο εσωτερικό της περιοχής εξετάζονται διαφορετικά επίπεδα περιορισμού της κυκλοφορίας μέσω της δημιουργίας Superblocks, με σκοπό την αξιολόγηση των επιπτώσεων κάθε σεναρίου στη λειτουργία του συγκοινωνιακού συστήματος. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής επιτρέπει την ανάπτυξη ενός ρεαλιστικού πιλοτικού παραδείγματος εφαρμογής της έννοιας των Superblocks στη Θεσσαλονίκη. Παράλληλα, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο για τη διερεύνηση μελλοντικών παρεμβάσεων βιώσιμης αστικής κινητικότητας τόσο στο ιστορικό κέντρο όσο και σε άλλες περιοχές της πόλης με παρόμοια πολεοδομικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά.

4.2 Ανάπτυξη κυκλοφοριακών σεναρίων

Η ανάπτυξη εναλλακτικών κυκλοφοριακών σεναρίων αποτελεί βασικό στάδιο της μεθοδολογίας της παρούσας έρευνας, καθώς επιτρέπει τη συστηματική διερεύνηση των επιπτώσεων που μπορεί να επιφέρει η εφαρμογή του μοντέλου Superblock στη λειτουργία του οδικού δικτύου. Η μεθοδολογία των διαφορετικών σεναρίων χρησιμοποιείται ευρέως στον συγκοινωνιακό σχεδιασμό, καθώς παρέχει τη δυνατότητα αξιολόγησης διαφορετικών πολιτικών ή παρεμβάσεων υπό κοινές συνθήκες. Μέσω της προσομοίωσης μπορούν να εξεταστούν οι επιδράσεις των μεταβολών στη λειτουργία του δικτύου, να εντοπιστούν πιθανές αδυναμίες και να εκτιμηθούν τα αναμενόμενα οφέλη ή οι επιβαρύνσεις πριν από τη λήψη αποφάσεων.

Στην παρούσα εργασία η αξιολόγηση βασίστηκε στη σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με τέσσερα εναλλακτικά σενάρια εφαρμογής του μοντέλου Superblock. Τα σενάρια διαφοροποιούνται ως προς τον αριθμό, το μέγεθος και τη χωρική διάταξη των Superblocks, καθώς και ως προς τον βαθμό περιορισμού της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης. Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων παρέμβασης στη λειτουργία του οδικού δικτύου και η κατανόηση της σχέσης μεταξύ της έκτασης των κυκλοφοριακών περιορισμών και της ανακατανομής των κυκλοφοριακών φόρτων. Βασική αρχή κατά την ανάπτυξη των σεναρίων αποτέλεσε η διατήρηση κοινών παραδοχών σε όλα τα εξεταζόμενα μοντέλα. Συγκεκριμένα, η ζήτηση μετακινήσεων, οι πίνακες προέλευσης–προορισμού, τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων και όλες οι υπόλοιπες παράμετροι του μοντέλου παρέμειναν αμετάβλητες. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι οι διαφορές που παρατηρούνται στα αποτελέσματα οφείλονται αποκλειστικά στις αλλαγές που πραγματοποιούνται στη δομή και στη λειτουργία του οδικού δικτύου και όχι σε εξωγενείς παράγοντες. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί βασική αρχή των συγκριτικών συγκοινωνιακών αναλύσεων και διασφαλίζει την αξιοπιστία των συμπερασμάτων.

Η φιλοσοφία των σεναρίων βασίζεται στις αρχές του μοντέλου Superblock, σύμφωνα με τις οποίες η διαμπερής κυκλοφορία απομακρύνεται από το εσωτερικό των γειτονιών και διοχετεύεται στους κύριους περιμετρικούς άξονες. Στο εσωτερικό των Superblocks η κυκλοφορία περιορίζεται κυρίως στην πρόσβαση κατοίκων, επισκεπτών, οχημάτων έκτακτης ανάγκης και οχημάτων τροφοδοσίας, ενώ οι υπόλοιπες μετακινήσεις πραγματοποιούνται μέσω του βασικού οδικού δικτύου. Η λογική αυτή εφαρμόζεται σταδιακά στα τέσσερα εξεταζόμενα σενάρια, αυξάνοντας προοδευτικά το μέγεθος των blocks και περιορίζοντας αντίστοιχα τον αριθμό των οδικών αξόνων που επιτρέπουν τη διαμπερή κυκλοφορία.

Πριν από την ανάπτυξη των τεσσάρων σεναρίων δημιουργήθηκε το βασικό σενάριο αναφοράς, το οποίο αναπαριστά την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας του οδικού δικτύου. Το σενάριο αυτό αποτελεί το σημείο αναφοράς για όλες τις συγκρίσεις που ακολουθούν και επιτρέπει την ποσοτική αξιολόγηση των μεταβολών που προκαλεί κάθε παρέμβαση. Για την ανάπτυξη του βασικού σεναρίου αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του ΟΣΕΘ, τα οποία περιλαμβάνουν τη γεωμετρία του οδικού δικτύου, τα χαρακτηριστικά των οδικών τμημάτων, τις επιτρεπόμενες κινήσεις στους κόμβους, τις κατευθύνσεις κυκλοφορίας και τους κυκλοφοριακούς φόρτους.

Παρότι τα δεδομένα αναφέρονται στο έτος 2008, αποτελούν ένα πλήρες και συνεκτικό σύνολο πληροφοριών, το οποίο επιτρέπει την ανάπτυξη ενός λειτουργικού συγκοινωνιακού μοντέλου και την αξιόπιστη σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων. Στο βασικό μοντέλο πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες προσαρμογές ώστε να αντανakλάται καλύτερα η σημερινή εικόνα του κέντρου της Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα, αφαιρέθηκαν από το οδικό δίκτυο η οδός Αγίας Σοφίας, στο τμήμα μεταξύ των οδών Μακένζι Κινγκ και Μητροπόλεως, καθώς και η οδός Στρατηγού Καλλάρη, λόγω της πεζοδρόμησής τους. Η παρέμβαση αυτή κρίθηκε αναγκαία ώστε το μοντέλο να ανταποκρίνεται περισσότερο στις σημερινές συνθήκες της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια διαμορφώθηκαν τέσσερα διαφορετικά σενάρια εφαρμογής του μοντέλου Superblock. Η ανάπτυξή τους πραγματοποιήθηκε με σταδιακή αύξηση του βαθμού παρέμβασης, προκειμένου να διερευνηθεί ο τρόπος με τον οποίο η έκταση των κυκλοφοριακών περιορισμών επηρεάζει τη λειτουργία του δικτύου.

1. Στο πρώτο σενάριο εφαρμόζεται η πιο ήπια εκδοχή του μοντέλου, με τη δημιουργία μεγαλύτερου αριθμού μικρών blocks και τη διατήρηση αρκετών εσωτερικών οδικών αξόνων σε λειτουργία. Στόχος του σεναρίου είναι να διερευνηθεί κατά πόσο μπορούν να επιτευχθούν οφέλη στη λειτουργία του δημόσιου χώρου χωρίς σημαντικές μεταβολές στην κατανομή της κυκλοφορίας.
2. Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει την κατάργηση επιπλέον εσωτερικών οδικών αξόνων και τη δημιουργία μεγαλύτερων blocks. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται περισσότερο η διαμπερής κυκλοφορία στο εσωτερικό της περιοχής, ενώ αναμένεται μεγαλύτερη ανακατανομή των κυκλοφοριακών φόρτων προς τους βασικούς άξονες.
3. Στο τρίτο σενάριο μειώνεται ακόμη περισσότερο ο αριθμός των blocks, αυξάνοντας αντίστοιχα την έκταση τους. Η λειτουργία του οδικού δικτύου βασίζεται πλέον σχεδόν αποκλειστικά στους βασικούς περιμετρικούς άξονες και σε περιορισμένο αριθμό κάθετων αξόνων, γεγονός που επιτρέπει την αξιολόγηση μιας περισσότερο συγκεντρωτικής εφαρμογής της φιλοσοφίας των Superblocks.
4. Τέλος, το τέταρτο σενάριο αποτελεί την πιο εκτεταμένη μορφή παρέμβασης. Η περιοχή οργανώνεται σε τέσσερα μεγάλα Superblocks, με αποτέλεσμα τη σημαντικότερη μείωση της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης. Το συγκεκριμένο σενάριο προσεγγίζει τη μέγιστη δυνατή εφαρμογή της φιλοσοφίας των Superblocks στην εξεταζόμενη περιοχή και επιτρέπει την αξιολόγηση των επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν στο βασικό οδικό δίκτυο.

Η συγκριτική αξιολόγηση όλων των σεναρίων πραγματοποιείται μέσω κοινών δεικτών απόδοσης, ώστε να εξασφαλίζεται η αντικειμενική σύγκριση των αποτελεσμάτων. Οι βασικοί ποσοτικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι οι κυκλοφοριακοί φόρτοι και ο λόγος V/C. Κάθε τιμή V/C αντιστοιχίζεται στην αντίστοιχη βαθμίδα επιπέδου εξυπηρέτησης (LoS). Τα μεγέθη αυτά επιτρέπουν την ποσοτική αποτίμηση της λειτουργικής κατάστασης του οδικού δικτύου και της επίδρασης των προτεινόμενων παρεμβάσεων. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται τόσο σε επίπεδο συνολικού οδικού άξονα όσο και σε επιμέρους τμήματα αυτού, ώστε να αναδειχθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι τοπικές μεταβολές που προκαλεί κάθε σενάριο. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων όχι μόνο σχετικά με τη λειτουργικότητα του οδικού δικτύου, αλλά και ως προς τη δυνατότητα εφαρμογής διαφορετικών βαθμών υλοποίησης του μοντέλου Superblock στο κέντρο της Θεσσαλονίκης. Παράλληλα, δημιουργεί ένα συνεκτικό μεθοδολογικό πλαίσιο, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί και σε μελλοντικές μελέτες αξιολόγησης παρεμβάσεων βιώσιμης αστικής κινητικότητας.

4.2.1 Κυκλοφοριακός φόρτος

Ο κυκλοφοριακός φόρτος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες αξιολόγησης της λειτουργίας ενός οδικού δικτύου και χρησιμοποιείται ευρέως στον συγκοινωνιακό σχεδιασμό, καθώς εκφράζει τον αριθμό των οχημάτων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο οδικό τμήμα κατά τη διάρκεια μιας καθορισμένης χρονικής περιόδου. Η ανάλυση του κυκλοφοριακού φόρτου επιτρέπει την αποτύπωση της έντασης της κυκλοφορίας, τον εντοπισμό τμημάτων του δικτύου που παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις εξυπηρέτησης, καθώς και την αξιολόγηση των επιπτώσεων που προκαλούν διαφορετικές κυκλοφοριακές παρεμβάσεις. Στη διεθνή βιβλιογραφία, ο κυκλοφοριακός φόρτος χρησιμοποιείται τόσο για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης όσο και για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του δικτύου μετά την εφαρμογή νέων κυκλοφοριακών ρυθμίσεων ή έργων υποδομής. Η μεταβολή του φόρτου σε ένα οδικό τμήμα αποτελεί άμεση ένδειξη της ανακατανομής των μετακινήσεων, γεγονός που καθιστά τον συγκεκριμένο δείκτη ιδιαίτερα χρήσιμο στις μελέτες προσομοίωσης και συγκοινωνιακού σχεδιασμού.

Η ανάλυση των κυκλοφοριακών φόρτων αφορά τον προσδιορισμό του όγκου της κυκλοφορίας που διέρχεται από ένα οδικό τμήμα σε συγκεκριμένο χώρο και χρονική περίοδο. Για την ομοιόμορφη αποτύπωση της κυκλοφοριακής ροής, οι διαφορετικές κατηγορίες οχημάτων μετατρέπονται σε μία κοινή μονάδα αναφοράς, γνωστή ως Μονάδα Επιβατικού Αυτοκινήτου, ώστε να είναι δυνατή η έκφραση της κυκλοφορίας ως ροή οχημάτων ανά μονάδα χρόνου. Ο κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζει διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ διαφοροποιείται επίσης ανάλογα με την ημέρα της εβδομάδας, τον μήνα και την εποχή του έτους. Για τον λόγο αυτό, η αποτύπωση και η αξιολόγηση των κυκλοφοριακών συνθηκών βασίζονται σε συστηματικές κυκλοφοριακές έρευνες, οι οποίες αποτελούν βασικό μέσο συλλογής στατιστικών δεδομένων κυκλοφορίας. Οι έρευνες αυτές χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές συγκοινωνιακής μηχανικής, καθώς συμβάλλουν στην εκτίμηση της λειτουργικής κατάστασης του οδικού δικτύου και στη λήψη αποφάσεων για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση της κυκλοφορίας (Gupta et al., 2022). Ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφράζεται συνήθως ως (Εξίσωση 1):

$$v = veh/h \quad (1)$$

όπου v είναι ο αριθμός των οχημάτων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά ώρα.

Στην παρούσα εργασία ο κυκλοφοριακός φόρτος χρησιμοποιείται ως ένας από τους δύο βασικούς δείκτες αξιολόγησης των εξεταζόμενων σεναρίων εφαρμογής του μοντέλου Superblock. Μέσω της σύγκρισης των κυκλοφοριακών φόρτων μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και των τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων καθίσταται δυνατή η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι προτεινόμενες κυκλοφοριακές παρεμβάσεις επηρεάζουν την κατανομή της κυκλοφορίας στο δίκτυο. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού PTV Visum, το οποίο υπολογίζει τους κυκλοφοριακούς φόρτους μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κατανομής της ζήτησης μετακινήσεων στο οδικό δίκτυο. Με βάση τους αλγορίθμους κατανομής που χρησιμοποιεί το λογισμικό, κάθε διαδρομή επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη το γενικευμένο κόστος μετακίνησης, το οποίο επηρεάζεται από χαρακτηριστικά όπως ο χρόνος διαδρομής, η κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού τμήματος και η ταχύτητα κυκλοφορίας. Ως αποτέλεσμα, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που προκύπτουν αποτυπώνουν τη συνολική συμπεριφορά του δικτύου και την ανακατανομή των μετακινήσεων μετά την εφαρμογή κάθε σεναρίου.

Στην περίπτωση των Superblocks, η εξέταση των κυκλοφοριακών φόρτων αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς ο βασικός στόχος της παρέμβασης είναι ο περιορισμός της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό των blocks και η μεταφορά της στους κύριους περιμετρικούς άξονες. Επομένως, η μεταβολή του κυκλοφοριακού φόρτου στους βασικούς δρόμους της περιοχής μελέτης αποτελεί άμεσο δείκτη της αποτελεσματικότητας κάθε σεναρίου και επιτρέπει την αξιολόγηση του βαθμού αναδιοργάνωσης της κυκλοφορίας. Τέλος, ο κυκλοφοριακός φόρτος δεν αξιολογείται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με τον λόγο V/C και την αντίστοιχη βαθμίδα LoS . Η ταυτόχρονη εξέταση του κυκλοφοριακού φόρτου, του λόγου V/C και της αντίστοιχης βαθμίδας LoS επιτρέπει την πληρέστερη κατανόηση της λειτουργίας του οδικού δικτύου, καθώς ένας αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος δεν συνεπάγεται απαραίτητα δυσμενείς συνθήκες κυκλοφορίας, εφόσον η κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού τμήματος παραμένει επαρκής. Για τον λόγο αυτό, ο κυκλοφοριακός φόρτος και ο λόγος V/C , σε συνδυασμό με την αντίστοιχη βαθμίδα LoS , αξιοποιούνται συμπληρωματικά για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων σεναρίων.

4.2.2 Επίπεδο εξυπηρέτησης

Το Επίπεδο Εξυπηρέτησης LoS αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες αξιολόγησης της λειτουργικής απόδοσης ενός οδικού δικτύου και χρησιμοποιείται ευρέως στη συγκοινωνιακή μηχανική για την εκτίμηση της ποιότητας της κυκλοφορίας που αντιλαμβάνεται ο χρήστης ενός οδικού άξονα. Σε αντίθεση με τον κυκλοφοριακό φόρτο, ο οποίος αποτυπώνει αποκλειστικά τον αριθμό των οχημάτων που κινούνται σε ένα οδικό τμήμα, το επίπεδο εξυπηρέτησης εκφράζει τον βαθμό στον οποίο η κυκλοφορία πραγματοποιείται με ασφάλεια, άνεση και αποτελεσματικότητα, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τον κυκλοφοριακό φόρτο όσο και την κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού δικτύου.

Η έννοια του LoS εισήχθη στο Highway Capacity Manual (HCM) και αποτελεί μέχρι σήμερα μία από τις βασικότερες μεθόδους αξιολόγησης της λειτουργικής απόδοσης των οδικών υποδομών. Το LoS κατατάσσει τις κυκλοφοριακές συνθήκες σε έξι επίπεδα, από το A έως το F, εκφράζοντας τον βαθμό ποιότητας της κυκλοφοριακής λειτουργίας όπως αυτός γίνεται αντιληπτός από τους χρήστες.

Με την εξέλιξη των εκδόσεων του HCM, η αξιολόγηση του δείκτη βασίστηκε σε παραμέτρους όπως η ταχύτητα ταξιδιού, η πυκνότητα και ο ρυθμός κυκλοφοριακής ροής, ενώ παράλληλα ενσωματώθηκαν ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως η ελευθερία ελιγμών, η άνεση και οι καθυστερήσεις. Σήμερα, το επίπεδο εξυπηρέτησης χρησιμοποιείται ευρέως τόσο στον σχεδιασμό νέων οδικών έργων όσο και στην αξιολόγηση υφιστάμενων ή προτεινόμενων κυκλοφοριακών παρεμβάσεων, παρέχοντας ένα αξιόπιστο πλαίσιο για τη σύγκριση διαφορετικών σεναρίων λειτουργίας και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων στον συγκοινωνιακό σχεδιασμό (Bhuyan & Nayak, 2013).

Η εκτίμηση του επιπέδου εξυπηρέτησης μπορεί να βασίζεται σε διαφορετικούς δείκτες κυκλοφοριακής λειτουργίας, ανάλογα με τον τύπο της οδικής υποδομής και τη μεθοδολογία ανάλυσης. Στους δείκτες αυτούς περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η ταχύτητα κυκλοφορίας, η πυκνότητα των οχημάτων, η καθυστέρηση, ο χρόνος διαδρομής και ο λόγος κυκλοφοριακού φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα (V/C). Οι Afrin και Yodo (2020), στο πλαίσιο της επισκόπησης διαφορετικών μεθόδων μέτρησης της κυκλοφοριακής συμφόρησης, παρουσιάζουν τον λόγο V/C ως εξής (Εξίσωση 2):

$$V/C = \frac{N_v}{N_{\max}} \quad (2)$$

όπου N_v είναι ο χωρικός μέσος αριθμός οχημάτων στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα και $N_{\max}$ ο μέγιστος αριθμός οχημάτων που μπορεί να περιέχει το συγκεκριμένο τμήμα. Ο τελευταίος υπολογίζεται ως (Εξίσωση 3):

$$N_{\max} = \left(\frac{L_s}{L_v} \right) \times N_l \quad (3)$$

όπου L_s είναι το μήκος του εξεταζόμενου οδικού τμήματος, L_v το μέσο μήκος χώρου που καταλαμβάνει ένα όχημα, συμπεριλαμβανομένης της απόστασης ασφαλείας, και N_l ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας (Afrin & Yodo, 2020). Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την αντιστοίχιση των τιμών του λόγου V/C στις βαθμίδες LoS (Πίνακας 4-1) και τη συγκριτική ανάλυση μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και των σεναρίων παρέμβασης. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του λόγου V/C , τόσο μεγαλύτερο περιθώριο διαθέτει ο δρόμος για την εξυπηρέτηση επιπλέον κυκλοφορίας.

Αντίθετα, όταν ο λόγος προσεγγίζει ή υπερβαίνει τη μονάδα ($V/C \geq 1$), η ζήτηση κυκλοφορίας ισούται ή ξεπερνά τη διαθέσιμη κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού τμήματος, με αποτέλεσμα την εμφάνιση έντονων καθυστερήσεων, μείωσης των ταχυτήτων και συνθηκών κυκλοφοριακού κορεσμού.

Στην παρούσα εργασία, οι τιμές του λόγου V/C εξάγονται από τα αποτελέσματα της κυκλοφοριακής ανάθεσης στο PTV Visum και χρησιμοποιούνται ως ποσοτικός δείκτης της λειτουργικής επιβάρυνσης των οδικών τμημάτων. Κάθε τιμή V/C αντιστοιχίζεται στην αντίστοιχη βαθμίδα LoS σύμφωνα με τα όρια ταξινόμησης (Πίνακας 4-1). Συνεπώς, οι ποσοστιαίες τιμές που παρουσιάζονται στους πίνακες των αποτελεσμάτων αφορούν τον λόγο V/C , ενώ το LoS αποδίδεται με τις κατηγορικές βαθμίδες A–F.

Βαθμίδες LoS	Συνθήκες και Κατάσταση Κυκλοφορίας	V/C
A	Ελεύθερη ροή	$V/C \leq 0,60$
B	Σταθερή ροή με ανεπηρέαστη ταχύτητα	$0,60 < V/C \leq 0,70$
C	Σταθερή ροή με την ταχύτητα να επηρεάζεται	$0,70 < V/C \leq 0,80$
D	Σταθερή ροή με υψηλή πυκνότητα	$0,80 < V/C \leq 0,90$
E	Ροή με χαμηλή ταχύτητα	$0,90 < V/C \leq 1,00$
F	Διακοπή ροής	$V/C > 1,00$

Πίνακας 4-1: Αντιστοίχιση των τιμών του λόγου V/C στις αντίστοιχες βαθμίδες LoS και συνθήκες κυκλοφοριακής λειτουργίας (Afrin & Yodo, 2020).

Για την ευκολότερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων, το επίπεδο εξυπηρέτησης ταξινομείται σε έξι βαθμίδες, από A έως F, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας του οδικού δικτύου (Πίνακας 4-1).

Η βαθμίδα A αντιπροσωπεύει συνθήκες ελεύθερης ροής, όπου οι οδηγοί μπορούν να κινηθούν με υψηλές ταχύτητες και διαθέτουν πλήρη ελευθερία επιλογής ταχύτητας και ελιγμών, χωρίς ουσιαστικές αλληλεπιδράσεις με τα υπόλοιπα οχήματα.

Η βαθμίδα Β χαρακτηρίζεται επίσης από σταθερή ροή, με μικρή μόνο αλληλεπίδραση μεταξύ των οχημάτων. Οι ταχύτητες παραμένουν υψηλές και οι συνθήκες κυκλοφορίας θεωρούνται ιδιαίτερα ικανοποιητικές. Στη βαθμίδα C αρχίζει να γίνεται αισθητή η επίδραση της αυξημένης κυκλοφορίας. Οι οδηγοί διαθέτουν μικρότερη ελευθερία κινήσεων, ενώ οι ταχύτητες παρουσιάζουν ελαφρά μείωση χωρίς όμως να επηρεάζεται σημαντικά η συνολική λειτουργία του δικτύου. Η βαθμίδα D αντιστοιχεί σε συνθήκες υψηλής πυκνότητας, όπου οι ταχύτητες μειώνονται αισθητά, οι καθυστερήσεις αυξάνονται και οποιαδήποτε επιπλέον αύξηση της κυκλοφορίας μπορεί να οδηγήσει σε γρήγορη υποβάθμιση της λειτουργίας του οδικού άξονα. Οι βαθμίδες E και F περιγράφουν συνθήκες κατά τις οποίες ο δρόμος λειτουργεί είτε πολύ κοντά στη θεωρητική κυκλοφοριακή ικανότητά του είτε την υπερβαίνει. Η κυκλοφορία γίνεται ασταθής, οι καθυστερήσεις είναι σημαντικές και ακόμη και μικρές διαταραχές είναι δυνατόν να προκαλέσουν εκτεταμένη συμφόρηση.

Στην παρούσα εργασία, ο λόγος V/C χρησιμοποιείται ως βασικός ποσοτικός δείκτης αξιολόγησης των επιπτώσεων κάθε σεναρίου εφαρμογής του μοντέλου Superblock. Για κάθε εξεταζόμενο οδικό τμήμα, η τιμή του λόγου V/C αντιστοιχίζεται στην αντίστοιχη βαθμίδα LoS, σύμφωνα με τα όρια ταξινόμησης του πίνακα (Πίνακας 4-1). Η σύγκριση των τιμών V/C επιτρέπει την αποτύπωση ακόμη και μικρών μεταβολών της κυκλοφοριακής επιβάρυνσης, ενώ η σύγκριση των βαθμίδων LoS δείχνει εάν οι μεταβολές αυτές οδηγούν σε μετάβαση σε διαφορετική κατηγορία κυκλοφοριακής λειτουργίας. Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για τη συγκεκριμένη μελέτη, καθώς η εφαρμογή των Superblocks αποσκοπεί στον περιορισμό της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό τους και στην ανακατανομή των μετακινήσεων προς τους κύριους περιμετρικούς άξονες. Δεδομένου ότι όλα τα εξεταζόμενα σενάρια βασίζονται στο ίδιο συγκοινωνιακό μοντέλο, στις ίδιες παραδοχές και στην ίδια ζήτηση μετακινήσεων, οι μεταξύ τους διαφορές στις τιμές V/C και, όπου προκύπτουν, στις βαθμίδες LoS μπορούν να αποδοθούν στις αλλαγές που επιφέρουν οι διαφορετικές διαμορφώσεις των Superblocks. Επομένως, ο λόγος V/C και η βαθμίδα LoS χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά, αλλά δεν αποτελούν το ίδιο μέγεθος.

4.2.3 Διαδικασία προσομοίωσης στο PTV Visum

Η αξιολόγηση των προτεινόμενων σεναρίων πραγματοποιήθηκε μέσω μακροσκοπικής κυκλοφοριακής προσομοίωσης στο λογισμικό PTV Visum. Το λογισμικό χρησιμοποιείται ευρέως τόσο στην ακαδημαϊκή έρευνα όσο και στην επαγγελματική πρακτική για την ανάπτυξη συγκοινωνιακών μοντέλων, την εκτίμηση κυκλοφοριακών φόρτων και την αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων σχεδιασμού.

Η επιλογή του βασίστηκε στη δυνατότητά του να προσομοιώνει μεγάλης κλίμακας αστικά δίκτυα, επιτρέποντας την αναπαράσταση της λειτουργίας του οδικού συστήματος υπό διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες. Σε αντίθεση με τα μικροσκοπικά μοντέλα, η μακροσκοπική μοντελοποίηση αποτελεί μια προσέγγιση προσομοίωσης κατά την οποία το μεταφορικό σύστημα αναπαρίσταται σε υψηλό επίπεδο συγκέντρωσης, χωρίς να εξετάζεται η συμπεριφορά των μεμονωμένων οχημάτων (Dorokhin et al., 2020).

Η διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου ξεκίνησε με την εισαγωγή των δεδομένων από τον ΟΣΕΘ, το οποίο περιλαμβάνει το οδικό δίκτυο και τη μήτρα προέλευσης – προορισμού (Origin–Destination Matrix). Το οδικό δίκτυο χωρίζεται σε κύριους και δευτερεύοντες οδικούς άξονες, ενώ συμπεριλαμβάνονται τα απαραίτητα γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά, όπως το μήκος, ο αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας, οι επιτρεπόμενες κατευθύνσεις κίνησης και η θεωρητική κυκλοφοριακή ικανότητα. Το matrix προέλευσης – προορισμού περιγράφει τον αριθμό των μετακινήσεων μεταξύ των επιμέρους ζωνών του μοντέλου. Η μήτρα αυτή αποτελεί το βασικό δεδομένο εισόδου για την κατανομή της κυκλοφορίας στο δίκτυο, καθώς καθορίζει τη ζήτηση μετακινήσεων που πρέπει να εξυπηρετηθεί από το σύστημα. Μετά την εγκατάσταση των δεδομένων εφαρμόστηκε η διαδικασία κατανομής της κυκλοφορίας (traffic assignment). Το PTV Visum υπολογίζει τη διαδρομή που ακολουθούν οι μετακινήσεις με βάση τις γενικευμένες αντιστάσεις κάθε διαδρομής, οι οποίες εξαρτώνται από παραμέτρους όπως ο χρόνος διαδρομής, η κυκλοφοριακή ικανότητα των οδών και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι. Καθώς αυξάνεται η κυκλοφορία σε έναν οδικό άξονα, αυξάνεται και ο απαιτούμενος χρόνος μετακίνησης, γεγονός που οδηγεί μέρος των χρηστών στην επιλογή εναλλακτικών διαδρομών. Η διαδικασία αυτή είναι επαναληπτική και συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία στο δίκτυο. Στην κατάσταση ισορροπίας κανένας οδηγός δεν μπορεί να μειώσει τον χρόνο μετακίνησής του επιλέγοντας διαφορετική διαδρομή.

Για την παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η ίδια διαδικασία προσομοίωσης σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια, ώστε οι διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων να αποδίδονται αποκλειστικά στις μεταβολές της γεωμετρίας και της λειτουργίας του δικτύου και όχι σε διαφοροποίηση της μεθοδολογίας υπολογισμού. Μετά την ολοκλήρωση κάθε προσομοίωσης εξήχθησαν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι και ο λόγος κυκλοφοριακού φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα (V/C). Στη συνέχεια, κάθε τιμή V/C αντιστοιχίστηκε στην αντίστοιχη βαθμίδα LoS βάσει των ορίων (Πίνακας 4-1).

Οι τιμές V/C και οι αντίστοιχες βαθμίδες LoS αποτυπώθηκαν χαρτογραφικά μέσω θεματικών χαρτών (heat maps), διευκολύνοντας τη σύγκριση μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης και των εναλλακτικών σεναρίων.

Με την επιλογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας έγινε η συστηματική αξιολόγηση διαφορετικών παρεμβάσεων στο οδικό δίκτυο χωρίς να απαιτείται πραγματική εφαρμογή τους, παρέχοντας ένα αξιόπιστο εργαλείο υποστήριξης του συγκοινωνιακού σχεδιασμού.

4.2.4 Παραδοχές και περιορισμοί του μοντέλου

Η ανάπτυξη ενός συγκοινωνιακού μοντέλου βασίζεται αναγκαστικά στην υιοθέτηση ορισμένων παραδοχών, οι οποίες επιτρέπουν την απλοποίηση της πραγματικής λειτουργίας του μεταφορικού συστήματος και καθιστούν δυνατή την αριθμητική προσομοίωση της κυκλοφορίας. Οι παραδοχές αυτές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος κάθε διαδικασίας μοντελοποίησης και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στην παρούσα εργασία θεωρήθηκε ότι η συνολική ζήτηση μετακινήσεων παραμένει σταθερή σε όλα τα εξεταζόμενα σενάρια. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι οι μεταβολές στους κυκλοφοριακούς φόρτους προκύπτουν αποκλειστικά από τις αλλαγές στη δομή του οδικού δικτύου και όχι από μεταβολές στον αριθμό των μετακινήσεων.

Επιπλέον, θεωρήθηκε ότι οι οδηγοί επιλέγουν πάντοτε τη διαδρομή που ελαχιστοποιεί τον χρόνο μετακίνησης. Στην πραγματικότητα, η επιλογή διαδρομής επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως οι προσωπικές προτιμήσεις, η εξοικείωση με το δίκτυο, η αξιοπιστία της διαδρομής ή η διαθεσιμότητα πληροφόρησης σε πραγματικό χρόνο. Ένας ακόμη σημαντικός περιορισμός αφορά τη χρήση κυκλοφοριακών δεδομένων του έτους 2008.

Αν και τα δεδομένα αυτά αποτέλεσαν αξιόπιστη βάση για την ανάπτυξη του συγκοινωνιακού μοντέλου, δεν αποτυπώνουν τις σημαντικές μεταβολές που έχουν πραγματοποιηθεί στο μεταφορικό σύστημα της Θεσσαλονίκης τα τελευταία χρόνια, όπως η λειτουργία του μετρό, οι πεζοδρομήσεις, οι αναπλάσεις δημόσιων χώρων και οι αλλαγές στη λειτουργία του δικτύου δημόσιων συγκοινωνιών.

Παράλληλα, η παρούσα ανάλυση περιορίζεται στη διερεύνηση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων των Superblocks και δεν αξιολογεί άμεσα άλλες κρίσιμες παραμέτρους, όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η ποιότητα του δημόσιου χώρου, οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, τα επίπεδα θορύβου ή οι κοινωνικές επιπτώσεις της παρέμβασης.

Επιπλέον, το PTV Visum αποτελεί μακροσκοπικό μοντέλο προσομοίωσης και συνεπώς δεν προσομοιώνει λεπτομερώς τη λειτουργία μεμονωμένων κόμβων, τη συμπεριφορά των οδηγών ή τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών χρηστών του οδικού χώρου. Για την ανάλυση τέτοιων φαινομένων απαιτούνται μικροσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, το μοντέλο κρίνεται κατάλληλο για τον σκοπό της παρούσας εργασίας, καθώς επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων εφαρμογής του μοντέλου Superblock υπό κοινές συνθήκες αναφοράς. Συνεπώς, τα αποτελέσματα δεν θα πρέπει να εκλαμβάνονται ως ακριβής πρόβλεψη της μελλοντικής κυκλοφοριακής κατάστασης, αλλά ως τεκμηριωμένη εκτίμηση των τάσεων που αναμένεται να προκύψουν από την εφαρμογή των εξεταζόμενων παρεμβάσεων.

5 Εφαρμογή Σεναρίων και Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει την εφαρμογή των σεναρίων που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της μελέτης, καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση στο περιβάλλον του PTV Visum. Στόχος είναι η αξιολόγηση της επίδρασης της εφαρμογής του μοντέλου Superblock και η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής για τη λειτουργία του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης, μέσω της σύγκρισης της υφιστάμενης κατάστασης με τα προτεινόμενα σενάρια παρέμβασης.

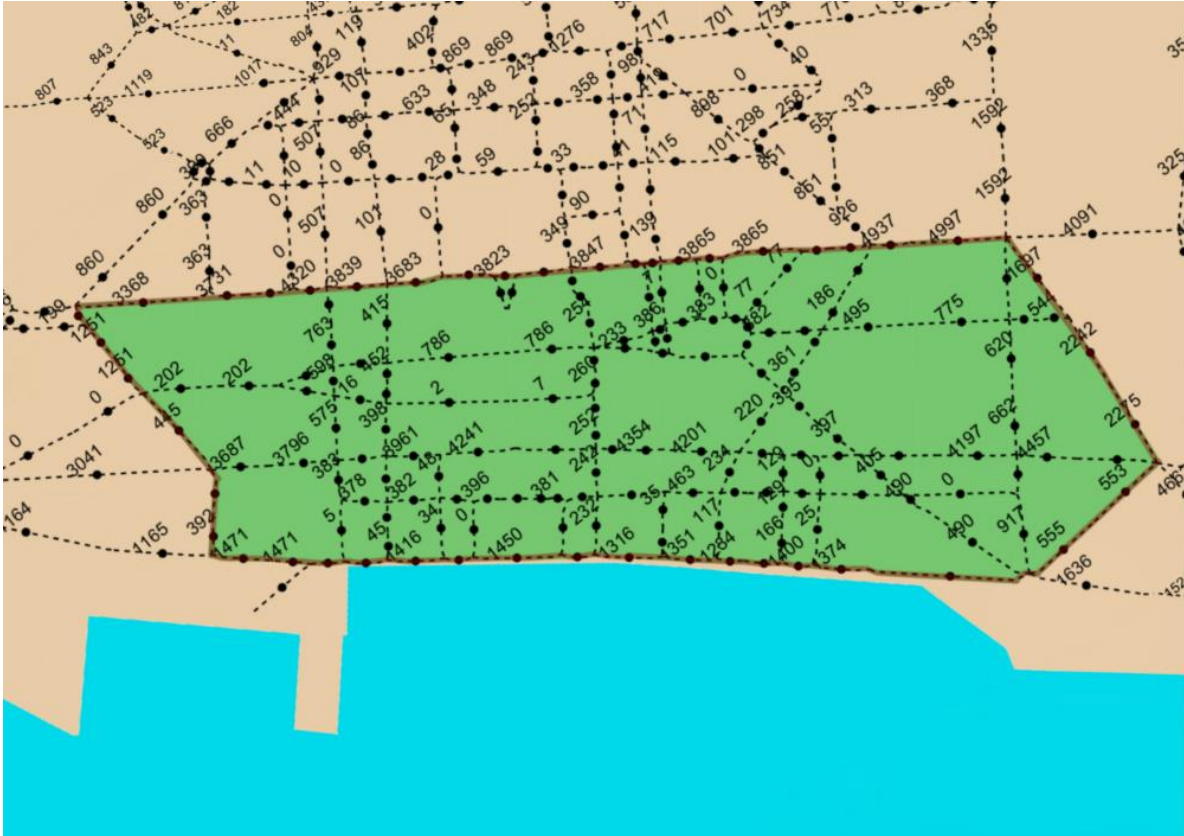
Αρχικά, εφαρμόστηκε το βασικό σενάριο αναφοράς, το οποίο αποτυπώνει την υφιστάμενη κυκλοφοριακή κατάσταση χωρίς καμία τροποποίηση στο δίκτυο (Πίνακας 5-1, Σχήμα 5-1 και Σχήμα 5-2). Το σενάριο αυτό λειτουργεί ως σημείο σύγκρισης, επιτρέποντας την αποτίμηση των μεταβολών που προκύπτουν από την εισαγωγή των παρεμβάσεων. Στη συνέχεια, υλοποιήθηκαν τα εναλλακτικά σενάρια, στα οποία ενσωματώνονται οι αρχές του Superblock, όπως ο περιορισμός της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό των blocks, η ανακατανομή της κυκλοφορίας στους περιμετρικούς άξονες και η ενίσχυση της ήπιας κινητικότητας.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αξιολογούνται μέσω βασικών δεικτών απόδοσης του συγκοινωνιακού συστήματος. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι φόρτοι κυκλοφορίας ανά ώρα για τους αμετάβλητους οδικούς άξονες της περιοχής μελέτης, η κατανομή των κυκλοφοριακών φόρτων στο δίκτυο, καθώς και ο λόγος V/C και η αντίστοιχη βαθμίδα LoS των βασικών οδικών αξόνων. Η σύγκριση μεταξύ των σεναρίων επιτρέπει την αποτύπωση της ανακατανομής της κυκλοφορίας, αναδεικνύοντας τόσο τα σημεία αποσυμφόρησης όσο και τα πιθανά σημεία επιβάρυνσης.

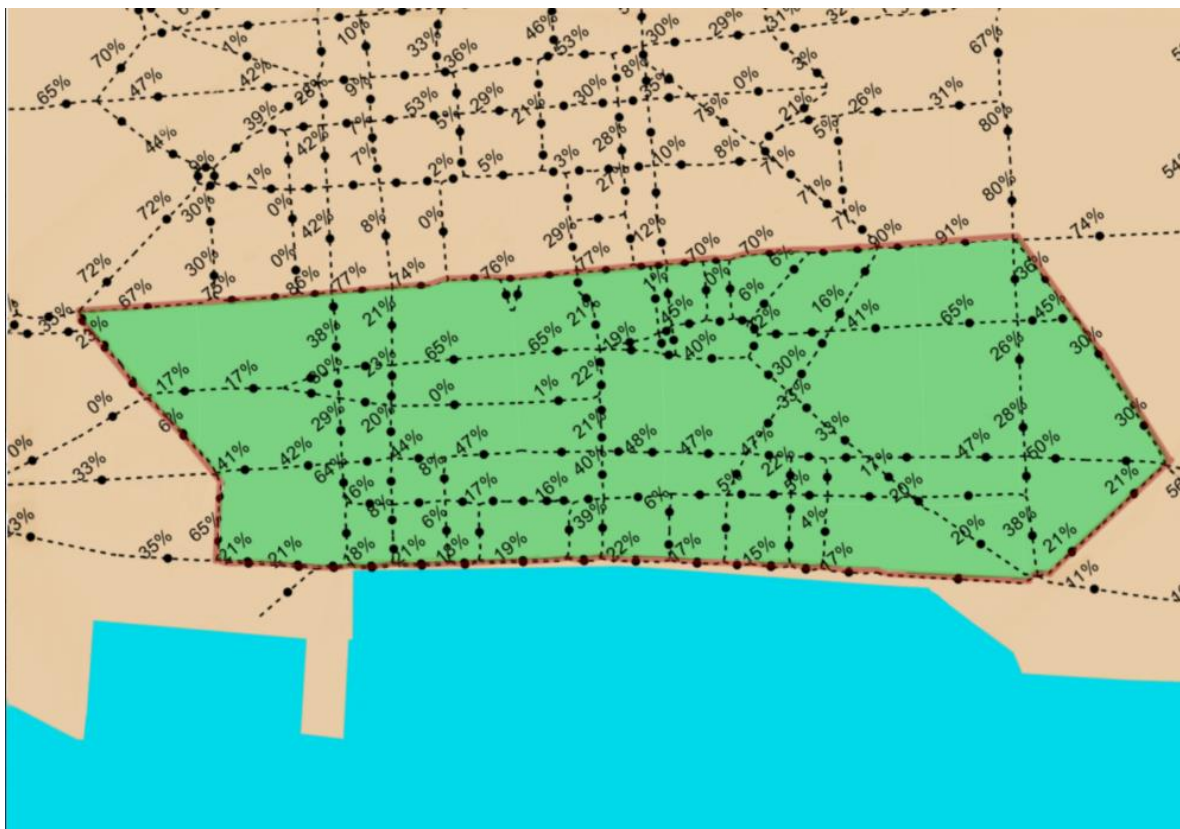
Στους πίνακες (Πίνακας 5-1 έως Πίνακας 5-5) παρουσιάζονται χωριστά οι τιμές του λόγου V/C και οι αντίστοιχες βαθμίδες LoS, οι οποίες προσδιορίστηκαν βάσει των ορίων (Πίνακας 4-1).

Αξονας	V	V/C	LoS
Εγνατία	3.368–4.997	67%–86%	B–D
Τσιμισκή	3.604–4.354	40%–48%	A
Λεωφόρος Νίκης	1.234–1.471	15%–22%	A
Δωδεκανήσου	445–1.251	6%–23%	A
Σαλαμίνας	392–506	65%–84%	B–D
Αγγελάκη	1.697–2.275	30%–36%	A
Ν. Γερμανού	553–555	21%	A

Πίνακας 5-1: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης. Οι τιμές αφορούν την υφιστάμενη κατάσταση και παρουσιάζονται ως εύρος τιμών, καθώς οι οδικοί άξονες εξετάζονται τμηματικά κατά μήκος του δικτύου.



Σχήμα 5-1: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων της υφιστάμενης κατάστασης. Η πράσινη περιοχή αντιστοιχεί στην περιοχή μελέτης, ενώ οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τους αμετάβλητους οδικούς άξονες.



Σχήμα 5-2: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων στην κατάσταση αναφοράς.

5.1 Σενάριο 1: Παραμετρική Διαμόρφωση 20 Blocks

Στο πρώτο σενάριο εξετάζεται η εφαρμογή του μοντέλου Superblock με διατήρηση της λειτουργίας των βασικών οδικών αξόνων της περιοχής μελέτης, καθώς και των αξόνων Ερμού–Φράγκων, Ίωνος Δραγούμη, Βενιζέλου, Καρόλου Ντηλ–Μητροπολίτου Γενναδίου, Παλαιών Πατρών Γερμανού–Βογατσικού, Παύλου Μελά, Αλεξάνδρου Σβώλου και Εθνικής Αμύνης. Η επιλογή αυτή οδηγεί στη δημιουργία 20 blocks διαφορετικού μεγέθους και ταυτόχρονα διασφαλίζει τη διατήρηση ενός βασικού πλέγματος κυκλοφορίας, το οποίο συνεχίζει να εξυπηρετεί τη διαμπερή κίνηση και να υποστηρίζει τη συνολική λειτουργία του δικτύου (Πίνακας 5-2, Σχήμα 5-3 και Σχήμα 5-4).

Οι οδικοί άξονες Δωδεκανήσου και Ν. Γερμανού διατηρούν ουσιαστικά αμετάβλητο τον λόγο V/C και παραμένουν στη βαθμίδα LoS A, γεγονός που υποδηλώνει ότι η εφαρμογή του σεναρίου δεν επιβαρύνει τη λειτουργία τους.

Αντίθετα, στους περισσότερους από τους υπόλοιπους άξονες παρατηρούνται μικρές αυξήσεις στους κυκλοφοριακούς φόρτους, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στην ανακατανομή της κυκλοφορίας που προκαλεί ο περιορισμός της διαμπερούς κίνησης στο εσωτερικό των blocks. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της οδού Ν. Γερμανού, όπου καταγράφεται μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου της τάξης των 11 έως 12 οχημάτων ανά ώρα, γεγονός που υποδηλώνει τάση αποσυμφόρησης του συγκεκριμένου άξονα. Συνολικά, τα αποτελέσματα του πρώτου σεναρίου αναδεικνύουν μια ήπια και ισορροπημένη ανακατανομή της κυκλοφορίας, χωρίς σημαντικές επιβαρύνσεις στη λειτουργία του οδικού δικτύου.

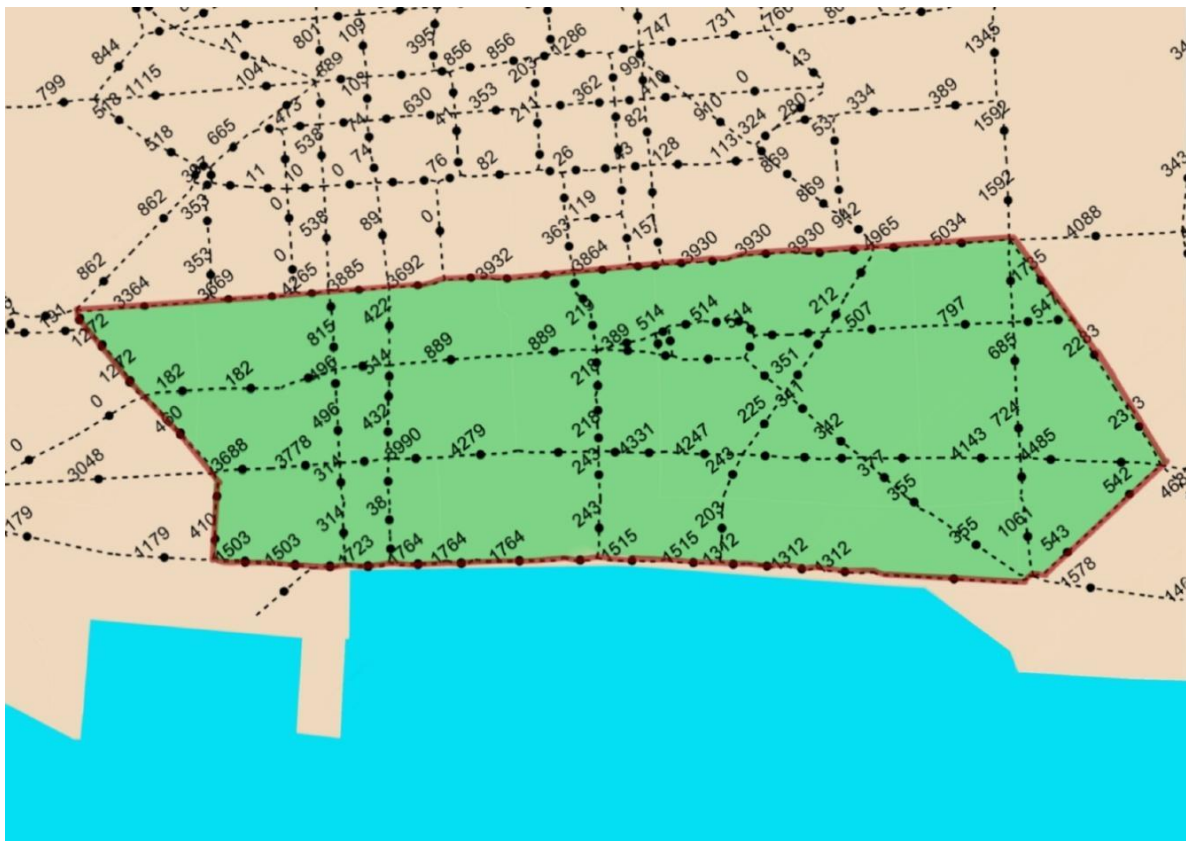
Άξονας	V	V/C	LoS
Εγνατία	3.364–5.034	67%–92%	B–E
Τσιμισκή	3.688–4.485	41%–50%	A
Λεωφόρος Νίκης	1.312–1.764	16%–26%	A
Δωδεκανήσου	460–1.272	6%–23%	A
Σαλαμίνος	131–410	68%	B
Αγγελάκη	1.735–2.313	30%–37%	A
Ν. Γερμανού	542–543	21%	A

Πίνακας 5-2: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.

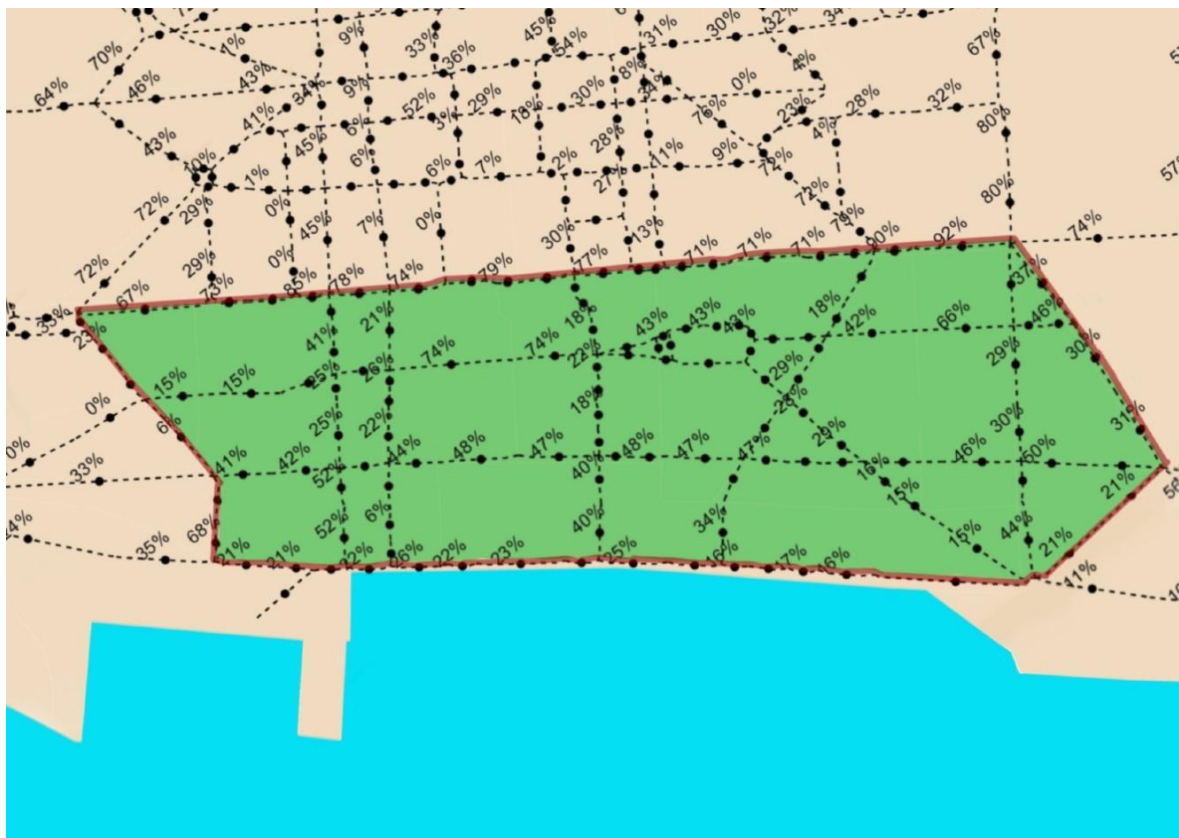
Αναλύοντας τις μεταβολές των κυκλοφοριακών φόρτων κατά μήκος των οδικών αξόνων, προκύπτει ότι στις περιπτώσεις των οδών Αγγελάκη, Σαλαμίνος και Δωδεκανήσου καταγράφεται σχετικά ομοιόμορφη αύξηση των φόρτων σε όλο το μήκος τους. Αντίθετα, η Λεωφόρος Νίκης παρουσιάζει εντονότερη αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στο τμήμα μεταξύ της συμβολής της με τη Σαλαμίνος και τη Βογατσικού, ενώ μετά τον άξονα της Βογατσικού παρατηρείται σταδιακή μείωση.

Στην οδό Τσιμισκή καταγράφονται μικρές διακυμάνσεις, γεγονός που υποδηλώνει σχετική σταθερότητα στη λειτουργία της. Αντίστοιχα, στην Εγνατία παρατηρείται αρχικά ελαφρά μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου έως τη συμβολή με την Ίωνος Δραγούμη, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί μικρή αύξηση του λόγου V/C, η οποία δεν ξεπερνά τις 3 ποσοστιαίες μονάδες.

Παρά τις επιμέρους μεταβολές του λόγου V/C, οι άξονες Τσιμισκή, Λεωφόρος Νίκης και Αγγελάκη παραμένουν στη βαθμίδα LoS A.



Σχήμα 5-3: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.



Σχήμα 5-4: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.

5.2 Σενάριο 2: Παραμετρική Διαμόρφωση 12 Blocks

Στο δεύτερο σενάριο εξετάζεται μια πιο εκτεταμένη εφαρμογή του μοντέλου Superblock, μέσω της κατάργησης βασικών εσωτερικών οδικών αξόνων, όπως οι Ίωνος Δραγούμη, Παύλου Μελά και Εθνικής Αμύνης (Πίνακας 5-3, Σχήμα 5-5 και Σχήμα 5-6).

Η στρατηγική αυτή οδηγεί στη δημιουργία 12 μεγαλύτερων σε έκταση blocks, ενισχύοντας σε μεγαλύτερο βαθμό τον περιορισμό της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, τόσο με την υφιστάμενη κατάσταση όσο και με το πρώτο σενάριο, προκύπτει ότι στους οδικούς άξονες Ν. Γερμανού και Αγγελάκη παρατηρείται μείωση των κυκλοφοριακών φόρτων, γεγονός που υποδηλώνει αποσυμφόρηση των συγκεκριμένων τμημάτων. Αντίστοιχη τάση καταγράφεται και σε μεγάλο τμήμα της Λεωφόρου Νίκης, όπου οι φόρτοι εμφανίζονται μειωμένοι, ενισχύοντας τις συνθήκες ομαλότερης κυκλοφορίας.

Ωστόσο, στους υπόλοιπους βασικούς άξονες του δικτύου παρατηρείται αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων, ως αποτέλεσμα της εντονότερης ανακατανομής της κυκλοφορίας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η επιβάρυνση σε τμήματα της Εγνατίας, όπου ο λόγος V/C αυξάνεται έως και κατά 10 ποσοστιαίες μονάδες, καθώς και στον άξονα της Σαλαμίνας, όπου η αύξηση του λόγου V/C φτάνει τις 40 ποσοστιαίες μονάδες. Οι μεταβολές αυτές καταδεικνύουν ότι η ενίσχυση του μεγέθους των blocks και ο περαιτέρω περιορισμός της διαμπερούς κίνησης οδηγούν σε μεγαλύτερη συγκέντρωση της κυκλοφορίας στους περιμετρικούς και κύριους άξονες. Συνολικά, το δεύτερο σενάριο αναδεικνύει μια πιο έντονη αναδιοργάνωση της κυκλοφορίας σε σχέση με το πρώτο, με σαφέστερα οφέλη αποσυμφόρησης στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης, αλλά και αυξημένες πιέσεις στο βασικό οδικό δίκτυο.

Άξονας	V	V/C	LoS
Εγνατία	3.856–5.368	77%–99%	C–E
Τσιμισκή	3.977–4.586	44%–51%	A
Λεωφόρος Νίκης	893–2.056	11%–30%	A
Δωδεκανήσου	543–1.545	7%–28%	A
Σαλαμίνας	631	105%	F
Αγγελάκη	1.434–2.258	29%–31%	A
N. Γερμανού	308–312	12%	A

Πίνακας 5-3: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.

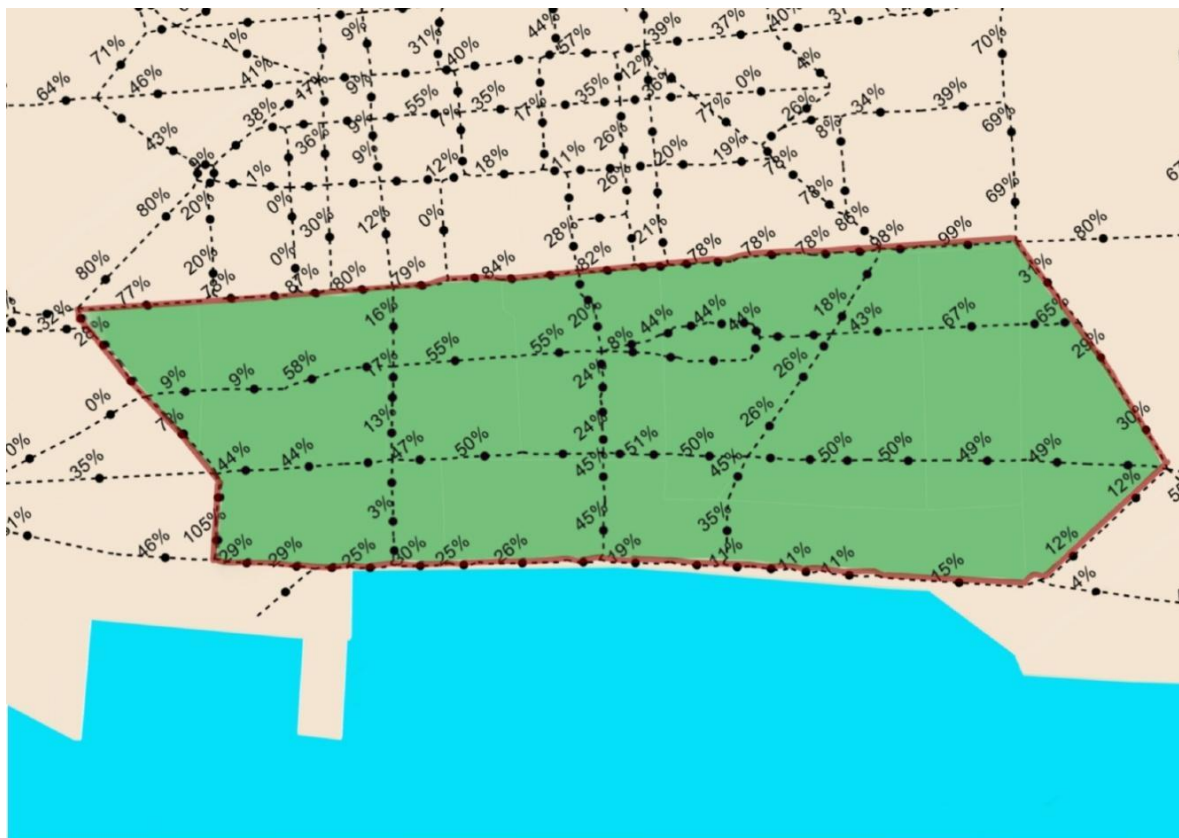
Στις μεταβολές των κυκλοφοριακών φόρτων κατά μήκος των οδικών αξόνων στο δεύτερο σενάριο, προκύπτουν διαφοροποιήσεις που αποτυπώνουν την εντονότερη ανακατανομή της κυκλοφορίας.

Πιο συγκεκριμένα, στη Λεωφόρο Νίκης παρατηρείται μείωση του λόγου V/C κατά 3–6 ποσοστιαίες μονάδες στο τμήμα μεταξύ της Καρόλου Ντηλ και της Ν. Γερμανού, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα καταγράφεται αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, με τον λόγο V/C να αυξάνεται κατά 7–9 ποσοστιαίες μονάδες. Στην οδό Αγγελάκη, το τμήμα από τη συμβολή με τη Ν. Γερμανού έως τη Σβώλου εμφανίζει μικρή μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου, ενώ στο τμήμα από τη Σβώλου έως τη συμβολή με την Εγνατία αύξηση του λόγου V/C κατά 5 ποσοστιαίες μονάδες. Παράλληλα, στον άξονα της Δωδεκανήσου καταγράφεται αύξηση του λόγου V/C κατά 5 ποσοστιαίες μονάδες στο τμήμα μεταξύ Εγνατίας και Τσιμισκή. Στην οδό Τσιμισκή παρατηρείται μικρή και σχετικά ομοιόμορφη αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, γεγονός που υποδηλώνει ήπια επιβάρυνση της λειτουργίας της. Αντίθετα, στην Εγνατία καταγράφεται σημαντικότερη αύξηση, καθώς το τμήμα από τη συμβολή με τη Δωδεκανήσου έως το ύψος της Αντιγονιδών εμφανίζει άνοδο του λόγου V/C έως και κατά 10 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ στο τμήμα από τη Βενιζέλου έως τη συμβολή με την Αγγελάκη η αύξηση του λόγου V/C κυμαίνεται μεταξύ 5 και 8 ποσοστιαίων μονάδων.

Παρά τις επιμέρους αυξομειώσεις του λόγου V/C, οι άξονες Τσιμισκή, Λεωφόρος Νίκης, Δωδεκανήσου, Αγγελάκη και Ν. Γερμανού παραμένουν στη βαθμίδα LoS A.



Σχήμα 5-5: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.



Σχήμα 5-6: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.

5.3 Σενάριο 3: Παραμετρική Διαμόρφωση 8 Blocks

Στο τρίτο σενάριο εξετάζεται μια ακόμη πιο συγκεντρωτική εφαρμογή του μοντέλου Superblock, με τη δημιουργία οκτώ (8) μεγαλύτερων blocks. Η διαμόρφωση αυτή βασίζεται στη διατήρηση των περιμετρικών βασικών οδικών αξόνων, καθώς και επιλεγμένων κάθετων αξόνων, όπως οι Ελευθερίου Βενιζέλου, Καρόλου Ντηλ και Παλαιών Πατρών Γερμανού–Βογατσικού, οι οποίοι διατηρούν τον ρόλο τους στη διαμπερή κυκλοφορία (Πίνακας 5-4, Σχήμα 5-7 και Σχήμα 5-8).

Από τη σύγκριση με την κατάσταση αναφοράς προκύπτει ότι στους άξονες Ν. Γερμανού και Αγγελάκη, καθώς και σε μεγάλο τμήμα της Λεωφόρου Νίκης, καταγράφεται μείωση του λόγου V/C, γεγονός που υποδηλώνει περιορισμό της κυκλοφοριακής επιβάρυνσης και βελτίωση των συνθηκών κυκλοφορίας στα συγκεκριμένα τμήματα. Η εξέλιξη αυτή ενισχύει τον στόχο του μοντέλου για αποσυμφόρηση του εσωτερικού της περιοχής μελέτης.

Αντίθετα, στους υπόλοιπους βασικούς άξονες του δικτύου παρατηρείται σημαντική αύξηση των κυκλοφοριακών φόρτων, καθώς αυτοί καλούνται να εξυπηρετήσουν μεγαλύτερο μέρος της κυκλοφορίας. Ιδιαίτερα έντονη είναι η επιβάρυνση σε τμήματα της Εγνατίας και της Σαλαμίνας, όπου ο λόγος V/C υπερβαίνει το 100%, γεγονός που αντιστοιχεί σε βαθμίδα LoS F και υποδηλώνει υπέρβαση της κυκλοφοριακής ικανότητας του οδικού τμήματος. Συνολικά, το τρίτο σενάριο αναδεικνύει μια έντονη αναδιοργάνωση της κυκλοφορίας σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια, με σημαντικά οφέλη αποσυμφόρησης στο εσωτερικό των blocks, αλλά και έντονες πιέσεις στους βασικούς οδικούς άξονες.

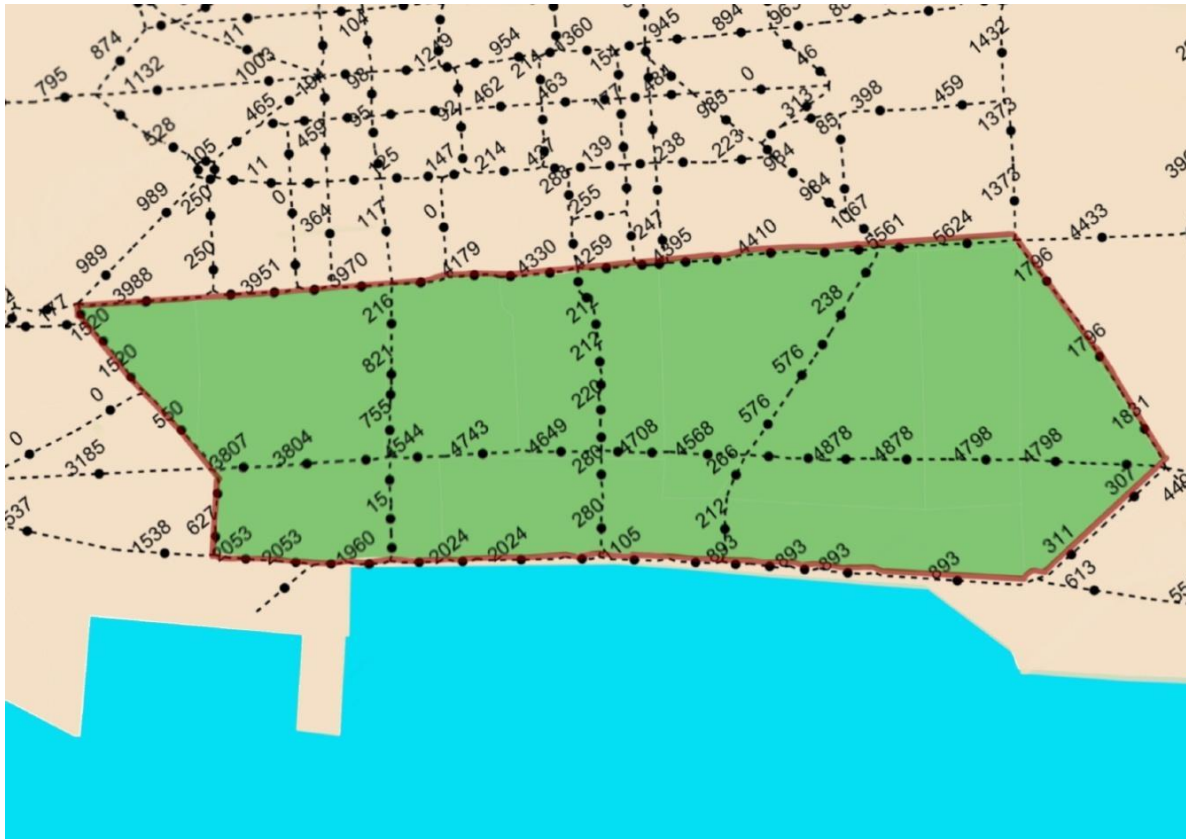
Άξονας	V	V/C	LoS
Εγνατία	3.951–5.624	79%–102%	C–F
Τσιμισκή	3.804–4.878	42%–54%	A
Λεωφόρος Νίκης	893–2.053	11%–29%	A
Δωδεκανήσου	550–1.520	7%–28%	A
Σαλαμίνος	627	104%	F
Αγγελάκη	1.796–1.831	24%–39%	A
Ν. Γερμανού	307–311	12%	A

Πίνακας 5-4: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.

Η ανάλυση των μεταβολών των κυκλοφοριακών φόρτων κατά μήκος των οδικών αξόνων στο τρίτο σενάριο, και σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση, εξάγει το συμπέρασμα πως η πλειονότητα των αξόνων παρουσιάζει αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου και στα επιμέρους τμήματα των αξόνων, γεγονός που αποτυπώνει τη σημαντική ανακατανομή της κυκλοφορίας προς το βασικό οδικό δίκτυο.

Πιο συγκεκριμένα, στον άξονα της Δωδεκανήσου καταγράφεται αύξηση του λόγου V/C κατά 5 ποσοστιαίες μονάδες στο τμήμα από τη συμβολή με την Εγνατία έως το ύψος της Φράγκων. Στην οδό Αγγελάκη παρατηρείται διαφοροποιημένη εικόνα, καθώς το τμήμα από την Εγνατία έως το ύψος της πρώην οδού Σβώλου εμφανίζει αύξηση του λόγου V/C κατά 3 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα καταγράφεται μείωση του λόγου V/C έως και κατά 6 ποσοστιαίες μονάδες. Αντίστοιχα, στη Λεωφόρο Νίκης παρατηρείται αύξηση του λόγου V/C κατά 4–8 ποσοστιαίες μονάδες στο τμήμα μεταξύ της Σαλαμίνας και της Καρόλου Ντηλ, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα σημειώνεται μείωση του λόγου V/C κατά 3–6 ποσοστιαίες μονάδες. Στην οδό Τσιμισκή καταγράφεται ομοιόμορφη αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου σε όλο το μήκος της, με τον λόγο V/C να αυξάνεται έως και κατά 6 ποσοστιαίες μονάδες, γεγονός που υποδηλώνει συνολική επιβάρυνση της λειτουργίας της. Ωστόσο, η πιο έντονη επιβάρυνση εντοπίζεται στον άξονα της Εγνατίας, όπου παρατηρείται σημαντική αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου σε όλο το μήκος της. Ειδικότερα, στα τμήματα από τη συμβολή με τη Δωδεκανήσου έως το ύψος της Αντιγονιδών, καθώς και από το ύψος της Παλαιών Πατρών Γερμανού έως τη συμβολή με την Αγγελάκη, η αύξηση του λόγου V/C υπερβαίνει τις 10 ποσοστιαίες μονάδες, γεγονός που υποδηλώνει συνθήκες έντονης κυκλοφοριακής επιβάρυνσης.

Παρά τις επιμέρους μεταβολές του λόγου V/C, οι άξονες Τσιμισκή, Λεωφόρος Νίκης, Δωδεκανήσου, Αγγελάκη και Ν. Γερμανού παραμένουν στη βαθμίδα LoS A.



Σχήμα 5-7: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.



Σχήμα 5-8: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.

5.4 Σενάριο 4: Παραμετρική Διαμόρφωση 4 Blocks

Στο τέταρτο και τελευταίο σενάριο εξετάζεται η πλέον συγκεντρωτική εκδοχή εφαρμογής του μοντέλου Superblock, με τη διαμόρφωση μόλις τεσσάρων (4) μεγάλων blocks. Στο πλαίσιο αυτό, διατηρείται σε λειτουργία ένα περιορισμένο δίκτυο οδικών αξόνων, το οποίο περιλαμβάνει τους βασικούς υπό μελέτη άξονες, καθώς και τους άξονες Ίωνος Δραγούμη και Παύλου Μελά, οι οποίοι συνεχίζουν να εξυπηρετούν τη διαμπερή κυκλοφορία (Πίνακας 5-5, Σχήμα 5-9 και Σχήμα 5-10).

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι το συγκεκριμένο σενάριο οδηγεί σε σημαντική επιβάρυνση δύο βασικών αξόνων του δικτύου.

Ειδικότερα, στην Εγνατία καταγράφεται αύξηση του λόγου V/C κατά 13 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ στον άξονα της Σαλαμίνας η αύξηση του λόγου V/C φτάνει έως και τις 40 ποσοστιαίες μονάδες, γεγονός που υποδηλώνει έντονη συγκέντρωση της κυκλοφορίας και συνθήκες κορεσμού. Στους υπόλοιπους άξονες οι μεταβολές εμφανίζονται ηπιότερες. Στην Τσιμισκή ο λόγος V/C αυξάνεται κατά περίπου 2 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ στην οδό Ν. Γερμανού ο λόγος V/C αυξάνεται κατά περίπου 3 ποσοστιαίες μονάδες. Στον άξονα της Δωδεκανήσου καταγράφονται μικρές αυξήσεις που κυμαίνονται από 1 έως 5 ποσοστιαίες μονάδες, γεγονός που υποδηλώνει σχετικά περιορισμένη επιβάρυνση. Πιο σύνθετη εικόνα παρουσιάζουν οι άξονες της Λεωφόρου Νίκης και της Αγγελάκη. Στη Λεωφόρο Νίκης ο λόγος V/C αυξάνεται έως και κατά 7 ποσοστιαίες μονάδες σε ορισμένα τμήματα, ενώ από το ύψος της Βογατσικού και έπειτα παρατηρείται μείωση που φτάνει έως και τις 5 ποσοστιαίες μονάδες. Αντίστοιχα, στην Αγγελάκη σημειώνεται μείωση του λόγου V/C κατά περίπου 3 ποσοστιαίες μονάδες έως το σημείο συμβολής με την πρώην οδό Σβώλου, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα ο λόγος V/C αυξάνεται έως και κατά 8 ποσοστιαίες μονάδες.

Συνολικά, το τέταρτο σενάριο αναδεικνύει μια ιδιαίτερα έντονη αναδιοργάνωση της κυκλοφορίας, με σημαντική αποσυμφόρηση στο εσωτερικό των blocks, αλλά ταυτόχρονα με πολύ υψηλές πιέσεις σε βασικούς οδικούς άξονες.

Άξονας	V	V/C	LoS
Εγνατία	3.928–5.738	79%–104%	C–F
Τσιμισκή	3.745–5.092	42%–54%	A
Λεωφόρος Νίκης	981–2.032	12%–29%	A
Δωδεκανήσου	533–1.540	7%–28%	A
Σαλαμίνας	628	105%	F
Αγγελάκη	2.036–2.071	27%–44%	A
Ν. Γερμανού	621–624	24%	A

Πίνακας 5-5: Κυκλοφοριακοί φόρτοι, λόγος V/C και βαθμίδα LoS των αμετάβλητων οδικών αξόνων στην περιοχή μελέτης μετά την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.

Όσον αφορά τις μεταβολές των κυκλοφοριακών φόρτων σε επιμέρους τμήματα των οδικών αξόνων, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις που αποτυπώνουν τη μη ομοιόμορφη κατανομή της κυκλοφορίας στο δίκτυο. Συγκεκριμένα, στη Λεωφόρο Νίκης καταγράφεται αύξηση του λόγου V/C κατά 4–8 ποσοστιαίες μονάδες στο τμήμα από την αρχή του άξονα έως το σημείο της πρώην συμβολής με την Αγίας Σοφίας.

Από το σημείο αυτό και έπειτα, παρατηρείται μείωση των κυκλοφοριακών φόρτων, με μείωση του V/C κατά 3–5 ποσοστιαίες μονάδες. Στον άξονα της Ν. Γερμανού, καθώς και στο μεγαλύτερο τμήμα της οδού Αγγελάκη, καταγράφεται αύξηση του V/C κατά περίπου 3 ποσοστιαίες μονάδες. Ωστόσο, στο τμήμα της Αγγελάκη από τη συμβολή με την πρώην οδό Σβώλου έως τη συμβολή με την Εγνατία, η αύξηση γίνεται εντονότερη, έως και κατά 8 ποσοστιαίες μονάδες. Στην οδό Τσιμισκή παρατηρείται αύξηση του V/C έως και κατά 9 ποσοστιαίες μονάδες, υποδηλώνοντας γενικευμένη επιβάρυνση σε όλο το μήκος της. Ωστόσο, οι πιο έντονες μεταβολές εντοπίζονται στον άξονα της Εγνατίας, όπου καταγράφεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση κυκλοφοριακού φόρτου. Ειδικότερα, στο τμήμα από τη συμβολή με τη Δωδεκανήσου έως τη συμβολή με την Αντιγονιδών, η αύξηση του V/C φτάνει έως και τις 13 ποσοστιαίες μονάδες. Στο μεγαλύτερο μέρος του άξονα η αύξηση του V/C κυμαίνεται κατά 9–12 ποσοστιαίες μονάδες, ενώ μετά τη συμβολή με την Αντιγονιδών παρατηρείται εκ νέου άνοδος που προσεγγίζει τις 13 ποσοστιαίες μονάδες.

Παρά τις επιμέρους μεταβολές του λόγου V/C, οι άξονες Τσιμισκή, Λεωφόρος Νίκης, Δωδεκανήσου, Αγγελάκη και Ν. Γερμανού παραμένουν στη βαθμίδα LoS A.



Σχήμα 5-9: Χάρτης κυκλοφοριακών φόρτων με την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.



Σχήμα 5-10: Χάρτης του λόγου V/C των οδικών αξόνων μετά την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.

5.5 Αποτελέσματα σεναρίων

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των σεναρίων εφαρμογής του μοντέλου Superblock στην περιοχή μελέτης. Η ανάλυση βασίζεται στις τιμές του λόγου V/C και στην αντιστοίχισή τους στις αντίστοιχες βαθμίδες LoS. Για τη συγκριτική αξιολόγηση παρουσιάζονται χάρτες κατηγοριοποίησης του λόγου V/C βάσει των ορίων των βαθμίδων LoS.



Σχήμα 5-11: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C στην κατάσταση αναφοράς.

Η υφιστάμενη κατάσταση χαρακτηρίζεται, στους περισσότερους οδικούς άξονες, από συνθήκες ελεύθερης ροής, όπως προκύπτει από τον λόγο ωριαίου κυκλοφοριακού φόρτου προς την κυκλοφοριακή ικανότητα του οδικού άξονα (V/C). Ωστόσο, τοπικές διαφοροποιήσεις καταγράφονται στον άξονα της Σαλαμίνας, καθώς και σε επιμέρους τμήματα των οδών Ίωνος Δραγούμη, Ερμού και Σβώλου. Η μεγαλύτερη ένταση κυκλοφορίας εντοπίζεται στον άξονα της Εγνατίας. Στους προαναφερθέντες άξονες, πλην της Εγνατίας, οι συνθήκες κυκλοφορίας αντιστοιχούν κυρίως στη βαθμίδα Β του επιπέδου εξυπηρέτησης, η οποία χαρακτηρίζεται από σταθερή ροή και ανεπηρέαστες ταχύτητες. Αντίθετα, στην Εγνατία παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση των συνθηκών κατά μήκος του άξονα. Ειδικότερα, στο ύψος του Βαρδάρη επικρατεί σταθερή ροή με ανεπηρέαστη ταχύτητα, ενώ στο τμήμα έως τη συμβολή με την Ιασωνίδου η ροή αρχίζει να επηρεάζεται, παρουσιάζοντας αυξημένη πυκνότητα σε επιμέρους σημεία. Στο τμήμα ανατολικά της Ιασωνίδου, οι συνθήκες επιδεινώνονται περαιτέρω, με τη ροή να χαρακτηρίζεται από χαμηλές ταχύτητες ή ακόμη και διακοπές (Σχήμα 5-11).



Σχήμα 5-12: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.

Στο πρώτο σενάριο, η εφαρμογή του μοντέλου Superblock πραγματοποιείται με περιορισμένες παρεμβάσεις και διατήρηση ενός εκτεταμένου πλέγματος κυκλοφορίας. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν μια ήπια ανακατανομή των κυκλοφοριακών φόρτων, με μικρές αυξήσεις στους περισσότερους οδικούς άξονες, χωρίς ουσιαστική επιβάρυνση της συνολικής λειτουργίας του δικτύου. Αντίστοιχα με την υφιστάμενη κατάσταση, η πλειονότητα των οδικών αξόνων εξακολουθεί να λειτουργεί υπό συνθήκες ελεύθερης ροής. Εξαιρέσεις αποτελούν η Σαλαμίνας και επιμέρους τμήματα των οδών Ερμού και Σβώλου, τα οποία κατατάσσονται στις βαθμίδες Β και C του επιπέδου εξυπηρέτησης, υποδηλώνοντας σταθερή έως ελαφρώς επιβαρυνμένη ροή. Ο άξονας της Εγνατίας εξακολουθεί να συγκεντρώνει τις μεγαλύτερες κυκλοφοριακές πιέσεις, με συνθήκες αυξημένης πυκνότητας, ενώ στο ανατολικό τμήμα του παρατηρούνται χαμηλές ταχύτητες και τοπικές διακοπές της ροής. Συνολικά, οι περιορισμένες μεταβολές που καταγράφονται, σε συνδυασμό με τις τοπικές βελτιώσεις, υποδηλώνουν μια ισορροπημένη προσαρμογή του συγκοινωνιακού συστήματος στο συγκεκριμένο σενάριο (Σχήμα 5-12).



Σχήμα 5-13: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου.

Στη δεύτερη προσομοίωση, περιορίζεται περαιτέρω η διαμπερή κυκλοφορία μέσω της κατάργησης βασικών εσωτερικών αξόνων και παρατηρείται εντονότερη ανακατανομή της κυκλοφορίας. Παρά το γεγονός ότι σε ορισμένους άξονες καταγράφεται αποσυμφόρηση και η συνολική εικόνα εξακολουθεί να δείχνει ότι η πλειονότητα του δικτύου λειτουργεί υπό συνθήκες ελεύθερης ροής, σημαντικό μέρος της κυκλοφορίας μεταφέρεται στους κύριους οδικούς άξονες. Η εξέλιξη αυτή οδηγεί σε αυξημένους κυκλοφοριακούς φόρτους και σε τοπική επιβάρυνση της λειτουργίας τους, ιδίως σε κεντρικές αρτηρίες. Συνεπώς, για τη βιώσιμη εφαρμογή του συγκεκριμένου σεναρίου κρίνεται αναγκαία η υποστήριξη του μέσω συμπληρωματικών μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας, με έμφαση στους άξονες Εγνατία και Σόλωνος, οι οποίοι δέχονται αυξημένες πιέσεις και συνθήκες χαμηλών ταχυτήτων και διακοπής κυκλοφορίας (Σχήμα 5-13).



Σχήμα 5-14: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του τρίτου σεναρίου.

Στο τρίτο σενάριο, η δημιουργία μεγαλύτερων blocks και ο περαιτέρω περιορισμός της εσωτερικής κυκλοφορίας οδηγούν σε εντονότερη συγκέντρωση των κυκλοφοριακών φόρτων στους βασικούς οδικούς άξονες. Οι αυξήσεις του λόγου V/C είναι πλέον πιο εμφανείς, ενώ σε ορισμένα τμήματα καταγράφεται μετάβαση σε δυσμενέστερες βαθμίδες LoS, ιδίως στις κύριες αρτηρίες, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένες πιέσεις στη λειτουργία του δικτύου. Παράλληλα, καταγράφεται σημαντική αποσυμφόρηση στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης, συνοδευόμενη από απελευθέρωση εκτεταμένων επιφανειών αστικού χώρου, μια κατάσταση που ενισχύει τις δυνατότητες αναβάθμισης του δημόσιου χώρου και της ποιότητας ζωής. Αντίστοιχα με το δεύτερο σενάριο, η αποτελεσματική εφαρμογή μιας τέτοιας προσέγγισης προϋποθέτει την υλοποίηση συμπληρωματικών μέτρων ενίσχυσης της βιώσιμης κινητικότητας, όπως η αναβάθμιση των δημόσιων συγκοινωνιών και η προώθηση της πεζής και ποδηλατικής μετακίνησης, προκειμένου να αντισταθμιστούν οι αυξημένες πιέσεις στους βασικούς άξονες (Σχήμα 5-14).



Σχήμα 5-15: Χάρτης βαθμίδων LoS βάσει του λόγου V/C με την εφαρμογή του τέταρτου σεναρίου.

Στο τέταρτο και τελευταίο σενάριο εξετάζεται η πιο συγκεντρωτική εκδοχή του μοντέλου Superblock, στην οποία καταγράφεται η μεγαλύτερη μεταφορά κυκλοφορίας προς τους βασικούς οδικούς άξονες. Η εξέλιξη αυτή οδηγεί στην εμφάνιση υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων και σε σημαντική επιβάρυνση επιμέρους τμημάτων του δικτύου, ιδίως των κύριων αρτηριών. Παράλληλα, στο εσωτερικό των blocks παρατηρείται έντονη αποσυμφόρηση και σαφής απελευθέρωση δημοσίου χώρου, γεγονός που ενισχύει την ποιότητα του αστικού ιστού και τις προϋποθέσεις για βιώσιμη κινητικότητα. Για την αποτελεσματική εφαρμογή ενός τέτοιου σεναρίου, κρίνεται απαραίτητη η υιοθέτηση ολοκληρωμένων και συνδυαστικών παρεμβάσεων, όπως η ενίσχυση των μέσων μαζικής μεταφοράς, η εφαρμογή πολιτικών περιορισμού της χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου και η ανακατανομή του δημόσιου χώρου υπέρ των ήπιων μορφών μετακίνησης (Σχήμα 5-15).

6 Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία διερεύνησε τη δυνατότητα εφαρμογής της έννοιας των Superblocks στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, αξιοποιώντας τη μακροσκοπική κυκλοφοριακή προσομοίωση μέσω του λογισμικού PTV Visum. Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου βασίστηκε στη διεθνή εμπειρία εφαρμογής παρεμβάσεων περιορισμού της διαμπερούς κυκλοφορίας σε πυκνοδομημένα αστικά περιβάλλοντα, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, την ενίσχυση των βιώσιμων μορφών μετακίνησης και την αναβάθμιση του δημόσιου χώρου. Η περιοχή μελέτης εντοπίστηκε στο ιστορικό και εμπορικό κέντρο της Θεσσαλονίκης, μια περιοχή με έντονη συγκέντρωση δραστηριοτήτων και σημαντικές κυκλοφοριακές πιέσεις, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για τη διερεύνηση εναλλακτικών μοντέλων αστικής κινητικότητας.

Για την αξιολόγηση των επιπτώσεων αναπτύχθηκαν τέσσερα διακριτά σενάρια εφαρμογής, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τον αριθμό και το μέγεθος των blocks, καθώς και ως προς τον βαθμό περιορισμού της διαμπερούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης. Η ανάλυση βασίστηκε στη σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με τα προτεινόμενα σενάρια, χρησιμοποιώντας ως κύριους δείκτες αξιολόγησης τους κυκλοφοριακούς φόρτους και τον λόγο V/C , καθώς και τις αντίστοιχες βαθμίδες LoS των βασικών οδικών αξόνων. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κατέδειξαν ότι η εφαρμογή της φιλοσοφίας των Superblocks είναι σε θέση να μειώσει σημαντικά τη διαμπερή κυκλοφορία στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης και να δημιουργήσει συνθήκες ευνοϊκότερες για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων πεζής μετακίνησης, ποδηλασίας και κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Παράλληλα, παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος των blocks και περιορίζεται η δυνατότητα διέλευσης οχημάτων από το εσωτερικό τους, τόσο μεγαλύτερο ποσοστό της κυκλοφορίας μεταφέρεται στους βασικούς περιμετρικούς άξονες.

Το πρώτο σενάριο παρουσίασε τη μικρότερη επίδραση στη λειτουργία του οδικού δικτύου, καθώς οι μεταβολές στους κυκλοφοριακούς φόρτους και στον λόγο V/C ήταν περιορισμένες, ενώ καταγράφηκαν ελάχιστες μεταβολές στις βαθμίδες LoS. Η διατήρηση μεγαλύτερου αριθμού εσωτερικών οδικών αξόνων επέτρεψε την ομαλή ανακατανομή της κυκλοφορίας χωρίς σημαντικές επιβαρύνσεις, διατηρώντας παράλληλα τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου Superblock. Ως εκ τούτου, το συγκεκριμένο σενάριο μπορεί να θεωρηθεί ως μια περισσότερο συντηρητική προσέγγιση εφαρμογής, η οποία παρουσιάζει αυξημένη συμβατότητα με τις υφιστάμενες κυκλοφοριακές συνθήκες της πόλης.

Στο δεύτερο σενάριο παρατηρήθηκε εντονότερη ανακατανομή των κυκλοφοριακών φόρτων, με μεγαλύτερη αποσυμφόρηση στο εσωτερικό της περιοχής αλλά και αυξημένες πιέσεις σε τμήματα των βασικών οδικών αξόνων. Παρότι οι συνθήκες λειτουργίας του δικτύου παρέμειναν γενικά αποδεκτές, η εφαρμογή ενός τέτοιου μοντέλου θα απαιτούσε παράλληλα μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας και ενίσχυσης των εναλλακτικών μέσων μετακίνησης, ώστε να περιοριστούν οι επιπτώσεις στους άξονες που δέχονται αυξημένους φόρτους.

Το τρίτο σενάριο ανέδειξε με ακόμη μεγαλύτερη σαφήνεια τη βασική αρχή λειτουργίας των Superblocks. Η σημαντική μείωση της κυκλοφορίας στο εσωτερικό της περιοχής συνοδεύτηκε από αυξημένη συγκέντρωση των μετακινήσεων στους κύριους οδικούς άξονες, με αποτέλεσμα την εμφάνιση μετάβασης σε δυσμενέστερες βαθμίδες LoS σε τμήματα του δικτύου. Παρά ταύτα, τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η συγκεκριμένη μορφή παρέμβασης μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη ως προς την αναβάθμιση του δημόσιου χώρου, υπό την προϋπόθεση ότι θα συνοδευτεί από πολιτικές ενίσχυσης των δημόσιων συγκοινωνιών.

Η τέταρτη και πιο εκτεταμένη εκδοχή του μοντέλου οδήγησε στη μεγαλύτερη ανακατανομή της κυκλοφορίας. Η δημιουργία τεσσάρων μεγάλων blocks επέφερε σημαντική αποσυμφόρηση στο εσωτερικό της περιοχής, αλλά ταυτόχρονα αύξησε αισθητά τους φόρτους σε βασικούς άξονες, όπως η Εγνατία και η Σαλαμίνας. Το γεγονός αυτό δεν συνεπάγεται ότι το σενάριο είναι μη εφαρμόσιμο, αλλά αναδεικνύει ότι η επιτυχής υλοποίησή του προϋποθέτει ένα ευρύτερο πλαίσιο παρεμβάσεων που θα στοχεύουν στη συνολική μεταβολή του τρόπου μετακίνησης των πολιτών.

Η έρευνα ανέδειξε ότι η αποτελεσματικότητα του μοντέλου Superblock δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τις κυκλοφοριακές παρεμβάσεις, αλλά και από τη δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε μια συνολική στρατηγική βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η επιτυχία αντίστοιχων παρεμβάσεων συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη αξιόπιστων δημόσιων συγκοινωνιών, συνεχών δικτύων πεζής και ποδηλατικής μετακίνησης, καθώς και πολιτικών που αποθαρρύνουν τη χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου στις κεντρικές περιοχές των πόλεων. Στην περίπτωση της Θεσσαλονίκης, η εφαρμογή ενός αντίστοιχου μοντέλου θα μπορούσε να υποστηριχθεί από τη λειτουργία του Μετρό, τη βελτίωση της διασύνδεσής του με το λεωφορειακό δίκτυο, την επέκταση των ποδηλατικών υποδομών, την αναδιοργάνωση της στάθμευσης και την ανακατανομή του δημόσιου χώρου υπέρ των ήπιων μορφών μετακίνησης.

Τα παραπάνω ευθυγραμμίζονται με τις στρατηγικές κατευθύνσεις του Σχεδίου Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας του Δήμου Θεσσαλονίκης (2019), το οποίο προωθεί τη μείωση της εξάρτησης από το ιδιωτικό αυτοκίνητο, την ενίσχυση της δημόσιας συγκοινωνίας, της πεζής μετακίνησης και του ποδηλάτου, καθώς και την αναβάθμιση του δημόσιου χώρου μέσω μιας περισσότερο ισορροπημένης κατανομής του οδικού χώρου. Υπό αυτό το πρίσμα, τα σενάρια που αναπτύχθηκαν στην παρούσα εργασία μπορούν να αποτελέσουν μια ενδεικτική προσέγγιση εφαρμογής των αρχών της βιώσιμης αστικής κινητικότητας στο κέντρο της Θεσσαλονίκης.

Παράλληλα, η έρευνα παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η προσομοίωση βασίστηκε σε κυκλοφοριακά δεδομένα του ΟΣΕΘ από το έτος 2008, τα οποία αποτέλεσαν ένα αξιόπιστο υπόβαθρο για την ανάπτυξη και τη σύγκριση των σεναρίων, χωρίς όμως να αποτυπώνουν πλήρως τις σημερινές συνθήκες κινητικότητας της πόλης. Οι μεταβολές που έχουν μεσολαβήσει, όπως η λειτουργία του Μετρό Θεσσαλονίκης, οι αναπλάσεις δημόσιων χώρων, οι πεζοδρομήσεις και οι νέες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, είναι πιθανό να έχουν επηρεάσει σημαντικά την κατανομή των μετακινήσεων και των κυκλοφοριακών φόρτων. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας θα πρέπει να αντιμετωπίζονται κυρίως ως συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων εφαρμογής των Superblocks και όχι ως ακριβής πρόβλεψη των σημερινών κυκλοφοριακών συνθηκών.

Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η επέκταση της έρευνας με την ανάπτυξη ενός επικαιροποιημένου συγκοινωνιακού μοντέλου που θα βασίζεται σε σύγχρονα κυκλοφοριακά δεδομένα και θα αποτυπώνει τη λειτουργία του μεταφορικού συστήματος της Θεσσαλονίκης μετά την έναρξη λειτουργίας του Μετρό. Παράλληλα, η αξιοποίηση μικροσκοπικών μοντέλων προσομοίωσης, όπως το PTV Vissim, θα μπορούσε να προσφέρει λεπτομερέστερη ανάλυση της συμπεριφοράς της κυκλοφορίας σε επίπεδο κόμβων, σηματοδότησης και αλληλεπίδρασης μεταξύ των χρηστών του οδικού δικτύου. Επιπλέον, η αξιολόγηση περιβαλλοντικών δεικτών, όπως οι εκπομπές CO₂, NO_x και PM_{2.5}, τα επίπεδα θορύβου και η κατανάλωση ενέργειας, σε συνδυασμό με τη διερεύνηση των κοινωνικών επιπτώσεων μέσω ερευνών κατοίκων, επισκεπτών και επαγγελματιών, θα επέτρεπε μια περισσότερο ολοκληρωμένη αποτίμηση της αποτελεσματικότητας του μοντέλου Superblock.

Τέλος, η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία δεν περιορίζεται στην αξιολόγηση των τεσσάρων σεναρίων που εξετάστηκαν, αλλά μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο υποστήριξης της λήψης αποφάσεων για μελλοντικές παρεμβάσεις βιώσιμης αστικής κινητικότητας στον Δήμο Θεσσαλονίκης. Η ανάπτυξη και παραμετροποίηση του συγκοινωνιακού μοντέλου στο περιβάλλον του PTV Visum δημιουργεί μια βάση που μπορεί να επικαιροποιείται με νέα δεδομένα και να αξιοποιείται για την αξιολόγηση εναλλακτικών κυκλοφοριακών πολιτικών, ενισχύοντας τον επιστημονικό σχεδιασμό και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη βιώσιμη ανάπτυξη της πόλης.

Συνολικά, η παρούσα εργασία καταδεικνύει ότι η εφαρμογή της φιλοσοφίας των Superblocks μπορεί να αποτελέσει μια ρεαλιστική κατεύθυνση για τον ανασχεδιασμό του κέντρου της Θεσσαλονίκης, υπό την προϋπόθεση ότι θα ενταχθεί σε έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Η αξιοποίηση σύγχρονων εργαλείων προσομοίωσης, σε συνδυασμό με επικαιροποιημένα δεδομένα και ολοκληρωμένες πολιτικές μεταφορών, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και στη διαμόρφωση ενός περισσότερο λειτουργικού, ανθεκτικού και ανθρωποκεντρικού αστικού περιβάλλοντος για τη Θεσσαλονίκη.

Βιβλιογραφία

- Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A survey of road traffic congestion measures towards a sustainable and resilient transportation system. *Sustainability*, 12(11), 4660. <https://doi.org/10.3390/su12114660>
- Amati, M., Stevens, Q., & Rueda, S. (2023). Taking play seriously in urban design: the evolution of Barcelona's Superblocks. *Space and Culture*, 27(2), 156–171. <https://doi.org/10.1177/12063312231159229>
- Anguelovski, I., Honey-Rosés, J., & Marquet, O. (2023). Equity concerns in transformative planning: Barcelona's Superblocks under scrutiny. *Cities and Health*, 7(6), 950–958. <https://doi.org/10.1080/23748834.2023.2207929>
- Azam, M., Hassan, S. A., & Puan, O. C. (2023). Calibration methodologies of VISSIM-based microsimulation model for heterogeneous traffic conditions - a survey. *Advances in Transportation Studies: an international Journal*, 59, 123–146. <https://www.atsinternationaljournal.com/2023-issues/calibration-methodologies-of-vissim-based-microsimulation-model-for-heterogeneous-traffic-conditions-a-survey/>
- Azlan, N. N. N., & Rohani, M. M. (2018). Overview of application of traffic simulation model. *MATEC Web of Conferences*, 150, 03006. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815003006>
- Banias, G., Bourouti, A.-K., Palantzas, G., & Nalmpantis, D. (2025). Superblocks in Thessaloniki: residents' perceptions. In E. Nathanail, N. Gavanas, & E. Adamos (Eds.), *Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure* (Vol. 40, pp. 381–392). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82714-3_28
- Bhuyan, P. K., & Nayak, M. S. (2013). A review on level of service analysis of urban streets. *Transport Reviews*, 33(2), 219–238. <https://doi.org/10.1080/01441647.2013.779617>
- Brenner, A.-K., Haas, W., Rudloff, C., Lorenz, F., Wieser, G., Haberl, H., Wiedenhofer, D., & Pichler, M. (2024). How experiments with superblocks in Vienna shape climate and health outcomes and interact with the urban planning regime. *Journal of Transport Geography*, 116, 103862. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2024.103862>

- Caballero, H., Hidalgo, L., & Quijada-Alarcon, J. (2022). Study of pedestrian zone according to superblock criteria in the Casco Antiguo of Panama. *Sustainability*, 14(6), 3459. <https://doi.org/10.3390/su14063459>
- Chachava, N., Lekveishvili, M., Lekveishvili, N., Sulashvili, G., & Kandelaki, N. (2025). Mobility in Tbilisi superblocks: conceptual algorithm. In I. Kabashkin, I. Yatskiv, & O. Prentkovskis (Eds.), *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 1337, pp. 207–220). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87532-8_19
- Chatzitheodoridis, F., Melfou, K., Kontogeorgos, A., & Kalogiannidis, S. (2023). Exploring key aspects of an integrated sustainable urban development strategy in Greece: the case of Thessaloniki city. *Smart Cities*, 6(1), 19–39. <https://doi.org/10.3390/smartcities6010002>
- Chen, X. (2022). *Supergrid and superblock: lessons in urban structure from China and Japan*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003037194>
- Dorokhin, S., Artemov, A., Likhachev, D., Novikov, A., & Starkov, E. (2020). *Traffic simulation: an analytical review*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 918(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/918/1/012058>
- Eggimann, S. (2022). The potential of implementing superblocks for multifunctional street use in cities. *Nature Sustainability*, 5, 406–414. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00855-2>
- Eggimann, S. (2025). *Deprioritising cars beyond rerouting: future research directions of the Barcelona superblock*. *Cities*, 144, 105609. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105609>
- Essamlali, I., Nhaila, H., & El Khaili, M. (2025). Impact of urban block shape on traffic and air quality: a SUMO-based comparative study of rectangular, radial, and triangular forms. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 31, 101413. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101413>
- Fellendorf, M., & Vortisch, P. (2010). Microscopic traffic flow simulator VISSIM. In J. Barceló (Eds.), *International Series in Operations Research & Management Science* (Vol 145, pp. 63–93). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6142-6_2
- Gemenetzi, G. (2017). Thessaloniki: The changing geography of the city and the role of spatial planning. *Cities*, 64(Part A), 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.10.007>

- Gkavra, R., Nalmpantis, D., Genitsaris, E., & Naniopoulos, A. (2019). The walkability of Thessaloniki: citizens' perceptions. In E. Nathanail & I. Karakikes (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 879, pp. 191–198). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02305-8_23
- Google. (n.d.). [Satellite image of the study area in central Thessaloniki, Greece]. Google Earth. Retrieved April 19, 2026, from <https://earth.google.com/>
- Guido, G., Nalmpantis, D., Pirri, P., & Zinno, R. (2025). Home–University travel plan for sustainable mobility: A comparative study between the Aristotle University of Thessaloniki and the University of Calabria. *Sustainability*, 17(1), 345. <https://doi.org/10.3390/su17010345>
- Guillén, A. B., Barbecho Bautista, P. A., & Igartua, M. A. (2025). RUTGe: Realistic urban traffic generator for urban environments using deep reinforcement learning and SUMO simulator. In J. Ploeg, O. Gusikhin, & K. Berns (Eds.), *Proceedings of the 11th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS2025)* (Vol. 1, pp. 557–564). Science and Technology Publications. <https://doi.org/10.5220/0013375000003941>
- Gupta, G., Anand, A., Raj, A., & Robert, B. R. G. (2022). Study of traffic volumes. *International Journal of Health Sciences*, 6(S1), 9997–10012. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.7363>
- Hernández-Palacio, F., & Üzümlü, E. (2025). Urban form and sustainability in Arctic cities: an assessment of energy efficiency, solar access, and accessibility. *Urban Design International*, 31, 83–96. <https://doi.org/10.1057/s41289-025-00282-7>
- Honey-Rosés, J. (2023). Barcelona's Superblocks as spaces for research and experimentation. *Journal of Public Space*, 8(2), 1–20. <https://doi.org/10.32891/jps.v8i2.1646>
- Huang, J., Cui, Y., Zhang, L., Tong, W., Shi, Y., & Liu, Z. (2022). An overview of agent-based models for transport simulation and analysis. *Journal of Advanced Transportation*, 2022, 1252534. <https://doi.org/10.1155/2022/1252534>
- Islam, M. (2021). Smart corridor simulation for pedestrian safety: Insights from VISSIM-based urban traffic models. *International Journal of Business and Economics Insights*, 1(2), 33–69. <https://doi.org/10.63125/b1bk0w03>

- Johnson, J. (2024). *The megablock: Beijing under one roof*. In G. Marinic (Ed.), *The Interior Urbanism Theory Reader* (pp. 26–33). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780429443091-5>
- Kalteziotis, N., Kalfopoulos, I., Genitsaris, E., Naniopoulos, A., & Nalmpantis, D. (2023). Evaluation of the level of service of the public transport operator of Thessaloniki before and after its nationalization. *E3S Web of Conferences*, 436, 11001.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343611001>
- Karagianni, M. (2023). Making Thessaloniki resilient? The enclosing process of the urban green commons. *Urban Planning*, 8(1), 346–360. <https://doi.org/10.17645/up.v8i1.5990>
- Khumara, M. A. D., Fauziyyah, L., & Kristalina, P. (2018). Estimation of urban traffic state using Simulation of Urban Mobility (SUMO) to optimize Intelligent Transport System in smart city. In *Proceedings of the 2018 International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA)* (pp. 163–169). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2018.8615508>
- Kingham, S., Amati, M., Banwell, K., Smith, T., & Hardcastle, S. (2025). Small steps for big change: The potential for superblocks to create resilient streets in a low-density non-European city. *Built Environment*, 51(3), 389–404. <https://doi.org/10.2148/benv.51.3.389>
- Konstantinidou, M., & Spyropoulou, I. (2017). *Factors affecting the propensity to cycle: The case of Thessaloniki*. *Transportation Research Procedia*, 24, 123–130.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.077>
- Kutty, N., & Scoppa, M. (2025). Superblock typologies: Classification based on the parameters of ‘built density’, ‘urban geometry’ and ‘street network’. In F. Alberti, S. E. Bibri, C. Piselli, P. Gallo, A. R. Matamanda, H. Rabiei, R. Romano, A. Ozcan Buckley (Eds.), *Urban and Transit Planning (Vol 1): Strategies, Innovations and Climate Management (UPADSD 2023). Advances in Science, Technology & Innovation* (pp. 159–168). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-76096-9_14
- Latinopoulos, D. (2022). Evaluating the importance of urban green spaces: a spatial analysis of citizens’ perceptions in Thessaloniki. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 7, 299–308. <https://doi.org/10.1007/s41207-022-00300-y>

- Latinopoulos, D., Mallios, Z., & Latinopoulos, P. (2016). Valuing the benefits of an urban park project: a contingent valuation study in Thessaloniki, Greece. *Land Use Policy*, 55, 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.020>
- Li, K., & Wilson, J. P. (2023). Modeling the health benefits of Superblocks across the City of Los Angeles. *Applied Sciences*, 13(4), 2095. <https://doi.org/10.3390/app13042095>
- López, I., Ortega, J., & Pardo, M. (2020). Mobility infrastructures in cities and climate change: an analysis through the superblocks in Barcelona. *Atmosphere*, 11(4), 410. <https://doi.org/10.3390/ATMOS11040410>
- Makkonen, J., Latikka, R., Kaukonen, L., Laine, M., & Väänänen, K. (2023). Advancing residents' use of shared spaces in Nordic superblocks with intelligent technologies. *AI and Society*, 38, 1167–1184. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01604-x>
- Manganelli, A. (2024). 14. Spotting tensions in urban greening experiments: insights from Barcelona. In M. Grubbauer, A. Manganelli & L. Volont (Eds.), *Conflicts in Urban Future-Making: Governance, Institutions, and Transformative Change* (pp. 333–358). Transcript Verlag. <https://doi.org/10.1515/9783839474679-014>
- Marquet, O., Fernández Núñez, M. B., & Maciejewska, M. (2024). The political price of superblocks. Electoral outcomes of sustainable transport interventions in Barcelona. *Environment International*, 189, 108789. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108789>
- Morfoulaki, M., Mitsakis, E., Chrysostomou, K., & Stamos, I. (2011). The contribution of urban mobility management to trip planning and the environmental upgrade of urban areas. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 20, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.08.021>
- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Khreis, H., Cirach, M., Andrés, D., Ballester, J., Bartoll, X., Daher, C., Deluca, A., Echave, C., Milà, C., Márquez, S., Palou, J., Pérez, K., Tonne, C., Stevenson, M., Rueda, S., & Nieuwenhuijsen, M. (2020). Changing the urban design of cities for health: the superblock model. *Environment International*, 134, 105132. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105132>
- Nguyen, N. A., Schweizer, J., Rupi, F., Palese, S., & Posati, L. (2024). Superblock design and evaluation by a microscopic door-to-door simulation approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(3), 77. <https://doi.org/10.3390/ijgi13030077>

- Nieuwenhuijsen, M. J., de Nazelle, A., Pradas, M. C., Daher, C., Dzhambov, A. M., Echave, C., Gössling, S., Iungman, T., Khreis, H., Kirby, N., Khomenko, S., Leth, U., Lorenz, F., Matkovic, V., Müller, J., Palència, L., Pereira Barboza, E., Pérez, K., Tatah, L., Tiran, J., Tonne, C., & Mueller, N. (2024). The Superblock model: A review of an innovative urban model for sustainability, liveability, health and well-being. *Environmental Research*, 251(Part 1), 118550. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118550>
- Papageorgiou, M., & Gemenetzi, G. (2018). Setting the grounds for the green infrastructure in the metropolitan areas of Athens and Thessaloniki: The role of green space. *European Journal of Environmental Sciences*, 8(2), 87–98. <https://doi.org/10.14712/23361964.2018.12>
- Perra, V.-M., Sdoukopoulos, A., & Pitsiava-Latinopoulou, M. (2017). Evaluation of sustainable urban mobility in the city of Thessaloniki. *Transportation Research Procedia*, 24, 344–35. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.103>
- Pozoukidou, G., & Ntriankos, I. (2017). Measuring and assessing urban sprawl: A proposed indicator system for the city of Thessaloniki, Greece. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.07.005>
- Prahara, E., & Vermolen, H. Y. (2018). The evaluation of traffic characteristic analyzed by Vissim (case study: Underpass construction at Metro Pondok Indah Road). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 195, 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012011>
- Prakash, A., Ravinder, R., Vittalaiah, A., Munipally, S. K., & Al-Farouni, M. H. (2024). VISSIM based traffic flow simulation analysis on road network. *E3S Web of Conferences*, 529, 03009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452903009>
- Rakipi, A., Jorgji, J., & Shahu, D. (2018). Reducing excess traffic in urban areas with microscopic traffic modeling in SUMO. In L. Barolli, F. Xhafa, N. Javaid, E. Spaho, & V. Kolici (Eds.), *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies* (Vol. 17, pp. 606–614). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75928-9_54

- Rakkesh, S. T., Weerasinghe, A. R., & Ranasinghe, R. A. C. (2016). Effective urban transport planning using multi-modal traffic simulations approach. In A.G. Buddhika, P. Jayasekara, H. M. N. Dilum Bandara, Y. W. Ranjith Amarasinghe (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon 2016)* (pp. 303–308). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MERCon.2016.7480158>
- Samuel, L., Shibil, M., Nasser, M., Shabir, N., & Davis, N. (2022). Sustainable planning of urban transportation using PTV VISSIM. In G. C. Marano, S. Ray Chaudhuri, G. Unni Kartha, P. E. Kavitha, R. Prasad, R. J. Achison (Eds.), *Lecture Notes in Civil Engineering* (Vol. 71, pp. 889–904). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80312-4_76
- Sarwar, S., Saurí, S., Bilal, M. T., & Majoral, G. (2023). Analysis of superblocks during the transition phase from traditional vehicles to fully automated vehicle environment: a case study of Barcelona City. *Transportation Engineering*, 13, 100203. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100203>
- Sdoukopoulos, A. (2021). A methodological approach for estimating urban green space: The case of Thessaloniki, Greece. In E. G. Nathanail, G. Adamos, & I. Karakikes (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1278, pp. 729–738). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61075-3_71
- Song, Y., & Pang, Y. (2023). Measuring the superblock based on a hierarchy matrix of geometry, configuration, network, and area: The case of Nanjing. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 50(4), 1057–1071. <https://doi.org/10.1177/23998083221133393>
- Tiran, J., Goluža, M., Grigsby, J., Iturralde Farrus, B., Lemmerer, H., Leth, U., Frey, H., Lorenz, F., Müller, J., Stein, T., Gebhardt, V., & Vith, T. (2023). *Literature review on Superblocks' effects on the urban realm* (D2.2 TuneOurBlock project deliverable). <http://hdl.handle.net/20.500.12708/212229>
- Tiran, J., Grigsby, J., Gebhardt, V., Kirby, N., Leth, U., Lorenz, F., & Müller, J. (2025). Superblocks between theory and practice: insights from an international e-Delphi process and urban living labs in Vienna and Berlin. *Urban Research and Practice*, 18(4), 622–644. <https://doi.org/10.1080/17535069.2025.2456939>

- Tohom, F., Prasetyaningsih, I. D., & Hadi, S. (2025). VISSIM-based assessment of road performance under proposed bicycle lane scenarios: case study Adi Sumarno Road in Karangayar. *BIS Energy and Engineering*, 2, V225016. <https://doi.org/10.31603/biseeng.356>
- Tshibangu-Muabila, J., Mouelhi, S., Leserf, P., & Ramdane-Cherif, A. (2023). Refining SUMO simulation strategies for realistic traffic patterns: insights from field experience. In *Proceedings of the 2023 7th International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS2023)* (pp. 237–246). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSRS59833.2023.10381116>
- Tsigdinos, S., Paraskevopoulos, Y., Latinopoulou, M., & Andrakakou, M. (2020). What about a different road network hierarchy? New perspectives towards sustainable mobility: The case of Thessaloniki, Greece. *European Transport / Trasporti Europei*, 76, 1. https://www.istiee.unict.it/sites/default/files/files/1_1_ET_11.pdf
- Upmanis, K. (2019, September 9). “Superblocks” model could prevent almost 700 premature deaths every year in Barcelona. ISGlobal. <https://www.isglobal.org/en/-/el-proyecto-original-de-las-supermanzanas-podria-evitar-cerca-de-700-muertes-prematuras-anuales-en-barcelona>
- Veisi, O., & Shakibamanesh, A. (2023). The application of CIM and BIM to the simulation of energy in urban superblocks; an effort to develop the initial digital twins (Case studies: Kermanshah, Iran). In U. Chatterjee, N. Bandyopadhyay, M. D. Setiawati, S. Sarkar (Eds.), *Urban Commons, Future Smart Cities and Sustainability* (pp. 733–760). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24767-5_32
- Verani, E., Pozoukidou, G., & Sdoukopoulos, A. (2015). The effect of urban density, green spaces and mobility patterns on cities’ environmental quality: An empirical study of the metropolitan area of Thessaloniki. *Spatium*, 2015(33), 8–15. <https://doi.org/10.2298/SPAT1533008V>
- Yerolympos, A. (1988). Thessaloniki (Salonika) before and after 1917: Twentieth-century planning versus twenty centuries of urban evolution. *Planning Perspectives*, 3(2), 141–166. <https://doi.org/10.1080/02665438808725657>

- Yiannakou, A. (2008). City plans for Thessaloniki: Ideology and practice during the 20th century. In Kafkalas, G., Labrianidis, L., & Papamichos, N. (Eds.), *Thessaloniki at the crossroads: The city as a process of change* (pp. 447–487). Kritiki.
- Zhao, J., Xue, Y., Wu, Q., Zhou, C., & Wen, C. (2018). Optimization analysis of urban road intersection based on VISSIM simulation. In X. Wang, Y. Zhang, D. Yang, & Z. You (Eds.), *Proceedings of the 18th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP2018)* (pp. 1908–1917). <https://doi.org/10.1061/9780784481523.189>
- Zhuo, X., Prevedouros, P. D., Zhang, Y., Lu, C., Xiao, Y., & Zheng, W. (2022). Improved driveway design for Superblocks to reduce the crash risk. *Journal of Advanced Transportation*, 2022, 8964170. <https://doi.org/10.1155/2022/8964170>
- Zografos, C., Klause, K. A., Connolly, J. J. T., & Anguelovski, I. (2020). The everyday politics of urban transformational adaptation: struggles for authority and the Barcelona superblock project. *Cities*, 99, 102613. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102613>
- Δήμος Θεσσαλονίκης. (2019). *Σχέδιο Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας Δήμου Θεσσαλονίκης*. https://www.svakthess.imet.gr/Portals/0/Deliverables/PARADOTEO_P5_SVAK_THESSALONIKI.pdf
- Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2021). *Δημογραφικά χαρακτηριστικά / 2011*. <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SAM03/2011>
- Ελληνικό Μετρό. (χ.χ.). *Χάρτης Μετρό Θεσσαλονίκης: γραμμή επεκτάσεων*. https://www.emetro.gr/?page_id=279
- Καραγιάννη, Μ. (2024, Δεκέμβριος). *Οι δημόσιοι χώροι πρασίνου στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης. Κοινωνικός Άτλας Θεσσαλονίκης*. <https://doi.org/10.26262/jfhk-yx47>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.