





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΈΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Προοπτικές ενίσχυσης των αστικών δημόσιων συγκοινωνιών
μέσω νέων τρόπων μετακίνησης. Η περίπτωση του
Collective Transport

ΓΚΟΥΝΤΟΥΛΑ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΒΟΛΟΣ 2025

© 2025 Γκουντούλα Γεωργία

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση Έργων, Συγκοινωνιακός και Χωρικός Σχεδιασμός» δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του/της συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)

Δρ. Νικόλαος Γαβανάς

Επίκουρος Καθηγητής Μεταφορών του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Διδάκτορας Συγκοινωνιολόγος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Δεύτερος Εξεταστής

Δρ. Ευτυχία Γ. Ναθαναήλ

Καθηγήτρια στον Σχεδιασμό και την Αξιολόγηση Συστημάτων Μεταφορών, Διευθύντρια του εργαστηρίου Κυκλοφορίας, Μεταφορών και Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας και Αντιπρόεδρος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τρίτος Εξεταστής

Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς

Επίκουρος Καθηγητής στη Συγκοινωνιακή Τεχνική και τη Διαχείριση Οδικών Υποδομών, Διδάσκων σε προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματα στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Νικόλαο Γαβανά, για τη συνεργασία, τη στήριξη και τις ουσιαστικές του παρατηρήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Η καθοδήγησή του ήταν πολύτιμη και συνέβαλε ουσιαστικά στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας. Ειλικρινείς ευχαριστίες οφείλω και στην οικογένειά μου για την αδιάκοπη στήριξή τους σε όλα τα στάδια αυτής της διαδρομής. Η παρουσία τους – σταθερή και διακριτική – μου έδωσε τη δύναμη να συνεχίσω!

Περίληψη

Η αστική κινητικότητα υφίσταται έναν θεμελιώδη μετασχηματισμό, που οφείλεται στην ταχεία αστικοποίηση, την τεχνολογική καινοτομία, τις περιβαλλοντικές επιταγές και τις εξελισσόμενες κοινωνικές προσδοκίες. Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τις προοπτικές για την ενίσχυση των αστικών δημόσιων συγκοινωνιών μέσω νέων μορφών κινητικότητας, εστιάζοντας στην εφαρμογή λύσεων συλλογικών μεταφορών. Αναλύοντας τις ιστορικές εξελίξεις, τις τρέχουσες προκλήσεις, τις αναδυόμενες τεχνολογικές καινοτομίες και τα πλαίσια πολιτικής, η έρευνα προσδιορίζει τον κρίσιμο ρόλο που μπορούν να διαδραματίσουν ευέλικτα, τεχνολογικά υποστηριζόμενα μοντέλα συλλογικών μεταφορών στη δημιουργία βιώσιμων, χωρίς αποκλεισμούς και αποτελεσματικών συστημάτων κινητικότητας. Μέσω μιας ολοκληρωμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της μελέτης των βέλτιστων πρακτικών σε κορυφαίες πόλεις, η εργασία υπογραμμίζει πώς η πολυτροπική ολοκλήρωση, η ηλεκτροκίνηση, η χρήση έξυπνων δεδομένων και οι συμπράξεις δημόσιου-ιδιωτικού τομέα μπορούν να αναδιαμορφώσουν τα τοπία της αστικής κινητικότητας. Επιπλέον, εξετάζονται οι οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις της υιοθέτησης λύσεων συλλογικών μεταφορών, δίνοντας έμφαση στις δυνατότητές τους να συμβάλουν στους κλιματικούς στόχους, την κοινωνική ισότητα και την αστική ανθεκτικότητα. Προτείνονται συστάσεις πολιτικής για την υποστήριξη της βιώσιμης ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένων στρατηγικών επενδύσεων, κανονιστικών πλαισίων και της ενσωμάτωσης στρατηγικών κινητικότητας στο παράδειγμα της έξυπνης πόλης. Τα ευρήματα καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι συλλογικές μεταφορές δεν αποτελούν μόνο μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στην αυτοκινητοκεντρική κινητικότητα, αλλά και έναν κρίσιμο παράγοντα για τις έξυπνες, βιώσιμες πόλεις του μέλλοντος.

Λέξεις κλειδιά: Αστική κινητικότητα, συλλογικές μεταφορές, δημόσιες συγκοινωνίες, βιώσιμη κινητικότητα, έξυπνες πόλεις, Κινητικότητα ως Υπηρεσία, πολυτροπική ολοκλήρωση, πολιτική μεταφορών, περιβαλλοντική βιωσιμότητα, κοινωνική ισότητα, τεχνολογική καινοτομία, συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, μικροκινητικότητες, κοινή χρήση οχημάτων, έξυπνη κινητικότητα, ανθεκτικότητα, ηλεκτροκίνηση, αστικός σχεδιασμός, βιώσιμη ανάπτυξη, προσβασιμότητα στις μεταφορές.

Abstract

The fundamental change of urban mobility is occurring in the face of fast urbanization, technological innovation, environmental impetus and new societal expectations. This thesis examines the possibilities of improving urban public transport under the new forms of mobility by means of collective transport solutions. Based on the historical development of the area, the current challenge, new technologies and policy frameworks, the research finds how flexibly and technology enabled collective transport models can contribute to the development of sustainable, inclusive, efficient mobility systems. The thesis redefines urban mobility landscape through literature review, study of best practices in leading cities regarding the aspects of Multimodal integration, electrification, smart data use and Best Practices of Public-Private Partnerships. In addition, the economic, environmental and social impacts of using collective transport solutions are analyzed and they are expected to contribute to climate goals, social equity and urban resilience. Strategic investments of key sectors (mobility, real estate, and municipal services) in urban and economic infrastructure are recommended as part of the policy recommendations for supporting the sustainable growth, along with a regulatory framework for the different stakeholders involved. It is also proposed that mobility strategies should be integrated in the smart city paradigm. The conclusion drawn by the findings is that collective transport is not only a viable alternative to car centric mode of mobility, but also an enabler that is highly critical for the smart, sustainable cities of the future.

Keywords: Urban mobility, collective transport, public transport, sustainable mobility, smart cities, Mobility-as-a-Service, multimodal integration, transport policy, environmental sustainability, social equity, technological innovation, public-private partnerships, microtransit, ride-pooling, smart mobility, resilience, electrification, urban planning, sustainable development, transport accessibility.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Πίνακας Εικόνων / Πινάκων	9
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή.....	10
1.1 Ιστορικό και πλαίσιο	10
1.2 Σκοπός και Στόχοι Έρευνας	11
1.3 Σημασία της Έρευνας.....	11
1.4 Μεθοδολογία	12
1.4.1 Μεθοδολογική Προσέγγιση	13
1.4.2 Στάδια και εργαλεία της ανάλυσης	13
1.4.3 Στρατηγική αναζήτησης και λέξεις-κλειδιά	14
1.5 Δομή της Εργασίας	15
Κεφάλαιο 2 ^ο : Η Εξέλιξη των Αστικών Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.....	17
2.1 Ιστορική εξέλιξη των μέσων μαζικής μεταφοράς	17
2.2 Προκλήσεις στην αστική κινητικότητα	20
2.3 Πλαίσια Πολιτικής και Σχεδιασμός Αστικών Μεταφορών	23
Κεφάλαιο 3 ^ο : Αναδυόμενες λύσεις κινητικότητας και συλλογικές μεταφορές	28
3.1 Ορισμός συλλογικών μεταφορών	28
3.2 Διαμοιρασμένη κινητικότητα και μεταφορά κατ' απαίτηση	32
3.3 Ενοποίηση των μέσων μαζικής μεταφοράς με την κινητικότητα ως υπηρεσία (MaaS).....	35
3.4 Ο Ρόλος των Τεχνολογικών Καινοτομιών	38
Κεφάλαιο 4 ^ο : Διεθνής εμπειρία – Συλλογικές Μεταφορές σε Αστικές Περιοχές.....	40
4.1 Επισκόπηση των Υφιστάμενων Μοντέλων Εφαρμογής Συλλογικών Μεταφορών	40
4.2 Καλές Πρακτικές και Διδάγματα από τη Διεθνή Εμπειρία	42
4.2.1 Ευρώπη: Βέλτιστες πρακτικές στην ολοκλήρωση των συλλογικών μεταφορών	42
4.2.2 Ασία: Λύσεις Κινητικότητας Βασισμένες σε Δεδομένα και Ευέλικτες	45
4.2.3 Βόρεια Αμερική: Καινοτομίες στις Μεταφορές με Συμμετοχή και Τεχνολογία	48
4.3 Σύνθεση Βασικών Παραγόντων Επιτυχίας	49
4.4 Ο Ρόλος του Ιδιωτικού Τομέα και των Συμπράξεων Δημόσιου-Ιδιωτικού Τομέα	52
Κεφάλαιο 5 ^ο : Οικονομικές, Περιβαλλοντικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις των Συλλογικών Μεταφορών: Μια DESTEP Ανάλυση.....	56
5.1 Εισαγωγή στην Ανάλυση DESTEP	56

5.2 Δημογραφικοί Παράγοντες	56
5.3 Οικονομικοί Παράγοντες	57
5.4 Κοινωνικοπολιτισμικοί Παράγοντες	58
5.5 Τεχνολογικοί Παράγοντες	59
5.6 Οικολογικοί Παράγοντες.....	60
5.7 Πολιτικοί και Νομικοί Παράγοντες	61
Κεφάλαιο 6 ^ο : Μελλοντικές προοπτικές και συστάσεις πολιτικής	63
6.1 Το μέλλον της συλλογικής μετακίνησης.....	63
6.2 Συστάσεις Πολιτικής για Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	67
Κεφάλαιο 7 ^ο : Συμπεράσματα	71
Βιβλιογραφία	75

Πίνακας Εικόνων / Πινάκων

Εικόνα 1: Ιππήλατο τραμ στο Λονδίνο, τέλη 19ου αιώνα	18
Εικόνα 2: Από τον παραδοσιακό συγκοινωνιακό σχεδιασμό στη βιώσιμη αστική κινητικότητα	27
Εικόνα 3: Διεπαφή εφαρμογής Mobility-as-a-Service (MaaS)	37
Εικόνα 4: Διεπαφή εφαρμογής Whim στο Ελσίνκι – ένα παράδειγμα ολοκληρωμένης πλατφόρμας MaaS.	43
Εικόνα 5: Υπηρεσία δημόσιων λεωφορείων κατ' απαίτηση της Σιγκαπούρης που ενσωματώνει κρατήσεις μέσω εφαρμογής με δρομολόγηση σε πραγματικό χρόνο.	46
Εικόνα 6: Η υπηρεσία παραμεταφορών MTA Access-A-Ride της Νέας Υόρκης, η οποία παρέχει κινητικότητα από πόρτα σε πόρτα σε χρήστες με ειδικές ανάγκες.	48
Πίνακας 1 Βασικά συστήματα και υπηρεσίες που περιλαμβάνουν τις μαζικές μεταφορές.....	29
Πίνακας 1 Βασικά συστήματα και υπηρεσίες που περιλαμβάνουν τις μαζικές μεταφορές.....	28
Πίνακας 3 Σύνοψη Ανάλυσης DESTEP για Συλλογικές Μεταφορές.....	62

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Ιστορικό και πλαίσιο

Οι αστικές δημόσιες συγκοινωνίες αποτελούν ακρογωνιαίο λίθο της βιώσιμης ανάπτυξης της πόλης, παρέχοντας λύσεις κινητικότητας που μειώνουν τη συμφόρηση, ελαχιστοποιούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ενισχύουν την κοινωνική ένταξη. Ωστόσο, τα παραδοσιακά συστήματα δημόσιων μεταφορών αντιμετωπίζουν αυξανόμενες προκλήσεις λόγω της ταχείας αστικοποίησης, της αυξανόμενης πυκνότητας πληθυσμού και της μετατόπισης των προτιμήσεων κινητικότητας (Ortúzar, 2019). Η εμφάνιση καινοτόμων λύσεων μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των Συλλογικών Μεταφορών, προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη οδό για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων ενσωματώνοντας νέες μορφές διαμοιρασμένης κινητικότητας που συμπληρώνουν τα υπάρχοντα συστήματα (Portu et al., 2020).

Συλλογικές Μεταφορές (Collective Transport), μια έννοια που διαφέρει από τα συμβατικά μέσα μαζικής μεταφοράς, αξιοποιεί την τεχνολογία, τα διαμοιρασμένα μοντέλα μετακίνησης επιβατών και τις υπηρεσίες κατ' απαίτηση για τη βελτίωση της αστικής κινητικότητας. Περιλαμβάνει διάφορους τρόπους, όπως κοινή χρήση διαδρομής, μικροκινητικότητα και Κινητικότητα ως Υπηρεσία (MaaS), διευκολύνοντας την απρόσκοπτη σύνδεση μεταξύ διαφορετικών δικτύων μεταφορών (Bontorin et al., 2024). Οι πόλεις σε όλο τον κόσμο διερευνούν τις δυνατότητες αυτών των καινοτομιών για τη δημιουργία πιο αποτελεσματικών και ευέλικτων οικοσυστημάτων αστικών μεταφορών (Sharma et al., 2023).

Η εισαγωγή νέων λύσεων κινητικότητας έχει επηρεαστεί σημαντικά από τον ψηφιακό μετασχηματισμό, την τεχνητή νοημοσύνη και την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οδηγώντας σε πιο δυναμικά και ανταποκρινόμενα δίκτυα μεταφορών (Kadem et al., 2024). Ταυτόχρονα, η σταδιακή ενσωμάτωση των ηλεκτρικών και αυτόνομων οχημάτων στα οικοσυστήματα αστικής κινητικότητας σηματοδοτεί μια μετατόπιση στον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών ενδέχεται να εξελιχθούν στο μέλλον. Ενώ η ευρεία εφαρμογή τους παραμένει περιορισμένη, η αυξανόμενη παρουσία τους αποτελεί μια σημαντική ευκαιρία για καινοτομία και βιωσιμότητα — θέματα που εξετάζονται περαιτέρω στην ενότητα για τις τεχνολογικές εξελίξεις. Ενώ αυτές οι εξελίξεις παρουσιάζουν σημαντικές ευκαιρίες, εγείρουν

επίσης ανησυχίες σχετικά με τη συμβατότητα των υποδομών, την ενοποίηση της πολιτικής και την ισότητα στην πρόσβαση στις υπηρεσίες μεταφορών (Allen et al., 2019a).

1.2 Σκοπός και Στόχοι Έρευνας

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει πώς οι αστικές δημόσιες συγκοινωνίες μπορούν να βελτιωθούν μέσω της υιοθέτησης μοντέλων συλλογικών μεταφορών, αξιολογώντας τον αντίκτυπό τους στην αποτελεσματικότητα, την προσβασιμότητα και τη βιωσιμότητα. Η έρευνα επικεντρώνεται στους ακόλουθους βασικούς στόχους:

- Να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά των Συλλογικών Μεταφορών και η διαφοροποίησή τους από τα παραδοσιακά συστήματα δημόσιας συγκοινωνίας.
- Να εξετάσει επιτυχημένες εφαρμογές των Συλλογικών Μεταφορών παγκοσμίως και να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητά τους στη βελτίωση της αστικής κινητικότητας.
- Να αναλύσει τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ενσωμάτωσης κοινών και κατ' απαίτηση υπηρεσιών κινητικότητας στα δίκτυα δημόσιας συγκοινωνίας.
- Να αξιολογήσει τις πολιτικές που απαιτούνται για την ενσωμάτωση των Συλλογικών Μεταφορών στις υπάρχουσες υποδομές δημόσιων μεταφορών.
- Να προτείνει συστάσεις για τις πόλεις και τους φορείς χάραξης πολιτικής για τη διευκόλυνση της υιοθέτησης καινοτόμων λύσεων μεταφορών διασφαλίζοντας παράλληλα τη βιωσιμότητα και την ένταξη.

1.3 Σημασία της Έρευνας

Η σημασία αυτής της έρευνας έγκειται στην πιθανή συμβολή της στο μελλοντικό σχεδιασμό και βελτιστοποίηση των δικτύων αστικών μεταφορών. Καθώς οι πόλεις μεγαλώνουν, οι υπάρχουσες υποδομές δημόσιων μεταφορών αγωνίζονται να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη ζήτηση,

οδηγώντας σε συμφόρηση, μειωμένη αξιοπιστία υπηρεσιών και αυξημένες εκπομπές άνθρακα (Moret et al., 2020). Διερευνώντας την ενσωμάτωση των Συλλογικών Μεταφορών, αυτή η εργασία επιδιώκει να παρέχει πληροφορίες για το πώς οι σύγχρονες λύσεις κινητικότητας μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των αστικών μεταφορών και να μειώσουν την εξάρτηση από τα ιδιωτικά οχήματα (Ortúzar, 2019).

Επιπλέον, αυτή η έρευνα θα συμβάλλει στην υφιστάμενη γνώση της βιώσιμης αστικής κινητικότητας αναλύοντας την οικονομική σκοπιμότητα, τα περιβαλλοντικά οφέλη και τις επιπτώσεις της κοινωνικής δικαιοσύνης των Συλλογικών Μεταφορών (Allen et al., 2020). Τα ευρήματα θα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τους πολεοδόμους, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τις αρχές μεταφορών που επιδιώκουν να αναπτύξουν ανθεκτικές και προσαρμόσιμες στρατηγικές κινητικότητας που να καλύπτουν διαφορετικούς αστικούς πληθυσμούς (Osorio & Bierlaire, 2012).

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες έχουν αποτελέσει ισχυρό μοχλό για την καινοτομία. Οι πολεοδόμοι αξιολογούν ολοένα και περισσότερο τις επιπτώσεις των επιλογών μεταφορών στην κλιματική αλλαγή, με μελέτες που υποστηρίζουν ενεργειακά αποδοτικά μοντέλα μεταφοράς χαμηλών εκπομπών. Για παράδειγμα, οι Moret et al. (2020) ανέπτυξαν ισχυρά πλαίσια για στρατηγικό ενεργειακό σχεδιασμό σε αστικά συστήματα, προωθώντας τις δημόσιες μεταφορές έναντι ιδιωτικών οχημάτων υψηλών εκπομπών.

Από τεχνολογική άποψη, η εργασία θα διερευνήσει πώς οι εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη, την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και την ανάλυση μεγάλων δεδομένων συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των κοινών υπηρεσιών μεταφοράς (Alahi et al., 2014). Αυτές οι τεχνολογίες είναι θεμελιώδεις για την επιτυχή εφαρμογή και την επεκτασιμότητα των Συλλογικών Μεταφορών, επιτρέποντας λύσεις μεταφοράς που ανταποκρίνονται στη ζήτηση που είναι αποτελεσματικές και φιλικές προς το χρήστη (Pacheco Paneque et al., 2021).

1.4 Μεθοδολογία

Αυτή η εργασία χρησιμοποιεί μια δομημένη βιβλιογραφική μεθοδολογία ανασκόπησης για να αναλύσει την εξέλιξη, τις προκλήσεις και τις προοπτικές των αστικών δημόσιων συγκοινωνιών με ιδιαίτερη έμφαση στο ρόλο των μοντέλων συλλογικών μεταφορών. Ο στόχος είναι να

συγκεντρωθούν και να συντεθούν γνώσεις από την υπάρχουσα βιβλιογραφία, τα έγγραφα πολιτικής και την εμπειρική έρευνα για την παροχή μιας ολοκληρωμένης επισκόπησης των τρεχουσών τάσεων και των μελλοντικών κατευθύνσεων.

1.4.1 Μεθοδολογική Προσέγγιση

Η έρευνα βασίζεται σε αρχές που περιγράφονται σε καθιερωμένες μεθοδολογίες ανασκόπησης βιβλιογραφίας, ιδιαίτερα εκείνες που συζητήθηκαν από τον Snyder (2019) και από τους Green et al. (2019). Αυτή η μελέτη υιοθετεί μια προσέγγιση αφηγηματικής ανασκόπησης, η οποία είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την εξερεύνηση ευρέων και σύνθετων θεμάτων. Σε αντίθεση με τις συστηματικές ανασκοπήσεις που ακολουθούν αυστηρά κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού, μια αφηγηματική ανασκόπηση επιτρέπει μια ευέλικτη σύνθεση ποικίλων πηγών, συμπεριλαμβανομένων θεωρητικών πλαισίων, αναλύσεων πολιτικής, μελετών περίπτωσης και αναδυόμενων τεχνολογικών τάσεων στις αστικές μεταφορές. Χρησιμοποιείται συνήθως όταν ο στόχος είναι η παροχή μιας ολοκληρωμένης κατανόησης ενός πολύπλευρου τομέα και όχι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μιας συγκεκριμένης παρέμβασης (Greenhalgh, Thorne & Malterud, 2018).

Η επιλογή της αφηγηματικής ανασκόπησης είναι κατάλληλη λόγω της πολυδιάστατης φύσης του θέματος, το οποίο καλύπτει κλάδους όπως ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η συγκοινωνιολογία, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα και η ψηφιακή καινοτομία. Ενώ η έρευνα είναι κατά κύριο λόγο ποιοτική, ακολουθεί μια συστηματική διαδικασία αναζήτησης και επιλογής, διασφαλίζοντας τη συνάφεια, την ποιότητα και την ποικιλομορφία των πηγών.

1.4.2 Στάδια και εργαλεία της ανάλυσης

Η μεθοδολογία διαρθρώνεται σε τρία στάδια, το καθένα με ξεχωριστά εργαλεία και πηγές:

Στάδιο 1: Διερεύνηση πολιτικής και παγκόσμιων τάσεων

Για βασικές πληροφορίες και εμβάθυνση της κατανόησης, η μελέτη εξέτασε εκθέσεις και συνοπτικά στοιχεία πολιτικής από διεθνείς οργανισμούς όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η Διεθνής Ένωση Δημοσίων Μεταφορών (UITP) και η Παγκόσμια Τράπεζα. Οι πηγές ελήφθησαν από επίσημους ιστότοπους και αποθετήρια ιδρυμάτων, κυρίως στα αγγλικά.

Στάδιο 2: Σύνθεση Ακαδημαϊκής και Επιστημονικής Βιβλιογραφίας

Πραγματοποιήθηκε στοχευμένη αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων με ευρετήριο, συμπεριλαμβανομένων των Scopus, ScienceDirect και Google Scholar. Η ανασκόπηση επικεντρώθηκε σε επιστημονικά άρθρα με κριτές που δημοσιεύτηκαν τα τελευταία δέκα χρόνια (2013–2023). Συμπεριλήφθηκαν μόνο άρθρα που δημοσιεύτηκαν στα αγγλικά σε έγκριτα περιοδικά σχετικά με μελέτες μεταφορών, πολεοδομικό σχεδιασμό, έξυπνες πόλεις και βιωσιμότητα.

Στάδιο 3: Διεθνή Εμπειρία και Πρακτική Εφαρμογή

Για να επισημανθούν οι πραγματικές εφαρμογές των συλλογικών μεταφορών, επιλέχθηκαν άρθρα και αξιολογήσεις για συγκεκριμένες περιπτώσεις. Οι πηγές αντλήθηκαν από ακαδημαϊκές βάσεις δεδομένων και εκθέσεις αξιολόγησης έργων που είναι διαθέσιμες μέσω ιστοτόπων δημόσιων φορέων ή περιοδικών με επίκεντρο την κινητικότητα.

1.4.3 Στρατηγική αναζήτησης και λέξεις-κλειδιά

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας περιλάμβανε έναν συνδυασμό τελεστών Boole και συμβολοσειρών λέξεων-κλειδιών. Οι κύριες λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν περιελάμβαναν:

- “collective transport” OR “shared mobility” OR “on-demand transit”
- “urban mobility” AND “public transport integration”
- “Mobility-as-a-Service” OR “MaaS”
- “electric vehicles” AND “autonomous transport”
- “urban transport policy” OR “sustainable mobility framework”

Εφαρμόστηκαν φίλτρα αναζήτησης για τον περιορισμό των αποτελεσμάτων κατά έτος δημοσίευσης, γλώσσα και ποιότητα πηγής (αναφορές με αξιολόγηση από ομοτίμους ή επίσημες αναφορές). Η αρχική αναζήτηση έδωσε περισσότερες από 200 πηγές, οι οποίες περιορίστηκαν μέσω της εξέτασης συνάφειας, της ανασκόπησης τίτλου και περιλήψεων και αξιολόγησης πλήρους κειμένου με βάση τους στόχους της εργασίας. Συγκεκριμένα, τα κριτήρια Αξιολόγησης Πηγών και Ένταξης που εφαρμόστηκαν για κάθε πηγή είναι τα ακόλουθα κριτήρια:

- Συνάφεια με τα αστικά συστήματα συλλογικών μεταφορών
- Συμβολή στη θεωρητική ή εμπειρική γνώση
- Πρόσφατη (κατά προτίμηση τα τελευταία 10 χρόνια)
- Σαφήνεια στη μεθοδολογία ή στην τεκμηρίωση της μελέτης περίπτωσης
- Ευρετηριάζεται σε αξιόπιστες βάσεις δεδομένων ή δημοσιεύεται από αξιόπιστα ιδρύματα

Επιπλέον, εξαιρέθηκαν οι διπλότυπες καταχωρίσεις και οι μη ακαδημαϊκές ή μη επιστημονικές πηγές. Από την αρχική ομάδα, διατηρήθηκε ένα τελικό σύνολο 46 βασικών ακαδημαϊκών αναφορών και 10 υποστηρικτικών εγγράφων πολιτικής για εις βάθος ανάλυση.

1.5 Δομή της Εργασίας

Η παρούσα εργασία οργανώνεται σε επτά κεφάλαια, καθένα από τα οποία εξετάζει διαφορετικές πτυχές των Συλλογικών Μεταφορών και τον ρόλο τους στη βελτίωση των αστικών δημόσιων συγκοινωνιών και, γενικότερα, της βιώσιμης αστικής κινητικότητας: Εκτός από το παρόν Εισαγωγικό Κεφάλαιο (Κεφάλαιο 1), η εργασία διαρθρώνεται ως εξής:

Κεφάλαιο 2: Η Εξέλιξη των Αστικών Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια ιστορική επισκόπηση των συστημάτων δημόσιων μεταφορών, επισημαίνοντας τις βασικές προκλήσεις και τις πρόσφατες εξελίξεις στην αστική κινητικότητα.

Κεφάλαιο 3: Αναδυόμενες λύσεις κινητικότητας και συλλογικές μεταφορές

Το τρίτο κεφάλαιο εξετάζει νέες λύσεις κινητικότητας, συμπεριλαμβανομένων των διαμοιρασμένων μεταφορών, της microtransit και της Mobility-as-a-Service (MaaS). Διερευνά πώς αυτές οι λύσεις αλληλεπιδρούν με τα υπάρχοντα δίκτυα δημόσιας συγκοινωνίας και τις δυνατότητές τους για βελτιστοποίηση των αστικών συγκοινωνιών.

Κεφάλαιο 4: Διεθνής εμπειρία – Συλλογικές Μεταφορές σε Αστικές Περιοχές

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει μια συγκριτική ανάλυση των πρωτοβουλιών Συλλογικών Μεταφορών σε διάφορες πόλεις. Προσδιορίζει τις βέλτιστες πρακτικές, τη λειτουργική αποτελεσματικότητα και τα βασικά διδάγματα που αντλήθηκαν από την υλοποίηση.

Κεφάλαιο 5: Οικονομικές, Περιβαλλοντικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις

Το πέμπτο κεφάλαιο εμβαθύνει στις ευρύτερες επιπτώσεις των Συλλογικών Μεταφορών, αξιολογώντας την οικονομική βιωσιμότητα, τα οφέλη βιωσιμότητας και την κοινωνική ενσωμάτωση.

Κεφάλαιο 6: Μελλοντικές προοπτικές και συστάσεις πολιτικής

Αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τα μέτρα πολιτικής, τις ρυθμιστικές στρατηγικές και τις τεχνολογικές καινοτομίες που μπορούν να υποστηρίξουν την ευρεία υιοθέτηση των Συλλογικών Μεταφορών. Συζητά επίσης πιθανές μελλοντικές τάσεις στην αστική κινητικότητα.

Κεφάλαιο 7: Συμπέρασμα

Το τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα βασικά ευρήματα της μελέτης, επισημαίνει τους περιορισμούς και προτείνει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

Κεφάλαιο 2^ο: Η Εξέλιξη των Αστικών Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

2.1 Ιστορική εξέλιξη των μέσων μαζικής μεταφοράς

Οι δημόσιες συγκοινωνίες έχουν διαδραματίσει μεταμορφωτικό ρόλο στη διαμόρφωση του αστικού περιβάλλοντος, της οικονομικής παραγωγικότητας και της καθημερινής ζωής των κατοίκων των πόλεων. Από την έναρξή τους, τα συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών σχεδιάστηκαν για να διευκολύνουν την κινητικότητα μεγάλης κλίμακας βελτιώνοντας την προσβασιμότητα για τον αστικό πληθυσμό και υποστηρίζοντας τη μεγέθυνση και ανάπτυξη των πόλεων. Με την πάροδο του χρόνου, η ζήτηση για μέσα μαζικής μεταφοράς προέκυψε ως απάντηση στην αυξανόμενη συγκέντρωση ανθρώπων στα αστικά κέντρα, λόγω της ανάγκης να διασφαλιστεί η πρόσβαση στην απασχόληση, τις υπηρεσίες και άλλες βασικές καθημερινές δραστηριότητες. Αυτά τα συστήματα εξελίχθηκαν ανάλογα, προσαρμοζόμενα στις δημογραφικές πιέσεις, τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις μεταβαλλόμενες κοινωνικές προσδοκίες.

Οι πρώτες μορφές αστικών δημόσιων συγκοινωνιών περιλάμβαναν άμαξες με άλογα, λεωφορεία και αργότερα, τραμ με άλογα (ιππήλατα), τα οποία εμφανίστηκαν τον 19ο αιώνα σε πολλές πόλεις σε όλη την Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1, αυτά τα πρώιμα μέσα μαζικής μεταφοράς βασίζονταν σε ιππήλατα οχήματα που προσέφεραν τακτικές αστικές μετακινήσεις. Έθεσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων μαζικής μεταφοράς.



Εικόνα 1: Ιππήλατο τραμ στο Λονδίνο, τέλη 19ου αιώνα Πηγή:

<https://www.ltmuseum.co.uk/collections/stories/transport/collections-close-stephenson-horse-tram-1882>

Η άνοδος του ατμοκίνητου σιδηρόδρομου και η επέκταση των σιδηροδρομικών δικτύων σηματοδότησε μια επαναστατική αλλαγή στη μεταφορά αγαθών και ανθρώπων, επιτρέποντας μετακινήσεις μεγάλων αποστάσεων και ευνοώντας την επέκταση των πόλεων και την προαστιοποίηση. Με την εισαγωγή των ηλεκτρικών τραμ στα τέλη του 1800, τα αστικά κέντρα άρχισαν να ενσωματώνουν πιο αποτελεσματικές και φιλικές προς το περιβάλλον μορφές συλλογικής κινητικότητας (Ortúzar, 2019).

Κατά τον 20ό αιώνα πραγματοποιήθηκε επέκταση των μηχανοκίνητων λεωφορείων και ανάπτυξη συστημάτων μετρό και υπόγειων σιδηροδρόμων, ειδικά σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Πόλεις όπως το Λονδίνο, το Παρίσι και η Νέα Υόρκη έγιναν παγκόσμια σύμβολα δικτύων μαζικής μεταφοράς, όπου τα πολυτροπικά συστήματα έγιναν η ραχοκοκαλιά της καθημερινής μετακίνησης. Καθώς οι πόλεις επεκτάθηκαν, οι δημόσιες συγκοινωνίες έγιναν ζωτικής σημασίας για τη σύνδεση των περιφερειακών ζωνών με τα κέντρα των πόλεων (Binder et al., 2017).

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, πολλές πόλεις στράφηκαν προς τον αυτοκινητοκεντρικό σχεδιασμό, ειδικά στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε μέρη της Ευρώπης. Η αυξανόμενη οικονομική προσιτότητα των ιδιωτικών αυτοκινήτων οδήγησε σε μείωση της χρήσης των μέσων μαζικής

μεταφοράς, ιδιαίτερα στις προαστιακές περιοχές. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση όπου κυριαρχούσε το αυτοκίνητο συνέβαλε σύντομα σε μια σειρά από ζητήματα για την αστική ανάπτυξη, συμπεριλαμβανομένης της συμφόρησης, της ρύπανσης και του κοινωνικού αποκλεισμού για άτομα χωρίς πρόσβαση στο αυτοκίνητο (Robenek et al., 2018). Ως απάντηση, τα τέλη του 20ου και οι αρχές του 21ου αιώνα σηματοδότησε μια ανανεωμένη έμφαση στη βιωσιμότητα των συστημάτων αστικών μεταφορών.

Τα συστήματα δημόσιων μεταφορών από την αρχή του 21^{ου} αιώνα έχουν επικεντρωθεί στην πολυτροπική ολοκλήρωση, συνδυάζοντας λεωφορεία, μετρό, τραμ και ποδήλατα με ψηφιακά εργαλεία για να δημιουργήσουν απρόσκοπτες ταξιδιωτικές εμπειρίες. Η τεχνολογία έχει γίνει ο ακρογωνιαίος λίθος αυτής της εξέλιξης. Τα ευφυή συστήματα μεταφορών (ITS), η παρακολούθηση με βάση το GPS και οι εφαρμογές δεδομένων σε πραγματικό χρόνο έχουν βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα και την αξιοπιστία της δημόσιας συγκοινωνίας (Alahi et al., 2014). Τέτοια συστήματα επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο, να σχεδιάζουν πολυτροπικές μετακινήσεις και να αποφεύγουν καθυστερήσεις, αυξάνοντας την ικανοποίηση των χρηστών και τη βελτιστοποίηση του συστήματος (Allen et al., 2019a).

Παράλληλα με την τεχνολογία, η έννοια της Ανάπτυξης προσανατολισμένη στις Δημόσιες Συγκοινωνίες (TOD) αναδείχθηκε ως στρατηγικό πλαίσιο για την ευθυγράμμιση της αστικής ανάπτυξης με τον προγραμματισμό των μεταφορών. Οι πόλεις άρχισαν να δίνουν προτεραιότητα σε πιο πυκνές, μικτές αναπτύξεις γύρω από τους συγκοινωνιακούς κόμβους για να ενθαρρύνουν την επιβατική κίνηση και να μειώσουν την εξάρτηση από τα αυτοκίνητα. Αυτή η μετάβαση έχει ενισχυθεί από ευρήματα που υπογραμμίζουν τη σημασία των λειτουργικών χαρακτηριστικών όπως η αξιοπιστία, η συχνότητα και η κάλυψη για τον προσδιορισμό της ικανοποίησης του επιβατικού κοινού και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών (Allen et al., 2020).

Ένα άλλο καθοριστικό χαρακτηριστικό της ανάπτυξης των σύγχρονων δημόσιων μεταφορών είναι η ανταπόκρισή τους στην εμπειρία του χρήστη. Πρόσφατες μελέτες δίνουν έμφαση στις ψυχολογικές και συναισθηματικές διαστάσεις του ταξιδιού, προσδιορίζοντας πώς τα κρίσιμα περιστατικά, η εμπλοκή, ακόμη και η ιεραρχία των αναγκών που σχετίζονται με τη μεταφορά επηρεάζουν τις επιλογές των χρηστών και την επιλογή των τρόπων μεταφοράς (Allen et al., 2019b). Για παράδειγμα, η ιεραρχία του Maslow έχει προσαρμοστεί στο πλαίσιο των μεταφορών

για να αξιολογήσει πώς παράγοντες όπως η ασφάλεια, η άνεση και το αίσθημα του ανήκειν ή η εμπλοκή των χρηστών επηρεάζουν τη συμπεριφορά των επιβατών.

Συμπερασματικά, η ιστορική εξέλιξη των δημόσιων μεταφορών αντανακλά μια δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ της τεχνολογικής καινοτομίας, της κατεύθυνσης πολιτικής, του αστικού σχεδιασμού και των προσδοκιών των χρηστών. Καθώς οι πόλεις προετοιμάζονται για το μέλλον, η κατανόηση της εξέλιξης αυτών των συστημάτων παρέχει μια κρίσιμη βάση για την ενσωμάτωση λύσεων επόμενης γενιάς όπως το Collective Transport, που υπόσχεται να συνδυάσει τα δυνατά σημεία της παραδοσιακής δημόσιας κινητικότητας με την ευελιξία κοινών και έξυπνων υπηρεσιών μεταφορών.

2.2 Προκλήσεις στην αστική κινητικότητα

Η αστική κινητικότητα σήμερα διαμορφώνεται από ένα σύνθετο σύνολο αλληλένδετων προκλήσεων που προκύπτουν από την ταχεία αστικοποίηση, τη δημογραφική επέκταση, τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, τη γήρανση των υποδομών και τις ολοένα και πιο εξατομικευμένες προσδοκίες των χρηστών. Παρά τις αξιοσημείωτες εξελίξεις στα συστήματα δημόσιων μεταφορών και την ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών, οι πόλεις σε όλο τον κόσμο συνεχίζουν να αντιμετωπίζουν επίμονα ζητήματα όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα κενά στις υπηρεσίες, η οικονομική ανισότητα και ο κοινωνικός αποκλεισμός (Ortúzar, 2019).

Μία από τις πιο άμεσες και ορατές προκλήσεις παραμένει η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Αυτό είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της αυτοκινητοκεντρικής ανάπτυξης και της ανεπαρκούς διαθεσιμότητας ή ελκυστικότητας εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς. Ενώ πολλές πόλεις έχουν προσπαθήσει να βελτιώσουν τη ροή των οχημάτων επεκτείνοντας τις οδικές υποδομές, τέτοιες στρατηγικές συχνά οδηγούν σε επαγόμενη ζήτηση, εντείνοντας τελικά τη συμφόρηση αντί να την μετριάσουν. Η συνεχής εξάρτηση από ιδιωτικά οχήματα συμβάλλει επίσης σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δημιουργώντας εξωτερικές επιδράσεις που επηρεάζουν δυσανάλογα τους χαμηλού εισοδήματος και τους ευάλωτους πληθυσμούς (Moret et al., 2020).

Αυτά τα ζητήματα επιδεινώνονται από τους περιορισμούς της υπάρχουσας υποδομής δημόσιων μεταφορών. Σε πολλά αστικά κέντρα, τα συστήματα δημόσιας συγκοινωνίας είναι ξεπερασμένα και υπερφορτωμένα, χωρίς την ευελιξία να εξελιχθούν αποτελεσματικά σε αντιστοιχία με τους αυξανόμενους πληθυσμούς. Τις ώρες αιχμής, τα υπερπλήρη λεωφορεία και τρένα συχνά οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών, αποθαρρύνοντας την επιβατική κίνηση (Allen et al., 2020). Παράλληλα, οι αστικές και αγροτικές περιοχές χαμηλής πυκνότητας συχνά υποφέρουν από κακή κάλυψη δικτύου, με αποτέλεσμα ολόκληρες κοινότητες να υποεξυπηρετούνται ή να αποκλείονται από την πρόσβαση σε αποτελεσματικές επιλογές κινητικότητας (Porru et al., 2020).

Σε μια εποχή όπου οι χρήστες περιμένουν όλο και περισσότερο εξατομικευμένες και απρόσκοπτες ταξιδιωτικές εμπειρίες, οι συμβατικές υπηρεσίες δημόσιων συγκοινωνιών συχνά υπολείπονται. Η ψηφιακή εποχή έχει εισαγάγει ένα νέο πρότυπο, όπου οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, οι υπηρεσίες που βασίζονται σε εφαρμογές και η ευέλικτη δρομολόγηση θεωρούνται απαραίτητες. Οι επιβάτες αναμένουν δυναμικό σχεδιασμό διαδρομής, σύντομους χρόνους αναμονής και ολοκληρωμένες πολυτροπικές συνδέσεις. Όταν αυτές οι προσδοκίες δεν εκπληρώνονται, η ικανοποίηση και η αφοσίωση των χρηστών μειώνονται απότομα (Allen et al., 2019b). Η κατάσταση επιδεινώνεται όταν λειτουργικές ανεπάρκειες -όπως μεγάλες καθυστερήσεις, ακανόνιστα δρομολόγια ή έλλειψη διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών τρόπων διέλευσης- εμποδίζουν τη μετακίνηση των επιβατών (Allen et al., 2019a).

Περιπλέκοντας περαιτέρω τα πράγματα, οι κοινωνικοοικονομικές ανισότητες παραμένουν ένα κρίσιμο εμπόδιο για τη δίκαιη πρόσβαση στη μετακίνηση. Για πολλά άτομα με χαμηλό εισόδημα, οι δημόσιες συγκοινωνίες παραμένουν απρόσιτες, ενώ άλλοι αντιμετωπίζουν γεωγραφική απομόνωση λόγω περιορισμένης παροχής υπηρεσιών. Οι χρήστες αξιολογούν τις επιλογές μεταφοράς με βάση όχι μόνο το κόστος και την αποδοτικότητα, αλλά και την αντιληπτή ασφάλεια και την προσωπική άνεση, η οποία μπορεί να ποικίλλει σημαντικά μεταξύ δημογραφικών και κοινωνικών ομάδων (Flügel et al., 2019).

Επιπλέον, ο κατακερματισμός των υπηρεσιών σε πολλές πόλεις αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για αποτελεσματικές μετακινήσεις. Τα αποσυνδεδεμένα συστήματα —όπου δεν είναι ενσωματωμένα λεωφορεία, μετρό, ποδήλατα και αναδυόμενες πλατφόρμες κοινής κινητικότητας— μειώνουν τη συνοχή της εμπειρίας μετακίνησης και καθιστούν την αστική κινητικότητα λιγότερο αποτελεσματική και λιγότερο ελκυστική για τους χρήστες. Η έλλειψη ενσωμάτωσης υπηρεσιών

οδηγεί σε καθυστερήσεις, χαμένες συνδέσεις και γενική ταλαιπωρία στη μετακίνηση, κάνοντας τη χρήση ιδιωτικού οχήματος να φαίνεται πιο ελκυστική (Bontorin et al., 2024). Όπως οι Robenek et al. (2018) επισημαίνουν, ακόμη και τεχνικές πτυχές όπως ο σχεδιασμός του χρονοδιαγράμματος ή η ελαστικότητα της υπηρεσίας μπορεί να οδηγήσουν σε αναποτελεσματικότητα, όταν δεν ευθυγραμμίζονται με τα πραγματικά πρότυπα συμπεριφοράς και τη ζήτηση των χρηστών.

Ένα άλλο επίμονο εμπόδιο στη βιώσιμη αστική κινητικότητα είναι η δυσκολία επίτευξης αλλαγής συμπεριφοράς. Οι πολιτιστικοί κανόνες, οι μακροχρόνιες συνήθειες και η ευκολία που σχετίζεται με τη χρήση ιδιωτικού αυτοκινήτου συνεχίζουν να μειώνουν την προθυμία του κοινού να υιοθετήσει συλλογικούς ή ενεργούς τρόπους μεταφοράς. Ακόμη και σε πόλεις με καλά ανεπτυγμένη υποδομή δημόσιων συγκοινωνιών, η αλλαγή της συμπεριφοράς των μετακινούμενων παραμένει μια αργή και πολύπλευρη διαδικασία που απαιτεί όχι μόνο καλύτερες υπηρεσίες αλλά και εκστρατείες ευαισθητοποίησης και κίνητρα (Gutiérrez et al., 2020).

Η ανθεκτικότητα των συστημάτων αστικής κινητικότητας έχει επίσης ελεγχθεί υπό το φως των πρόσφατων παγκόσμιων γεγονότων. Η πανδημία COVID-19 εξέθεσε κρίσιμα τρωτά σημεία στα δίκτυα μεταφορών, ιδιαίτερα εκείνα που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από στατικά μοντέλα υψηλής πυκνότητας, όπως τα συμβατικά δίκτυα δημόσιων μεταφορών. Τα συστήματα μεταφορών που δεν διέθεταν ψηφιακή προσαρμοστικότητα ή επιλογές που να ανταποκρίνονται στη ζήτηση δεν μπόρεσαν να προσαρμοστούν στα μεταβαλλόμενα πρότυπα μετακίνησης και στις νέες απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας που εισήχθησαν κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Ως αποτέλεσμα, αντιμετώπισαν σημαντικές λειτουργικές διαταραχές και οικονομικές πιέσεις (Modak et al., 2019).

Συμπερασματικά, η αντιμετώπιση των πολύπλευρων προκλήσεων της αστικής κινητικότητας απαιτεί μια ολιστική και συντονισμένη απάντηση. Αυτό περιλαμβάνει τον εκσυγχρονισμό της παρωχημένης υποδομής, την ευθυγράμμιση της παροχής υπηρεσιών με τη συμπεριφορά των χρηστών σε πραγματικό χρόνο και την υιοθέτηση καινοτόμων μοντέλων μεταφορών, όπως οι συλλογικές μεταφορές. Μόνο μέσω της στρατηγικής ολοκλήρωσης των αναδυόμενων τεχνολογιών, του χωρίς αποκλεισμούς σχεδιασμού και της συλλογικής χάραξης πολιτικής μπορούν οι πόλεις να δημιουργήσουν συστήματα αστικής κινητικότητας που είναι αποτελεσματικά, προσβάσιμα και έτοιμα για το μέλλον (Sharma et al., 2023; Schmidt et al., 2019).

2.3 Πλαίσια Πολιτικής και Σχεδιασμός Αστικών Μεταφορών

Ο σχεδιασμός των αστικών μεταφορών καθοδηγείται εγγενώς από πλαίσια πολιτικής που στοχεύουν στην ευθυγράμμιση των συστημάτων μεταφορών με ευρύτερους κοινωνικούς στόχους όπως η περιβαλλοντική βιωσιμότητα, η κοινωνική ισότητα, η ασφάλεια και η οικονομική ανάπτυξη. Καθώς οι πόλεις αντιμετωπίζουν αυξανόμενη πίεση στα δίκτυα μεταφορών τους λόγω της αστικοποίησης, της αύξησης του πληθυσμού και των δεσμεύσεων για το κλίμα, είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν ισχυρά πλαίσια πολιτικής. Αυτές οι πολιτικές πρέπει να καθοδηγούν τις επενδύσεις σε υποδομές, να ρυθμίζουν την παροχή υπηρεσιών και να επιτρέπουν την ενσωμάτωση καινοτομιών, όπως οι συλλογικές μεταφορές στα υπάρχοντα συστήματα (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Ακρογωνιαίος λίθος της σύγχρονης πολιτικής μεταφορών είναι η προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας. Οι κυβερνήσεις και οι τοπικές αρχές των πόλεων θέτουν ολοένα και περισσότερο στόχους χαμηλών εκπομπών, επενδύουν σε υποδομές δημόσιων μεταφορών και προσφέρουν κίνητρα για να ενθαρρύνουν τη μετάβαση από τη χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων. Αυτές οι στρατηγικές συχνά ενσωματώνονται σε εθνικά ή περιφερειακά αναπτυξιακά σχέδια, όχι μόνο υποστηρίζοντας περιβαλλοντικούς στόχους αλλά και ενισχύοντας την κοινωνική συμπερίληψη και την αστική προσβασιμότητα (Moret et al., 2020). Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση εργαλείων ενεργειακού σχεδιασμού στον σχεδιασμό της αστικής κινητικότητας επιτρέπει στις πόλεις να εξισορροπήσουν την επέκταση των υποδομών μεταφορών με τους κλιματικούς τους στόχους, αξιολογώντας εκ των προτέρων τους συμβιβασμούς στην κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές και τη βιωσιμότητα. Οι στρατηγικές προτεραιότητες της πολιτικής των αστικών μεταφορών σε σχέση με τους πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πυλώνας	Προτεραιότητα πολιτικής
Περιβάλλον & Ενέργεια	Οι ζώνες χαμηλών εκπομπών, η ηλεκτροδότηση των στόλων των δημόσιων συγκοινωνιών, η στροφή προς τις μαζικές μεταφορές και η προώθηση της ενεργητικής μετακίνησης — όπως το περπάτημα και η ποδηλασία— αποτελούν τις βασικές στρατηγικές του βιώσιμου σχεδιασμού αστικών μεταφορών.
Οικονομική Βιωσιμότητα	Ενοποίηση ναύλων, επενδυτική αποδοτικότητα, συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα
Κοινωνική Ένταξη & Πρόνοια	Η ισότιμη πρόσβαση προωθείται μέσω στοχευμένων πολιτικών, όπως οι επιδοτήσεις εισιτηρίων για χρήστες χαμηλού εισοδήματος, η εφαρμογή καθολικών προτύπων σχεδιασμού για την εξυπηρέτηση ατόμων με αναπηρίες και η επέκταση των υπηρεσιών μεταφορών σε υποεξυπηρετούμενες περιοχές.

Πίνακας 1: Κύριες Πολιτικές Προτεραιότητες για τη Βιώσιμη Αστική Κινητικότητα ανά Πυλώνα (Πηγή: *Ίδια επεξεργασία*)

Οι πολιτικές σήμερα προωθούν όλο και περισσότερο την πολυτροπική ολοκλήρωση, αναγνωρίζοντας την ανάγκη να αντιμετωπίζεται η κινητικότητα ως ενιαία υπηρεσία «από πόρτα σε πόρτα» και όχι ως κατακερματισμένη συλλογή συστημάτων. Οι λύσεις συλλογικών μεταφορών —όπως η μικροκινητικότητα, τα προγράμματα κοινής χρήσης ποδηλάτων και τα λεωφορεία που ανταποκρίνονται στη ζήτηση— είναι ευθυγραμμισμένες με αυτούς τους στόχους, προσφέροντας επεκτάσιμη και ευέλικτη κινητικότητα σε περιοχές που δεν εξυπηρετούνται επαρκώς από τις συμβατικές δημόσιες συγκοινωνίες. Η υποστήριξη πολιτικής είναι ζωτικής σημασίας εδώ, προσφέροντας ρυθμιστική σαφήνεια, κίνητρα και επιδοτήσεις για να διασφαλιστεί ότι αυτές οι υπηρεσίες συμπληρώνουν, αντί να ανταγωνίζονται με τα υπάρχοντα δημόσια δίκτυα (Porru et al., 2020; Kadem et al., 2024).

Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός μεταφορών βασίζεται επίσης στη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων. Οι πόλεις αξιοποιούν ψηφιακές πλατφόρμες για τη συλλογή δεδομένων χρήσης σε πραγματικό χρόνο, την παρακολούθηση των ροών κυκλοφορίας και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών. Ωστόσο, αυτό πρέπει να εξισορροπηθεί με μια ισχυρή διακυβέρνηση δεδομένων που να διασφαλίζει όχι μόνο την προστασία του απορρήτου των χρηστών, τη δίκαιη πρόσβαση σε

ψηφιακά εργαλεία και τη διαφάνεια στις αλγοριθμικές διαδικασίες, αλλά και να προστατεύει τα ευαίσθητα επιχειρηματικά δεδομένα και να αντιμετωπίζει τους κινδύνους κυβερνοασφάλειας — ιδίως σε ανταγωνιστικά και απαιτητικά δεδομένα οικοσυστήματα μεταφορών (Pacheco Paneque et al., 2021; Alahi et al., 2014).

Εξίσου σημαντική είναι η ενοποίηση της χρήσης γης και του σχεδιασμού των μεταφορών. Οι πολιτικές που προάγουν την ανάπτυξη με προσανατολισμό στη διαμετακόμιση (TOD) - ομαδοποίηση οικιστικών, εμπορικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων γύρω από κόμβους μεταφορών - ήταν αποτελεσματικές στην ενίσχυση της επιβατικής κίνησης και στη μείωση της εξάρτησης από το αυτοκίνητο (Allen et al., 2019a). Αυτό, ωστόσο, απαιτεί ισχυρό συντονισμό στους τομείς της στέγασης, της χωροταξίας και του περιβάλλοντος για να διασφαλιστεί η συνεπής εφαρμογή.

Η κοινωνική ισότητα παραμένει βασική διάσταση στη χάραξη πολιτικής μεταφορών. Οι βελτιώσεις πρέπει να κατανέμονται δίκαια, αποφεύγοντας τη συγκέντρωση των παροχών σε πλουσιότερες περιοχές, αφήνοντας πίσω τις κοινότητες χαμηλού εισοδήματος ή περιφερειακές. Όπως οι Flügel et al. (2019) σημειώνουν, οι άνθρωποι αξιολογούν τις επιλογές μεταφοράς όχι μόνο με βάση το κόστος ή τον χρόνο αλλά και με βάση την ασφάλεια και την άνεση που αντιλαμβάνονται - παράγοντες που ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ των ομάδων πληθυσμού.

Η ανθεκτικότητα και η προσαρμοστικότητα έχουν γίνει εξέχουσες στο μετα-πανδημικό πλαίσιο. Οι πόλεις εξερευνούν ευέλικτα εργαλεία πολιτικής που επιτρέπουν την ταχεία αναδιαμόρφωση των υπηρεσιών μεταφοράς σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης—όπως η εισαγωγή νέων διαμοιρασμένων ή ανταποκρινόμενων στη ζήτηση υπηρεσιών κινητικότητας. Αυτές οι στρατηγικές αντικατοπτρίζουν μια στροφή προς έναν πιο ευέλικτο αστικό σχεδιασμό που μπορεί να ανταποκριθεί δυναμικά σε αναδυόμενες κρίσεις (Modak et al., 2019; Robenek et al., 2018).

Ένας άλλος βασικός παράγοντας στην εφαρμογή είναι ο συντονισμός των ενδιαφερομένων. Η επιτυχής ενσωμάτωση καινοτόμων λύσεων αστικής κινητικότητας στα υπάρχοντα συστήματα μεταφορών εξαρτάται από την αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ των δημοτικών αρχών, των ιδιωτικών φορέων και της κοινωνίας των πολιτών. Οι Scarinci et al. (2017) τονίζουν τη σημασία των συνεργατικών στρατηγικών, ιδιαίτερα κατά την ανάπτυξη ευφών συστημάτων μεταφορών που βασίζονται στην τηλεπικοινωνία, στην ανταλλαγή δεδομένων και στον αυτοματισμό σε πραγματικό χρόνο.

Εν ολίγοις, τα πλαίσια πολιτικής πρέπει να υπερβαίνουν την επέκταση των υποδομών. Πρέπει να διευκολύνουν την καινοτομία, να διασφαλίζουν την κοινωνική δικαιοσύνη και να προωθούν την περιβαλλοντική ευθύνη. Η ενσωμάτωση μοντέλων συλλογικών μεταφορών σε αυτά τα πλαίσια σηματοδοτεί μια προοδευτική στροφή προς ένα πιο περιεκτικό, προσαρμόσιμο και βιώσιμο μέλλον αστικής κινητικότητας (Bontorin et al., 2024; Schmidt et al., 2019).

Μία από τις πιο σημαντικές τρέχουσες εξελίξεις στην πολιτική είναι το Νέο Πλαίσιο Αστικής Κινητικότητας της ΕΕ (European Commission, 2021), το οποίο σκιαγραφεί τη στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για να καταστήσει τις αστικές μεταφορές πιο έξυπνες, πιο πράσινες και χωρίς αποκλεισμούς. Το πλαίσιο δίνει μεγάλη έμφαση στον εκσυγχρονισμό των συστημάτων δημόσιων μεταφορών ως τη ραχοκοκαλιά της βιώσιμης κινητικότητας. Ειδικότερα:

- Επέκταση των στόλων δημόσιων μεταφορών μηδενικών εκπομπών, με χρηματοδοτική στήριξη για ηλεκτρικά και υδρογονοκίνητα λεωφορεία.
- Βελτίωση της πολυτροπικής ενοποίησης με ψηφιακή έκδοση εισιτηρίων και κοινή χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- Προτεραιότητα στις δημόσιες συγκοινωνίες στον αστικό σχεδιασμό, συμπεριλαμβανομένης της ανακατανομής του οδικού χώρου σε λεωφορεία και τραμ.
- Ενίσχυση του ρόλου των δημόσιων μεταφορών στην κοινωνική συμπερίληψη, διασφαλίζοντας οικονομικά προσιτές και προσβάσιμες μεταφορές για όλους τους χρήστες.

Το πλαίσιο ενθαρρύνει τις πόλεις να αναπτύξουν Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (SUMPs) που αντικατοπτρίζουν αυτές τις προτεραιότητες και να υιοθετήσουν συντονισμένη δράση στους τομείς των μεταφορών, του περιβάλλοντος και των ψηφιακών τομέων. Οι υπηρεσίες συλλογικών μεταφορών —ειδικά εκείνες που προσφέρουν ευέλικτες επιλογές που ανταποκρίνονται στη ζήτηση— αναγνωρίζονται ως ζωτικής σημασίας συμπληρώματα για τα παραδοσιακά δίκτυα σταθερής διαδρομής.

Με την ενσωμάτωση αυτών των αρχών στα εθνικά και τοπικά πλαίσια πολιτικής, οι πόλεις της ΕΕ αναμένεται να δημιουργήσουν πιο ανθεκτικά, δίκαια και κλιματικά ουδέτερα συστήματα κινητικότητας που θα εξυπηρετούν αποτελεσματικά το κοινό τόσο στις καθημερινές μετακινήσεις όσο και σε περιόδους κρίσης.



Εικόνα 2: Από τον παραδοσιακό συγκοινωνιακό σχεδιασμό στη βιώσιμη αστική κινητικότητα Πηγή:

<https://gr.boell.org/el/2022/12/15/shedia-biosimis-astikis-kinitikotitas-mia-eyropaiki-protoboylia-enishysis-tis-biosimis>

Όπως απεικονίζεται στην εικόνα 2, η αντιμετώπιση των προκλήσεων της αστικής κινητικότητας απαιτεί μετάβαση από τον σχεδιασμό που εστιάζει στα οχήματα σε πιο ανθρωποκεντρικές και διατομεακές προσεγγίσεις.

Κεφάλαιο 3^ο: Αναδυόμενες λύσεις κινητικότητας και συλλογικές μεταφορές

3.1 Ορισμός συλλογικών μεταφορών

Οι συλλογικές μεταφορές (Collective transport), αν και συχνά χρησιμοποιούνται εναλλακτικά με τις δημόσιες συγκοινωνίες, είναι μια ευρύτερη και πιο ευέλικτη έννοια που περιλαμβάνει μια σειρά κοινών λύσεων κινητικότητας πέρα από τις παραδοσιακές υπηρεσίες σταθερής διαδρομής και σταθερού προγράμματος. Αναφέρεται σε συστήματα μεταφοράς σχεδιασμένα για κοινή χρήση από πολλούς επιβάτες, τα οποία μπορεί να ακολουθούν ή να μην ακολουθούν προκαθορισμένες διαδρομές ή χρονοδιαγράμματα και συχνά λειτουργούν μέσω ψηφιακών πλατφορμών, logistics βάσει δεδομένων και συντονισμού σε πραγματικό χρόνο (Kadem et al., 2024; Sharma et al., 2023).

Σε αντίθεση με τις συμβατικές δημόσιες συγκοινωνίες - όπως λεωφορεία, μετρό και τραμ που συνήθως χρηματοδοτούνται από το κράτος και λειτουργούν σε σταθερές γραμμές - οι συλλογικές συγκοινωνίες ενσωματώνουν δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς, συχνά συνδυάζοντας χαρακτηριστικά ιδιωτικής ευκολίας και δημόσιας προσβασιμότητας. Παραδείγματα περιλαμβάνουν το ride-pooling, τη συγκοινωνία που ανταποκρίνεται στη ζήτηση (DRT), τη μικροκινητικότητα, τα κοινόχρηστα ταξί, ακόμη και ορισμένα ευέλικτα δίκτυα λεωφορείων. Αυτά τα μοντέλα στοχεύουν να προσφέρουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στις ανάγκες των χρηστών, καλύτερη κάλυψη περιοχών χαμηλής πυκνότητας και βελτιωμένη άνεση ταξιδιού (Porru et al., 2020; Bontorin et al., 2024).

Βασικό χαρακτηριστικό των συλλογικών μεταφορών είναι η λειτουργία τους με γνώμονα την τεχνολογία. Βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ψηφιακές πλατφόρμες για να ανταποκρίνεται η προσφορά στη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο, να δρομολογεί δυναμικά οχήματα και να διαχειρίζεται ναύλους και κρατήσεις. Εργαλεία όπως οι εφαρμογές smartphone, η παρακολούθηση GPS και οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης διαδρομής επιτρέπουν στις υπηρεσίες να ανταποκρίνονται στις προτιμήσεις των χρηστών, ενώ μειώνουν τις λειτουργικές ανεπάρκειες (Alahi et al., 2014; Pacheco Paneque et al., 2021). Αυτή η τεχνολογική ραχοκοκαλιά διακρίνει τις συλλογικές μεταφορές από τα παλαιά συστήματα δημόσιων μεταφορών που είναι λιγότερο ευέλικτα και συχνά πιο αργά στην προσαρμογή.

Ο ορισμός των συλλογικών μεταφορών διαμορφώνεται επίσης από τον σκοπό και τον κοινωνικό τους ρόλο. Προσπαθεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ της ατομικής χρήσης αυτοκινήτου και της μαζικής μεταφοράς, προσφέροντας μια μέση λύση όσον αφορά το κόστος, την ευκολία και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτό είναι ιδιαίτερα πολύτιμο σε αστικές περιοχές όπου τα παραδοσιακά δίκτυα δεν φτάνουν ή σε προαστιακές και περιαστικές ζώνες όπου η χαμηλότερη πληθυσμιακή πυκνότητα καθιστά τις συμβατικές δημόσιες συγκοινωνίες οικονομικά ανέφικτες (Ortúzar, 2019, Porru et al., 2020). Μπορεί να αυξήσει την ισότητα στην κινητικότητα παρέχοντας πρόσβαση στα μέσα μεταφοράς για ομάδες που συχνά δεν εξυπηρετούνται, όπως οι ηλικιωμένοι, τα άτομα με αναπηρίες ή οι κοινότητες χαμηλού εισοδήματος. Οι ευέλικτες και χωρίς αποκλεισμούς υπηρεσίες μπορούν να μειώσουν τον χωρικό διαχωρισμό και να προωθήσουν τη συμμετοχή στην οικονομική και κοινωνική ζωή (Flügel et al., 2019; Scarinci et al., 2017). Ως εκ τούτου, οι συλλογικές μεταφορές μπορούν να θεωρηθούν όχι μόνο ως λύση κινητικότητας αλλά και ως κοινωνική παρέμβαση που υποστηρίζει τη δημόσια ευημερία.

Από άποψη πολιτικής, οι συλλογικές μεταφορές συμβάλλουν στην πολυτροπική ολοκλήρωση και υποστηρίζουν τα πλαίσια Mobility-as-a-Service (MaaS). Οι πλατφόρμες MaaS συγκεντρώνουν διάφορες υπηρεσίες μεταφοράς —δημόσιες, ιδιωτικές και κοινές— σε ενοποιημένες προσφορές που επιτρέπουν στους χρήστες να προγραμματίζουν, να κάνουν κράτηση και να πληρώνουν για τις μετακινήσεις τους, μέσω μιας ενιαίας διεπαφής. Οι συλλογικές υπηρεσίες μεταφορών, ειδικά οι επιλογές που ανταποκρίνονται στη ζήτηση και οι ευέλικτες διαδρομές, είναι αναπόσπαστο στοιχείο για να λειτουργήσει το MaaS, καθώς συμπληρώνουν τα κενά υπηρεσιών που αφήνουν οι άκαμπτοι τρόποι μεταφοράς (Modak et al., 2019; Robenek et al., 2018).

Σε επιχειρησιακούς όρους, οι συλλογικές μεταφορές ποικίλλουν ως προς το μέγεθος, τη λογική προγραμματισμού και τον τύπο του οχήματος. Η Microtransit, για παράδειγμα, χρησιμοποιεί συνήθως μικρού έως μεσαίου μεγέθους φορτηγά ή μικρά λεωφορεία που λειτουργούν κατά μήκος ευέλικτων διαδρομών, προσαρμόζοντας με βάση τη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι υπηρεσίες διατηρούν συχνά ημι-σταθερές στάσεις ή δυναμικά σημεία παραλαβής ανάλογα με την τοποθεσία του χρήστη και τους χρονικούς περιορισμούς. Η εφαρμογή αλγορίθμων και μοντέλων προσομοίωσης που βασίζονται σε τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει στη βελτιστοποίηση αυτών των λειτουργιών για απόδοση καυσίμου, εξισορρόπηση φορτίου και μείωση του χρόνου ταξιδιού (Binder et al., 2017; Bierlaire, 2015).

Μελέτες δείχνουν ότι τα συλλογικά συστήματα μεταφορών μπορούν να μειώσουν σημαντικά τα διανυόμενα οχήματα-χιλιόμετρα, τις εκπομπές και τη συνολική αστική συμφόρηση όταν ενσωματωθούν κατάλληλα στο ευρύτερο δίκτυο μεταφορών (Moret et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020). Αυτό τα καθιστά ελκυστικές εναλλακτικές σε ατζέντες πολιτικής που επικεντρώνονται στη βιωσιμότητα. Επιπλέον, με την αντικατάσταση των ταξιδιών με ιδιωτικά αυτοκίνητα υψηλής πλήρωσης, οι συλλογικές μεταφορές συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου ατυχήματος και στην ενίσχυση της οδικής ασφάλειας, μια ανησυχία που τονίζεται σε μελέτες αντίληψης κινδύνου από τους Flügel et al. (2019).

Η εφαρμογή των συλλογικών μεταφορών εξακολουθεί να εξελίσσεται και εξαρτάται από περιφερειακά, οικονομικά και θεσμικά πλαίσια. Για παράδειγμα, ενώ οι υπηρεσίες κοινής χρήσης οχημάτων μπορεί να είναι πιο βιώσιμες σε αστικές περιοχές υψηλής πυκνότητας, οι υπηρεσίες κοινοτικών λεωφορείων - συνήθως μικρής κλίμακας, τοπικά οργανωμένες επιλογές μεταφοράς που συχνά λειτουργούν από δήμους ή εθελοντικές ομάδες - μπορούν να είναι πιο αποτελεσματικές σε μικρότερες πόλεις ή αγροτικές περιοχές με χαμηλότερη ζήτηση και περιορισμένη πρόσβαση σε συμβατικές δημόσιες συγκοινωνίες. Η ευελιξία του μοντέλου είναι ταυτόχρονα πλεονέκτημα και πρόκληση: απαιτεί υποστηρικτικούς κανονισμούς, διατροφικό συντονισμό και επενδύσεις υποδομής για να αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητές του (Allen et al., 2019a; Scarinci et al., 2017).

Είναι σημαντικό ότι η βιβλιογραφία αναγνωρίζει ότι η αντίληψη και η αφοσίωση των χρηστών είναι βασικές για την επιτυχία των συλλογικών μεταφορών. Η ικανοποίηση συνδέεται συχνά με την ανταπόκριση, την άνεση, την αντιληπτή ασφάλεια και την ευκολία πρόσβασης, τα οποία πρέπει να αντιμετωπίζονται προσεκτικά κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία των υπηρεσιών (Allen et al., 2019b; Allen et al., 2020). Οι τεχνολογίες που προσφέρουν παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, ψηφιακές κρατήσεις και πληρωμές χωρίς μετρητά βελτιώνουν την εμπειρία των χρηστών και χτίζουν εμπιστοσύνη σε αυτές τις αναδυόμενες λειτουργίες (Schmidt et al., 2019).

Συμπερασματικά, οι συλλογικές μεταφορές είναι μια υβριδική και εξελισσόμενη έννοια που συγχωνεύει τα επιχειρησιακά πλεονεκτήματα των δημόσιων μεταφορών με την ευελιξία και τον εστιασμένο στον χρήστη χαρακτήρα των ιδιωτικών υπηρεσιών κινητικότητας. Αποτελεί βασικό συστατικό των στρατηγικών αστικών μεταφορών με προσανατολισμό στο μέλλον, προσφέροντας

λύσεις για συνδεσιμότητα, βιωσιμότητα και ισότητα όταν εφαρμόζεται υπό υποστηρικτικές πολιτικές και τεχνολογικές συνθήκες.

Κατηγορία	Τύπος Υπηρεσίας	Περιγραφή	Παραδείγματα
Παραδοσιακές Δημόσιες Συγκοινωνίες	Συστήματα λεωφορείων και μετρό σταθερής διαδρομής	Λειτουργούν βάσει προγραμματισμένων δρομολογίων και προκαθορισμένων διαδρομών.	Αστικά λεωφορεία, μετρό, τραμ, προαστιακοί
Μεταφορές Ανταποκρινόμενες στη Ζήτηση (DRT)	Ευέλικτη δρομολόγηση βάσει ζήτησης σε πραγματικό χρόνο	Οι διαδρομές και τα δρομολόγια προσαρμόζονται στις ανάγκες των χρηστών εντός καθορισμένων ζωνών εξυπηρέτησης.	Μικρά λεωφορεία κατόπιν αιτήματος, paratransit
Υπηρεσίες Κοινής Κινητικότητας	Συγκοινωνία με κοινή χρήση οχημάτων	Οι επιβάτες μοιράζονται οχήματα με άλλους που ταξιδεύουν προς παρόμοιο προορισμό.	Uber Pool, BlaBlaCar, Lyft Shared
Μικροκινητικότητα	Τεχνολογικά υποστηριζόμενα μίνι λεωφορεία ή βαν	Μικρότερα οχήματα που λειτουργούν με ημι- ευέλικτες διαδρομές, συνήθως μέσω εφαρμογών.	ViaVan, Chariot (πilotικά έργα), τοπικές πρωτοβουλίες
Κινητικότητα ως Υπηρεσία (MaaS)	Ολοκληρωμένες ψηφιακές πλατφόρμες κινητικότητας	Συνδυάζουν πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς σε μία εφαρμογή για κράτηση και πληρωμή.	Whim (Φινλανδία), Jelbi (Βερολίνο), Moovit
Ποδηλασία και Μικροκινητικότητα	Κοινόχρηστα ποδήλατα και ηλεκτρικά πατίνια	Συνήθως βασίζονται σε σταθμούς ή λειτουργούν ελεύθερα στην πόλη. Συχνά ενσωματώνονται σε MaaS.	Lime, Voi, δημοτικά προγράμματα κοινόχρηστων ποδηλάτων

Εγκαταστάσεις Park & Ride	Συνδυασμός στάθμευσης και μετακίνησης με δημόσια μέσα	Δίνεται η δυνατότητα στους οδηγούς να σταθμεύουν και να συνεχίζουν με μέσα μαζικής μεταφοράς.	Κόμβοι στάθμευσης σε προάστια με σύνδεση με μετρό/λεωφορείο
Κοινοτικές ή Αγροτικές Μεταφορές	Τοπικές ή μη κερδοσκοπικές συλλογικές υπηρεσίες	Εξυπηρετούν περιοχές χαμηλής ζήτησης ή αραιοκατοικημένες κοινότητες.	Δημοτικά λεωφορεία, υπηρεσίες εθελοντών

Πίνακας 2 Βασικά συστήματα και υπηρεσίες που περιλαμβάνουν τις μαζικές μεταφορές (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

3.2 Διαμοιρασμένη κινητικότητα και μεταφορά κατ' απαίτηση

Η διαμοιρασμένη κινητικότητα και οι μεταφορές κατ' απαίτηση αναδιαμορφώνουν τις αστικές μεταφορές προσφέροντας ευέλικτες, με επίκεντρο τον χρήστη εναλλακτικές λύσεις στα παραδοσιακά μέσα μεταφοράς. Και οι δύο προσεγγίσεις αποτελούν κεντρικά στοιχεία των συλλογικών συστημάτων μεταφορών, παρέχοντας οικονομικά αποδοτικές, περιβαλλοντικά βιώσιμες και βασισμένες στην τεχνολογία λύσεις για την κάλυψη της αυξανόμενης πολυπλοκότητας των αναγκών αστικού ταξιδιού (Kadem et al., 2024; Sharma et al., 2023). Αυτά τα μοντέλα δίνουν έμφαση στην από κοινού χρήση οχημάτων, στη βελτιστοποιημένη δρομολόγηση και στην προσαρμογή υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας σημαντικά την προσβασιμότητα και την προσαρμοστικότητα των δικτύων αστικής κινητικότητας.

Η διαμοιρασμένη κινητικότητα αναφέρεται γενικά σε υπηρεσίες όπου τα μέσα μεταφοράς - αυτοκίνητα, ποδήλατα, σκούτερ ή φορτηγά - χρησιμοποιούνται από πολλούς χρήστες, είτε ταυτόχρονα είτε διαδοχικά. Αυτό περιλαμβάνει την κοινή χρήση αυτοκινήτου, την κοινή χρήση ποδηλάτων, την κοινή χρήση σκούτερ που συλλογικά στοχεύουν στη μείωση της ιδιοκτησίας ιδιωτικών οχημάτων, στη μείωση των εκπομπών και στη βελτιστοποίηση της χρήσης του δρόμου (Ortúzar, 2019; Gutiérrez et al., 2020).

Η μεταφορά κατ' απαίτηση, αντίθετα, βασίζεται στη δυναμική εξυπηρέτηση, επιτρέποντας στους χρήστες να ζητούν μετακινήσεις που οργανώνονται και εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο, με

βάση την πραγματική ζήτηση και όχι προκαθορισμένα δρομολόγια ή στάσεις (Porru et al., 2020· Bontorin et al., 2024).

Κεντρικό στοιχείο για την επιτυχία αυτών των συστημάτων είναι η τεχνολογική υποδομή που επιτρέπει τον συντονισμό σε πραγματικό χρόνο. Οι εφαρμογές για κινητά, τα δεδομένα GPS και οι αλγόριθμοι που τροφοδοτούνται με ΑΙ διευκολύνουν τη δυναμική αντιστοίχιση διαδρομής, τον προγραμματισμό ταξιδιού και τις στρατηγικές τιμολόγησης (Alahi et al., 2014; Pacheco Paneque et al., 2021). Για παράδειγμα, οι υπηρεσίες ride-pooling χρησιμοποιούν προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία για να συνδυάσουν επιβάτες με παρόμοια προέλευση και προορισμούς, μειώνοντας τα συνολικά διανυόμενα χιλιόμετρα οχημάτων και βελτιώνοντας την απόδοση του στόλου. Αυτά τα συστήματα συχνά ενσωματώνουν τα σχόλια των χρηστών για να προσαρμόσουν την ποιότητα των υπηρεσιών και να προσαρμόσουν τις προσφορές ταξιδιού - κάτι που οι συμβατικές δημόσιες συγκοινωνίες δυσκολεύονται να επιτύχουν (Allen et al., 2019a; Allen et al., 2019b).

Ένα βασικό πλεονέκτημα της κοινής μεταφοράς και της κατ' απαίτηση μεταφοράς είναι η επέκταση της χωρικής κάλυψης. Σε πολλές αστικές περιοχές και γειτονίες χαμηλής πυκνότητας όπου τα συμβατικά λεωφορεία ή οι γραμμές του μετρό δεν είναι οικονομικά εφικτά, τα λεωφορεία κατά παραγγελία ή τα κοινόχρηστα οχήματα προσφέρουν μια πρακτική εναλλακτική λύση (Modak et al., 2019). Αυτές οι υπηρεσίες γεφυρώνουν το χάσμα «πρώτου μιλίου/τελευταίου μιλίου», συνδέοντας τους χρήστες με κύριους κόμβους διέλευσης και ενισχύοντας τη συνολική λειτουργικότητα των πολυτροπικών δικτύων (Robenek et al., 2018). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους ευάλωτους πληθυσμούς που διαφορετικά μπορεί να αποκλειστούν από τα συστήματα αστικών μεταφορών λόγω απόστασης, φυσικών περιορισμών ή οικονομικής προσιτότητας (Flügel et al., 2019).

Επιπλέον, η διαμοιρασμένη κινητικότητα συμβάλλει σημαντικά σε περιβαλλοντικούς στόχους και στόχους που σχετίζονται με την κυκλοφορία. Μειώνοντας τον αριθμό των οχημάτων στο δρόμο και ενθαρρύνοντας μεγαλύτερη πληρότητα ανά μετακίνηση, αυτές οι υπηρεσίες συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών και στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης (Moret et al., 2020). Μελέτες έχουν δείξει ότι τα μοντέλα κοινής μεταφοράς μπορούν να επιτύχουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα, ειδικά όταν συνδυάζονται με στόλους ηλεκτρικών ή υβριδικών οχημάτων (Binder et al., 2017; Bierlaire, 2015).

Η λειτουργική ευελιξία είναι ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των μοντέλων. Ενώ η συγκοινωνία σταθερής διαδρομής λειτουργεί σε άκαμπτα δρομολόγια ανεξάρτητα από την πραγματική ζήτηση, οι υπηρεσίες μεταφοράς κατ' απαίτηση μπορούν να κλιμακωθούν δυναμικά ανάλογα με την ώρα της ημέρας, τις αιχμές ζήτησης για συγκεκριμένα γεγονότα ή τις προσωρινές διακοπές. Αυτή η προσαρμοστικότητα ενισχύει την ανθεκτικότητα του συστήματος και μπορεί να χρησιμεύσει ως μηχανισμός ταχείας ανάπτυξης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή κατά τη διάρκεια βλαβών δικτύου (Scarinci et al., 2017; Allen et al., 2020).

Ωστόσο, τα κοινόχρηστα μοντέλα και τα μοντέλα κατ' απαίτηση αντιμετωπίζουν επίσης προκλήσεις. Τα ρυθμιστικά πλαίσια σε πολλές πόλεις δεν συμβαδίζουν με τον ταχύ ρυθμό της καινοτομίας, με αποτέλεσμα οι πολιτικές και οι κανονισμοί να καθυστερούν σε σχέση με την τεχνολογική πρόοδο και τις αναδυόμενες μορφές κινητικότητας. Ζητήματα όπως η αδειοδότηση των υπηρεσιών, η ασφάλιση των επιβατών και των οχημάτων, η νομική κατάσταση των οδηγών (π.χ. αν θεωρούνται υπάλληλοι ή ανεξάρτητοι συνεργάτες), καθώς και η ένταξη αυτών των νέων λύσεων στα υπάρχοντα δίκτυα δημόσιων συγκοινωνιών, συχνά προκαλούν νομική και κανονιστική αβεβαιότητα (Porru et al., 2020; Schmidt et al., 2019). Επιπλέον, χωρίς κατάλληλη επίβλεψη και διαχείριση, ο πολλαπλασιασμός των υπηρεσιών μεταφοράς ή μικροκινητικότητας μπορεί να οδηγήσει σε υπερπροσφορά, αυξημένη συμφόρηση και ανταγωνισμό με τη δημόσια συγκοινωνία - μειώνοντας τα οφέλη αειφορίας (Ortúzar, 2019).

Η κοινωνική αποδοχή και η συμπεριφορά παίζουν επίσης κρίσιμους ρόλους. Παρά την ευκολία, ορισμένοι χρήστες εξακολουθούν να διστάζουν να υιοθετήσουν κοινές λειτουργίες λόγω ανησυχιών σχετικά με το απόρρητο, την ασφάλεια ή την αξιοπιστία. Οι Flötteröd et al. (2011) και Flügel et al. (2019) τονίζουν ότι οι αντιλήψεις για τον κίνδυνο επηρεάζουν την επιλογή, ειδικά μεταξύ των γυναικών, των ηλικιωμένων και των περιθωριοποιημένων κοινωνικών ομάδων. Η ενίσχυση της εμπιστοσύνης μέσω διαφανών πολιτικών, εκπαίδευσης των χρηστών και βελτιωμένων προτύπων ασφάλειας είναι απαραίτητη για την ευρεία υιοθέτηση.

Από την άποψη του σχεδιασμού, τα κοινά συστήματα και τα συστήματα κατ' απαίτηση πρέπει να ενσωματώνονται στρατηγικά στα οικοσυστήματα των αστικών μεταφορών αντί να λειτουργούν σε «σιλό». Οι πόλεις που έχουν υιοθετήσει αυτήν την ενοποίηση, υποστηριζόμενες από εργαλεία παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ παρόχων και δημόσιων φορέων, έχουν επιτύχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ικανοποίηση των

χρηστών (Robenek et al., 2018; Kadem et al., 2024). Η περίπτωση των πλατφορμών Mobility-as-a-Service (MaaS) δείχνει πώς μπορεί να επιτευχθεί απρόσκοπτη ενοποίηση - επιτρέποντας στους χρήστες να προγραμματίζουν και να πληρώνουν για μετακινήσεις πολλαπλών μέσων μέσω μιας ενιαίας ψηφιακής διεπαφής (Allen et al., 2020).

Συμπερασματικά, η διαμοιρασμένη κινητικότητα και οι μεταφορές κατ' απαίτηση είναι μετασχηματιστικοί παράγοντες της συλλογικής μεταφοράς, προσφέροντας ευέλικτες, αποτελεσματικές και χωρίς αποκλεισμούς επιλογές κινητικότητας. Η συνεχιζόμενη ανάπτυξή τους εξαρτάται όχι μόνο από την τεχνολογική καινοτομία αλλά και από υποστηρικτικές πολιτικές, στοχαστικό πολεοδομικό σχεδιασμό και προληπτική συμμετοχή των ενδιαφερομένων. Όταν ενσωματωθούν αποτελεσματικά σε συστήματα δημόσιων μεταφορών, αυτά τα μοντέλα μπορούν να προσφέρουν ένα ανθεκτικό, χαμηλών εκπομπών άνθρακα και εστιασμένο στον χρήστη μέλλον αστικής κινητικότητας (Sharma et al., 2023; Bontorin et al., 2024).

3.3 Ενοποίηση των μέσων μαζικής μεταφοράς με την κινητικότητα ως υπηρεσία (MaaS)

Η ενσωμάτωση των δημόσιων μεταφορών με το Mobility-as-a-Service (MaaS) σηματοδοτεί μια αλλαγή παραδείγματος στον σχεδιασμό της αστικής κινητικότητας, τοποθετώντας τον χρήστη στο κέντρο ενός οικοσυστήματος που ενοποιεί πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς —δημόσιους, ιδιωτικούς, κοινόχρηστους και κατ' απαίτηση— σε μια απρόσκοπτη, προσβάσιμη και εξατομικευμένη υπηρεσία (Kadem et al., 2024; Sharma et al., 2023). Οι πλατφόρμες MaaS στοχεύουν να προσφέρουν λύσεις μετακίνησης από άκρο σε άκρο μέσω μιας ενιαίας ψηφιακής διεπαφής, επιτρέποντας στους χρήστες να προγραμματίζουν, να κάνουν κράτηση και να πληρώνουν πολυτροπικές μετακινήσεις σε πραγματικό χρόνο. Όταν οι δημόσιες συγκοινωνίες είναι πλήρως ενσωματωμένες στο MaaS, οι πόλεις μπορούν να πλησιάσουν πιο κοντά στην υλοποίηση αποτελεσματικών, βιώσιμων και δίκαιων συστημάτων αστικής κινητικότητας.

Στον πυρήνα του MaaS είναι η ενοποίηση υπηρεσιών και όχι υποδομών. Οι φορείς δημόσιων μεταφορών, οι ιδιωτικοί πάροχοι κινητικότητας, τα συστήματα πληρωμών και οι πλατφόρμες πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο συγκεντρώνονται σε ένα ενιαίο ψηφιακό πλαίσιο, με στόχο

την απλούστευση της δραστηριότητας μετακίνησης για τον χρήστη (Porru et al., 2020). Το αποτέλεσμα είναι μια λύση κινητικότητας που δεν είναι μόνο πολυτροπική αλλά και ανταποκρίνεται στη ζήτηση, επιτρέποντας δυναμικές προσαρμογές διαδρομής, ολοκληρωμένα συστήματα ναύλων και βελτιωμένο σχεδιασμό ταξιδιού (Bontorin et al., 2024; Allen et al., 2020).

Οι δημόσιες συγκοινωνίες, ως η ραχοκοκαλιά της αστικής κινητικότητας, διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο σε κάθε επιτυχημένο σύστημα MaaS. Η υποδομή υψηλής χωρητικότητας, η εκτεταμένη κάλυψη δικτύου και ο σχετικά χαμηλός περιβαλλοντικός αντίκτυπός τους παρέχουν μια σταθερή βάση πάνω στην οποία μπορούν να ενσωματωθούν πιο ευέλικτες υπηρεσίες -όπως η κοινή χρήση ποδηλάτων και η μικροκινητικότητα (Ortúzar, 2019). Το MaaS αξιοποιεί αυτή την προοπτική επιτρέποντας στους χρήστες να συνδυάζουν υπηρεσίες σταθερής διαδρομής με επιλογές κατ' απαίτηση για την αντιμετώπιση προκλήσεων συνδεσιμότητας πρώτου και τελευταίου μιλίου, βελτιώνοντας την προσβασιμότητα σε όλες τις αστικές περιοχές (Modak et al., 2019).

Ένας από τους βασικούς τεχνολογικούς παράγοντες του MaaS είναι η χρήση προηγμένων ψηφιακών πλατφορμών που συγκεντρώνουν υπηρεσίες κινητικότητας σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι πλατφόρμες βασίζονται σε ανάλυση μεγάλων δεδομένων, τεχνητή νοημοσύνη και βελτιστοποίηση βάσει αλγορίθμων για να παρέχουν στους χρήστες προσαρμοσμένες προτάσεις διαδρομής, εκτιμήσεις χρόνου ταξιδιού, συγκρίσεις κόστους και μετρήσεις αποτυπώματος άνθρακα (Pacheco Paneque et al., 2021; Alahi et al., 2014). Στο παρασκήνιο, τα μοντέλα πρόβλεψης αξιολογούν την ιστορική και την τρέχουσα ζήτηση για να διασφαλίσουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος, μειώνοντας τους χρόνους αναμονής και τη συμφόρηση, ενώ μεγιστοποιούν τα ποσοστά πληρότητας (Bierlaire, 2015, Binder et al., 2017).

Το MaaS όχι μόνο βελτιώνει την εμπειρία των χρηστών, αλλά επιτρέπει επίσης την εφαρμογή πολιτικής και τη διακυβέρνηση των μεταφορών. Διευκολύνοντας την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ μεταφορέων και αρχών της πόλης, οι πλατφόρμες MaaS εξουσιοδοτούν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να παρακολουθούν την απόδοση του συστήματος, να ρυθμίζουν τον ανταγωνισμό και να εφαρμόζουν δυναμικά προγράμματα τιμολόγησης ή κινήτρων για βιώσιμη συμπεριφορά (Scarinci et al., 2017; Schmidt et al., 2019). Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση ναύλων στους τρόπους μεταφοράς εντός του MaaS ενθαρρύνει την πολυτροπική μετακίνηση και μειώνει την τριβή που προκαλείται από ξεχωριστά εισιτήρια ή πλατφόρμες (Allen et al., 2019a).

Ωστόσο, η επιτυχής ενσωμάτωση των δημόσιων μεταφορών στα συστήματα MaaS συνοδεύεται επίσης από προκλήσεις. Ένα σημαντικό εμπόδιο είναι η έλλειψη τυποποιημένων πρωτοκόλλων δεδομένων και η διαλειτουργικότητα μεταξύ των παρόχων. Πολλοί δημόσιοι φορείς και ιδιωτικές εταιρείες λειτουργούν σε διαφορετικές ψηφιακές πλατφόρμες, δημιουργώντας «σιλό» που εμποδίζουν τον συντονισμό και την εναρμόνιση των υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο (Porru et al., 2020). Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος απαιτεί σαφή πλαίσια πολιτικής και δομές συνεργασίας διακυβέρνησης που ενθαρρύνουν τα πρότυπα ανοικτών δεδομένων και τον θεμιτό ανταγωνισμό (Robenek et al., 2018).

Μια άλλη πρόκληση σχετίζεται με τη δικαιοσύνη των χρηστών και την ψηφιακή ένταξη. Όπως οι Gutiérrez et al. (2020) και οι Flügel et al. (2019) τονίζουν, υπάρχει κίνδυνος οι πλατφόρμες MaaS να αποκλείουν άτομα που δεν διαθέτουν smartphone, ψηφιακή παιδεία ή πρόσβαση σε μεθόδους ηλεκτρονικής πληρωμής. Η διασφάλιση της προσβασιμότητας για όλους τους χρήστες —ιδιαίτερα τις ευάλωτες ομάδες— απαιτεί από τις πόλεις να αναπτύξουν επιλογές εκτός σύνδεσης, δημόσια εκπαιδευτικά προγράμματα και μηχανισμούς οικονομικής προσιτότητας.



Εικόνα 3: Διεπαφή εφαρμογής Mobility-as-a-Service (MaaS) Πηγή: <https://worldwidemobility.io/our-solutions/mobility-as-a-service>

Όπως απεικονίζεται στην εικόνα 3, οι MaaS εφαρμογές διευκολύνουν την απρόσκοπτη μετάβαση μεταξύ διαφορετικών τρόπων μεταφοράς μέσω ενιαίου ψηφιακού περιβάλλοντος.

Παρά αυτές τις προόδους, η επιτυχής ενσωμάτωση της τεχνολογίας απαιτεί ισχυρή υποδομή, πλαίσια διακυβέρνησης δεδομένων και ψηφιακή ενσωμάτωση. Συμπερασματικά, η τεχνολογία παίζει κεντρικό ρόλο στον εκσυγχρονισμό και τον μετασχηματισμό των αστικών δημόσιων

συγκοινωνιών. Επιτρέποντας ανταποκρινόμενες, αποτελεσματικές και εστιασμένες στον χρήστη υπηρεσίες, οι τεχνολογικές καινοτομίες υποστηρίζουν τη μετάβαση προς έξυπνα, βιώσιμα και χωρίς αποκλεισμούς συστήματα αστικής κινητικότητας (Bontorin et al., 2024; Modak et al., 2019). Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να εξελίσσονται, η ενσωμάτωση αυτών των εργαλείων σε μοντέλα συλλογικών μεταφορών θα είναι απαραίτητη για την ικανοποίηση των πολύπλοκων απαιτήσεων της μελλοντικής κινητικότητας.

Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση των δημόσιων μεταφορών στο MaaS είναι ένα μετασχηματιστικό βήμα προς την έξυπνη και χωρίς αποκλεισμούς αστική κινητικότητα. Όχι μόνο εκσυγχρονίζει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με τα συστήματα μεταφορών, αλλά προωθεί επίσης βιώσιμες πρακτικές, υποστηρίζει τη διακυβέρνηση σε πραγματικό χρόνο και ενισχύει την ανθεκτικότητα των υπηρεσιών. Η επιτυχία του MaaS εξαρτάται από την τεχνολογική ολοκλήρωση, τη συνεργασία των ενδιαφερομένων μερών και την ευθυγράμμιση των πολιτικών, τα οποία πρέπει να συνεργαστούν για να ξεκλειδώσουν πλήρως τις δυνατότητές του (Kadem et al., 2024; Bontorin et al., 2024).

3.4 Ο Ρόλος των Τεχνολογικών Καινοτομιών

Η τεχνολογική καινοτομία έχει γίνει μια από τις δυνάμεις με τη μεγαλύτερη επιρροή που διαμορφώνουν την εξέλιξη των αστικών δημόσιων μεταφορών. Από συστήματα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο έως προηγμένα εργαλεία μοντελοποίησης, οι νέες τεχνολογίες επαναπροσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, λειτουργούν και βιώνουν οι χρήστες οι υπηρεσίες μεταφορών. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός των συστημάτων κινητικότητας όχι μόνο βελτίωσε τη λειτουργική απόδοση, αλλά επέτρεψε επίσης την ενσωμάτωση συλλογικών και κοινών μοντέλων μεταφορών, συμβάλλοντας σε ένα πιο βιώσιμο και χρηστοκεντρικό τοπίο αστικής κινητικότητας (Kadem et al., 2024; Sharma et al., 2023).

Μία από τις πιο σημαντικές συνεισφορές της τεχνολογίας είναι η ανάπτυξη συστημάτων πληροφοριών επιβατών σε πραγματικό χρόνο, τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να παρακολουθούν τις τοποθεσίες των οχημάτων, να λαμβάνουν ενημερώσεις καθυστερήσεων και να σχεδιάζουν διαδρομές πιο αποτελεσματικά. Αυτά τα συστήματα υποστηρίζονται από

παρακολούθηση GPS, υπολογιστικό νέφος και ασύρματες επικοινωνίες, προσφέροντας βελτιωμένη διαφάνεια και προβλεψιμότητα. Έρευνα των Alahi, Bierlaire και Vanderghelynst (2014) σχετικά με την ανίχνευση πεζών σε πραγματικό χρόνο δείχνει πώς οι κάμερες χαμηλής ανάλυσης και οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να παρακολουθούν μοτίβα κινητικότητας και να βελτιστοποιούν τη ροή σε πυκνούς αστικούς χώρους.

Επιπλέον, τα εργαλεία προσομοίωσης και βελτιστοποίησης έχουν αναδειχθεί ως κρίσιμα στοιχεία στο σχεδιασμό των μεταφορών. Σύμφωνα με τον Bierlaire (2015), αυτά τα μοντέλα βοηθούν στον έλεγχο της απόδοσης του δικτύου υπό διάφορες συνθήκες, στην πρόβλεψη της ζήτησης και στον εντοπισμό σημείων συμφόρησης. Ομοίως, οι Paneque et al. (2021) κατέδειξε την ενσωμάτωση διακριτών μοντέλων επιλογής σε αλγόριθμους βελτιστοποίησης, βελτιώνοντας την ακρίβεια των αποφάσεων σχεδιασμού που βασίζονται σε ρεαλιστικές προτιμήσεις και συμπεριφορές των χρηστών.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις υποστηρίζουν επίσης τον δυναμικό προγραμματισμό και την ευέλικτη δρομολόγηση, τα οποία είναι απαραίτητα για την επιτυχία των κατ' απαίτηση υπηρεσιών και των υπηρεσιών μικροκινητικότητας. Οι Binder et al. (2017) ανέλυσαν τον επαναπρογραμματισμό χρονοδιαγράμματος πολλαπλών στόχων για να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε διακοπές παροχής υπηρεσιών, ενώ οι Robenek et al. (2018) ερεύνησαν την ελαστικότητα του χρονοδιαγράμματος κάτω από ποικίλες συνθήκες ζήτησης—και οι δύο κρίσιμες για την προσαρμογή των δημόσιων συγκοινωνιών στις ανάγκες των χρηστών σε πραγματικό χρόνο.

Στο πλαίσιο της ενέργειας και της βιωσιμότητας, τα ψηφιακά εργαλεία διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Οι Moret et al. (2020) παρουσίασαν ένα ισχυρό πλαίσιο βελτιστοποίησης για τον ενεργειακό σχεδιασμό που ενσωματώνει εκπομπές που σχετίζονται με τις μεταφορές, διευκολύνοντας την ανάπτυξη πιο πράσινης πολιτικής. Η στροφή προς τους ηλεκτρικούς και υβριδικούς στόλους, που παρέχεται από την παρακολούθηση της απόδοσης των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο, μειώνει επίσης το αποτύπωμα άνθρακα των συστημάτων αστικής κινητικότητας (Ortúzar, 2019).

Η τεχνητή νοημοσύνη και η προγνωστική ανάλυση ενισχύουν περαιτέρω την επιχειρησιακή ικανότητα. Αναλύοντας ιστορικά δεδομένα και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τα συστήματα μπορούν να προβλέψουν τη συμφόρηση, να προσαρμόσουν τις συχνότητες υπηρεσιών και να βελτιστοποιήσουν τις διαδρομές. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιβάλλοντα συλλογικών

μεταφορών, όπου η ευέλικτη ανάπτυξη οχημάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ακριβή πρόβλεψη της ζήτησης (Gutiérrez et al., 2020; Flötteröd et al., 2011).

Η τεχνολογία έχει επίσης κάνει βήματα προόδου στην ασφάλεια των επιβατών και στη διαχείριση συμβάντων. Οι Allen et al. (2019β) τόνισαν πώς η ικανοποίηση των χρηστών συνδέεται με την αντίληψη της ασφάλειας, η οποία μπορεί να βελτιωθεί μέσω τεχνολογιών επιτήρησης και συστημάτων απόκρισης συμβάντων. Επιπλέον, οι έξυπνες λύσεις έκδοσης εισιτηρίων, όπως οι πληρωμές μέσω κινητού τηλεφώνου και τα συστήματα ανεπαφικών ναύλων, έχουν εξορθολογίσει τη διαδικασία επιβίβασης, έχουν ελαχιστοποιήσει τους χρόνους συναλλαγής και έχουν μειώσει το ανθρώπινο λάθος (Allen et al., 2020).

Κεφάλαιο 4^ο: Διεθνής εμπειρία – Συλλογικές Μεταφορές σε Αστικές Περιοχές

4.1 Επισκόπηση των Υφιστάμενων Μοντέλων Εφαρμογής Συλλογικών Μεταφορών

Τα μοντέλα εφαρμογής συλλογικών μεταφορών αντιπροσωπεύουν μια δυναμική εξέλιξη της αστικής κινητικότητας, σχεδιασμένη να γεφυρώσει τα κενά μεταξύ των παραδοσιακών υπηρεσιών δημόσιων συγκοινωνιών και των αναδυόμενων αναγκών για ευέλικτες και επικεντρωμένες στον χρήστη επιλογές μετακίνησης. Αυτά τα μοντέλα ενσωματώνουν τεχνολογικές καινοτομίες με νέες λειτουργικές στρατηγικές και έμφαση στην συμπερίληψη και τη βιωσιμότητα, αντανακλώντας μια αυξανόμενη στροφή προς ένα πιο προσαρμοστικό πλαίσιο αστικής κινητικότητας (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Για παράδειγμα, η μικροκινητικότητα γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ των παραδοσιακών υπηρεσιών λεωφορείων και της προσωπικής κινητικότητας, αναπτύσσοντας μικρά ή μεσαίου μεγέθους οχήματα σε ευέλικτες διαδρομές. Λειτουργώντας με πλατφόρμες κράτησης που βασίζονται σε εφαρμογές, συστήματα μικροκινητικότητας όπως το Chariot (ΗΠΑ) και το BRIDJ (Αυστραλία) παρέχουν μια ενδιάμεση λύση ιδιαίτερα πολύτιμη για προαστιακές και υποεξυπηρετούμενες περιοχές (Porru et al., 2020). Συχνά αναπτύσσονται ως λύσεις πρώτου ή τελευταίου μιλίου, συνδέοντας τους χρήστες με τους μεγάλους κόμβους δημόσιων συγκοινωνιών

και ενισχύοντας τη συνολική προσβασιμότητα των δικτύων αστικών μεταφορών (Allen et al., 2019a).

Ένας αναδυόμενος τομέας στις μαζικές μεταφορές περιλαμβάνει ολοκληρωμένα υβριδικά μοντέλα που συνδυάζουν προγραμματισμένες υπηρεσίες με ευέλικτες υπηρεσίες. Ορισμένα συστήματα λεωφορείων ενσωματώνουν πλέον ζώνες κατ' απαίτηση όπου τα λεωφορεία λειτουργούν σε σταθερές διαδρομές στον πυρήνα της πόλης, αλλά προσφέρουν ευέλικτη δρομολόγηση στην περιφέρεια. Αυτή η προσέγγιση βελτιστοποιεί τους πόρους και ανταποκρίνεται σε μεταβλητές πυκνότητες ζήτησης σε όλες τις αστικές περιοχές (Scarinci et al., 2017; Alahi et al., 2014).

Η εφαρμογή καινοτόμων μοντέλων μαζικών μεταφορών έχει επίσης ωθήσει την καινοτομία στα συστήματα πληρωμής εισιτηρίων και κομίστρων. Οι ολοκληρωμένες πλατφόρμες MaaS, για παράδειγμα, επιτρέπουν στους χρήστες να σχεδιάζουν, να κάνουν κρατήσεις και να πληρώνουν για πολυτροπικές μετακινήσεις σε μία μόνο εφαρμογή (Allen et al., 2019b; Allen et al., 2020).

Επιπροσθέτως, μια άλλη διάσταση που αξίζει να τονιστεί ως προς την εφαρμογή λύσεων συλλογικής μετακίνησης είναι η διάκριση μεταξύ εφαρμογών σε αστικά περιβάλλοντα και στην ύπαιθρο. Ενώ τα αστικά περιβάλλοντα συχνά επικεντρώνονται στον μετριασμό της συμφόρησης και στην πολυτροπική ενσωμάτωση, οι περιοχές της υπαίθρου αξιοποιούν τις συλλογικές μεταφορές για να αντιμετωπίσουν τα κενά στις υπηρεσίες και τις προκλήσεις προσβασιμότητας. Καινοτόμες προσεγγίσεις, όπως ο συνδυασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας και της μεταφοράς επιβατών ή η αξιοποίηση αυτόνομων λεωφορείων, διερευνώνται για την ενίσχυση της συνδεσιμότητας στην ύπαιθρο (Porru et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020).

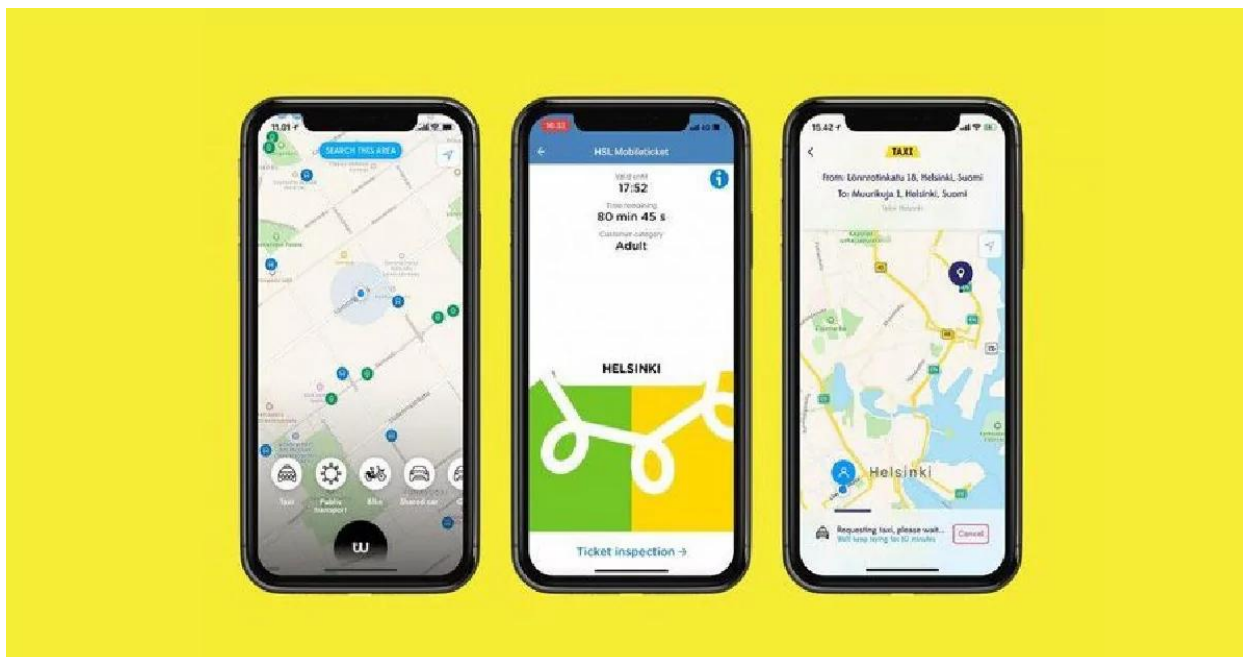
Συμπερασματικά, το τοπίο των μοντέλων εφαρμογής συλλογικών μεταφορών είναι τόσο ποικιλόμορφο όσο και ταχέως εξελισσόμενο. Αξιοποιώντας την τεχνολογία, τα δεδομένα και τα ευέλικτα λειτουργικά παραδείγματα, αυτά τα συστήματα υπόσχονται να καλύψουν κρίσιμα κενά που αφήνουν οι παραδοσιακές μαζικές συγκοινωνίες, ενώ παράλληλα ευθυγραμμίζονται με τους στόχους βιωσιμότητας. Καθώς οι πόλεις στοχεύουν ολοένα και περισσότερο σε συστήματα μεταφορών χαμηλών εκπομπών, ανθεκτικά και χωρίς αποκλεισμούς, οι συλλογικές μεταφορές αναδεικνύονται ως θεμελιώδης πυλώνας της μετάβασης στην αστική κινητικότητα (Bontorin et al., 2024; Sharma et al., 2023).

4.2 Καλές Πρακτικές και Διδάγματα από τη Διεθνή Εμπειρία

Η εφαρμογή μοντέλων συλλογικών μεταφορών σε όλο τον κόσμο αποκαλύπτει μια πληθώρα καλών πρακτικών που μπορούν να υιοθετήσουν οι πόλεις για να μεταμορφώσουν τα οικοσυστήματα κινητικότητας. Οι κορυφαίες πόλεις έχουν δείξει πώς η τεχνολογική ολοκλήρωση, ο σχεδιασμός με επίκεντρο τον χρήστη και η στρατηγική διακυβέρνηση μπορούν να προωθήσουν τη βιώσιμη, αποτελεσματική και χωρίς αποκλεισμούς αστική κινητικότητα (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

4.2.1 Ευρώπη: Καλές πρακτικές στην ολοκλήρωση των συλλογικών μεταφορών

Στο ευρωπαϊκό πλαίσιο, αρκετές καινοτόμες λύσεις συλλογικών μεταφορών έχουν αναδειχθεί ως βέλτιστες πρακτικές λόγω της επεκτασιμότητας, της βιωσιμότητας και των προσεγγίσεων που επικεντρώνονται στον χρήστη. Ένα από τα πιο συχνά αναφερόμενα παραδείγματα είναι η περίπτωση του **Ελσίνκι** της Φινλανδίας, όπου το μοντέλο Mobility-as-a-Service (MaaS) εφαρμόστηκε μέσω της εφαρμογής Whim. Αυτή η υπηρεσία ενσωματώνει τις δημόσιες συγκοινωνίες, τα ταξί, την κοινή χρήση αυτοκινήτων και την κοινή χρήση ποδηλάτων σε μια ενιαία πλατφόρμα συνδρομής, επιτρέποντας απρόσκοπτες πολυτροπικές μετακινήσεις. Σύμφωνα με τους Allen, Muñoz και de Dios Ortúzar (2019b), η εν λόγω ενσωμάτωση βελτιώνει την ικανοποίηση των χρηστών αντιμετωπίζοντας πολλαπλά επίπεδα αναγκών μεταφοράς και προσφέροντας μια ευέλικτη εναλλακτική λύση στην ιδιοκτησία αυτοκινήτου. Η επιτυχία του συστήματος υποστηρίζεται περαιτέρω από τη δέσμευση της πόλης για ανοιχτά δεδομένα και κανονιστικά πλαίσια που διασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα των τρόπων μεταφοράς (Allen et al., 2019a).



Εικόνα 4: Διεπαφή εφαρμογής Whim στο Ελσίνκι – ένα παράδειγμα ολοκληρωμένης πλατφόρμας MaaS. Πηγή: <https://m2050.media/en/whim-user-experience-application-maas-ux-design/>

Ομοίως, η περίπτωση της **Βιέννης** (Αυστρία) καταδεικνύει πώς οι στρατηγικές τιμολόγησης μπορούν να οδηγήσουν σε στροφή προς τα μέσα μεταφοράς. Η εισαγωγή του ετήσιου πάσο μεταφοράς αξίας 365 ευρώ - περίπου 1 ευρώ την ημέρα - έχει αυξήσει σημαντικά την επιβατική κίνηση στις δημόσιες συγκοινωνίες και έχει μειώσει την εξάρτηση από το αυτοκίνητο. Όπως σημειώνουν οι Modak et al. (2019), η προσιτή τιμή παίζει βασικό ρόλο στην ικανοποίηση και την αφοσίωση στις μεταφορές, ειδικά όταν συνδυάζεται με αξιόπιστη και εκτεταμένη κάλυψη υπηρεσιών. Το μοντέλο της Βιέννης συμβάλλει επίσης στην κοινωνική ισότητα διασφαλίζοντας ότι οι χρήστες χαμηλού εισοδήματος έχουν συνεπή πρόσβαση σε ποιοτικές επιλογές μεταφοράς.

Η πρωτοβουλία «superblocks» (superilles) της **Βαρκελώνης** (Ισπανία) αντιπροσωπεύει μια χωρική αναδιαμόρφωση της αστικής κινητικότητας. Περιορίζοντας την κυκλοφορία των οχημάτων εντός συγκεκριμένων δικτύων και δίνοντας προτεραιότητα στην κίνηση πεζών και ποδηλάτων, η πόλη όχι μόνο έχει βελτιώσει την ποιότητα του περιβάλλοντος, αλλά και έχει ενισχύσει τη χρήση επιλογών μικροκινητικότητας και μαζικών μεταφορών (Gutiérrez, Hurtubia, & de Dios Ortúzar, 2020). Αυτές οι επανασχεδιασμένες αστικές μορφές υποστηρίζουν αυτό που οι Allen et al. (2020) περιγράφουν ως υψηλότερα επίπεδα λειτουργικών χαρακτηριστικών υπηρεσιών, οδηγώντας σε μεγαλύτερη ικανοποίηση μεταξύ των χρηστών των δημόσιων συγκοινωνιών.

Το **Άμστερνταμ** (Ολλανδία) προσφέρει επίσης μια καινοτόμο περίπτωση, ιδίως στον τομέα των αστικών εμπορευματικών μεταφορών. Η πόλη έχει ενσωματώσει την εφοδιαστική των εμπορευματικών ποδηλάτων και τα μοντέλα κοινής παράδοσης εμπορευμάτων για τη μείωση της συμφόρησης και των εκπομπών. Αυτή η ενσωμάτωση αντικατοπτρίζει την αυξανόμενη σύγκλιση μεταξύ επιβατικών και εμπορευματικών μεταφορών, μια προσέγγιση που ευθυγραμμίζεται με τους στόχους βιώσιμης κινητικότητας, όπως προσδιορίστηκαν από τους Moret et al. (2020). Σε αυτό το πλαίσιο, οι συλλογικές μεταφορές επεκτείνονται πέρα από την ανθρώπινη κινητικότητα για να συμπεριλάβουν πιο αποτελεσματικές και περιβαλλοντικά υπεύθυνες λύσεις εμπορευματικών μεταφορών.

Ένα άλλο σημαντικό παράδειγμα από την Ευρώπη προέρχεται από το **Λονδίνο**, όπου οι υπηρεσίες λεωφορείων κατ' απαίτηση αναπτύχθηκαν γρήγορα κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 για την υποστήριξη των βασικών εργαζομένων. Σύμφωνα με τους Paneque et al. (2021), η εφαρμογή τέτοιων δυναμικών συστημάτων εξασφάλισε συνεχή πρόσβαση στις συγκοινωνίες, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τον συνωστισμό και την πιθανή μετάδοση του ιού. Αυτές οι υπηρεσίες επέδειξαν ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα, βασικά συστατικά των σύγχρονων συστημάτων συλλογικών μεταφορών.

Η αποτελεσματικότητα αυτών των ευρωπαϊκών μοντέλων έγκειται όχι μόνο στις τεχνικές καινοτομίες τους, αλλά και στον στρατηγικό σχεδιασμό και τα συμμετοχικά τους πλαίσια. Για παράδειγμα, η συμμετοχή των πολιτών και η συνδημιουργία ήταν απαραίτητες για τη διαμόρφωση υπηρεσιών κινητικότητας που αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές ανάγκες των χρηστών. Οι Bontorin et al. (2024) τονίζουν ότι η συμμετοχή των τοπικών κοινοτήτων, των ομάδων υπεράσπισης και των επιχειρήσεων οδηγεί σε υψηλότερη αποδοχή και πιο εξατομικευμένες λύσεις κινητικότητας.

Επιπλέον, η χρήση εργαλείων και προσομοιώσεων που βασίζονται σε δεδομένα έχει γίνει ακρογωνιαίος λίθος της βελτιστοποίησης των μεταφορών. Οι Alahi, Bierlaire και Vandergheynst (2014) παρουσιάζουν πώς οι αισθητήρες χαμηλής ανάλυσης και η σύντηξη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη προτύπων ζήτησης κινητικότητας με υψηλή ακρίβεια. Αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν στις πόλεις να κατανέμουν δυναμικά τους πόρους μεταφορών και να βελτιώνουν την ανταπόκριση στις υπηρεσίες. Ο Bierlaire (2015) υποστηρίζει αυτήν την άποψη τονίζοντας τον ρόλο της

προσομοίωσης και της βελτιστοποίησης στον σύγχρονο σχεδιασμό μεταφορών, ιδίως στην προσαρμογή των χρονοδιαγραμμάτων και των μεγεθών του στόλου σε πραγματικό χρόνο.

Η Βιέννη και το Ελσίνκι αποτελούν επίσης παραδείγματα της σημασίας της ενσωμάτωσης των σχολίων των χρηστών στον σχεδιασμό πολιτικής. Σύμφωνα με τους Allen et al. (2019a), τα κρίσιμα περιστατικά και η συμμετοχή των χρηστών επηρεάζουν σημαντικά την ικανοποίηση και την αφοσίωση, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τη μακροπρόθεσμη αλλαγή συμπεριφοράς. Έτσι, τα επιτυχημένα συστήματα συλλογικών μεταφορών όχι μόνο παρέχουν τεχνικές λύσεις, αλλά και ασχολούνται με τις κοινωνικοψυχολογικές διαστάσεις της κινητικότητας.

Συνολικά, η Ευρώπη παρουσιάζει ένα πλούσιο τοπίο βέλτιστων πρακτικών στις συλλογικές μεταφορές. Από τις καινοτομίες τιμολόγησης στη Βιέννη και την ενσωμάτωση του MaaS σε ολόκληρο το σύστημα στο Ελσίνκι έως τον αστικό σχεδιασμό με επίκεντρο τους πεζούς στη Βαρκελώνη και τις ανθεκτικές στην πανδημία επιχειρήσεις στο Λονδίνο, κάθε περίπτωση συμβάλλει μοναδικά στον ευρύτερο στόχο της βιώσιμης και χωρίς αποκλεισμούς αστικής κινητικότητας. Αυτά τα παραδείγματα καταδεικνύουν ότι η τεχνολογική καινοτομία, σε συνδυασμό με τα υποστηρικτικά πλαίσια πολιτικής και τη συμμετοχή της κοινότητας, είναι απαραίτητη για τον μετασχηματισμό των συλλογικών μεταφορών σε μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στη χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων σε ποικίλα αστικά περιβάλλοντα.

4.2.2 Ασία: Λύσεις Κινητικότητας Βασισμένες στα Δεδομένα και στην Ευελιξία

Η Ασία παρουσιάζει ένα δυναμικό και ποικίλο τοπίο στην εξέλιξη των συστημάτων συλλογικών μεταφορών, που καθοδηγείται από την ταχεία αστικοποίηση, τους πυκνούς πληθυσμούς και τις τεχνολογικές εξελίξεις. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η **Σιγκαπούρη**, όπου η Αρχή Χερσαίων Μεταφορών (LTA) πρωτοστάτησε στην ανάπτυξη υπηρεσιών δημόσιων λεωφορείων κατ' απαίτηση για την αντιμετώπιση της συνδεσιμότητας του τελευταίου μιλίου και των ανεπαρκειών σε περιοχές χαμηλής πυκνότητας. Πιλοτικά τέθηκαν σε λειτουργία για πρώτη φορά το 2018, οι υπηρεσίες αυτές που προσαρμόζουν δυναμικά τις διαδρομές και τα χρονοδιαγράμματά τους με βάση τη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο από τους χρήστες, η οποία συλλέγεται μέσω εφαρμογών για κινητά (Porru et al., 2020). Αυτή η ευελιξία όχι μόνο ελαχιστοποιεί τις μεταφορές

με άδεια οχήματα, αλλά και ενισχύει την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών, ιδίως σε περιοχές που δεν εξυπηρετούνται επαρκώς από τις συγκοινωνίες σταθερής διαδρομής. Η επιτυχία αυτού του μοντέλου αντικατοπτρίζει τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, η παρακολούθηση του στόλου και ο προγνωστικός προγραμματισμός μπορούν να επεκτείνουν την εμβέλεια των συλλογικών μεταφορών με οικονομικά αποδοτικό και επικεντρωμένο στον χρήστη τρόπο (Kadem et al., 2024).



Εικόνα 5: Υπηρεσία δημόσιων λεωφορείων κατ' απαίτηση της Σιγκαπούρης που ενσωματώνει κρατήσεις μέσω εφαρμογής με δρομολόγηση σε πραγματικό χρόνο. Πηγή: <https://mothership.sg/2018/12/on-demand-bus-lta-trial/>

Στην Ιαπωνία, ιδιαίτερα σε πόλεις όπως το **Τόκιο** και η **Οσάκα**, η αποτελεσματικότητα στις συλλογικές μεταφορές επιτυγχάνεται μέσω της ακρίβειας, της πυκνότητας και της πολυτροπικής ολοκλήρωσης. Ενώ είναι λιγότερο πειραματική από τα μοντέλα MaaS, η ιαπωνική προσέγγιση δίνει έμφαση στη βελτιστοποίηση και την αξιοπιστία του συστήματος. Τα συστήματα μετρό και λεωφορείων του Τόκιο συνδέονται πλήρως μέσω ενός ενιαίου συστήματος κομίστρων και ψηφιακών πλατφορμών εύρεσης διαδρομής. Η επιχειρησιακή πειθαρχία - γνωστή για τις καθυστερήσεις που μετρώνται σε δευτερόλεπτα - έχει γίνει παγκόσμιο σημείο αναφοράς. Αν και δεν είναι τόσο τεχνολογικά φανταχτερό όσο άλλα συστήματα, το μοντέλο της Ιαπωνίας υπερέχει στην επιχειρησιακή αριστεία, έναν κρίσιμο παράγοντα που επισημαίνεται από τους Bierlaire (2015) και Flötteröd et al. (2011) για τη διασφάλιση της διατήρησης των χρηστών και της αφοσίωσης των μεταφορικών μέσων.

Ένα πιο μετασχηματιστικό παράδειγμα ενσωμάτωσης κινητικότητας προέρχεται από τη **Σεούλ** της Νότιας Κορέας, η οποία αναδιάρθρωσε το σύστημα δημόσιων λεωφορείων το 2004 για να εισαγάγει ένα ημι-δημόσιο λειτουργικό μοντέλο. Σε αυτό το σύστημα, οι ιδιωτικοί φορείς εκμετάλλευσης λεωφορείων παρέχουν υπηρεσίες υπό κεντρική δημόσια εποπτεία, με την κυβέρνηση να χειρίζεται τον προγραμματισμό, την ενσωμάτωση κομίστρων και την παρακολούθηση μέσω δεδομένων έξυπνων καρτών. Αυτό το υβριδικό μοντέλο διακυβέρνησης έχει βελτιώσει τόσο την αποτελεσματικότητα όσο και την λογοδοσία, επιτρέποντας παράλληλα στον δημόσιο τομέα να διατηρεί τον έλεγχο της ισότητας των υπηρεσιών και της προσβασιμότητας. Η επιτυχία του συστήματος της Σεούλ υποστηρίζει την ιδέα, που προτάθηκε από τους Bontorin et al. (2024), ότι η συνεργατική διακυβέρνηση και η διαφάνεια των δεδομένων είναι κρίσιμες για τη μακροπρόθεσμη επιτυχία των συστημάτων συλλογικών μεταφορών.

Επιπλέον, η πόλη **Hangzhou** στην Κίνα έχει ενσωματώσει την Τεχνητή Νοημοσύνη και την ανάλυση δεδομένων για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών των λεωφορείων και την πρόβλεψη της ζήτησης. Η πλατφόρμα City Brain της Alibaba, που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση της αστικής κινητικότητας στη Hangzhou, αξιοποιεί την τεχνητή νοημοσύνη για την παρακολούθηση των κυκλοφοριακών προτύπων και την πρόταση προσαρμοστικού προγραμματισμού των μέσων μαζικής μεταφοράς. Αυτό αντιπροσωπεύει μια κίνηση προς την έξυπνη κινητικότητα με την τεχνητή νοημοσύνη, όπου οι μεταφορές αντιμετωπίζονται ως ένα οικοσύστημα που ανταποκρίνεται στις ανάγκες. Τέτοιες πρωτοβουλίες ευθυγραμμίζονται με τις τάσεις που περιγράφονται από τους Alahi et al. (2014), όπου οι αισθητήρες χαμηλής ανάλυσης και οι προηγμένες αναλύσεις συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των συλλογικών μεταφορών σε πραγματικό χρόνο.

Αυτό που ενώνει αυτά τα ασιατικά παραδείγματα είναι η ισχυρή έμφαση στην τεχνολογική καινοτομία σε συνδυασμό με την αποτελεσματική δημόσια διακυβέρνηση. Είτε πρόκειται για τις μεταφορές που ανταποκρίνονται στη ζήτηση της Σιγκαπούρης, τα συστήματα ακρίβειας της Ιαπωνίας, το ημι-δημόσιο μοντέλο της Σεούλ ή τις πλατφόρμες που βασίζονται στην Τεχνητή Νοημοσύνη της Κίνας, κάθε περίπτωση καταδεικνύει μια δέσμευση για επέκταση της πρόσβασης, βελτίωση της αποδοτικότητας και μείωση της εξάρτησης από τα ιδιωτικά οχήματα. Αυτές οι καινοτομίες αντικατοπτρίζουν μια ευρύτερη τάση στις ασιατικές πόλεις να χρησιμοποιούν την

ψηφιοποίηση όχι μόνο για λειτουργική βελτίωση αλλά και ως μέσο επίτευξης αστικής βιωσιμότητας, ισότητας και ανθεκτικότητας στα συστήματα κινητικότητας.

4.2.3 Βόρεια Αμερική: Καινοτομίες στις Μεταφορές με Συμμετοχή και Ενσωμάτωση Τεχνολογίας

Στη Βόρεια Αμερική, η καινοτομία στις συλλογικές μεταφορές έχει επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στην συμπερίληψη και την ενσωμάτωση προηγμένων ψηφιακών πλατφορμών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πόλη της **Νέας Υόρκης**, στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου η Αρχή Μητροπολιτικών Μεταφορών (MTA) έχει εφαρμόσει πιλοτικά υπηρεσίες e-Hail κατ' απαίτηση σε υποεξυπηρετούμενες περιοχές από το 2018. Αυτές οι υπηρεσίες ενσωματώνουν τεχνολογίες ride-hailing με συστήματα paratransit - ευέλικτες μεταφορές από πόρτα σε πόρτα σχεδιασμένες για άτομα με αναπηρίες ή περιορισμένη κινητικότητα. Η πρωτοβουλία εισήχθη για την αντιμετώπιση των κενών ισότητας στην πρόσβαση στις δημόσιες συγκοινωνίες και τη μείωση της εξάρτησης από υπηρεσίες σταθερής διαδρομής (Scarinci et al., 2017)..



Εικόνα 6: Η υπηρεσία παραμεταφορών MTA Access-A-Ride της Νέας Υόρκης, η οποία παρέχει κινητικότητα από πόρτα σε πόρτα σε χρήστες με ειδικές ανάγκες. Πηγή:

Ο πρωταρχικός στόχος του πιλοτικού προγράμματος ήταν η δημιουργία ενός πιο ευέλικτου και συμπεριληπτικού συστήματος αστικής κινητικότητας, προσφέροντας επιλογές κράτησης σε πραγματικό χρόνο, ευελιξία στόλου και διευρυμένη γεωγραφική κάλυψη. Οι πρώτες αξιολογήσεις έδειξαν αξιοσημείωτη αύξηση της προσβασιμότητας για τους ευάλωτους πληθυσμούς και υψηλότερη ικανοποίηση των χρηστών, ιδίως μεταξύ εκείνων που προηγουμένως βασίζονταν σε σπάνιες ή έμμεσες επιλογές μεταφοράς. Το πιλοτικό πρόγραμμα μείωσε επίσης τις διαδρομές με άδεια οχήματα και βελτίωσε την αποδοτικότητα του προγραμματισμού, σηματοδοτώντας περιβαλλοντικά και λειτουργικά οφέλη (Scarinci et al., 2017).

Αυτό το μοντέλο θεωρείται καλή πρακτική επειδή τοποθετεί την ισότητα και την τεχνολογική προσαρμοστικότητα στο επίκεντρο της πολιτικής για τις δημόσιες συγκοινωνίες. Ενσωματώνοντας δημόσιους στόχους (καθολική πρόσβαση, μειωμένη συμφόρηση) με καινοτομίες του ιδιωτικού τομέα (πλατφόρμες μεταφοράς με λεωφορείο, δεδομένα σε πραγματικό χρόνο), η MTA έθεσε ένα προηγούμενο για άλλες μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές στη Βόρεια Αμερική.

Τελικά, η περίπτωση της Νέας Υόρκης καταδεικνύει πώς τα υβριδικά μοντέλα μεταφορών μπορούν να γεφυρώσουν τα κενά στις υπηρεσίες, να βελτιώσουν την προσβασιμότητα και να ανταποκριθούν δυναμικά στις ανάγκες των χρηστών - ειδικά όταν καθοδηγούνται από τις αρχές της δικαιοσύνης, της ευελιξίας και του συν-σχεδιασμού με την κοινότητα.

4.3 Σύνθεση Βασικών Παραγόντων Επιτυχίας

Η επιτυχία των πρωτοβουλιών συλλογικών μεταφορών σε αστικά περιβάλλοντα εξαρτάται από μια σύνθετη αλληλεπίδραση τεχνολογικών, λειτουργικών, κανονιστικών και κοινωνικών παραγόντων. Η ανάλυση περιπτώσεων από κορυφαίες πόλεις αποκαλύπτει ότι ορισμένα βασικά στοιχεία οδηγούν σταθερά στην αποτελεσματικότητα και τη βιωσιμότητα των συστημάτων συλλογικών μεταφορών (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Πρώτα απ' όλα, η προσαρμοστικότητα που βασίζεται στην τεχνολογία αναδεικνύεται ως ακρογωνιαίος λίθος για επιτυχημένα μοντέλα συλλογικών μεταφορών. Η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η δυναμική δρομολόγηση, η προγνωστική ανάλυση και τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης στόλου επιτρέπουν στις υπηρεσίες να ανταποκρίνονται ευέλικτα στα κυμαινόμενα πρότυπα ζήτησης (Flötteröd et al., 2011; Bierlaire, 2015). Πόλεις όπως το Ελσίνκι και η Σιγκαπούρη έχουν δείξει ότι χωρίς ισχυρά τεχνολογικά θεμέλια, η δυναμική φύση των συλλογικών μεταφορών δεν μπορεί να διατηρηθεί. Η ικανότητα παρακολούθησης της ζήτησης σε πραγματικό χρόνο και προσαρμογής της προσφοράς ανάλογα εξασφαλίζει υψηλότερη αξιοποίηση των οχημάτων, μειωμένους χρόνους αναμονής και βελτιστοποιημένο λειτουργικό κόστος (Paneque et al., 2021; Allen et al., 2020).

Εξίσου κρίσιμη είναι η ενσωμάτωση των συλλογικών υπηρεσιών σε ένα ευρύτερο πλαίσιο πολυτροπικής κινητικότητας. Οι αυτόνομες λύσεις συχνά αποτυγχάνουν να επιτύχουν ευρεία υιοθέτηση από τους χρήστες, εκτός εάν συνδέονται άψογα με τις παραδοσιακές δημόσιες συγκοινωνίες, τις υποδομές ποδηλασίας, τα δίκτυα πεζών και τις επιλογές κοινής χρήσης αυτοκινήτων (Gutiérrez et al., 2020). Οι βέλτιστες πρακτικές από πόλεις όπως η Βιέννη και η Βαρκελώνη υπογραμμίζουν τη σημασία της πολυτροπικής ενσωμάτωσης που καθίσταται δυνατή μέσω των ψηφιακών πλατφορμών MaaS, επιτρέποντας στους χρήστες να συνδυάζουν διαφορετικά μέσα μεταφοράς σε μια ενιαία, αποτελεσματική μετακίνηση (Allen et al., 2019a; Bontorin et al., 2024).

Η προσιτότητα και οι στρατηγικές τιμολόγησης παίζουν επίσης καθοριστικό ρόλο. Οι επιτυχημένες πόλεις έχουν εφαρμόσει διαφανή, ελκυστικά συστήματα κομίστρων που ενθαρρύνουν την τακτική χρήση. Ομοίως, τα δυναμικά μοντέλα τιμολόγησης στις υπηρεσίες κοινής χρήσης οχημάτων βοηθούν στη διατήρηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας, ενώ παράλληλα καθιστούν την κοινή κινητικότητα προσβάσιμη σε όλες τις εισοδηματικές ομάδες (Robenek et al., 2018).

Ένας άλλος ζωτικός παράγοντας είναι η εστίαση στην εμπειρία του χρήστη και την ποιότητα των υπηρεσιών. Η αξιοπιστία, η ασφάλεια και η ευκολία χρήσης είναι κρίσιμοι καθοριστικοί παράγοντες για το αν οι χρήστες υιοθετούν τις μαζικές μεταφορές (Allen et al., 2019b). Συστήματα που προσφέρουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, ελάχιστους χρόνους αναμονής και μετεπιβίβασης, ενσωματωμένα έκδοση εισιτηρίων και διαισθητικές διεπαφές κράτησης έχουν

σταθερά ξεπεράσει συστήματα τα οποία δεν δίνουν προτεραιότητα στην μετακίνηση του επιβάτη (Alahi et al., 2014). Οι αντιλήψεις για την ασφάλεια, όπως επισημάνθηκαν από τους Allen et al. (2020), επηρεάζουν επίσης σημαντικά την αφοσίωση των χρηστών και πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσω συστημάτων σχεδιασμού, επιτήρησης και διαχείρισης συμβάντων.

Η θεσμική και κανονιστική υποστήριξη λειτουργεί ως σημαντικός παράγοντας. Οι δήμοι και οι αρχές μεταφορών πρέπει να παρέχουν σαφή νομικά πλαίσια για νέες υπηρεσίες, διασφαλίζοντας ότι είναι ολοκληρωμένες, δίκαιες και συμπληρωματικές προς τις υπάρχουσες υποδομές (Portu et al., 2020; Kadem et al., 2024). Οι περιπτώσεις του Ελσίνκι και της Σιγκαπούρης δείχνουν ότι οι συμπράξεις δημόσιου-ιδιωτικού τομέα που βασίζονται σε σαφώς καθορισμένους ρόλους, συμφωνίες κοινής χρήσης δεδομένων και κοινούς στόχους ενισχύουν ένα περιβάλλον συνεργασίας που ωφελεί τόσο την καινοτομία όσο και το δημόσιο συμφέρον (Pacheco Paneque et al., 2021).

Επιπλέον, η ισότητα και η συμπερίληψη είναι κεντρικές για τη μακροπρόθεσμη επιτυχία. Τα μοντέλα συλλογικών μεταφορών πρέπει να εξυπηρετούν ποικίλους πληθυσμούς, συμπεριλαμβανομένων των χρηστών χαμηλού εισοδήματος, των ηλικιωμένων και των χρηστών με αναπηρία (Flügel et al., 2019). Στοχευμένες στρατηγικές όπως η παροχή οχημάτων προσβάσιμων σε αναπηρικά αμαξίδια, η ενσωμάτωση επιλογών παραμεταφοράς και η διασφάλιση της γεωγραφικής κάλυψης των υποεξυπηρετούμενων περιοχών είναι ζωτικής σημασίας. Οι υπηρεσίες παραμεταφοράς κατ' απαίτηση της Νέας Υόρκης καταδεικνύουν πώς η προσαρμογή της συλλογικής κινητικότητας σε ευάλωτες ομάδες μπορεί να επεκτείνει την προσβασιμότητα και την κοινωνική ένταξη (Scarinci et al., 2017).

Ο ρόλος του αστικού σχεδιασμού και του χωροταξικού σχεδιασμού δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Για να είναι επιτυχημένη η ενσωμάτωση των μαζικών μεταφορών, είναι απαραίτητο το αστικό περιβάλλον να έχει χαρακτηριστικά που τις υποστηρίζουν—όπως υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, περιοχές μικτής χρήσης (κατοικία, εργασία, ψυχαγωγία) και φιλικές προς τους πεζούς υποδομές. Τέτοια περιβάλλοντα μειώνουν την ανάγκη για ιδιωτικό αυτοκίνητο και διευκολύνουν τη χρήση διαφορετικών μέσων μεταφοράς για μια και μόνο μετακίνηση (π.χ. περπάτημα, μετρό και ποδήλατο) (Ortúzar, 2019; Schmidt et al., 2019). Οι πολιτικές για την Ανάπτυξη με Προσανατολισμό στις Μεταφορές (TOD) ευθυγραμμίζουν τον σχεδιασμό των μεταφορών με τη

στέγαση, το λιανικό εμπόριο και τα κέντρα απασχόλησης, καθιστώντας τα μαζικά μέσα μεταφοράς την πιο βολική επιλογή για ημερήσιες μετακινήσεις.

Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα έχει γίνει ολοένα και περισσότερο στόχος και μέτρο επιτυχίας. Η ηλεκτροκίνηση των στόλων, η ενσωμάτωση με μέσα ενεργητικής μετακίνησης και η ελαχιστοποίηση των διανυθέντων κενών χιλιομέτρων είναι πρακτικές που συμβάλλουν στους κλιματικούς στόχους, ενώ παράλληλα ενισχύουν την απήχηση των συλλογικών μεταφορών στο κοινό (Moret et al., 2020; Sharma et al., 2023). Η ενσωμάτωση της κοινής χρήσης ποδηλάτων φορτίου με τις επιβατικές μεταφορές στο Άμστερνταμ καταδεικνύει καινοτόμες προσεγγίσεις για τη μείωση της αστικής συμφόρησης και των εκπομπών ταυτόχρονα.

Τέλος, οι στρατηγικές συμμετοχής της κοινότητας και συνδημιουργίας ενισχύουν τη νομιμότητα και την αποτελεσματικότητα. Τα έργα που εμπλέκουν πολίτες, τοπικές επιχειρήσεις και ομάδες υπεράσπισης κατά τη διάρκεια των φάσεων σχεδιασμού και υλοποίησης είναι πιο πιθανό να καλύψουν τις πραγματικές ανάγκες κινητικότητας και να ενισχύσουν την εμπιστοσύνη του κοινού (Bontorin et al., 2024; Scarinci et al., 2017). Ο συμμετοχικός σχεδιασμός διασφαλίζει ότι οι λύσεις συλλογικών μεταφορών αντικατοπτρίζουν τις τοπικές προτεραιότητες και ενθαρρύνουν την ευρεία αποδοχή.

Συμπερασματικά, η ανάλυση των βασικών παραγόντων επιτυχίας αποκαλύπτει ότι οι συλλογικές μεταφορές ακμάζουν σε περιβάλλοντα που συνδυάζουν την τεχνολογική αριστεία, την πολυτροπική ενσωμάτωση, τον σχεδιασμό με επίκεντρο τον χρήστη, την υποστηρικτική ρύθμιση, την κοινωνική ισότητα και την περιβαλλοντική ευθύνη. Οι μελλοντικές πρωτοβουλίες πρέπει να λάβουν υπόψη αυτές τις διασυνδεδεμένες διαστάσεις για την οικοδόμηση ανθεκτικών, βιώσιμων και χωρίς αποκλεισμούς οικοσυστημάτων αστικής κινητικότητας (Ortúzar, 2019; Gutiérrez et al., 2020; Sharma et al., 2023).

4.4 Ο Ρόλος του Ιδιωτικού Τομέα και των Συμπράξεων Δημόσιου-Ιδιωτικού Τομέα

Η εξέλιξη των συστημάτων συλλογικών μεταφορών έχει αναδείξει τον απαραίτητο ρόλο του ιδιωτικού τομέα και την αυξανόμενη σημασία των Συμπράξεων Δημόσιου-Ιδιωτικού Τομέα

(ΣΔΙΤ) στην παροχή βιώσιμων, καινοτόμων και κλιμακώσιμων λύσεων αστικής κινητικότητας. Στα σύγχρονα αστικά περιβάλλοντα, η συνεργασία μεταξύ κυβερνήσεων και ιδιωτικών επιχειρήσεων έχει ξεπεράσει τις παραδοσιακές συμβάσεις σε δυναμικές συνεργασίες που ενισχύουν την καινοτομία, την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα και την οικονομική βιωσιμότητα (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Ο ιδιωτικός τομέας συμβάλλει ουσιαστικά στο οικοσύστημα των συλλογικών μεταφορών, εισφέροντας ευελιξία, τεχνολογική καινοτομία και εξειδικευμένη επιχειρησιακή γνώση. Εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον χώρο των πλατφορμών κοινής μετακίνησης, της μικροκινητικότητας και των υπηρεσιών κινητικότητας ως υπηρεσία (MaaS) έχουν αναπτύξει ευέλικτα λειτουργικά μοντέλα, τα οποία αμφισβητούν τις εγγενείς δυσκαμψίες των παραδοσιακών συστημάτων σταθερής διαδρομής (Allen et al., 2019a). Όπως καταδεικνύεται στη μελέτη των Bontorin et al. (2024), ιδιωτικοί πάροχοι έχουν επιδείξει ικανότητα δυναμικής διαχείρισης της μεταβαλλόμενης ζήτησης μέσω αξιοποίησης δεδομένων αποστολής, μηχανισμών ανατροφοδότησης πελατών σε πραγματικό χρόνο και αλγορίθμων εξατομικευμένης βελτιστοποίησης διαδρομών. Τα στοιχεία αυτά καθιστούν τις συλλογικές μεταφορές περισσότερο προσαρμοστικές στις σύγχρονες απαιτήσεις της αστικής κινητικότητας.

Επιπλέον, η ικανότητα του ιδιωτικού τομέα να επενδύει και να αναπτύσσει τεχνολογία αιχμής — όπως προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία με τεχνητή νοημοσύνη, δυναμικό προγραμματισμό και συστήματα κρατήσεων μέσω κινητών— έχει αποδειχθεί κρίσιμη για την πρόοδο των συλλογικών υπηρεσιών (Alahi et al., 2014; Bierlaire, 2015). Η ανίχνευση της ζήτησης σε πραγματικό χρόνο και η προσαρμογή των λειτουργιών του στόλου, που πρωτοστάτησε σε πολλά αστικά πειράματα, έχει βελτιώσει σημαντικά την αξιοπιστία των υπηρεσιών και την ικανοποίηση των χρηστών (Paneque et al., 2021; Flötteröd et al., 2011).

Ωστόσο, η ενσωμάτωση των ιδιωτικών υπηρεσιών στο οικοσύστημα των δημόσιων συγκοινωνιών απαιτεί προσεκτικό συντονισμό. Χωρίς σαφή πλαίσια πολιτικής, οι ιδιωτικές πρωτοβουλίες κινδυνεύουν να κατακερματίσουν τις υπηρεσίες κινητικότητας, ευνοώντας μόνο κερδοφόρες διαδρομές και ομάδες χρηστών, παραμελώντας παράλληλα τις παραμέτρους της ισότητας (Porru et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020). Επομένως, οι ΣΔΙΤ (Σύμπραξη Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα) είναι κρίσιμες όχι μόνο για τη χρηματοδότηση έργων, αλλά και για τη διασφάλιση ότι η καινοτομία του ιδιωτικού τομέα ευθυγραμμίζεται με τους στόχους της δημόσιας κινητικότητας —

προσβασιμότητας, της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, της προσιτής τιμής και τέλος της κοινωνικής ένταξης.

Ένας από τους σημαντικότερους τομείς όπου οι ΣΔΙΤ υπερέχουν είναι η ανάπτυξη υποδομών. Οι μεγάλης κλίμακας επενδύσεις σε δίκτυα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EV), έξυπνες στάσεις λεωφορείων και συστήματα διαχείρισης κινητικότητας σε πραγματικό χρόνο συχνά απαιτούν κοινή χρηματοδότηση και μοντέλα επιμερισμού κινδύνου (Moret et al., 2020; Sharma et al., 2023). Η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα μπορεί να επιταχύνει την ανάπτυξη πράσινων τεχνολογιών, όπως αποδεικνύεται από έργα στο Άμστερνταμ και το Λονδίνο, όπου οι εταιρείες logistics συνεργάζονται με δήμους για τη μείωση των εκπομπών, μέσω κοινών κόμβων ηλεκτρικής κινητικότητας (Bontorin et al., 2024).

Τα μοντέλα ΣΔΙΤ αποδεικνύονται επίσης ανεκτίμητα στην υποστήριξη καινοτομιών σε αγροτικές και προαστιακές συλλογικές μεταφορές, όπου οι παραδοσιακές οικονομικές δυνατότητες των δημόσιων συγκοινωνιών είναι δυσμενείς. Για παράδειγμα, τα πιλοτικά προγράμματα MaaS της Δανίας λειτουργούν στο πλαίσιο υβριδικών χρηματοδοτικών προγραμμάτων που περιλαμβάνουν δήμους και ιδιωτικές εταιρείες τεχνολογίας για την επέκταση της συλλογικής κινητικότητας σε περιοχές χαμηλής πυκνότητας (Portu et al., 2020). Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι φορείς του δημόσιου τομέα διασφαλίζουν τη γεωγραφική και κοινωνική ισότητα, ενώ οι ιδιωτικοί εταίροι επικεντρώνονται στην επιχειρησιακή αριστεία και την εμπειρία των χρηστών.

Η κοινή χρήση δεδομένων και η διακυβέρνηση αποτελούν μια άλλη κρίσιμη διάσταση των επιτυχημένων ΣΔΙΤ. Οι πλατφόρμες κινητικότητας βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε μεγάλους όγκους δεδομένων πραγματικού χρόνου και οι δημόσιες αρχές πρέπει να διασφαλίζουν ότι οι συμφωνίες κοινής χρήσης δεδομένων προστατεύουν την ιδιωτικότητα, επιτρέποντας παράλληλα τη βελτιστοποίηση των υπηρεσιών (Pacheco Paneque et al., 2021). Η ενσωμάτωση των υπηρεσιών ηλεκτρονικού ταχυδρομείου κατ' απαίτηση στη Νέα Υόρκη με το δίκτυο παραμεταφορών της αποτελεί παράδειγμα του πώς η διαλειτουργικότητα δεδομένων μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των υπηρεσιών για τις ευάλωτες ομάδες (Scarinci et al., 2017).

Παρ' όλα αυτά, οι προκλήσεις παραμένουν. Ενδέχεται να προκύψουν εντάσεις σχετικά με τον έλεγχο της αγοράς, την κερδοφορία των υπηρεσιών και την ιδιοκτησία των δεδομένων των χρηστών. Οι ιδιωτικοί φορείς εκμετάλλευσης ενδέχεται να δώσουν προτεραιότητα σε εμπορικά

ελκυστικές διαδρομές, αφήνοντας τις λιγότερο κερδοφόρες περιοχές υποεξυπηρετούμενες, εκτός εάν υπάρχουν ισχυροί δημόσιοι κανονισμοί (Robenek et al., 2018). Οι πόλεις πρέπει να εξισορροπήσουν την ενθάρρυνση της καινοτομίας, διασφαλίζοντας παράλληλα τις υποχρεώσεις παροχής δημόσιας υπηρεσίας, όπως σημειώνεται από τους Schmidt et al. (2019), οι οποίοι τονίζουν τον ρόλο της διακυβέρνησης στην πρόληψη των μονοπωλίων κινητικότητας και στη διασφάλιση του ανταγωνισμού που ωφελεί τους τελικούς χρήστες.

Επιπλέον, η οικοδόμηση δημόσιας εμπιστοσύνης στις υπηρεσίες που βασίζονται σε ΣΔΙΤ είναι απαραίτητη. Όταν οι χρήστες αντιλαμβάνονται ότι οι υπηρεσίες καθοδηγούνται από το κέρδος και όχι από τις ανάγκες, η αντίδραση του κοινού μπορεί να υπονομεύσει τις συλλογικές πρωτοβουλίες μεταφορών. Η δημόσια συμμετοχή και η διαφανής επικοινωνία σχετικά με τους στόχους, τα οφέλη και τις διασφαλίσεις των ΣΔΙΤ είναι ζωτικής σημασίας (Gutiérrez et al., 2020; Flügel et al., 2019).

Μελλοντικά, τα επιτυχημένα μοντέλα συλλογικών μεταφορών θα εξαρτώνται όλο και περισσότερο από μοντέλα συνεργατικής διακυβέρνησης. Αυτά τα μοντέλα ενσωματώνουν ποικίλα ενδιαφερόμενα μέρη - συμπεριλαμβανομένων δήμων, ιδιωτικών παρόχων κινητικότητας, πολιτών και τεχνολογικών εταιρειών - στον συμμετοχικό σχεδιασμό και τη συνεχή αξιολόγηση του συστήματος (Allen et al., 2019b; Bontorin et al., 2024). Ο συν-σχεδιασμός υπηρεσιών με χρήστες και κοινότητες διασφαλίζει ότι η καινοτομία του ιδιωτικού τομέα μεταφράζεται σε δημόσια αξία, ευθυγραμμίζοντας τις τεχνολογικές εξελίξεις με τους ευρύτερους κοινωνικούς στόχους.

Συμπερασματικά, ο ιδιωτικός τομέας και οι συμπράξεις δημόσιου-ιδιωτικού τομέα είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη και την κλιμάκωση των συλλογικών μεταφορών στις αστικές περιοχές. Συνδυάζοντας την ικανότητα καινοτομίας με τον προσανατολισμό στις δημόσιες υπηρεσίες, οι ΣΔΙΤ προσφέρουν μια πορεία προς βιώσιμη, χωρίς αποκλεισμούς και ανθεκτική αστική κινητικότητα. Οι πόλεις που αξιοποιούν τα δυνατά σημεία και των δύο τομέων - ενώ παράλληλα θεσπίζουν ισχυρή διακυβέρνηση, λογοδοσία και σχεδιασμό με επίκεντρο τον χρήστη βρίσκονται στην καλύτερη θέση για να επιτύχουν το μετασχηματιστικό δυναμικό των συλλογικών μεταφορών (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Κεφάλαιο 5^ο: Οικονομικές, Περιβαλλοντικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις των Συλλογικών Μεταφορών: Μια DESTEP Ανάλυση

5.1 Εισαγωγή στην Ανάλυση DESTEP

Η ανάλυση DESTEP είναι ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού που χρησιμοποιείται για την διερεύνηση εξωτερικών μακροπεριβαλλοντικών παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την εφαρμογή πολιτικών, στρατηγικών και συστημάτων. Το ακρωνύμιο σημαίνει Δημογραφικοί, Οικονομικοί, Κοινωνικοπολιτισμικοί, Τεχνολογικοί, Οικολογικοί και Πολιτικοί παράγοντες. Σε αντίθεση με την ανάλυση SWOT, η οποία εστιάζει στις εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες ενός έργου ή οργανισμού, η ανάλυση DESTEP είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη δημόσια πολιτική, την αστική ανάπτυξη και τον σχεδιασμό υποδομών, καθώς βοηθά στον εντοπισμό μακροπρόθεσμων τάσεων και συστημικών προκλήσεων ή ευκαιριών με δομημένο τρόπο.

Στο πλαίσιο των συστημάτων συλλογικών μεταφορών, η ανάλυση DESTEP επιτρέπει μια πολυδιάστατη αξιολόγηση του πώς οι ολοκληρωμένες, βιώσιμες λύσεις κινητικότητας (π.χ., μεταφορές που ανταποκρίνονται στη ζήτηση, MaaS, κοινόχρηστη κινητικότητα) επηρεάζουν ή διαμορφώνονται από κοινωνικές αλλαγές, οικονομικούς περιορισμούς, αναδυόμενες τεχνολογίες, περιβαλλοντικές επιταγές και πλαίσια πολιτικής. Οι ακόλουθες ενότητες παρέχουν μια εις βάθος εφαρμογή του μοντέλου DESTEP στην περίπτωση των συστημάτων συλλογικών μεταφορών σε αστικά περιβάλλοντα, συνοψίζοντας και συνθέτοντας τις γνώσεις που συγκέντρωσε η παρούσα εργασία.

5.2 Δημογραφικοί Παράγοντες

Οι δημογραφικές τάσεις όπως η αύξηση του πληθυσμού, η αστικοποίηση, οι γηράσκουσες κοινωνίες και τα πρότυπα μετανάστευσης επηρεάζουν σημαντικά τον σχεδιασμό και την αποτελεσματικότητα των μαζικών μεταφορών. Η ταχεία αστικοποίηση έχει οδηγήσει σε αυξημένη πυκνότητα πληθυσμού στις πόλεις, δημιουργώντας μια ισχυρή ζήτηση για αποτελεσματικά

δημόσια και κοινόχρηστα συστήματα μεταφορών που μπορούν να μετριάσουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να μειώσουν την περιβαλλοντική πίεση (Ortúzar, 2019).

Στις γηράσκουσες κοινωνίες - όπως στην Ιαπωνία ή σε μέρη της Ευρώπης - υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για προσβάσιμες και χωρίς αποκλεισμούς μεταφορές. Οι υπηρεσίες που ανταποκρίνονται στη ζήτηση και τα ευέλικτα συστήματα παράλληλων μεταφορών προσφέρουν εξατομικευμένες λύσεις σε ηλικιωμένους και άτομα με μειωμένη κινητικότητα, ειδικά σε προαστιακές ή περιοχές χαμηλής πυκνότητας (Scarinci et al., 2017; Pacheco Paneque et al., 2021). Αυτές οι λύσεις πρέπει να ενσωματώνουν καθολικό σχεδιασμό, διασφαλίζοντας ότι οι ψηφιακές διεπαφές και η προσβασιμότητα των οχημάτων εξυπηρετούν όλες τις δημογραφικές ομάδες.

Επιπλέον, η αυξανόμενη μετανάστευση και οι πολυπολιτισμικοί αστικοί πληθυσμοί απαιτούν πολιτισμικά ευαίσθητες, πολύγλωσσες υπηρεσίες. Οι εφαρμογές μεταφορών και οι εκστρατείες ευαισθητοποίησης πρέπει να είναι συμπεριληπτικές, ώστε να διασφαλίζεται ότι κανένα τμήμα του πληθυσμού δεν αποκλείεται από την κινητικότητα λόγω γλωσσικών ή κοινωνικών εμποδίων (Flügel et al., 2019).

5.3 Οικονομικοί Παράγοντες

Η οικονομική βιωσιμότητα παραμένει σημαντικό κίνητρο για την επέκταση των δικτύων μαζικών μεταφορών. Οι απώλειες παραγωγικότητας που σχετίζονται με τη συμφόρηση, το αυξημένο κόστος συντήρησης υποδομών και την κατανάλωση καυσίμων από τη χρήση ιδιωτικών οχημάτων επιβαρύνουν τόσο τις κυβερνήσεις όσο και τα νοικοκυριά (Moret et al., 2020; Robenek et al., 2018). Αντίθετα, οι καλά σχεδιασμένες λύσεις μαζικών μεταφορών αποφέρουν άμεσες λειτουργικές εξοικονομήσεις και έμμεσα οφέλη μέσω αυξημένης παραγωγικότητας, προσβασιμότητας σε θέσεις εργασίας και μειωμένου κόστους υγείας.

Το ετήσιο πάσο μεταφοράς αξίας 365 ευρώ της Βιέννης καταδεικνύει πώς οι στρατηγικές δημόσιες επενδύσεις για οικονομικά προσιτά κόμιστρα μπορούν να μειώσουν την εξάρτηση από το αυτοκίνητο, να αυξήσουν την επιβατική κίνηση και να προωθήσουν την αστική ανάπτυξη χωρίς αποκλεισμούς (Flügel et al., 2019). Ομοίως, η πλατφόρμα MaaS του Ελσίνκι έχει δείξει ότι η

ενσωμάτωση διαφόρων τρόπων μεταφοράς σε μια ενιαία διεπαφή με επιλογές συνδρομής μπορεί να μειώσει την αντιληπτή ανάγκη για ιδιοκτησία αυτοκινήτου (Allen et al., 2019b).

Επιπλέον, τα συστήματα συλλογικών μεταφορών δημιουργούν θέσεις εργασίας σε πολλαπλούς τομείς - από τη λειτουργία οχημάτων και τη διαχείριση στόλου έως την επιστήμη δεδομένων και την ανάπτυξη εφαρμογών - ενώ παράλληλα ενθαρρύνουν τις συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα που διοχετεύουν ιδιωτικές επενδύσεις σε δημόσιες υποδομές (Bontorin et al., 2024; Bierlaire, 2015). Οι έξυπνες στρατηγικές προμηθειών, όπως στο μοντέλο ολοκλήρωσης αστικών εμπορευματικών και επιβατικών μεταφορών του Άμστερνταμ, καταδεικνύουν περαιτέρω πώς η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής μπορεί να δημιουργήσει οικονομική αξία, μειώνοντας παράλληλα τη συμφόρηση (Moret et al., 2020).

5.4 Κοινωνικοπολιτισμικοί Παράγοντες

Οι πολιτισμικές στάσεις απέναντι στην ιδιοκτησία αυτοκινήτου, τη δημόσια ασφάλεια, το φύλο και την ψηφιακή ένταξη διαμορφώνουν τη συμπεριφορά των χρηστών και την αποδοχή των νέων συστημάτων κινητικότητας. Σε πολλές δυτικές κοινωνίες, η ιδιοκτησία αυτοκινήτου παραδοσιακά συμβόλιζε την ελευθερία και την κοινωνική θέση. Ωστόσο, οι νεότεροι αστικοί πληθυσμοί δίνουν ολοένα και μεγαλύτερη προτεραιότητα στην άνεση και τη βιωσιμότητα, καθιστώντας τη διαμοιρασμένη κινητικότητα και τις δημόσιες συγκοινωνίες πιο ελκυστικές (Gutiérrez et al., 2020).

Ο σχεδιασμός με γνώμονα το φύλο είναι επίσης κρίσιμος. Η παγκόσμια έρευνα δείχνει ότι οι γυναίκες βασίζονται περισσότερο στις δημόσιες συγκοινωνίες και συμμετέχουν σε αλυσιδωτές μετακινήσεις λόγω των ευθυνών φροντίδας. Τα δίκτυα μεταφορών πρέπει να είναι ασφαλή, καλά φωτισμένα, αξιόπιστα και οικονομικά προσιτά για να υποστηρίξουν την ισότητα των φύλων στην κινητικότητα (Allen et al., 2020). Ο συμπεριληπτικός προγραμματισμός και ο σχεδιασμός συμβάλλουν στη βελτίωση της εμπιστοσύνης και στη μείωση του άγχους που σχετίζεται με τις μεταφορές.

Η κοινωνική ισότητα εξαρτάται επίσης από την αντιμετώπιση του ψηφιακού χάσματος. Καθώς περισσότερες υπηρεσίες μεταβαίνουν σε εφαρμογές για κινητά, οι πόλεις πρέπει να προσφέρουν

αναλογικές εναλλακτικές λύσεις ή να βελτιώσουν τον ψηφιακό γραμματισμό και την πρόσβαση μεταξύ των πληθυσμών χαμηλού εισοδήματος, των ηλικιωμένων και των αγροτικών πληθυσμών (Alahi et al., 2014). Το σύστημα δημόσιων λεωφορείων κατ' απαίτηση της Σιγκαπούρης παρέχει ένα ισχυρό παράδειγμα, καθώς περιλαμβάνει επιλογές κράτησης εκτός σύνδεσης και διαισθητικές διεπαφές για χρήστες διαφόρων επιπέδων δεξιοτήτων (Porru et al., 2020).

Τέλος, η εμπλοκή της κοινότητας και ο συμμετοχικός σχεδιασμός μπορούν να ενισχύσουν την κοινωνική αποδοχή και να προσαρμόσουν τις υπηρεσίες στις τοπικές προτεραιότητες. Η συμμετοχή της κοινωνίας των πολιτών στη λήψη αποφάσεων - όπως οι πρακτικές δημόσιας διαβούλευσης της Ζυρίχης ή ο σχεδιασμός κινητικότητας με επικεφαλής τη γειτονιά της Βαρκελώνης - βελτιώνει τη νομιμότητα και την υιοθέτηση του συστήματος (Allen et al., 2020; Bontorin et al., 2024).

5.5 Τεχνολογικοί Παράγοντες

Η τεχνολογία παίζει μετασχηματιστικό ρόλο στον επαναπροσδιορισμό των μαζικών μεταφορών. Η διαχείριση στόλου σε πραγματικό χρόνο, η πρόβλεψη ζήτησης που βασίζεται στην Τεχνητή Νοημοσύνη, η δυναμική δρομολόγηση και τα ολοκληρωμένα συστήματα πληρωμών συμβάλλουν σε πιο έξυπνα και αποτελεσματικά δίκτυα κινητικότητας (Bierlaire, 2015; Modak et al., 2019).

Η χρήση έξυπνων αισθητήρων και εργαλείων ολοκλήρωσης δεδομένων, όπως διερευνήθηκε από τους Alahi et al. (2014), βελτιστοποιεί την ανάπτυξη οχημάτων και μειώνει τους χρόνους αναμονής. Επιπλέον, η προγνωστική ανάλυση ενισχύει τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον σχεδιασμό διαδρομών, τη συχνότητα των υπηρεσιών και την ανάπτυξη υποδομών.

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης σε εφαρμογές πολυτροπικών μεταφορών διευκολύνει τις προσαρμοστικές υπηρεσίες. Πλατφόρμες όπως η Whim του Ελσίνκι ή η Jelbi του Βερολίνου επιτρέπουν στους χρήστες να σχεδιάζουν, να κάνουν κρατήσεις και να πληρώνουν για σύνθετες τμετακινήσεις που περιλαμβάνουν πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς σε μία απρόσκοπτη διεπαφή (Allen et al., 2019a). Αυτά τα συστήματα βασίζονται σε δεδομένα χρηστών για να προσφέρουν εξατομικευμένες επιλογές ταξιδιού και να προβλέπουν τη συμμόρφωση.

Ωστόσο, ο πολλαπλασιασμός των ψηφιακών πλατφορμών εγείρει επίσης ζητήματα απορρήτου δεδομένων, κυβερνοασφάλειας και αλγοριθμικής διαφάνειας. Οι πόλεις πρέπει να υιοθετήσουν ισχυρά πλαίσια διακυβέρνησης δεδομένων για να εξισορροπήσουν την καινοτομία με την προστασία των χρηστών, ειδικά καθώς τα δεδομένα κινητικότητας εμπορευματοποιούνται και αξιοποιούνται ολοένα και περισσότερο από ανταγωνιστικές εταιρείες (Pacheco Paneque et al., 2021).

5.6 Οικολογικοί Παράγοντες

Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα είναι ένα από τα ισχυρότερα επιχειρήματα για την επένδυση σε συλλογικές μεταφορές. Η αντικατάσταση πολλαπλών ατομικών μετακινήσεων με αυτοκίνητο με κοινές, ηλεκτροκίνητες εναλλακτικές μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τα σωματίδια και τη συνολική κατανάλωση ενέργειας (Sharma et al., 2023; Gutiérrez et al., 2020).

Η μετάβαση σε ηλεκτρικά λεωφορεία και κοινά ηλεκτρικά μικρο-οχήματα - όπως στη Βαρκελώνη και το Άμστερνταμ - μειώνει σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση στις αστικές περιοχές και υποστηρίζει τους κλιματικούς στόχους (Moret et al., 2020; Porru et al., 2020). Η διαμοιρασμένη μετακίνηση μειώνει επίσης τη γη που διατίθεται για χώρους στάθμευσης και δρόμους, διατηρώντας τον πράσινο χώρο και ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη με γνώμονα τις συγκοινωνίες (Ortúzar, 2019).

Επιπλέον, οι στρατηγικές «διπλής κινητικότητας», οι οποίες ενσωματώνουν συστήματα εμπορευματικών και επιβατικών μεταφορών (π.χ., κοινά ηλεκτρικά βαν στο Άμστερνταμ), μειώνουν τις εκπομπές ρύπων και τη συμφόρηση στο τελευταίο μίλι, μεγιστοποιώντας παράλληλα την αξιοποίηση των οχημάτων (Bontorin et al., 2024).

Ωστόσο, οι προκλήσεις παραμένουν. Χωρίς ένα καθαρό ενεργειακό δίκτυο, η ηλεκτροκίνηση από μόνη της δεν θα επιτύχει την απαλλαγή από τον άνθρακα. Η αλλαγή συμπεριφοράς είναι επίσης απαραίτητη: χωρίς μηχανισμούς τιμολόγησης ή κίνητρα (π.χ. τέλη συμφόρησης, όρια στάθμευσης), οι χρήστες μπορούν να επιστρέψουν στη χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων. Η βιώσιμη

κινητικότητα απαιτεί επομένως τόσο πράσινες τεχνολογίες όσο και ισχυρή ευθυγράμμιση πολιτικής (Pacheco Paneque et al., 2021; Robenek et al., 2018).

5.7 Πολιτικοί και Νομικοί Παράγοντες

Τα πλαίσια πολιτικής διαμορφώνουν την επιτυχία των συστημάτων συλλογικών μεταφορών. Η υποστηρικτική διακυβέρνηση - σε δημοτικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο - μπορεί να δημιουργήσει τον κανονιστικό χώρο και τα οικονομικά κίνητρα για καινοτομία και ισότητα.

Η τιμολογιακή πολιτική της Βιέννης, οι κανονισμοί λεωφορείων σε πραγματικό χρόνο της Σιγκαπούρης και τα σχέδια ενσωμάτωσης εμπορευματικών μεταφορών του Άμστερνταμ δείχνουν ότι οι πόλεις με προληπτικό σχεδιασμό και συντονισμό μεταξύ των φορέων εφαρμόζουν πιο αποτελεσματικά συστήματα (Flügel et al., 2019; Kadem et al., 2024). Οι πολιτικές πρέπει να αφορούν την αδειοδότηση, την εργασιακή κατηγοριοποίηση και τα πρότυπα ενσωμάτωσης διατροφικών μεταφορών.

Οι συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ) κατέχουν ολοένα και πιο κεντρική θέση στην ανάπτυξη υποδομών και την παροχή υπηρεσιών. Ωστόσο, απαιτείται νομική σαφήνεια για να διασφαλιστεί η ευθυγράμμιση των εμπορικών συμφερόντων με τους δημόσιους στόχους. Οι μακροπρόθεσμες συμβάσεις, η παρακολούθηση της ποιότητας των υπηρεσιών και οι απαιτήσεις για ανοιχτά δεδομένα συμβάλλουν στην πρόληψη μονοπωλιακών πρακτικών ή υποβάθμισης των υπηρεσιών (Bontorin et al., 2024; Schmidt et al., 2019).

Για την ένταξη και την ανθεκτικότητα πρέπει επίσης να δοθεί προτεραιότητα στον νομικό σχεδιασμό. Θα πρέπει να απαιτούνται αξιολογήσεις των επιπτώσεων στην ισότητα των μεταφορών για όλα τα μεγάλα έργα κινητικότητας και θα πρέπει να θεσμοθετηθούν μηχανισμοί για την εποπτεία της κοινότητας, ώστε να διασφαλίζεται η λογοδοσία και οι συνεχείς βελτιώσεις των υπηρεσιών.

Το πλαίσιο DESTEP καταδεικνύει ότι τα συστήματα συλλογικών μεταφορών είναι ενσωματωμένα σε ένα σύνθετο πλέγμα κοινωνικών, οικονομικών, τεχνολογικών, περιβαλλοντικών και πολιτικών δυνάμεων. Αντιμετωπίζοντας αυτές τις διαστάσεις ολιστικά, οι

μηχανικοί και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να σχεδιάσουν συστήματα κινητικότητας που δεν είναι μόνο αποτελεσματικά και βιώσιμα, αλλά και συμπεριληπτικά και ανθεκτικά.

Η στρατηγική ευθυγράμμιση με τις δημογραφικές τάσεις, τους οικονομικούς περιορισμούς, τις πολιτιστικές ανάγκες, τις τεχνολογικές ευκαιρίες, τις οικολογικές επιταγές και τις πολιτικές ευθύνες είναι ζωτικής σημασίας για τη μεγιστοποίηση της αξίας των επενδύσεων σε συλλογικές μεταφορές. Αυτά τα συστήματα, όταν εφαρμόζονται προσεκτικά, καθίστανται βασικοί παράγοντες που καταλύουν την κοινωνική ισότητα, την αστική ευημερία και την πλανητική υγεία.

Δημογραφικοί Παράγοντες (Demographic)	Οικονομικοί Παράγοντες (Economic)	Κοινωνικοπολιτισμικοί Παράγοντες (Socio-cultural)	Τεχνολογικοί Παράγοντες (Technological)	Οικολογικοί Παράγοντες (Ecological)	Πολιτικοί/Νομικοί Παράγοντες (Political/Legal)
Αστικοποίηση και αύξηση πληθυσμού εντείνουν τη ζήτηση μεταφορών	Συμφόρηση και κόστη ωθούν σε εναλλακτικές λύσεις	Μεταβολή στάσεων νέων γενεών απέναντι στην ιδιοκτησία οχημάτων	AI, αισθητήρες, εφαρμογές MaaS βελτιώνουν την αποδοτικότητα	Μείωση εκπομπών μέσω κοινών ηλεκτροκίνητων λύσεων	Πολιτικές τιμολόγησης, αδειοδότησης και πρότυπα ενσωμάτωσης
Γήρανση πληθυσμού απαιτεί προσβασιμότητα και καθολικό σχεδιασμό	Δημόσιες επενδύσεις (π.χ. πάσο 365€) ενισχύουν τη βιωσιμότητα	Ανάγκη για ασφαλείς, οικονομικά προσιτές μεταφορές για γυναίκες	Ενοποίηση μεταφορών σε πλατφόρμες τύπου Whim ή Jelbi	Ενσωμάτωση εμπορευματικών και επιβατικών ροών (διπλή κινητικότητα)	Συμπράξεις δημόσιου/ιδιωτικού τομέα απαιτούν διαφάνεια
Μετανάστευση ενισχύει την ανάγκη για πολιτισμικά ευαίσθητες υπηρεσίες	Δημιουργία θέσεων εργασίας σε τεχνικούς και ψηφιακούς τομείς	Ψηφιακός αποκλεισμός οδηγεί σε ανισότητες στην πρόσβαση	Προγνωστική ανάλυση και δυναμική δρομολόγηση	Πράσινες τεχνολογίες απαιτούν καθαρό ενεργειακό δίκτυο	Θεσμοθέτηση ελέγχων ισότητας και συμμετοχής κοινότητας
Πολυγλωσσικές διεπαφές & ενημέρωση για περιθωριοποιημένες ομάδες	Εξοικονόμηση μέσω μείωσης εξάρτησης από Ι.Χ.	Συμμετοχικός σχεδιασμός αυξάνει αποδοχή και εμπιστοσύνη	Ζητήματα απορρήτου, διακυβέρνησης και διαφάνειας δεδομένων	Συμπεριφορικές αλλαγές απαιτούν πολιτικά κίνητρα (τέλη, όρια)	Εναρμόνιση στόχων και νομική σαφήνεια για βιώσιμα συμβόλαια

Πίνακας 3 Σύνοψη Ανάλυσης DESTEP για Συλλογικές Μεταφορές (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Κεφάλαιο 6^ο: Μελλοντικές προοπτικές και συστάσεις πολιτικής

6.1 Το μέλλον της συλλογικής μετακίνησης

Το μέλλον των αστικών μεταφορών βρίσκεται σε μια κρίσιμη καμπή, διαμορφωμένη από τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις, τις επείγουσες περιβαλλοντικές προκλήσεις, τις μεταβαλλόμενες κοινωνικές προσδοκίες και την κρίσιμη ανάγκη για κοινωνική ένταξη. Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να αναπτύσσονται και οι ανάγκες της αστικής κινητικότητας γίνονται πιο περίπλοκες, η εξέλιξη των συστημάτων δημόσιων συγκοινωνιών προς μεγαλύτερη βιωσιμότητα, ευελιξία και χρηστοκεντρικότητα είναι αναπόφευκτη (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023). Επιπλέον, η ανάπτυξη έξυπνων πόλεων αναδιαμορφώνει ολοένα και περισσότερο τον τρόπο με τον οποίο οραματιζόμαστε, σχεδιάζουμε και εφαρμόζουμε την αστική κινητικότητα. Καθώς οι πόλεις υιοθετούν ψηφιακές τεχνολογίες για να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής, την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα, τα συστήματα αστικών μεταφορών βρίσκονται στην πρώτη γραμμή αυτού του μετασχηματισμού. Οι έξυπνες πόλεις επιδιώκουν να ενσωματώσουν τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ), ανάλυση δεδομένων και καινοτόμα πλαίσια σχεδιασμού για να δημιουργήσουν συνδεδεμένα, επικεντρωμένα στον χρήστη και περιβαλλοντικά υπεύθυνα οικοσυστήματα κινητικότητας (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο για τη βελτιστοποίηση των συστημάτων συλλογικών μεταφορών, επιτρέποντας τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, την προσαρμογή των διαδρομών και την πρόβλεψη της ζήτησης. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπουν στους φορείς εκμετάλλευσης μέσω μαζικής μεταφοράς να προγραμματίζουν δυναμικά τις υπηρεσίες με βάση την πραγματική ζήτηση και όχι με βάση σταθερά χρονοδιαγράμματα, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών και την ικανοποίηση των επιβατών (Porru et al., 2020). Αυτή η τεχνολογία υποστηρίζει επίσης την ενσωμάτωση επιλογών μικρομεταφοράς, όπως τα λεωφορεία κατ' απαίτηση, σε υπάρχοντα δίκτυα, ενισχύοντας την κάλυψη σε υποεξυπηρετούμενες περιοχές.

Η ευρεία υιοθέτηση πληροφοριών για τους επιβάτες σε πραγματικό χρόνο, η προγνωστική ανάλυση και ο δυναμικός προγραμματισμός αναμένεται να επαναπροσδιορίσουν την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών και την εμπειρία των χρηστών. Τεχνολογίες όπως η παρακολούθηση GPS, οι αισθητήρες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και οι πλατφόρμες μεγάλων δεδομένων επιτρέπουν στις πόλεις να παρακολουθούν τις ροές κυκλοφορίας, τις λειτουργίες των δημόσιων συγκοινωνιών και τις συμπεριφορές κινητικότητας με πρωτοφανή ακρίβεια (Alahi et al., 2014). Εργαλεία όπως αυτά που μελετήθηκαν από τους Alahi et al. (2014) και Bierlaire (2015) δείχνουν πώς ακόμα και αισθητήρες χαμηλού κόστους και χαμηλής ανάλυσης—όπως κάμερες περιορισμένης ευκρίνειας—μπορούν, σε συνδυασμό με τεχνικές σύντηξης δεδομένων και προηγμένες προσομοιώσεις, να βελτιστοποιήσουν την κατανομή των οχημάτων, να μειώσουν τους χρόνους αναμονής και να προβλέψουν με ακρίβεια τα πρότυπα μετακίνησης. Καθώς οι πόλεις επενδύουν περισσότερο σε έξυπνες υποδομές, η λήψη αποφάσεων που βασίζονται σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο θα γίνει ο κανόνας και όχι η εξαίρεση.

Ταυτόχρονα, η περιβαλλοντική ενσωμάτωση θα γίνει πιο έντονη. Οι στρατηγικές αστικής κινητικότητας θα ευθυγραμμίζονται ολοένα και περισσότερο με ευρύτερα πλαίσια βιωσιμότητας, όπως οι Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΣΒΑ) των Ηνωμένων Εθνών (Sharma et al., 2023). Οι πράσινοι διάδρομοι, οι στόχοι μείωσης των εκπομπών και η βιώσιμη αστική εφοδιαστική θα αποτελέσουν κεντρικά στοιχεία των μελλοντικών στρατηγικών μεταφορών. Έργα που ενσωματώνουν τις συλλογικές μεταφορές με τους πράσινους δημόσιους χώρους, την αστική γεωργία και τα ενεργειακά θετικά κτίρια θα συμβάλουν στη συνολική οικολογική υγεία των πόλεων. Η ηλεκτροκίνηση και η απαλλαγή από τις εκπομπές άνθρακα θα είναι επίσης κεντρικής σημασίας για το μέλλον της αστικής κινητικότητας. Η μετάβαση σε ηλεκτρικά λεωφορεία, οχήματα μικροκινητικότητας και στόλους διαμοιρασμένων οχημάτων που τροφοδοτούνται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα είναι κρίσιμη για την επίτευξη των κλιματικών στόχων (Moret et al., 2020; Bontorin et al., 2024). Πόλεις όπως το Άμστερνταμ και η Βαρκελώνη ήδη πρωτοπορούν στην ανάπτυξη ηλεκτρικών συλλογικών μεταφορών και αυτή η τάση αναμένεται να επιταχυνθεί καθώς οι τεχνολογίες μπαταριών βελτιώνονται και οι υποδομές φόρτισης επεκτείνονται. Πέρα από τις λειτουργικές μειώσεις εκπομπών, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος του κύκλου ζωής της παραγωγής και της απόρριψης/ανακύκλωσης οχημάτων πρέπει επίσης να ελαχιστοποιηθεί, απαιτώντας μια πλήρη βιώσιμη προσέγγιση σε επίπεδο συστήματος (Pacheco Paneque et al., 2021).

Το μελλοντικό τοπίο των αστικών μεταφορών θα χαρακτηρίζεται επίσης μία βαθύτερη πολυτροπική ολοκλήρωση. Τα λεωφορεία, οι σιδηρόδρομοι, τα κοινόχρηστα ποδήλατα και η μικροκινητικότητα δεν θα λειτουργούν πλέον μεμονωμένα. Αντ' αυτού, οι ολοκληρωμένες πλατφόρμες Κινητικότητας ως Υπηρεσία (MaaS) θα προσφέρουν απρόσκοπτες διαδρομές από άκρο σε άκρο μέσω ενοποιημένων συστημάτων κρατήσεων, πληρωμών και πλοήγησης (Allen et al., 2019a; Allen et al., 2019b). Το μοντέλο MaaS του Ελσίνκι παρέχει ένα πρότυπο για τέτοια οικοσυστήματα, συνδυάζοντας δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες κινητικότητας σε ένα ενιαίο περιβάλλον χρήστη. Καθώς οι συλλογικές μεταφορές γίνονται πιο διασυνδεδεμένες, τα παραδοσιακά όρια μεταξύ ιδιωτικών και δημόσιων τρόπων μεταφοράς θα θολώσουν, ενισχύοντας μεγαλύτερη ευελιξία και ενδυνάμωση των χρηστών (Portu et al., 2020).

Μια άλλη αναδυόμενη προτεραιότητα είναι η εξατομίκευση και ο σχεδιασμός με επίκεντρο τον χρήστη. Οι μελλοντικές συλλογικές μεταφορές θα καλύπτουν τις ποικίλες ανάγκες των χρηστών προσφέροντας προσαρμοστικές υπηρεσίες με βάση τις προτιμήσεις και τις συμπεριφορές σε πραγματικό χρόνο (Gutiérrez et al., 2020). Οι αλγόριθμοι προγνωστικής τεχνητής νοημοσύνης όχι μόνο θα προτείνουν βέλτιστες διαδρομές, αλλά θα προσαρμόζουν επίσης τις υπηρεσίες σε συγκεκριμένες δημογραφικές ομάδες, όπως ηλικιωμένους επιβάτες ή άτομα με αναπηρίες (Scarinci et al., 2017). Αυτή η εξατομίκευση πρέπει να εξισορροπείται με τις αρχές της ισότητας, διασφαλίζοντας ότι οι ευάλωτες ομάδες ιεραρχούνται κατά προτεραιότητα και ότι αντιμετωπίζονται τα ψηφιακά χάσματα (Pacheco Paneque et al., 2021).

Επιπλέον, η διακυβέρνηση των αστικών μεταφορών θα υποστεί μια βαθιά μεταμόρφωση. Οι δημόσιοι φορείς θα μετατραπούν από άμεσους παρόχους υπηρεσιών σε ενорχηστρωτές σύνθετων οικοσυστημάτων κινητικότητας (Sharma et al., 2023). Αυτό θα απαιτήσει νέες δυνατότητες στη διακυβέρνηση δεδομένων, τη διαχείριση συμβάσεων και τη συνεργασία δημόσιου-ιδιωτικού τομέα. Όπως σημειώνουν οι Robenek et al. (2018) και Kadem et al. (2024), οι συνεργασίες με ιδιωτικούς παρόχους κινητικότητας θα χρειαστούν σαφή κανονιστικά πλαίσια για να διασφαλιστεί ότι τα δημόσια συμφέροντα, όπως η προσιτή τιμή, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα και η προσβασιμότητα, διατηρούνται, αξιοποιώντας παράλληλα την ιδιωτική καινοτομία.

Η κοινωνική ισότητα και συμπερίληψη θα παραμείνει στην πρώτη γραμμή του μελλοντικού σχεδιασμού μεταφορών. Οι πόλεις πρέπει να σχεδιάσουν ενεργά συστήματα κινητικότητας που εξυπηρετούν όλους τους πληθυσμούς ισότιμα, ιδίως καθώς η τεχνολογική καινοτομία κινδυνεύει

να εμβαθύνει τα κοινωνικά χάσματα (Flügel et al., 2019; Schmidt et al., 2019). Οι αρχές σχεδιασμού χωρίς αποκλεισμούς, οι διαδικασίες συμμετοχικού σχεδιασμού και οι στοχευμένες επιδοτήσεις θα είναι απαραίτητες για την αποτροπή της περιθωριοποίησης των κοινοτήτων χαμηλού εισοδήματος, των αγροτικών περιοχών ή των ψηφιακά μειονεκτούντων κοινοτήτων. Όπως τόνισαν οι Flötteröd et al. (2011), τα συστήματα μεταφορών πρέπει να βελτιστοποιηθούν όχι μόνο για λειτουργική αποτελεσματικότητα αλλά και για κοινωνικό αντίκτυπο.

Σε επίπεδο υποδομών, το μέλλον θα δώσει προτεραιότητα σε προσαρμοστικούς και ανθεκτικούς σχεδιασμούς. Τα δίκτυα μεταφορών θα πρέπει να ανταποκρίνονται γρήγορα στις κυμαινόμενες απαιτήσεις, στις κλιματικές διαταραχές και στα νέα πρότυπα κινητικότητας. Οι επενδύσεις σε αρθρωτές (modular) υποδομές - όπως ευέλικτοι διάδρομοι ταχείας διέλευσης λεωφορείων ή αναδυόμενες ποδηλατόδρομοι - θα επιτρέψουν στις πόλεις να κλιμακώνουν δυναμικά τις υπηρεσίες καθώς αλλάζουν οι συνθήκες (Modak et al., 2019; Robenek et al., 2018). Τα διδάγματα που αντλήθηκαν κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 υπογραμμίζουν την ανάγκη για εναλλακτικές, ευελιξία και την ικανότητα διατήρησης βασικών υπηρεσιών κινητικότητας ακόμη και υπό συνθήκες κρίσης.

Μια άλλη σημαντική εξέλιξη θα είναι η άνοδος της συλλογικής μικροκινητικότητας. Ενώ τα κοινόχρηστα ποδήλατα και σκούτερ έχουν ήδη κερδίσει έδαφος, τα μελλοντικά μοντέλα θα ενσωματώσουν αυτά τα μέσα πιο στενά στα δίκτυα μαζικής μεταφοράς, προσφέροντας λύσεις συνδεσιμότητας πρώτου και τελευταίου μιλίου που είναι βιώσιμες, οικονομικά προσιτές και κλιμακούμενες (Bontorin et al., 2024; Porru et al., 2020).

Τέλος, ο μετασχηματισμός της κουλτούρας μετακίνησης θα είναι απαραίτητος για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων των μελλοντικών συλλογικών μεταφορών. Η υπέρβαση της εδραιωμένης εξάρτησης από το αυτοκίνητο θα απαιτήσει όχι μόνο τεχνολογική καινοτομία αλλά και αλλαγές στους κοινωνικούς κανόνες, τις αξίες και τις φιλοδοξίες (Gutiérrez et al., 2020). Οι εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού, οι εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες και τα κίνητρα για βιώσιμες συμπεριφορές μετακίνησης θα είναι εξίσου σημαντικά με τις επενδύσεις σε υποδομές.

Συμπερασματικά, το μέλλον των αστικών μεταφορών θα διαμορφωθεί από τη σύγκλιση της τεχνολογικής καινοτομίας, τις επιταγές βιωσιμότητας, τις προτεραιότητες κοινωνικής ισότητας και τον ανθεκτικό αστικό σχεδιασμό. Οι συλλογικές μεταφορές θα συνεχίσουν να εξελίσσονται από ένα παραδοσιακό μοντέλο υπηρεσιών σε ένα ολοκληρωμένο, δυναμικό οικοσύστημα

κινητικότητα με επίκεντρο τον χρήστη. Οι πόλεις που θα αγκαλιάσουν αυτήν την εξέλιξη με διορατικότητα, συμπερίληψη και προσαρμοστικότητα θα είναι στην καλύτερη θέση για να προσφέρουν αποτελεσματικές, βιώσιμες και προσβάσιμες λύσεις κινητικότητας για τις μελλοντικές γενιές (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

6.2 Συστάσεις Πολιτικής για Βιώσιμη Ανάπτυξη

Όπως προαναφέρθηκε, η επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης στις αστικές συλλογικές μεταφορές απαιτεί προληπτικές, συντονισμένες και συμπεριληπτικές πολιτικές παρεμβάσεις. Καθώς οι πόλεις παγκοσμίως αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις της αύξησης του πληθυσμού, της κλιματικής αλλαγής και των κοινωνικοοικονομικών ανισοτήτων, καθίσταται ολοένα και πιο σαφές ότι τα μοντέλα κινητικότητας business-as-usual είναι ανεπαρκή (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023). Αντ' αυτού, απαιτούνται ολοκληρωμένα πλαίσια πολιτικής για την υποστήριξη της μετάβασης σε ολοκληρωμένα, δίκαια και περιβαλλοντικά βιώσιμα συστήματα συλλογικών μεταφορών.

Πρώτον, η ιεράρχηση των επενδύσεων σε υποδομές συλλογικών μεταφορών είναι θεμελιώδης. Οι δημόσιες αρχές πρέπει να διαθέσουν πόρους για την επέκταση και τον εκσυγχρονισμό των δικτύων λεωφορείων, τραμ, μετρό και μικροκινητικότητας, διασφαλίζοντας ότι οι υπηρεσίες κινητικότητας υψηλής ποιότητας είναι διαθέσιμες σε αστικές, περιαστικές και αγροτικές περιοχές (Portu et al., 2020). Ο σχεδιασμός υποδομών θα πρέπει να επικεντρώνεται σε πολυτροπικούς κόμβους που ενσωματώνουν απρόσκοπτα τα συλλογικά και τα κοινόχρηστα μέσα μεταφοράς, ενισχύοντας τη συνδεσιμότητα, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τους χρόνους ταξιδιού και την ταλαιπωρία των χρηστών (Allen et al., 2019a).

Δεύτερον, η προώθηση της ηλεκτροκίνησης των δημόσιων και συλλογικών στόλων θα πρέπει να αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της πολιτικής βιώσιμων μεταφορών. Η ηλεκτροκίνηση λεωφορείων, οχημάτων μικροκινητικότητας και στόλων κοινής χρήσης οχημάτων μπορεί να μειώσει δραστικά τις εκπομπές άνθρακα στις αστικές περιοχές και να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα (Bontorin et al., 2024; Moret et al., 2020). Οι κυβερνήσεις θα πρέπει να υποστηρίξουν αυτή τη μετάβαση μέσω επιδοτήσεων για την απόκτηση ηλεκτρικών οχημάτων, επενδύσεων σε εκτεταμένες και προσβάσιμες υποδομές φόρτισης και κινήτρων για τους φορείς εκμετάλλευσης στόλων ώστε να

επιτύχουν φιλόδοξους στόχους μείωσης των εκπομπών. Επιπλέον, πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην ενσωμάτωση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ώστε να διασφαλιστεί ότι η ηλεκτροκίνηση υποστηρίζει πραγματικά την απαλλαγή από τον άνθρακα (Pacheco Paneque et al., 2021).

Τρίτον, η ενίσχυση των ψηφιακών υποδομών και της διακυβέρνησης δεδομένων είναι απαραίτητη. Η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η προγνωστική ανάλυση και οι ολοκληρωμένες πλατφόρμες κινητικότητας θα καθορίσουν την επόμενη γενιά συλλογικών μεταφορών (Alahi et al., 2014; Bierlaire, 2015). Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει να διευκολύνουν την ανάπτυξη οικοσυστημάτων ανοιχτών δεδομένων όπου οι δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς εκμετάλλευσης θα μοιράζονται πληροφορίες με διαφάνεια, σε ασφαλή πλαίσια που προστατεύονται από την ιδιωτικότητα. Αυτό όχι μόνο θα βελτιστοποιήσει την παροχή υπηρεσιών, αλλά θα επιτρέψει επίσης στις πόλεις να παρακολουθούν αποτελεσματικά μετρήσεις απόδοσης όπως η ακρίβεια, οι εκπομπές και τα αποτελέσματα ισότητας (Pacheco Paneque et al., 2021).

Τέταρτον, οι πολιτικές πρέπει να υποστηρίζουν την ανάπτυξη της Κινητικότητας ως Υπηρεσίας (MaaS), διαφυλάσσοντας παράλληλα τις οινωνικές αξίες. Οι πλατφόρμες MaaS, οι οποίες ενσωματώνουν πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς σε ενοποιημένες ψηφιακές υπηρεσίες, προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες για την ενίσχυση της ευκολίας των χρηστών και τη μείωση της εξάρτησης από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα (Allen et al., 2019b; Gutiérrez et al., 2020). Ωστόσο, οι δημόσιες αρχές πρέπει να ρυθμίζουν την MaaS για να διασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των παρόχων, να προστατεύουν τα δικαιώματα των καταναλωτών, να διατηρούν δίκαιες δομές τιμολόγησης και να αποτρέπουν τη μονοπώληση της αγοράς (Portu et al., 2020). Το δημόσιο συμφέρον πρέπει να καθοδηγεί την ανάπτυξη της MaaS, διασφαλίζοντας ότι συμπληρώνει και όχι υπονομεύει τα υπάρχοντα συστήματα μαζικής μεταφοράς.

Πέμπτον, η ενσωμάτωση της κοινωνικής ισότητας στον σχεδιασμό των μεταφορών είναι αδιαπραγμάτευτη. Οι πολιτικές μεταφορών θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι οι επενδύσεις και οι βελτιώσεις στις υπηρεσίες φτάνουν σε περιθωριοποιημένες κοινότητες, συμπεριλαμβανομένων των γειτονιών χαμηλού εισοδήματος, των αγροτικών περιοχών και των ατόμων με κινητικά προβλήματα (Flügel et al., 2019; Scarinci et al., 2017). Οι αξιολογήσεις των επιπτώσεων στην ισότητα θα πρέπει να ενσωματωθούν στον σχεδιασμό των έργων και οι δομές των κομίστρων θα πρέπει να περιλαμβάνουν μηχανισμούς όπως στοχευμένες επιδοτήσεις ή ανώτατο όριο κομίστρων για τη διατήρηση της προσιτής τιμής για τις ευάλωτες ομάδες (Schmidt et al., 2019). Επιπλέον, οι

διαδικασίες συμμετοχής χωρίς αποκλεισμούς πρέπει να γίνουν μια τυπική πρακτική, δίνοντας στις πληγείσες κοινότητες φωνή στις αποφάσεις για την κινητικότητα.

Έκτον, η ενθάρρυνση των συμπράξεων δημόσιου-ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ) θα είναι ζωτικής σημασίας για την κλιμάκωση των συλλογικών λύσεων μεταφορών. Οι φορείς του ιδιωτικού τομέα μπορούν να προσφέρουν καινοτομία, επιχειρησιακή εμπειρογνομosύνη και χρηματοδοτική ικανότητα για να συμπληρώσουν τους στόχους του δημόσιου τομέα (Bontorin et al., 2024; Robenek et al., 2018). Ωστόσο, οι συμβάσεις πρέπει να διαρθρώνονται προσεκτικά ώστε να ευθυγραμμίζονται τα ιδιωτικά κίνητρα με τα δημόσια αποτελέσματα, όπως η ποιότητα των υπηρεσιών, η περιβαλλοντική απόδοση και η κοινωνική ένταξη (Kadem et al., 2024). Σαφή σημεία αναφοράς απόδοσης και μηχανισμοί δημόσιας εποπτείας είναι απαραίτητα για τη διασφάλιση της λογοδοσίας και την αποτροπή της παρέκκλισης από την αποστολή.

Έβδομο, η παροχή κινήτρων για αλλαγές συμπεριφοράς προς τη βιώσιμη κινητικότητα θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της πολιτικής μεταφορών. Η αποκλειστική εξάρτηση από βελτιώσεις στην πλευρά της προσφοράς δεν επαρκεί, οι παρεμβάσεις στην πλευρά της ζήτησης είναι απαραίτητες για την ενθάρρυνση των αλλαγών των μέσων μεταφοράς (Gutiérrez et al., 2020). Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει να εφαρμόσουν μέτρα όπως η τιμολόγηση της συμφόρησης, οι ζώνες χαμηλών εκπομπών, τα αντικίνητρα ιδιοκτησίας αυτοκινήτων και η μεταρρύθμιση της στάθμευσης, προωθώντας παράλληλα εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού σχετικά με τα οφέλη των συλλογικών και ενεργητικών μεταφορών (Ortúzar, 2019).

Όγδοο, η υποστήριξη της καινοτομίας σε εύελικτες και ανταποκρινόμενες στη ζήτηση υπηρεσίες θα ενισχύσει την προσαρμοστικότητα του συστήματος. Οι αναδύόμενες τεχνολογίες καθιστούν δυνατή την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας ακόμη και σε περιοχές χαμηλής πυκνότητας ή σύνθετες αστικές περιοχές όπου οι παραδοσιακές υπηρεσίες σταθερής διαδρομής είναι αναποτελεσματικές (Binder et al., 2017; Modak et al., 2019). Οι κυβερνήσεις θα πρέπει να εφαρμόσουν πιλοτικά και να υποστηρίξουν δυναμικές υπηρεσίες μικροκινητικότητας, κοινής χρήσης οχημάτων και αυτόνομων λεωφορείων βάσει πειραματικών κανονιστικών πλαισίων που επιτρέπουν την επαναληπτική μάθηση και κλιμάκωση (Scarinci et al., 2017).

Ένατο, η ευθυγράμμιση της αστικής ανάπτυξης με τους στόχους βιώσιμων μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας. Ο χωροταξικός σχεδιασμός και η πολιτική μεταφορών πρέπει να συντονίζονται στενά για να υποστηρίξουν την ανάπτυξη προσανατολισμένη στις συγκοινωνίες (TOD), η οποία

συγκεντρώνει τη στέγαση, την απασχόληση και τις υπηρεσίες γύρω από συλλογικούς κόμβους μεταφορών (Allen et al., 2019a; Schmidt et al., 2019). Αυτή η προσέγγιση μειώνει τις αποστάσεις μετακίνησης, ενθαρρύνει συμπεριφορές βιώσιμης κινητικότητας και ενισχύει την οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων δημόσιων συγκοινωνιών.

Τέλος, η οικοδόμηση ανθεκτικών συστημάτων μεταφορών είναι απαραίτητη για την προετοιμασία για μελλοντικές διαταραχές, είτε από πανδημίες, κλιματικά γεγονότα είτε οικονομικές κρίσεις (Modak et al., 2019). Τα πλαίσια πολιτικής θα πρέπει να δίνουν έμφαση στον πλεονασμό, την ευελιξία και την αρθρωτή δομή στις υπηρεσίες και τις υποδομές μεταφορών. Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης για τις μεταφορές, η ταχεία ανάπτυξη προσωρινών υπηρεσιών και οι επενδύσεις σε ισχυρές ψηφιακές πλατφόρμες μπορούν να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα του συστήματος (Robenek et al., 2018).

Κεφάλαιο 7^ο: Συμπεράσματα

Η αστική κινητικότητα σήμερα αντιμετωπίζει ένα κρίσιμο σταυροδρόμι. Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να αναπτύσσονται, οι απαιτήσεις για τα συστήματα μεταφορών εντείνονται, δημιουργώντας μια πιεστική ανάγκη για λύσεις που είναι βιώσιμες, χωρίς αποκλεισμούς και προσαρμόσιμες. Αυτή η διπλωματική εργασία έχει διερευνήσει σε βάθος τον ρόλο που μπορούν να διαδραματίσουν τα συστήματα συλλογικών μεταφορών στην ενίσχυση της αστικής κινητικότητας στο ευρύτερο πλαίσιο των νέων τάσεων κινητικότητας, των τεχνολογικών καινοτομιών, των περιβαλλοντικών επιταγών και των κοινωνικών προκλήσεων.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ανάλυσης, κατέστη σαφές ότι τα συστήματα συλλογικών μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των ευέλικτων συστημάτων λεωφορείων, της μικροκινητικότητας και των υπηρεσιών διαμοιρασμού οχημάτων, προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή εξάρτηση από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα. Συμβάλλουν στη μείωση της συμφόρησης, στη μείωση των εκπομπών άνθρακα, στη βελτίωση της πρόσβασης σε βασικές υπηρεσίες και στην ενίσχυση της κοινωνικής ισότητας (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023). Ενσωματώνοντας αναδυόμενες τεχνολογίες, προσαρμόζοντας στις απαιτήσεις σε πραγματικό χρόνο και εστιάζοντας στον σχεδιασμό με επίκεντρο τον χρήστη, οι συλλογικές μεταφορές μπορούν να επαναπροσδιορίσουν το μέλλον της αστικής κινητικότητας.

Η ιστορική εξέλιξη των δημόσιων συγκοινωνιών τόνισε ότι η συλλογική κινητικότητα εξελίσσεται πάντα ως απάντηση στις κοινωνικές αλλαγές, την τεχνολογική πρόοδο και τα πρότυπα αστικοποίησης. Από τα ιππήλατα τραμ μέχρι τα ηλεκτρικά μετρό και τα σύγχρονα ευφυή συστήματα μεταφορών (ITS), οι δημόσιες συγκοινωνίες προσαρμόζονται συνεχώς για να καλύπτουν τις μεταβαλλόμενες ανάγκες (Binder et al., 2017; Allen et al., 2019a). Σήμερα, αυτή η «κληρονομιά» προσαρμογής είναι πιο σημαντική από ποτέ, καθώς οι πόλεις επιδιώκουν να εξισορροπήσουν την αύξηση της κινητικότητας με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την κοινωνική ένταξη.

Ταυτόχρονα, οι τρέχουσες προκλήσεις στην αστική κινητικότητα -συμπεριλαμβανομένης της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της γήρανσης των υποδομών, των κενών στις υπηρεσίες, των οικονομικών εμποδίων και των κοινωνικών ανισοτήτων- απαιτούν ολιστικές και καινοτόμες

απαντήσεις (Flügel et al., 2019; Modak et al., 2019). Όπως αποδείχθηκε, οι παραδοσιακές δημόσιες συγκοινωνίες από μόνες τους, χωρίς ενσωμάτωση και εκσυγχρονισμό, αποτυγχάνουν συχνά να καλύψουν πλήρως τις ποικίλες και δυναμικές ανάγκες των σύγχρονων αστικών πληθυσμών. Επομένως, οι συλλογικές λύσεις μεταφορών πρέπει να εξελιχθούν ώστε να αγκαλιάζουν την ευελιξία, την τεχνολογική ενσωμάτωση και τον πολυτροπικό συντονισμό (Bontorin et al., 2024).

Η τεχνολογική καινοτομία παίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτήν την εξέλιξη. Εργαλεία όπως η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ο δυναμικός προγραμματισμός, η προγνωστική τεχνητή νοημοσύνη και οι πλατφόρμες ψηφιακής έκδοσης εισιτηρίων, μεταμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, λειτουργούν και βιώνονται οι υπηρεσίες (Alahi et al., 2014; Bierlaire, 2015; Pacheco Paneque et al., 2021). Αυτές οι τεχνολογίες ενισχύουν την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα, ενδυναμώνουν τους χρήστες με καλύτερες πληροφορίες και επιτρέπουν πιο βιώσιμη διαχείριση ενέργειας (Moret et al., 2020). Ωστόσο, η επιτυχής ανάπτυξη απαιτεί επίσης προσοχή σε ζητήματα απορρήτου, ψηφιακού γραμματισμού και ισότιμης πρόσβασης για την πρόληψη της επιδείνωσης του ψηφιακού χάσματος (Scarinci et al., 2017).

Τα πλαίσια πολιτικής αναδεικνύονται ως κρίσιμοι παράγοντες που καταλύουν τους μετασχηματισμούς της βιώσιμης κινητικότητας. Οι πολιτικές που ευθυγραμμίζουν τις χρήσεις γης με τον σχεδιασμό των μεταφορών, δίνουν προτεραιότητα στις επενδύσεις, στη συλλογική κινητικότητα, προωθούν την ηλεκτροκίνηση, ρυθμίζουν τις αναδυόμενες πλατφόρμες κινητικότητας και ενσωματώνουν την κοινωνική ισότητα στις υπηρεσίες μεταφορών είναι το κλειδί για τη δημιουργία ανθεκτικών και χωρίς αποκλεισμούς συστημάτων αστικής κινητικότητας (Porru et al., 2020; Allen et al., 2020). Το πρόσφατο Νέο Πλαίσιο Αστικής Κινητικότητας της ΕΕ, για παράδειγμα, ενισχύει τη σημασία των δημόσιων συγκοινωνιών στο επίκεντρο των βιώσιμων αστικών στρατηγικών (Sharma et al., 2023).

Μέσω μιας συγκριτικής μελέτης των υφιστάμενων μοντέλων συλλογικών μεταφορών και των βέλτιστων πρακτικών από κορυφαίες πόλεις, αυτή η εργασία έδειξε ότι η επιτυχία εξαρτάται από μια οικοσυστημική προσέγγιση. Πόλεις όπως το Ελσίνκι, το Άμστερνταμ και η Σιγκαπούρη καταδεικνύουν ότι οι ολοκληρωμένες, τεχνολογικά υποστηριζόμενες και φιλικές προς το χρήστη υπηρεσίες συλλογικών μεταφορών μπορούν να μειώσουν σημαντικά την εξάρτηση από το αυτοκίνητο, να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής και να υποστηρίξουν τους περιβαλλοντικούς

στόχους (Gutiérrez et al., 2020; Robenek et al., 2018). Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας περιλαμβάνουν την πολυτροπική ολοκλήρωση, τη συνεργασία δημόσιου-ιδιωτικού τομέα, την δίκαιη τιμολόγηση και την προληπτική συμμετοχή των χρηστών.

Ο ρόλος του ιδιωτικού τομέα και των συμπράξεων δημόσιου-ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ) είναι απαραίτητος σε αυτό το οικοσύστημα. Οι ιδιωτικοί φορείς φέρνουν καινοτομία, αποτελεσματικότητα και επενδύσεις, ενώ οι δημόσιοι φορείς πρέπει να διασφαλίζουν ότι οι υπηρεσίες συλλογικών μεταφορών παραμένουν προσβάσιμες, βιώσιμες και ευθυγραμμισμένες με τους ευρύτερους κοινωνικούς στόχους (Kadem et al., 2024; Scarinci et al., 2017). Οι καλά δομημένες ΣΔΙΤ που δίνουν έμφαση στη διαφάνεια, την λογοδοσία και την ποιότητα των υπηρεσιών μπορούν να γεφυρώσουν αποτελεσματικά το χάσμα μεταξύ των δημόσιων αναγκών και των ιδιωτικών δυνατοτήτων.

Η εξέταση των οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων τονίζει περαιτέρω τα πολυδιάστατα οφέλη των συλλογικών μεταφορών. Από οικονομικής άποψης, οι συλλογικές μεταφορές ενισχύουν την πρόσβαση στην αγορά εργασίας, μειώνουν το κόστος μεταφοράς των νοικοκυριών και τονώνουν την αστική ανάπτυξη (Allen et al., 2019a). Από περιβαλλοντικής άποψης, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, στον μετριασμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στην προώθηση της ενεργειακής απόδοσης (Moret et al., 2020; Bontorin et al., 2024). Κοινωνικά, οι μαζικές μεταφορές προάγουν την ένταξη, μειώνουν το αντίκτυπο της φτώχειας και υποστηρίζουν την ισότιμη πρόσβαση στις πόλεις (Flügel et al., 2019; Schmidt et al., 2019).

Κοιτάζοντας προς το μέλλον, οι προοπτικές για τις συλλογικές μεταφορές ευθυγραμμίζονται με το ευρύτερο όραμα των έξυπνων, βιώσιμων και χωρίς αποκλεισμούς πόλεων. Οι μαζικές μεταφορές θα αποτελούν όλο και περισσότερο μέρος πολυτροπικών, ψηφιακά ολοκληρωμένων οικοσυστημάτων όπου οι χρήστες θα μπορούν να έχουν πρόσβαση, να κάνουν κρατήσεις και να πληρώνουν για μετακινήσεις απρόσκοπτα σε διαφορετικά μέσα μεταφοράς (Allen et al., 2019b; Porru et al., 2020). Καινοτομίες όπως τα αυτόνομα οχήματα, η μικροκινητικότητα που ανταποκρίνονται στη ζήτηση και οι ηλεκτροκίνητοι στόλοι θα γίνουν κυρίαρχες, υποστηριζόμενες από τη βελτιστοποίηση υπηρεσιών με τεχνητή νοημοσύνη (Gutiérrez et al., 2020).

Οι συστάσεις πολιτικής που περιγράφονται σε αυτήν την εργασία περιλαμβάνουν: Προτεραιότητα στις επενδύσεις στις συλλογικές μεταφορές και την ηλεκτροκίνηση, ενίσχυση της πολυτροπικής

ολοκλήρωσης μέσω πλατφορμών MaaS, διασφάλιση της διακυβέρνησης δεδομένων και των προτύπων ανοιχτής πρόσβασης, ενσωμάτωση της κοινωνικής ισότητας και της προσβασιμότητας σε όλα τα στάδια σχεδιασμού, ενθάρρυνση της αλλαγής συμπεριφοράς μέσω κινήτρων και εκστρατειών ευαισθητοποίησης, και δημιουργία ανθεκτικών, προσαρμόσιμων υποδομών ικανών να ανταποκρίνονται σε κρίσεις (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Συγκεκριμένα, ο ρόλος των έξυπνων πόλεων στη διαμόρφωση της μελλοντικής αστικής κινητικότητας δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Οι έξυπνες πόλεις χρησιμοποιούν την τεχνολογία όχι ως σκοπό αλλά ως μέσο για τη βελτίωση της προσβασιμότητας, της βιωσιμότητας και της ποιότητας ζωής. Τα συστήματα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η βελτιστοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης, η συμμετοχική διακυβέρνηση και η ενσωμάτωση της πράσινης ενέργειας αποτελούν χαρακτηριστικά των επιτυχημένων στρατηγικών κινητικότητας των έξυπνων πόλεων (Alahi et al., 2014; Pacheco Paneque et al., 2021). Η πρόκληση για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής είναι να διασφαλίσουν ότι οι πρόοδοι στην έξυπνη κινητικότητα εξυπηρετούν το ευρύτερο δημόσιο καλό αντί να επιδεινώνουν τις ανισότητες ή να ιδιωτικοποιούν τον δημόσιο χώρο (Scarinci et al., 2017).

Συμπερασματικά, η μετάβαση προς μια βιώσιμη, χωρίς αποκλεισμούς και αποτελεσματική αστική κινητικότητα, εξαρτάται από τον επαναπροσδιορισμό των συλλογικών μεταφορών ως δυναμικό, τεχνολογικά υποστηριζόμενο και επικεντρωμένο στον χρήστη σύστημα. Οι συλλογικές μεταφορές πρέπει να εξελιχθούν από την παραδοσιακή τους εικόνα σε μια ευέλικτη, ανθεκτική και ελκυστική εναλλακτική λύση, ενσωματωμένη στα πλαίσια των έξυπνων πόλεων και ευθυγραμμισμένη με τους περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς στόχους. Όπως καταδεικνύει αυτή η εργασία, οι πόλεις που υιοθετούν αυτή την αλλαγή παραδείγματος — επενδύοντας σε υποδομές, πολιτικές, τεχνολογία και κοινωνική ένταξη— θα βρίσκονται στην καλύτερη θέση για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις της αστικής κινητικότητας του 21ου αιώνα και μετά (Ortúzar, 2019; Sharma et al., 2023).

Κατανοώντας τα διδάγματα από τις προηγούμενες εξελίξεις, αντιμετωπίζοντας τα τρέχοντα κενά και προκλήσεις και διαμορφώνοντας προληπτικά μελλοντικές στρατηγικές, οι συλλογικές μεταφορές μπορούν πράγματι να γίνουν η ραχοκοκαλιά της βιώσιμης αστικής ζωής. Η ευκαιρία είναι σαφής και η ώρα για δράση είναι τώρα.

Βιβλιογραφία

1. Alahi, A., Bierlaire, M., & Vanderghenst, P. (2014). Robust real-time pedestrians detection in urban environments with low-resolution cameras. *Transportation research part C: emerging technologies*, 39, 113-128.
2. Allen, J., Eboli, L., Forciniti, C., Mazzulla, G., & de Dios Ortúzar, J. (2019a). The role of critical incidents and involvement in transit satisfaction and loyalty. *Transport Policy*, 75, 57-69.
3. Allen, J., Muñoz, J. C., & de Dios Ortúzar, J. (2019b). Understanding public transport satisfaction: Using Maslow's hierarchy of (transit) needs. *Transport Policy*, 81, 75-94.
4. Allen, J., Muñoz, J. C., & de Dios Ortúzar, J. (2020). On the effect of operational service attributes on transit satisfaction. *Transportation*, 47(5), 2307-2336.
5. Anthony Jnr, B. (2025). Sustainable mobility governance in smart cities for urban policy development—a scoping review and conceptual model. *Smart and sustainable built environment*, 14(3), 649-671.
6. Bierlaire, M. (2015). Simulation and optimization: A short review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 55, 4-13.
7. Binder, S., Maknoon, Y., & Bierlaire, M. (2017). The multi-objective railway timetable rescheduling problem. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 78, 78-94.
8. Bontorin, S., Centellegher, S., Gallotti, R., Pappalardo, L., Lepri, B., & Luca, M. (2024). Mixing individual and collective behaviours to predict out-of-routine mobility. *arXiv preprint arXiv:2404.02740*.
9. Boršoš, P., & Koman, G. (2023). Smart mobility management supported by modern information and communication technologies. *Transportation Research Procedia*, 74, 1156-1163.
10. Flötteröd, G., Bierlaire, M., & Nagel, K. (2011). Bayesian demand calibration for dynamic traffic simulations. *Transportation Science*, 45(4), 541-561.

11. Flügel, S., Veisten, K., Rizzi, L. I., de Dios Ortúzar, J., & Elvik, R. (2019). A comparison of bus passengers' and car drivers' valuation of casualty risk reductions in their routes. *Accident Analysis & Prevention*, 122, 63-75.
12. Garus, A., Mourtzouchou, A., Suarez, J., Fontaras, G., & Ciuffo, B. (2024). Exploring Sustainable Urban Transportation: Insights from Shared Mobility Services and Their Environmental Impact. *Smart Cities*, 7(3), 1199-1220.
13. Gkoumas, K., Marques dos Santos, F. L., Stepniak, M., & Pekár, F. (2021). Research and innovation supporting the European sustainable and smart mobility strategy: A technology perspective from recent European Union projects. *Applied Sciences*, 11(24), 11981.
14. González, R. M., Román, C., & de Dios Ortúzar, J. (2019). Preferences for sustainable mobility in natural areas: The case of Teide National Park. *Journal of Transport Geography*, 76, 42-51.
15. Greenhalgh, T., Thorne, S., & Malterud, K. (2018). Time to challenge the spurious hierarchy of systematic over narrative reviews?. *European journal of clinical investigation*, 48(6), e12931.
16. Gutiérrez, M., Hurtubia, R., & de Dios Ortúzar, J. (2020). The role of habit and the built environment in the willingness to commute by bicycle. *Travel behaviour and society*, 20, 62-73.
17. Heineke, K. (2023). *Shared mobility: Sustainable cities, shared destinies*. McKinsey.
18. Kadem, K., Ameli, M., Zargayouna, M., & Oukhellou, L. (2024). An Analytical Approach for Intermodal Urban Transportation Network Equilibrium including Shared Mobility Services. *arXiv preprint arXiv:2402.00735*.
19. Kunytska, O., Persia, L., Gruenwald, N., Datsenko, D., & Zakrzewska, M. (2022, June). The sustainable and smart mobility strategy: Country comparative overview. In *International Conference on Smart Technologies in Urban Engineering* (pp. 656-668). Cham: Springer International Publishing.
20. Liao, F., Vleugel, J., Bösehans, G., Dissanayake, D., Thorpe, N., Bell, M., ... & de Almeida Correia, G. H. (2024). Mode substitution induced by electric mobility hubs: Results from Amsterdam. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 129, 104118.

21. Lukic Vujadinovic, V., Damnjanovic, A., Cakic, A., Petkovic, D. R., Prelevic, M., Pantovic, V., ... & Bodolo, I. (2024). Ai-driven approach for enhancing sustainability in urban public transportation. *Sustainability*, 16(17), 7763.
22. Machado, C. A. S., de Salles Hue, N. P. M., Berssaneti, F. T., & Quintanilha, J. A. (2018). An overview of shared mobility. *Sustainability*, 10(12), 4342.
23. Midor, K., Biały, W., & Ivanova, T. N. (2020, November). Collective transport as a tool to reduce congestion—case study. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 971, No. 5, p. 052063). IOP Publishing.
24. Modak, N. M., Merigó, J. M., Weber, R., Manzor, F., & de Dios Ortúzar, J. (2019). Fifty years of Transportation Research journals: A bibliometric overview. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 120, 188-223.
25. Molyneaux, N., Scarinci, R., & Bierlaire, M. (2021). Design and analysis of control strategies for pedestrian flows. *Transportation*, 48(4), 1767-1807.
26. Moret, S., Babonneau, F., Bierlaire, M., & Maréchal, F. (2020). Decision support for strategic energy planning: A robust optimization framework. *European Journal of Operational Research*, 280(2), 539-554.
27. Neun, M. G., Cortesi, G., Cox, P., Neun, M., Sabelis, I. D., Held, M., & Kesselring, S. (2020). *Prioritizing active mobility”: a report and recommendations arising from ESOE 2020 addressing the EU Commission on the European Strategy for a Sustainable and Smart Mobility*.
28. Opitz, D., Graells-Garrido, E., Arriagada, J., Rivas, M., & Meza, N. (2024). E-scooter effects on public transport demand: a case study in Santiago, Chile. *arXiv preprint arXiv:2409.17814*.
29. Ortúzar, J. D. D. (2019). Sustainable urban mobility: What can be done to achieve it?. *Journal of the Indian institute of science*, 99(4), 683-693.
30. Osorio, C., & Bierlaire, M. (2012). A tractable analytical model for large-scale congested protein synthesis networks. *European journal of operational research*, 219(3), 588-597.
31. Paneque, M. P., Bierlaire, M., Gendron, B., & Azadeh, S. S. (2021). Integrating advanced discrete choice models in mixed integer linear optimization. *Transportation Research Part B: Methodological*, 146, 26-49.

32. Papadakis, D. M., Savvides, A., Michael, A., & Michopoulos, A. (2024). Advancing sustainable urban mobility: Insights from best practices and case studies. *Fuel Communications*, 20, 100125.
33. Peng, R., Ding, K., Liu, X., Yao, K., Zhou, X., & Zhang, W. Unlocking Urban Transportation Carbon Reduction Potential: A Dynamic Evaluation of Public Transit Adoption in Response to Carbon-Centric Policies. *Frontiers in Environmental Science*, 13, 1540620.
34. Porru, S., Misso, F. E., Pani, F. E., & Repetto, C. (2020). Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 7(1), 88-97.
35. Porru, S., Misso, F. E., Pani, F. E., & Repetto, C. (2020). Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 7(1), 88-97.
36. Robenek, T., Azadeh, S. S., Maknoon, Y., de Lapparent, M., & Bierlaire, M. (2018). Train timetable design under elastic passenger demand. *Transportation research Part b: methodological*, 111, 19-38.
37. Scarinci, R., Hegyi, A., & Heydecker, B. (2017). Definition of a merging assistant strategy using intelligent vehicles. *Transportation research part C: emerging technologies*, 82, 161-179.
38. Schmidt, A., de Dios Ortúzar, J., & Paredes, R. D. (2019). Heterogeneity and college choice: Latent class modelling for improved policy making. *Journal of choice modelling*, 33, 100185.
39. Shah, M. H., Li, J., & Liu, M. (2024). On Scalable Design for User-Centric Multi-Modal Shared E-Mobility Systems using MILP and Modified Dijkstra's Algorithm. *arXiv preprint arXiv:2412.10986*.
40. Sharma, P., Heidemann, K. M., Heuer, H., Mühle, S., & Herminghaus, S. (2023). Sustainable and convenient: Bi-modal public transit systems outperforming the private car. *Multimodal Transportation*, 2(3), 100083.
41. Tetteh, F. K., Owusu Kwateng, K., & Mensah, J. (2024). Transport sustainability—a bibliometric, systematic methodological review and future research opportunities. *Smart and Resilient Transportation*.

42. Winston, N. (2022). Sustainable community development: Integrating social and environmental sustainability for sustainable housing and communities. *Sustainable Development*, 30(1), 191-202.
43. Wisuttipun, N., Marshall, A., & Kantamaturapoj, K. (2021). Using the 'Avoid-Shift-Improve' Approach to Evaluate The 12-Year Development Plan (2009–2020) for Bangkok's Sustainable Transportation Goals. *Journal of Humanities and Social Sciences Nakhon Phanom University*, 11(3), 51-67.
44. Zhang, Q., Liu, C., Lu, L., Hu, J., & Chen, Y. (2024). Sustainability Assessment of Urban Public Transport for SDG Using Geospatial Big Data. *Sustainability*, 16(11), 4542.
45. Zhang, Y., Cats, O., & Azadeh, S. S. (2025). Dynamic Preference-based Multi-modal Trip Planning of Public Transport and Shared Mobility. *arXiv preprint arXiv:2502.14528*.
46. Zhu, J., Xie, N., Cai, Z., Tang, W., & Chen, X. (2023). A comprehensive review of shared mobility for sustainable transportation systems. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(5), 527-551.