



Σχολή Οικονομικών και Διοικητικών Επιστημών
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών

**Κοινωνικο-τεχνική μετάβαση και ανάδυση ρηζικέλευθων επιχειρηματικών μοντέλων:
οι αστικές μετακινήσεις σε περίοδο οικονομικής και περιβαλλοντικής κρίσης**

Διδακτορική Διατριβή
της
ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΒΗΣ. ΓΕΩΡΓΑΤΖΗ

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής, Σταμπουλής Γεώργιος

Βόλος, 2022

«Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση», στο πλαίσιο της Πράξης «Ενίσχυση του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού μέσω της υλοποίησης διδακτορικής έρευνας – 2^{ος} Κύκλος» (MIS-5000432), που υλοποιεί το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (ΙΚΥ)»



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Ευχαριστίες

Η όλη διαδικασία της εκπόνησης της διδακτορικής μου διατριβής ήταν μια ευχάριστη και ταυτόχρονα επίπονη διαδικασία, η οποία για να έρθει εις πέρας χρειάστηκε τόσο τη συνεργασία, όσο την υποστήριξη πολλών ατόμων. Χωρίς την παρουσία τους και τη στήριξή τους, η συγκεκριμένη εργασία ίσως δεν θα ολοκληρώνονταν ποτέ.

Για το λόγο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά την οικογένεια μου για την στήριξή της σε όλη μου την πορεία ως τώρα. Τον επιβλέποντά μου Αν. Καθηγητή κο Σταμπουλή Γεώργιο για όλη τη βοήθεια από την αρχή ως το τέλος της εκπόνησης της διδακτορικής μου διατριβής, τους συνεπιβλέποντες σε αυτή τη διαδικασία τον Αν. Καθηγητή κο Αδαμίδα Εμμανουήλ για τις σημαντικές συμβουλές του σε κομβικά σημεία, και τον Καθηγητή κο Παντολέων Σκάγιαννη Παντολέων που συμμετείχε στην τριμελή μου επιτροπή στα αρχικά βήματα, και τέλος τον Καθηγητή κο Τζερεμέ Νικόλαο για τις συμβουλές του και την εμπύχυσή του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφό μου Υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος κο Βέτσικα Απόστολο για την στήριξη, τη βοήθεια και τις συμβουλές του σε όλη την πορεία του διδακτορικού μου, και τον κο Καλαούζη Γεώργιο για τις κατευθυντήριες γραμμές σε καίρια τεχνικά σημεία.

Ευχαριστώ ακόμη, τα υπόλοιπα μέλη της Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής για το χρόνο που διέθεσαν, καθώς και για τα εποικοδομητικά σχόλιά τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους και δικούς μου ανθρώπους που ήταν κοντά μου και ενίσχυσαν ο καθένας από τη δική του θέση, την ολοκλήρωση αυτού του κύκλου.

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

Γεώργιος Σταμπουλής, Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΟΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Νικόλαος Τζερεμέζ, Καθηγητής ΤΟΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εμμανουήλ Αδαμίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Αμαλία Πολυδωροπούλου, Καθηγήτρια Τμήματος Ναυτιλίας & Επιχειρηματικών Υπηρεσιών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Στάθης Αραποστάθης, Καθηγητής Τμήματος Ιστορίας & Φιλοσοφίας της Επιστήμης, ΕΚΠΑ

Αναστασία Κωνσταντέλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήματος Μηχανικών Οικονομίας & Διοίκησης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Γεώργιος Παπαχρήστος, Επίκουρος Καθηγητής Faculty of Industrial Engineering & Innovation Sciences, Eindhoven University of Technology

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
1.1. Ερευνητικά ερωτήματα	4
1.2. Δομή διδακτορικής διατριβής.....	7
1.3. Συνεισφορά.....	8
2. Ανάλυση κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων και κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων.....	12
2.1. Εισαγωγή	12
2.2. Κοινωνικο-τεχνικό σύστημα και κοινωνικο-τεχνικό καθεστώς.....	12
2.3. Κοινωνικο-τεχνική μετάβαση.....	14
2.4. Κατηγοριοποίηση των δρόμων κατά τη μετάβαση	22
2.5. Παράγοντες ώθησης και απόθησης μετάβασης.....	26
2.5.1. Μεταβάσεις προς τη βιωσιμότητα – χαρακτηριστικά, ανάγκες και διαφορετικές σκοπιές ανάλυσης.....	27
2.5.2. Οδηγοί μετάβασης.....	30
2.5.3. Παράγοντες – εμπόδια στη διαδικασία της μετάβασης.....	31
2.5.4. Ο ρόλος της Καινοτομίας Επιχειρηματικών Μοντέλων στην ΚΤΜ	32
2.6. Εννοιολογικές προσεγγίσεις ανάλυσης κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης.....	37
2.6.1. Διαχείριση των μεταβάσεων (Transition Management - TM)	37
2.6.2. Διαχείριση στρατηγικών θυλάκων (Strategic niche management - SNM).....	39
2.6.3. Κοινωνικο-μεταβολικές μεταβάσεις (Socio-metabolic transition).....	41
2.7. Ποιοτικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις ανάλυσης κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων 42	
2.7.1. Πολύ-επίπεδη προοπτική (Multilevel perspective - MLP).....	43
2.7.2. Τεχνικο-οικονομικά παραδείγματα (Technoeconomic paradigm - TEP).....	47
2.7.3. Συστήματα καινοτομίας -ΣΚ (Innovation Systems - IS)	47
2.8. Ποσοτικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις ανάλυσης κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων 49	
2.8.1. Μοντελοποίηση του συστήματος των μεταφορών με τη χρήση ABM.....	50
2.8.2. Μοντελοποίηση του συστήματος των μεταφορών με τη χρήση ΣΔ	52
2.8.3. Οικονομετρικά μοντέλα ανάλυσης των μεταφορών.....	58
2.8.4. Σύγκριση των ποσοτικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων ανάλυσης.....	61
2.9. Συμπεράσματα	63
3. Αστική κινητικότητα	69
3.1. Εισαγωγή	69
3.2. Επικρατούσα κατάσταση (<i>state-of-the-art</i>)	69
3.3. Αλλαγές στον κλάδο των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων – μετάβαση σε οικονομία χαμηλού άνθρακα και νέες μορφές κινητικότητας.....	72

3.4.	Παράγοντες επιλογής εναλλακτικών μορφών αστικής μετακίνησης	78
3.5.	Μορφές αστικής κινητικότητας	83
3.5.1.	Παραδοσιακές μορφές μετακίνησης	84
3.5.2.	Εναλλακτικές μορφές μετακίνησης.....	90
3.6.	Συμπληρωματικότητα/ανταγωνιστικότητα των μορφών αστικής κινητικότητας	105
3.7.	Κυρίαρχες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται από τα μοντέλα μετακίνησης	107
3.7.1.	Οχήματα μηχανών εσωτερικής καύσης συμβατικών καυσίμων	108
3.7.2.	Ηλεκτρικά οχήματα	109
3.7.3.	Οχήματα μηχανών εσωτερικής καύσης εναλλακτικών καυσίμων	110
3.8.	Πολιτικές για οχήματα	111
3.9.	Συμπεράσματα	115
4.	Μεθοδολογική προσέγγιση	116
4.1.	Εισαγωγή	116
4.2.	Σύνθεση θεωρητικών προσεγγίσεων.....	116
4.3.	Μεθοδολογία διδακτορικής διατριβής.....	117
4.3.1.	Μελέτη περίπτωσης	123
4.3.2.	Εξετάζοντας την είσοδο νέων επιχειρηματικών μοντέλων καινοτομίας με τη βοήθεια της MLP και της ΣΔ.....	124
4.4.	Μοντέλο Τετραπλής Έλικας Καινοτομίας (MTEK)	129
4.4.1.	Ο ρόλος της κυβέρνησης	132
4.4.2.	Ο ρόλος της βιομηχανίας	133
4.4.3.	Ο ρόλος των ερευνητικών φορέων - Academia	134
4.4.4.	Ο ρόλος της κοινωνίας	134
4.5.	Η διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου ΣΔ	140
4.6.	Συμπεράσματα	147
5.	Το μοντέλο ΣΔ της KTM των αστικών μετακινήσεων.....	148
5.1.	Εισαγωγή	148
5.2.	Το μοντέλο ΣΔ.....	148
5.2.1.	Ανάλυση του μοντέλου	155
5.2.2.	Δοκιμή του μοντέλου προσομοίωσης.....	172
5.3.	Συμπεράσματα	178
6.	Αποτελέσματα προσομοίωσης - Ανάλυση σεναρίων	179
6.1.	Εισαγωγή	179
6.2.	Προσομοίωση Μοντέλου	179
6.2.1.	Σενάριο 0 - Base case σενάριο	180
6.2.2.	Σενάριο 1 - Αισιόδοξο σενάριο.....	185

6.2.3.	Σενάριο 2 – Μερική παρέμβαση	190
6.2.4.	Σενάριο 3 – Αισιόδοξο σενάριο χωρίς την ύπαρξη MaaS	194
6.2.5.	Σενάριο 4 – Αυξημένη αξιοποιήσιμη χωρητικότητα οχημάτων	199
6.2.6.	Σενάριο 5 – Αύξηση φόρων χωρίς την ύπαρξη MaaS	204
6.2.7.	Σενάριο 6 – Αλλαγή συμπεριφοράς και ύπαρξη MaaS.....	208
6.2.8.	Σενάριο 7 - Αύξηση τεχνολογικής βελτίωσης ηλεκτρικών οχημάτων.....	213
6.3.	Συμπεράσματα	218
7.	Συμπεράσματα	220
7.1.	Αποτίμηση βιβλιογραφίας	220
7.2.	Αξιολόγηση Μεθοδολογικής προσέγγισης	222
7.3.	Σύνοψη αποτελεσμάτων προσομοίωσης	224
7.4.	Συνεισφορά	227
7.5.	Επιπτώσεις στον πολιτικό σχεδιασμό	228
7.6.	Περιορισμοί.....	230
7.7.	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	231
	Βιβλιογραφία	233
	Παράρτημα Ι: Οικονομετρικό μοντέλο για την εξαγωγή των β στην εξίσωση του AVG distance travelled	251
	Παράρτημα ΙΙ: Περιγραφή εξισώσεων μοντέλου προσομοίωσης συστημικής δυναμικής ανά έλικα (οι τιμές αφορούν στο Σενάριο 1)	252
	Παράρτημα ΙΙΙ: Ανάλυση ευαισθησίας	266

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.2.1: Δομικά στοιχεία ενός ΚΤΣ και του τοπίου του	14
Πίνακας 2.5.1.1: Κατηγορίες επιστημόνων που ασχολήθηκαν με τα περιβαλλοντικά ζητήματα	29
Πίνακας 3.4.1: Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την υιοθέτηση των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας	79
Πίνακας 3.4.2: Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μορφής κινητικότητας.....	82
Πίνακας 3.5.2.1: Επίδραση των ψηφιακών τεχνολογιών και των διαθέσιμων υποδομών σε καθεμία από τις μορφές κινητικότητας	100
Πίνακας 3.5.2.2: Λόγοι επιλογής των μορφών κινητικότητας και χαρακτηριστικά των χρηστών τους	101
Πίνακας 3.5.2.3: Χαρακτηριστικά εξεταζόμενων μορφών μετακίνησης	104

Πίνακας 3.6.1: Συμπληρωματικότητα και ανταγωνιστικότητα μεταξύ των μορφών κινητικότητας	106
Πίνακας 3.7.3.1: Σύγκριση διαθέσιμων τεχνολογιών οχημάτων	111
Πίνακας 3.8.1: Ποσοστά ελαφρών οχημάτων και λεωφορείων χαμηλών εκπομπών ανά κράτος μέλος σύμφωνα με την οδηγία 2019/1161	112
Πίνακας 3.8.2: Μέτρα/Πολιτικές που επηρεάζουν την επιλογή τεχνολογίας οχημάτων και μορφής μετακίνησης	115
Πίνακας 4.3.2.1: Επίπεδα ανάλυσης ΚΤΣ	125
Πίνακας 4.4.1: Δράσεις των δρώντων του ΜΤΕΚ προς την οικονομία χαμηλού άνθρακα ...	131
Πίνακας 4.4.4.1: Τα διάφορα μοντέλα μετακίνησης: εμπόδια και οδηγοί διάχυσης	136
Πίνακας 4.5.1: Εννοιολογικά εργαλεία της ΣΔ και αποτελέσματα εφαρμογής	140
Πίνακας 4.5.2: Μεταβλητές μοντέλων ΣΔ, περιγραφή και συμβολισμοί	147
Πίνακας 5.2.1.2.1: Μέση αξιοποιήσιμη δυναμικότητα κάθε οχήματος σε κάθε μορφή μετακίνησης	165
Πίνακας 5.2.1.2.2: Ενδεικτικές τιμές αγορά οχημάτων ανά τύπο κινητήρα (€)	168
Πίνακας 5.2.1.2.3: Μέσες τιμές εκπομπών CO ₂ (g/km).....	168
Πίνακας 5.2.2.1: Αρχικές τιμές, μονάδες μέτρησης και πηγές δεδομένων με βάση τα οποία έγινε η βαθμονόμηση	173
Πίνακας 5.2.2.2: Ιστορικά δεδομένα και αποτελέσματα προσομοίωσης	174
Πίνακας 5.2.2.3: Υπολογισμός του δείκτη MAPE	176
Πίνακας 5.2.2.4: Υπολογισμός του δείκτη MAE/Mean	177
Πίνακας 5.2.2.5: r & R ² της συσχέτισης των ιστορικών δεδομένων με τα αποτελέσματα προσομοίωσης	177
Πίνακας 6.2.1.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 0	190
Πίνακας 6.2.2.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 1	196
Πίνακας 6.2.3.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 2	200
Πίνακας 6.2.4.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 3	205
Πίνακας 6.2.5.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 4	209
Πίνακας 6.2.6.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 5	214
Πίνακας 6.2.7.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 6	219
Πίνακας 6.2.8.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 6	223

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1.1.1: Μεθοδολογική απεικόνιση	6
Γράφημα 2.3.1: Οι τέσσερις φάσεις της μετάβασης	17
Γράφημα 2.4.1: Η εμπλοκή των διαφόρων χρηστών κατά τις φάσεις της μετάβασης	25
Γράφημα 2.7.1.1: Τα πολλαπλά επίπεδα της MLP ως ένθετη ιεραρχία	40
Γράφημα 2.7.1.2: Θεωρία μετάβασης – Η προσέγγιση της πολυεπίπεδης προοπτικής	41
Γράφημα 2.8.1: Σύγκριση ΣΔ και ABM	63
Γράφημα 3.2.1: Οι διαστάσεις του ΚΤΣ των μεταφορών.....	71
Γράφημα 3.3.1: Το ΚΤΣ των μεταφορών σύμφωνα με την MLP.....	74
Γράφημα 3.3.2: Τρία μονοπάτια προς ένα βιώσιμο οδικό σύστημα μεταφορών	76
Γράφημα 3.3.3: Η τυπολογία επιχειρηματικών μοντέλων	78
Γράφημα 3.5.1.1: ΚΤΚ κινητικότητας με ιδιωτικά οχήματα	85
Γράφημα 4.3.2.1: Οι σχέσεις μεταξύ της καινοτομίας επιχειρηματικών μοντέλων – ενός φαινομένου επιπέδου θύλακα - και οι αλλαγές στις πρακτικές των χρηστών	124
Γράφημα 4.5.1: Διαδικασία μοντελοποίησης βάσει της ΣΔ	144
Γράφημα 4.5.2 Βρόχοι Ανατροφοδότησης	145
Γράφημα 4.5.3: Παράδειγμα μοντέλου με τη χρήση διαγράμματος αιτιότητας και αποθέματος-ροής	147
Γράφημα 5.2.1: Διάγραμμα αιτιότητας	150
Γράφημα 5.2.2: Διάγραμμα αποθεμάτων και ροών (SFD)	152
Γράφημα 5.2.3: Σύνδεση πολυεπίπεδης προοπτικής και MTEK	153
Γράφημα 5.2.1.1.1: Διευρυμένο μοντέλο διάχυσης του Bass (1969).....	155
Γράφημα 5.2.2.1: Αποτελέσματα βαθμονόμησης.....	176
Γράφημα 6.2.1.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα - Σενάριο 0	192
Γράφημα 6.2.1.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας-Σενάριο 0	192
Γράφημα 6.2.1.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας - Σενάριο 0	192
Γράφημα 6.2.1.4: Εκπομπές CO ₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 0	194
Γράφημα 6.2.2.1: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας-Σενάριο 1	197
Γράφημα 6.6.6.2: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 1	197
Γράφημα 6.2.2.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 1	198

Γράφημα 6.2.2.4: Εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 1	199
Γράφημα 6.2.3.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα - Σενάριο2	201
Γράφημα 6.2.3.2: Εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 2	202
Γράφημα 6.2.3.3: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας-Σενάριο 2	203
Γράφημα 6.2.3.4: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας - Σενάριο 2	203
Γράφημα 6.2.4.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 3	205
Γράφημα 6.2.4.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας - Σενάριο 3	206
Γράφημα 6.2.4.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας - Σενάριο 3	207
Γράφημα 6.2.4.4: Εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 3	208
Γράφημα 6.2.5.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 4	210
Γράφημα 6.2.5.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας - Σενάριο 4	211
Γράφημα 6.2.5.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας - Σενάριο 4	212
Γράφημα 6.2.5.4: Εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 4	212
Γράφημα 6.2.6.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 5	215
Γράφημα 6.2.6.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας - Σενάριο 5	216
Γράφημα 6.2.6.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας - Σενάριο 5	216
Γράφημα 6.2.6.4: Εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 5	217
Γράφημα 6.2.7.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 6	220
Γράφημα 6.2.7.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας-Σενάριο 6	220
Γράφημα 6.2.7.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 6	221
Γράφημα 6.2.7.4: Εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 6	221
Γράφημα 6.2.8.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 6	224
Γράφημα 6.2.8.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας-Σενάριο 6	225
Γράφημα 6.2.8.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 6	225
Γράφημα 6.2.8.4: Εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 6	226

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΩΝ

Ελληνικά	
ΣΔ	Συστημική Δυναμική
ΚΤΣ	Κοινωνικο-τεχνικό σύστημα
ΚΤΚ	Κοινωνικο-τεχνικό καθεστώς
ΚΤΜ	Κοινωνικο-τεχνική μετάβαση
ΔΑ	Διάγραμμα Αιτιότητας
ΔΣΡ	Διάγραμμα Συσσωρεύσεων και Ροών
ΜΤΕΚ	Μοντέλο Τετραπλής Έλικας Καινοτομίας
ΣΚ	Συστήματα Καινοτομίας
ΕΜ	Επιχειρηματικά Μοντέλα
ΜΜΜ	Μέσα μαζικής μεταφοράς
ΤΠΕ	Τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών
Ε&Α	Έρευνα & Ανάπτυξη
Αγγλικά	
MLP	Multi-Level Perspective – Πολ-επίπεδη προοπτική
SD	System Dynamics
SFD	Stock and Flow Diagram
IS	Innovation System
BEV	Battery electric vehicle
HEV	Hybrid electric vehicle
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle
AMUM	Alternative modes of urban mobility
STS	Socio-technical system
SNM	Strategic niche management
TM	Transition Management
TEP	Techno-economic paradigm
ABM	Agent based model
CLD	Causal loop diagram
SFM	Stock and flow diagram
AFV	Alternative fuel vehicles
MAPE	Mean absolute percentage error
WoM	Word of mouth
MaaS	Mobility as a Service

1. Εισαγωγή

Οι μετακινήσεις των επιβατών και οι εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία της οικονομικής και κοινωνικής ζωής των κοινωνιών. Η οικονομική μεγέθυνση συνοδεύεται από σημαντική αύξηση της κινητικότητας και της προσβασιμότητας. Η οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική εξέλιξη απαιτεί την ικανότητα διαχείρισης, υποστήριξης και επέκτασης της κινητικότητας των επιβατών και των εμπορευμάτων, καθώς και των υποκείμενων ροών πληροφοριών, καθώς οι κοινωνίες εξαρτώνται ολοένα και περισσότερο από τα συστήματα μεταφορών τους για να υποστηρίξουν την πληθώρα των δραστηριοτήτων τους. Δραστηριότητες όπως η μετακίνηση, ο τουρισμός, η παροχή ενεργειακών αναγκών, καθώς και η διανομή εξαρτημάτων και τελικών προϊόντων (Rodrigue, Comtois & Slack, 2016).

Η ανάπτυξη συστημάτων μετακίνησης αποτελεί μια συνεχή πρόκληση για την ικανοποίηση των αναγκών κινητικότητας, τη στήριξη της οικονομικής ανάπτυξης και τη συμμετοχή στην παγκόσμια οικονομία, αλλά πλέον σε μια τροχιά βιώσιμης ανάπτυξης (Carlos κ.ά., 2019). Τα συστήματα μετακίνησης συνδέονται άμεσα με ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών παραγόντων σε όλες τις γεωγραφικές κλίμακες, από το παγκόσμιο έως το τοπικό επίπεδο. Η φύση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κλάδου σχετίζεται με τους τρόπους μετακίνησης, τα συστήματα ενεργειακού εφοδιασμού τους, τις εκπομπές τους και τις υποδομές στις οποίες λειτουργούν. Κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας, κυρίως προερχόμενες από πετρέλαιο. Τα οχήματα εκπέμπουν διάφορους ρύπους, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και οξείδιο του αζώτου (NO_x) και παράγουν θόρυβο, ενώ οι υποδομές μεταφορών έχουν συμβάλει στην καταστροφή οικολογικών συστημάτων.

Ο κλάδος των μετακινήσεων φαίνεται να έχει πρωταρχική συνεισφορά σε μια σειρά περιβαλλοντικών εξωτερικοτήτων, όπως είναι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, και η τοπική αέρια ρύπανση – ιδιαίτερα στα αστικά κέντρα – και η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Παγκοσμίως, στον τομέα των μεταφορών αντιστοιχεί περισσότερο από το 60% της συνολικής κατανάλωσης πετρελαίου και περίπου το ένα τέταρτο της συνολικής ενέργειας που ευθύνεται για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (Timilsina & Dulal, 2011). Στα περισσότερα αστικά κέντρα σε όλο τον κόσμο, οι οδικές μεταφορές είναι η μεγαλύτερη πηγή τοπικών ατμοσφαιρικών ρύπων (μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του θείου (SO_2), οξείδια του αζώτου (NO_x), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) και ολικά αιωρούμενα σωματίδια (TSP)).

Η κυριαρχία των συστημάτων μεταφορών τα οποία βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα αποτελεί ένα σημαντικό κίνδυνο για την ανθρωπότητα και το περιβάλλον. Το 2010 οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με τις μεταφορές αγγίζανε το 22% των παγκόσμιων εκπομπών, και έχουν αυξητική τάση σύμφωνα με τα περισσότερα σενάρια ανάλυσης (Stephenson, Hopkins και Doering, 2015).

Τα σημερινά συστήματα μεταφορών είναι αποτέλεσμα μιας μακράς ιστορικής εξέλιξης που χαρακτηρίστηκε από περιόδους ταχείας αλλαγής, κατά τη διάρκεια των οποίων υιοθετήθηκαν νέες τεχνολογίες. Μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των συστημάτων μεταφορών υπογραμμίζει τις επιπτώσεις των τεχνολογικών καινοτομιών και τον τρόπο με τον οποίο οι βελτιώσεις στις μεταφορές αλληλεξαρτώνται από τις οικονομικές, κοινωνικές και χωρικές μεταβολές που ανακύπτουν (Ward, 1991).

Μετά τη βιομηχανική επανάσταση του 19ου αιώνα, τα συστήματα μεταφορών άρχισαν να γίνονται μηχανοκίνητα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ατμομηχανών, η οποία επέτρεψε τον καθορισμό δικτύων εξυπηρέτησης διάφορων περιοχών. Η διαδικασία αυτή επεκτάθηκε περαιτέρω κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα με τη δημιουργία παγκόσμιων αεροπορικών μεταφορών, ναυτιλιακών μεταφορών εμπορευματοκιβωτίων και τηλεπικοινωνιακών δικτύων (Moradi και Vagnoni, 2018).

Ο 19ος αιώνας χαρακτηρίστηκε η «Εποχή των Σιδηροδρόμων», ο 20ς αιώνας υπήρξε η «Εποχή του αυτοκινήτου» και σύμφωνα με τον Colin Ward, ακολούθησε η «Εποχή μετά το Αυτοκίνητο» (Ward, 1991). Η ιδιοκτησία ιδιωτικού αυτοκινήτου πρόσφερε πολλά πλεονεκτήματα σε πολύ μεγάλο κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού, καθιστώντας έτσι την απομάκρυνση από αυτό πολύ δύσκολη, ακόμη κι αν από κάποιους θεωρείται ότι:

«η επινόηση του ιδιωτικού αυτοκινήτου είναι μια από τις μεγαλύτερες καταστροφές που έχει συμβεί στο ανθρώπινο γένος»

(Mishan, 1967).

Μέχρι και τις αρχές του 21^{ου} αιώνα, δεν είχαν εισαχθεί νέοι τρόποι μετακίνησης σε σχέση με τον 20^ο αιώνα, με τα αεροπορικά ταξίδια να αποτελούν από τις τελευταίες προσθήκες για σχεδόν έναν αιώνα (Moriarty και Honnery, 2008).

Σήμερα, ο τομέας των μεταφορών φαίνεται να βρίσκεται σε μια διαδικασία μετάλλαξης και να βιώνει μια παραδειγματική αλλαγή, με ταυτόχρονες μεταβάσεις στον τομέα της χρήσης ενέργειας (ηλεκτρική), των τεχνολογιών (ηλεκτρικά οχήματα), αλλά και των επιχειρηματικών μοντέλων (οικονομία διαμοιρασμού). Αυτές οι αλλαγές

επηρεάζουν τις ατομικές μετακινήσεις, και τις εμπορευματικές μεταφορές, αλλά ταυτόχρονα επηρεάζουν και τις επιχειρήσεις.

Τα αυτοκίνητα, τα λεωφορεία, τα συμβατικά τρένα και τα αεροπλάνα κυριαρχούν σήμερα ανάμεσα στα οχήματα που χρησιμοποιούνται για τις μεταφορές, όπως ακριβώς και το 1950. Τα κύρια καύσιμα των χερσαίων μεταφορών εξακολουθούν να προέρχονται από πετρέλαιο. Ακόμη και τα πιο δημοφιλή εναλλακτικά καύσιμα - LPG και συμπιεσμένο φυσικό αέριο - εξακολουθούν να είναι ορυκτά καύσιμα με βάση τον άνθρακα. Η απόδοση των καυσίμων και των οχημάτων (όχημα-χλμ/λίτρο) έχει αυξηθεί βέβαια σε σχέση με παλαιότερα (Moriarty και Honnery, 2008), με τη βελτίωση της απόδοσης να συνεχίζεται έως το 1990 σε έντονους ρυθμούς. Έκτοτε σημειώθηκαν μειώσεις αυτής της βελτίωσης σε ορισμένες χώρες, όπως για παράδειγμα στις Κάτω Χώρες, τον Καναδά και τις ΗΠΑ.

Η παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού και η συνεχής αστικοποίηση οδηγούν σε αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις στα αστικά οδικά δίκτυα τα οποία έχουν περιορισμένη χωρητικότητα. Αυτή η κατάσταση εντείνει τις προκλήσεις των αστικών μετακινήσεων, όπως την κυκλοφοριακή συμφόρηση, την ατμοσφαιρική ρύπανση, τον θόρυβο, τα ατυχήματα και τα έξοδα για υποδομές. Εξαιτίας αυτών των δεδομένων, διάφορες πολιτικές για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων έχουν αναπτυχθεί και υιοθετηθεί, όπως επιδοτήσεις για τις δημόσιες συγκοινωνίες, τέλη για την αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, φορολογία που βασίζεται στις εκπομπές των οχημάτων, φορολογικές ελαφρύνσεις και άλλα οφέλη για την αγορά οχημάτων που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα. Αυτές οι πολιτικές μεταφορών που στοχεύουν στη βιωσιμότητα και την αποτελεσματικότητα μπορούν να θεωρηθούν ως εξωτερικές κατευθυντήριες οδηγίες (Heiskala, Jokinen και Tinnilä, 2016).

Η ατομική κινητικότητα (personal mobility) αποτελεί μια από τις κυριότερες μορφές κινητικότητας, με το ιδιωτικό αυτοκίνητο τα τελευταία τουλάχιστον 120 χρόνια να αποτελεί το βασικότερο πυλώνα της, προσφέροντας υψηλότερους βαθμούς προσβασιμότητας, κοινωνική και οικονομική ευρωστία και άνεση. Ωστόσο, με τον αυξανόμενο αστικό πληθυσμό, η ζήτηση για μετακινήσεις κυρίως στις αστικές περιοχές πολλαπλασιάζεται, και οδηγούμαστε σε μια αναμενόμενη αύξηση του αριθμού ιδιωτικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούν και συνεπακόλουθα σε ένα κυκλοφοριακό χάος που επιβαρύνει την περιβαλλοντική κατάσταση.

Έτσι, κατά την αστική κυκλοφορία, δημιουργούνται ανικανοποίητες ανάγκες στον αστικό ιστό για χώρους στάθμευσης και σοβαρά προβλήματα που αφορούν στην

ποιότητα του αέρα και στον θόρυβο. Αυτές οι μείζονες προκλήσεις πρέπει να αντιμετωπιστούν μέσω λύσεων που προάγουν τη στροφή προς περισσότερο βιώσιμες λύσεις, όπως είναι οι δημόσιες μεταφορές και η διαμοιραζόμενη κινητικότητα (shared mobility) και μιας σειράς ευκαιριών που προωθούνται δια μέσου ειδικών πολιτικών, τεχνολογιών, καθώς και μέσω της καινοτομίας επιχειρηματικών μοντέλων. Όλες αυτές οι νέες λύσεις και ευκαιρίες μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα νέα μοντέλα κινητικότητας, τα οποία προσαρμόζονται στις ανάγκες των πολιτών, των κοινωνιών, αλλά και του πλανήτη.

Μέχρι στιγμής, οι αλλαγές στον τομέα των μεταφορών εξετάζονταν κυρίως με προσεγγίσεις όπως η πολύ-επίπεδη προοπτική, τα συστήματα καινοτομίας και τα τεchnο-οικονομικά παραδείγματα, προσεγγίσεις οι οποίες εξέταζαν τις αλλαγές σε ανώτερο επίπεδο ανάλυσης από αυτό το οποίο υιοθετείται στην παρούσα διδακτορική διατριβή, π.χ. παγκόσμιο επίπεδο ανάλυσης, μελετώντας την τεχνολογική αλλαγή (Ivanova κ.ά., 2018), χωρίς να λαμβάνουν υπόψιν την πλευρά της ζήτησης και της χρήσης (Arapostathis κ.ά., 2013).

1.1. Ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή ερευνάται το κοινωνικο-τεχνικό σύστημα των αστικών οδικών μεταφορών και αναλύεται το πως η εξέλιξη της τεχνολογίας και των επιχειρηματικών μοντέλων μέσω των οποίων καλύπτονται οι ανάγκες μετακινήσεων των πολιτών μεταβάλλουν το σύστημα των αστικών οδικών επιβατικών μεταφορών. Η εξέλιξη της τεχνολογίας αφορά στην εξέλιξη της τεχνολογίας κινητήρων των οχημάτων και στην βελτίωση της απόδοσής τους, όσο και στην ψηφιακή τεχνολογία η οποία έχει σημαντικό ρόλο πλέον στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι μετακινήσεις και έχουν οδηγήσει στην εισαγωγή νέων επιχειρηματικών μοντέλων με βάση τα οποία οι πάροχοι υπηρεσιών μετακίνησης παρέχουν τις υπηρεσίες τους.

Τα ερευνητικά ερωτήματα σχετίζονται με το κοινωνικο-τεχνικό σύστημα (ΚΤΣ) των αστικών οδικών επιβατικών μετακινήσεων και τη διαδικασία μετάβασής του σε ένα περισσότερο βιώσιμο σύστημα που θα καλύπτει τις ανάγκες του πληθυσμού για μετακίνηση, έχοντας όμως ως βασική παράμετρο την προστασία του περιβάλλοντος και την παραγωγή του μικρότερου δυνατού περιβαλλοντικού αντικτύπου. Αρχικά, εξετάζονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων που εμπλέκονται σε κάθε υποσύστημα του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών

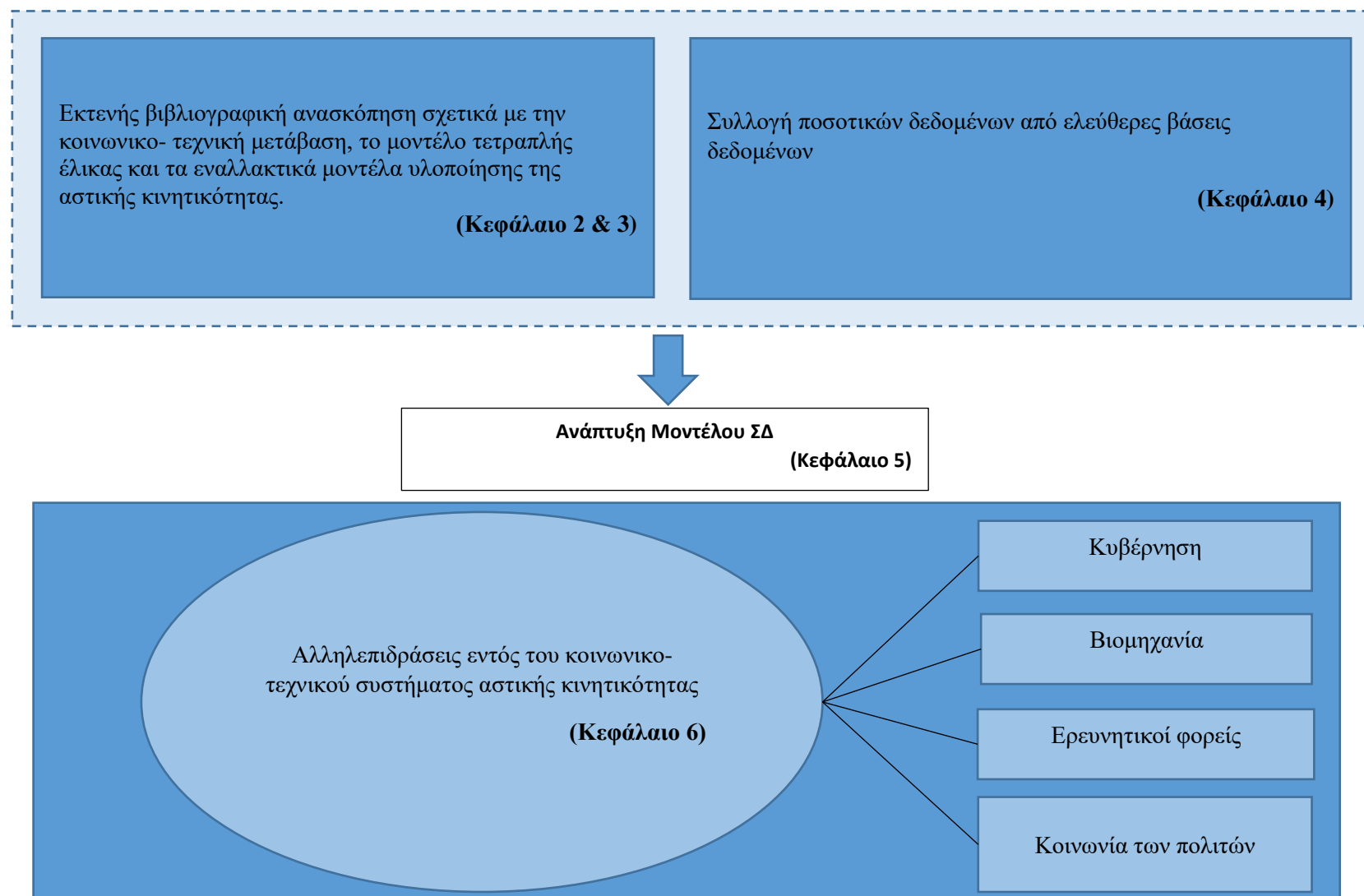
μετακινήσεων και έπειτα με την ανάπτυξη μιας σειράς σεναρίων προσομοίωσης ελέγχεται η συμπεριφορά του συστήματος και γίνεται προσπάθεια να απαντηθούν τα ακόλουθα ερωτήματα:

- i. Πως μπορεί να επιτευχθεί μετάβαση του ΚΤΣ της αστικής κινητικότητας προς τη βιωσιμότητα;
- ii. Ποιοι οι σημαντικότεροι παράγοντες στη διαδικασία της μετάβασης του συστήματος των αστικών οδικών επιβατικών μετακινήσεων προς τη βιωσιμότητα;
- iii. Πως η υιοθέτηση νέων μοντέλων μετακίνησης, επηρεάζει το σύστημα των αστικών οδικών επιβατικών μεταφορών;
 - α. αλλαγές στη δομή του συστήματος
 - β. αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δρώντων, κλπ.
- iv. Πως η υιοθέτηση νέων μοντέλων κινητικότητας σε συνδυασμό με νέες τεχνολογίες οχημάτων επηρεάζει τις εκπομπές CO₂ του κλάδου των οδικών επιβατικών αστικών μεταφορών;
- v. Μπορούν οι νέες μορφές μετακίνησης να επιφέρουν περιβαλλοντική σταθερότητα; Θα βοηθήσουν να επιτευχθούν οι στόχοι του 2030 & 2050;

Για να επιτευχθούν οι στόχοι της παρούσας ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός μεθοδολογικών προσεγγίσεων, ο οποίος συνοψίζεται στην Γράφημα 1.1. Ο τομέας των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων αντιμετωπίζεται ως ένα κοινωνικο-τεχνικό σύστημα, που μελετάται από τη σκοπιά του μοντέλου τετραπλής έλικας καινοτομίας και προσομοιώνεται με τη βοήθεια της συστημικής δυναμικής, όπου εξετάζονται διάφορα σενάρια ανάλυσης.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση στα πεδία τα οποία καλύπτουμε, δηλαδή την κοινωνικο-τεχνική μετάβαση και τα κοινωνικο-τεχνικά καθεστώτα και τις διάφορες εναλλακτικές μορφές υλοποίησης της αστικής κινητικότητας. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων που αφορούν στην αστική κινητικότητα από βάσεις δεδομένων. Δημιουργήθηκε το διάγραμμα αιτιότητας (ΔΑ), καθώς και το διάγραμμα συσσωρεύσεων και ροών (ΔΣΡ). Ελέγχθηκαν διάφορα σενάρια με τη χρήση της συστημικής δυναμικής (ΣΔ) και εξήχθησαν αποτελέσματα και συμπεράσματα για το κοινωνικο-τεχνικό σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων της πόλης της Αθήνας.

Γράφημα 1.1.1: Μεθοδολογική απεικόνιση



1.2. Δομή διδακτορικής διατριβής

Η διατριβή αποτελείται από επτά κεφάλαια. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τη θεωρία της μετάβασης και τις προσεγγίσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυσή τους. Στο κεφάλαιο 3 αναλύεται η δομή του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων και οι μορφές μετακίνησης που χρησιμοποιούνται σήμερα για την ικανοποίηση των αναγκών μετακίνησης. Στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση, και στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται και αναλύεται το μοντέλο ΣΔ που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα σενάρια ανάλυσης που εξετάστηκαν, καθώς και τα αποτελέσματά τους. Τέλος, στο κεφάλαιο 7 συζητούνται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του ΚΤΣ.

Κεφάλαιο 1: Τίθεται το ευρύ πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής, τα ζητήματα και τα ερευνητικά ερωτήματα και οι στόχοι της, καθώς και η συνεισφορά της στη βιβλιογραφία.

Κεφάλαιο 2: Παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τη θεωρία της μετάβασης, τις προσεγγίσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί ως τώρα για την ανάλυση των μεταβάσεων, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται και οι αλλαγές που εμφανίζονται στις χερσαίες μετακινήσεις τα τελευταία χρόνια.

Κεφάλαιο 3: Παρουσιάζει την τρέχουσα κατάσταση στο κοινωνικο-τεχνικό σύστημα των αστικών χερσαίων επιβατικών μετακινήσεων. Παρουσιάζει επίσης τις διαθέσιμες μορφές μετακίνησης, καθώς και τα χαρακτηριστικά της κάθε μορφής μετακίνησης και των χρηστών τους, καθώς και τις βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα οχήματα και τα χαρακτηριστικά τους. Τέλος, παρουσιάζονται κάποιες πολιτικές οι οποίες εφαρμόζονται στον τομέα των μετακινήσεων και στόχο έχουν τον περιορισμό της ρύπανσης που προκαλείται από τις μετακινήσεις και την μετάβασή τους σε μια πιο βιώσιμη κατάσταση.

Κεφάλαιο 4: Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται. Αναλύεται το σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων από τη σκοπιά της πολυεπίπεδης προοπτικής (MLP), καθώς και τα υποσυστήματα του κοινωνικο-τεχνικού καθεστώτος (ΚΤΚ) τα οποία εξετάζονται στην παρούσα διατριβή.

Κεφάλαιο 5: Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται το μοντέλο ΣΔ το οποίο αναπτύχθηκε για την ανάλυση του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων, σε μορφή

διαγράμματος αιτιότητας αλλά και διαγράμματος συσσωρεύσεων και ροών. Τέλος, παρατίθενται οι μεταβλητές και οι μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για να εξεταστεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του μοντέλου.

Κεφάλαιο 6: Στο κεφάλαιο 6 παρατίθενται τα σενάρια τα οποία εξετάστηκαν και συζητούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση του κάθε σεναρίου μεταβάλλοντας ορισμένες βασικές τιμές.

Κεφάλαιο 7: Παρέχει απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται σε συνοπτική μορφή. Εξάγει συμπεράσματα και σκιαγραφεί πιθανές ενδιαφέρουσες επεκτάσεις της συγκεκριμένης έρευνας που παρουσιάζεται σε αυτή τη διατριβή.

1.3. Συνεισφορά

Η παρούσα διδακτορική διατριβή αναλύει το ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων ως ένα σύστημα σε πολλαπλή μετάβαση: όπου συνδυάζεται η ταυτόχρονη μελέτη της τεχνολογικής αλλαγής στην τεχνολογία κίνησης, της ψηφιοποίησης των λειτουργιών και της ανάπτυξη νέων συστημικών λειτουργιών ταυτόχρονα με την ανάδυση νέων επιχειρηματικών μοντέλων.

Τα μέχρι τώρα μοντέλα προσομοίωσης που έχουν χρησιμοποιηθεί επικεντρώνονται κυρίως στην ανάπτυξη και τη διάχυση μεμονωμένων νέων τεχνολογιών ή νέων επιχειρηματικών μοντέλων και στις επιπτώσεις που αυτές μπορεί να έχουν στο περιβάλλον (όπως Struben και Sterman, 2008; Jifeng και Hu, 2008; Shepherd κ.α., 2012). Λίγες έρευνες επικεντρώνονται ως τώρα στις αλλαγές στις μορφές μετακίνησης και στις επιπτώσεις που μπορούν αυτές να επιφέρουν στο σύστημα των μετακινήσεων και στις συνέπειες που αυτό μπορεί να έχει στο περιβάλλον και στην οικονομία γενικότερα. Επιπλέον, οι υπάρχουσες έρευνες δεν φαίνεται να είναι ικανές να παρέχουν αναλύσεις με υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας, ενώ δεν είναι αρκετά επεξηγηματικές και δεν παρέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες για τις αλληλεπιδράσεις που επιφέρουν η τεχνολογική αλλαγή και η αλλαγή στις επιλογές αστικής κινητικότητας (Moradi και Vagnoni, 2018).

Η παρούσα διατριβή εξετάζει τις μετακινήσεις ως σύστημα, ακολουθώντας την άποψη ότι οι τεχνολογίες και τα επιχειρηματική μοντέλα δε μπορούν άλλο να εξετάζονται μεμονωμένα (Wells, 2013), καθώς δε φαίνεται μόνο ένα να μπορεί να οδηγήσει στην επίτευξη των στόχων που τίθενται (Georgatzi κ.α., 2020). Λαμβάνει υπόψιν τα τέσσερα υποσυστήματα/έλικες τα οποία προτείνονται από το Μοντέλο της Τετραπλής Έλικας Καινοτομίας (MTEK) (Quadruple Helix Innovation Model).

Εξετάζει παραμέτρους από όλες τις έλικες και όλα τα επίπεδα ανάλυσης της MLP (κοινωνικο-τεχνικό τοπίο, καθεστώς και θύλακες), ενώ ταυτόχρονα συμπεριλαμβάνει την αλλαγή στα επιχειρηματικά μοντέλα, η οποία σε μέχρι τώρα μελέτες τείνει να παραλείπεται. Ενώ ταυτόχρονα, δε περιορίζεται στο επίπεδο της ποιοτικής ανάλυσης, αλλά προχωράει σε ποσοτική ανάλυση του εξεταζόμενου ΚΤΣ μέσω της δημιουργίας μοντέλου προσομοίωσης στηριζόμενο στη ΣΔ. Έτσι, επιτυγχάνεται η καλύτερη κατανόηση του συστήματος που εξετάζεται, καθώς ενσωματώνονται τυχόν καθυστερήσεις στην απόκριση του συστήματος και των συστατικών του μερών και διαδικασίες συσσώρευσης ή εξάντλησης. Όλα τα παραπάνω είναι παρόντα σε μια διαδικασία μετάβασης, αλλά συχνά δε λαμβάνονται υπόψιν από τις αφηγηματικές προσεγγίσεις, που συνήθως χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν μια διαδικασία μετάβασης, όπως αυτή της MLP.

Επιπλέον, εξετάζει και αναλύει τις αλληλεπιδράσεις που μπορεί να επιφέρει μια μεταβολή σε στοιχεία του κάθε υποσυστήματος του συστήματος στο ίδιο το υποσύστημα, αλλά και στο εξεταζόμενο σύστημα στο σύνολό του, δίνοντας έμφαση στις ανατροφοδοτήσεις του συστήματος και στις συνέργειες που μπορεί να δημιουργούνται. Μέσω της ΣΔ δημιουργείται ένα δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης το οποίο μπορεί να παραμετροποιηθεί και να προσαρμοστεί στις ανάγκες και στα δεδομένα διαφορετικών εξεταζόμενων περιοχών και να δώσει τη δυνατότητα ανάλυσης διαφορετικών περιοχών. Αναπτύσσεται δηλαδή ένα εργαλείο μελέτης και ανάλυσης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο για εργαλεία συμμετοχικού σχεδιασμού και να επιτρέψει σε διάφορες οικονομίες μετά από τις κατάλληλες τροποποιήσεις και την εξέταση των επιπτώσεων στο σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεών τους, να λάβουν τις κατάλληλες πολιτικές αποφάσεις. Αυτό γίνεται *ex ante* με τη βοήθεια των υπολογιστικών προσομοιώσεων, σε αντίθεση με αρκετές μελέτες οι οποίες αναλύουν εκ των υστέρων τι έχει συμβεί σε μια μετάβαση.

Βασική συνεισφορά αυτής της διδακτορικής διατριβής αποτελεί η ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης με τη βοήθεια της ΣΔ το οποίο συντελεί στην εξέταση της δυναμικής υπόθεσης περί περιορισμού των επιπτώσεων από την δραστηριότητα των αστικών οδικών επιβατικών μετακινήσεων μέσω της υιοθέτησης νέων μορφών κινητικότητας και νέας τεχνολογίας. Έπειτα, με βάση τη δυναμική υπόθεση μοντελοποιείται η επίδραση της εισόδου και της υιοθέτησης των νέων μορφών κινητικότητας στην μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, δηλαδή στην ικανότητα του συστήματος να απορροφά και να αποδέχεται τα νέα στοιχεία του.

Συμπερασματικά, η παρούσα διδακτορική έρευνα εξετάζει τις αλλαγές που μπορεί να φέρει τόσο η στροφή σε νέες μορφές μετακίνησης, αλλά και σε νέες τεχνολογίες και χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία της ΣΔ για την καλύτερη κατανόηση των δυνάμεων που αναπτύσσονται εντός του συστήματος, εξετάζοντας ως μελέτη περίπτωσης το σύστημα των οδικών αστικών μετακινήσεων της Αθήνας. Το μοντέλο συστημικής δυναμικής το οποίο αναπτύσσεται αποτελεί εργαλείο διαμόρφωσης πολιτικών που σχετίζονται με το εξεταζόμενο σύστημα και προσπάθειες στο πλαίσιο αυτού για μείωση των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων.

“The socio-technical regime represents the dominant cognitive, regulative and normative rules and resource structures that have emerged around a technology.”

Bidmon and Knab, 2018 (pp. 904)

2. Ανάλυση κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων και κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων

2.1. Εισαγωγή

Στην πρώτη Ενότητα του Κεφαλαίου (2.2) αναλύεται η έννοια του ΚΤΣ και των δομικών συστατικών του. Στην ενότητα 2.3 αναλύεται η έννοια της κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης (KTM) και κατηγοριοποιούνται οι δρώντες οι οποίοι συμμετέχουν στην διαδικασία αλλαγής ενός ΚΤΣ, ενότητα 2.4. Στην ενότητα 2.5, παρατίθενται οι σημαντικότεροι παράγοντες ώθησης ή εμπόδισης της μετάβασης ενός ΚΤΣ. Επίσης, αναλύονται τα χαρακτηριστικά των βιώσιμων μεταβάσεων, στην υπο-ενότητα 2.5.1. Η υπο-ενότητα 2.5.4 αφορά στην καινοτομία των επιχειρηματικών μοντέλων και το ρόλο που αυτή διαδραματίζει στη μετάβαση ενός ΚΤΣ. Στις ενότητες 2.6 και 2.7 αναλύονται οι βασικές ποιοτικές και ποσοτικές μεθοδολογίες οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων. Τέλος, η ενότητα 2.8 αναφέρεται στην μετάβαση του κλάδου των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων σε οικονομία χαμηλού άνθρακα, και στις αλλαγές που προκύπτουν στον κλάδο με την ανάδυση νέων μορφών κινητικότητας.

2.2. Κοινωνικο-τεχνικό σύστημα και κοινωνικο-τεχνικό καθεστώς

Ένα κοινωνικο-τεχνικό σύστημα - ΚΤΣ (*Socio-technical system - STS*) αποτελείται από ένα πλέγμα στοιχείων στα οποία συμπεριλαμβάνονται η τεχνολογία (στις υλικές και άυλες μορφές της), οι κανονισμοί, οι πρακτικές που ακολουθούν οι χρήστες μεμονωμένα, αλλά και οι πάροχοι υπηρεσιών, η πολιτιστική σημασία (*cultural meaning*), οι υποδομές, τα δίκτυα συντήρησης, καθώς και τα δίκτυα διανομής (Geels, 2005). Με άλλα λόγια, τα ΚΤΣ είναι ένα σύνολο τεχνολογιών, τεχνουργημάτων (*artifacts*), ανάπτυξης τεχνολογίας και διαδικασίας χρήσης/κατανάλωσης, ομάδων επιστημόνων, χρηστών, κλπ., τα οποία ως απώτερο στόχο έχουν την ικανοποίηση μιας κοινωνικής λειτουργίας (π.χ. παροχή ενέργειας, μεταφορές, τηλεπικοινωνίες, κλπ.) (Geels, 2005; Adamides, 2018).

Εντός ενός ΚΤΣ, όλα τα στοιχεία είναι ευθυγραμμισμένα και ενορχηστρωμένα μεταξύ τους συνθέτοντας ένα σύστημα στο οποίο έχει επέλθει σταθερότητα. Οι κοινωνικές ομάδες (π.χ. χρήστες) είναι αυτές που επηρεάζουν την τροχιά του ΚΤΣ και την

σταθερότητά του τηρώντας συγκεκριμένους κανόνες που αποτελούν το ΚΤΚ λειτουργίας του συστήματος (Papachristos, 2014).

Αυτή η σταθερότητα είναι δυνατό να διαταραχθεί με αποτέλεσμα τη δημιουργία «χώρου» για μια νέα κατάσταση (de Haan και Rotmans, 2011). Οι τεχνολογικές καινοτομίες αποτελούν έναν παράγοντα - μεταξύ άλλων - που μπορεί να αλλάξει τη δομή και τη συμπεριφορά αυτών των συνόλων, οδηγώντας έτσι σε καινοτομίες συστήματος (*system innovations*) ή κοινωνικο-τεχνικές μεταβάσεις (Geels, 2018b), τις οποίες αναλύουμε παρακάτω. Κύριες πηγές σταθερότητας των ΚΤΣ αποτελούν οι κοινοί κανόνες, οι νόρμες, οι προσδοκίες και τα 'πιστεύω' που καθοδηγούν τη συμπεριφορά των διαφόρων δρώντων εντός του συστήματος (Sorrell, 2018). Τα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα αποτελούν μια πνευματική «συσκευή» η οποία χρησιμοποιείται για να εξετάσει τις καινοτομίες συστήματος οι οποίες περιλαμβάνουν τεχνολογική αλλαγή.

Ένα ΚΤΣ αποτελείται από δύο συν-εξελισσόμενα υποσυστήματα: α) την ανάπτυξη και την παραγωγή ενός υποσυστήματος τεχνολογικών αντικειμένων και τεχνολογίας, και β) ενός υποσυστήματος χρήσης τεχνουργημάτων και τεχνολογίας (Adamides, 2009). Ταυτόχρονα, διέπεται από ένα σύνολο κανόνων και άτυπων θεσμών (ρουτινών) που κατευθύνουν τη συμπεριφορά των δρώντων όσον αφορά στον τρόπο παραγωγής, ρύθμισης και χρήσης των μέσων κάλυψης κοινωνικών αναγκών (π.χ. ενέργεια, μεταφορές, τηλεπικοινωνίες, κλπ.). Το σύνολο αυτών των κανόνων, αποτελεί το ΚΤΚ, με βάση το οποίο λειτουργεί ένα ΚΤΣ (Schot, Kanger και Verbong, 2016). Τα ΚΤΚ θεωρούνται ως η βασική πηγή σταθερότητας (*stability*), αδράνειας (*inertia*) και εγκλωβισμών (*lock-ins*), βασικών εμποδίων για τη βιώσιμη μετάβαση ενός συστήματος (Urban κ.ά., 2018).

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ΚΤΚ είναι: 1) ύπαρξη ενός βασικού στόχου όσον αφορά την λειτουργικότητα για τους χρήστες και την κοινωνία, ο οποίος πρέπει να καλυφθεί (π.χ. ανάγκη για μετακίνηση), 2) σύνδεση και ευθυγράμμιση πολλών στοιχείων, πολλά πράγματα συνδέονται και ευθυγραμμίζονται με άλλα (π.χ. συμπληρωματικοί πόροι), 3) σταθερότητα, καθώς οι αλλαγές δεν συμβαίνουν από τη μια στιγμή στην άλλη, 4) έλλειψη επικεφαλής δρώντα για όλα όσα συμβαίνουν μέσα στο καθεστώς, και 5) σχετική αυτονομία διαστάσεων του καθεστώτος (η τεχνολογία, οι χρήστες/αγορές, οι πολιτικές, η επιστήμη, ο πολιτισμός) (Holz κ.ά., 2008).

Πίνακας 2.2.1: Δομικά στοιχεία ενός ΚΤΣ και του τοπίου του

	Στοιχείο	Παράδειγμα
Κοινωνικο-τεχνικό σύστημα	Δρώντες	<ul style="list-style-type: none"> Ερευνητικοί φορείς Πανεπιστήμια Μεγάλες, μικρές και μικρομεσαίες επιχειρήσεις Καταναλωτές και χρήστες Κυβερνητικά όργανα, ενδιάμεσοι φορείς Μη κυβερνητικοί οργανισμοί MME
	Θεσμοί	<ul style="list-style-type: none"> Τυπικοί: νόμοι, πρότυπα, οδηγίες Άτυποι: νόρμες, αξίες, συνήθειες, προσωπικές πεποιθήσεις
	Υποδομές	<ul style="list-style-type: none"> Δρόμοι Σιδηρόδρομοι Δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας Δίκτυα υγρών καυσίμων Δίκτυα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων Δίκτυο ίντερνετ
Τοπίο	Προοδευτικοί/Βαθμιαίοι παράγοντες	<ul style="list-style-type: none"> Κανονισμοί ευρύτεροι από την μετάβαση Κανονισμοί από τα υψηλότερα επίπεδα εξουσίας Μακροπρόθεσμα 'πιστεύω' Θρησκευτικές κυρώσεις
	Εξωγενή σοκ	<ul style="list-style-type: none"> Πόλεμοι Οικονομικές κρίσεις Πανδημίες Φυσικές καταστροφές

Πηγή: van Rijnsoever και Leendertse (2020)

Θεωρώντας πως τα ΚΤΣ αναπτύσσονται στη διάρκεια δεκαετιών (Sorrell, 2018), η ευθυγράμμιση και η συνεξέλιξη των διαφόρων οντοτήτων και των πρακτικών εντός του συστήματος οδηγούν σε αμοιβαία εξάρτηση και αντίσταση απέναντι στην αλλαγή/μετάβαση. Για παράδειγμα, οι επενδύσεις στην ανάπτυξη οδικού δικτύου και σε δίκτυα διανομής υγρών καυσίμων, καθιστούν δύσκολη την απομάκρυνση από τα ιδιωτικά οχήματα που λειτουργούν με υγρά καύσιμα.

Οι κοινωνικο-τεχνικές μεταβάσεις - ΚΤΜ που αναλύονται στη συνέχεια στην ενότητα 2.3, είναι οι βασικοί μετασχηματισμοί που πραγματοποιούνται σε ένα ΚΤΣ και το ωθούν σε μια νέα κατάσταση.

2.3. Κοινωνικο-τεχνική μετάβαση

Τα ΚΤΣ δημιουργούνται, (επανα-)παράγονται και εξευγενίζονται από διάφορες κοινωνικές ομάδες, π.χ. επιχειρήσεις, πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα, δημόσιες αρχές, ομάδες δημοσίου συμφέροντος, καθώς και χρήστες. Αυτές οι κοινωνικές ομάδες

έχουν τα δικά τους συμφέροντα και αντιλήψεις επί των υφιστάμενων προβλημάτων, αξίες, προτιμήσεις, στρατηγικές και πόρους (χρήματα, γνώσεις και επαφές) (Geels, 2005).

Έτσι, κατά τη διάρκεια μιας μετάβασης ενός ΚΤΣ, πραγματοποιούνται διεργασίες πολλαπλών δράσεων που περιλαμβάνουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ πολλών κοινωνικών ομάδων, π.χ. εμπορικές συναλλαγές, πολιτικές διαπραγματεύσεις, αγώνες εξουσίας, καθώς και δημιουργία συνασπισμών σε διαφορετικά επίπεδα (Geels, 2005).

Ο όρος καινοτομία συστήματος ή κοινωνικο-τεχνική μετάβαση - KTM περιλαμβάνει όχι μόνο την καινοτομία προϊόντος ή διαδικασίας, αλλά και τις αλλαγές στον τρόπο που συμπεριφέρονται οι χρήστες (περιβαλλοντική συνείδηση) και οι αγορές, τις πολιτικές (υποστήριξη νέων τεχνολογιών), και τους κανονισμούς, την κουλτούρα (ιδιοκτησία ιδιωτικού οχήματος), τις υποδομές (δίκτυα συντήρησης οχημάτων), τον τρόπο ζωής (ιδιωτικές μετακινήσεις) και τη στρατηγική και λειτουργία των επιχειρήσεων (προσφορά μεμονωμένων μετακινήσεων) (Gaziulusoy και Twomey, 2014) εντός του συστήματος.

Μια μετάβαση σύμφωνα με τους Rotmans κ.ά. (2001), είναι μια βαθμιαία, συνεχής διαδικασία αλλαγής, κατά τη διάρκεια της οποίας ο δομικός χαρακτήρας μιας κοινωνίας (ή ένα υποσύστημα της κοινωνίας (a complex sub-system of society)) μεταβάλλεται. Γενικότερα, οι μεταβάσεις δεν είναι ομοιόμορφες και ούτε η διαδικασία τους είναι αιτιοκρατική (Rotmans κ.ά., 2001). Κατά την ανάλυση διαφόρων μεταβάσεων διαπιστώνονται σημαντικές διαφορές ανάμεσά τους, κάτι που σχετίζεται τόσο με το μέγεθος των αλλαγών όσο και με την περίοδο πραγματοποίησης της μετάβασης.

Οι μεταβάσεις φαίνεται να περιλαμβάνουν μια σειρά από διαδρομές ανάπτυξης (*development paths*), των οποίων την κατεύθυνση, την κλίμακα και την ταχύτητα μπορούν να επηρεάσουν οι κυβερνητικές πολιτικές, χωρίς να μπορούν όμως να τις ελέγξουν απόλυτα (Rotmans κ.ά., 2001). Η κεντρική ιδέα πίσω από τη διαδικασία των μεταβάσεων είναι η θεώρησή τους ως μια αλληλουχία διαφορετικών μοτίβων (*concatenation of patterns*), ενώ οι σπουδές των μεταβάσεων (*transition studies*) φαίνεται να σχετίζονται έντονα με τις σπουδές καινοτομίας (*innovation studies*) (De Haan και Rotmans, 2011).

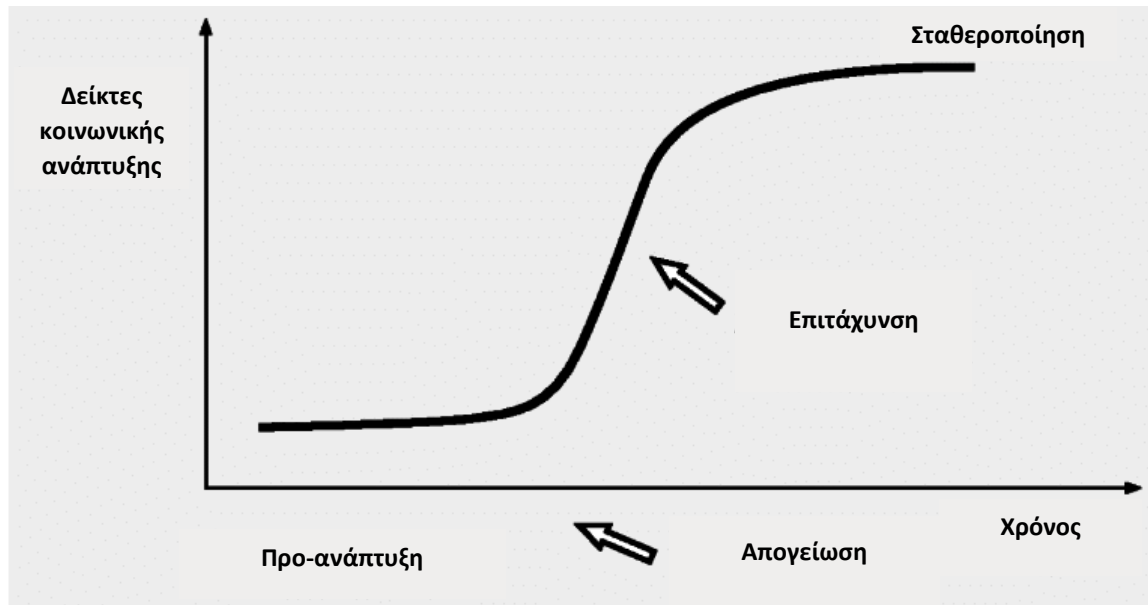
Η εξέταση των μεταβάσεων τείνει να δείχνει πως ένα ΚΤΣ είναι «δυναμικά» σταθερό (*dynamically stable*). Αυτό υποδηλώνει τη σταδιακή διαδικασία αλλαγής ενός

ΚΤΣ, καθώς και την πιθανότητα για σταδιακές και μακροχρόνιες αλλαγές εντός αυτού, σε αντίθεση με την πιθανότητα εφαρμογής ριζοσπαστικών αλλαγών (Bidmon, 2018).

Αναλύοντας τις μεταβάσεις, δε θα πρέπει να αγνοεί κανείς το γεγονός ότι αυτές διέρχονται διάφορα στάδια, ώστε το σύστημα να φτάσει σε μια νέα κατάσταση σταθερότητας και να φτάσει στην τελική του μορφή. Στη διεθνή βιβλιογραφία, διακρίνονται τέσσερις φάσεις μεταβάσεων (Rotmans κ.ά., 2001; Frantzeskaki και de Haan, 2009; Upham κ.ά., 2015, Safarzyńska, 2012), οι οποίες παρουσιάζονται και στο ακόλουθο γράφημα 2.3.1):

- προ-αναπτυξιακή φάση (*pre-development phase*) δυναμικής ισορροπίας, όπου το καθεστώς δεν αλλάζει ορατά.
- φάση “απογείωσης” (*take-off phase*), όπου η διαδικασία αλλαγής βρίσκεται σε εξέλιξη, καθώς η κατάσταση του συστήματος αρχίζει να μετατοπίζεται.
- ρηξικέλευθη φάση (*breakthrough phase*) ή φάση επιτάχυνσης (*acceleration phase*), όπου ορατές διαρθρωτικές αλλαγές πραγματοποιούνται μέσω συσσώρευσης κοινωνικο-πολιτιστικών, οικονομικών, οικολογικών και θεσμικών αλλαγών που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- φάση σταθεροποίησης (*stabilization phase*), όπου η ταχύτητα της κοινωνικής αλλαγής μειώνεται και επιτυγχάνεται μια νέα δυναμική ισορροπία.

Γράφημα 2.3.1: Οι τέσσερις φάσεις της μετάβασης



Πηγή: Rotmans κ.ά. (2001, p. 17)

Οι φάσεις φαίνεται να χαρακτηρίζονται από τέσσερις (4) δυναμικές μετάβασης (*transition dynamics*), μέχρι την ολοκλήρωσή της. Αρχικά, η δυναμική του πειραματισμού (*experimentation*), όπου νέα στοιχεία ξεπηδάνε σε επίπεδο θύλακα. Έπειτα, έρχεται η δυναμική της σταθεροποίησης (*stabilization*) όπου τα προηγούμενα πειράματα σταδιακά μάχονται μιας υπάρχουσας κατάστασης και ταυτόχρονα νέοι κανόνες και δομές εμφανίζονται για να διευκολύνουν την ύπαρξή τους. Τρίτον, έχουμε τη ρηζικέλευθη δυναμική (*break through*) όπου μια καινοτομία περνά από το θύλακα στο καθεστώς, όπου εδώ μάλλον είναι απαραίτητη η ύπαρξη εξωτερικών πιέσεων από το τοπίο ανάμεσα στους δρώντες του καθεστώτος για την από-σταθεροποίηση του υπάρχοντος καθεστώτος και τη δημιουργία παραθύρων ευκαιρίας για τα νέα στοιχεία που εισέρχονται στο καθεστώς. Και τέλος, τη δυναμική της αντικατάστασης (*replacement*) όπου ένα νέο καθεστώς αρχίζει να δημιουργείται γύρω από τα νέα στοιχεία και σταδιακά να αντικαθιστά το παραδοσιακό/εγκαθιδρυμένο καθεστώς (Bidmon και Knab, 2018).

Οι μεταβάσεις είναι εμφανείς αλλαγές του συστήματος, είναι πολυκεντρικές, συμπεριλαμβάνουν πολλούς δρώντες, και παράγοντες, διαδραματίζονται σε πολλαπλά επίπεδα και ποικίλουν όσον αφορά χρονικές και χωρικές διαβαθμίσεις, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν διαδικασίες που χαρακτηρίζονται από εξάρτηση διαδρομής (Papachristos, 2018b, 2019). Περιλαμβάνουν αλλαγές σε δρώντες, πρακτικές, θεσμούς, παραγωγή και

χρήση τεχνολογίας, επιχειρηματικά μοντέλα, οργανισμούς και προϊόντα/υπηρεσίες. Η φύση, ο χρόνος και η ένταση των αλληλεπιδράσεων αυτών των αλλαγών των διαφόρων παραγόντων καθορίζει και το αν θα επιταχυνθεί ή θα επιβραδυνθεί η μετάβαση.

Οι δυνάμεις που μπορούν να ωθήσουν ένα σύστημα προς μετάβαση μπορεί να είναι είτε εξωτερικές είτε εσωτερικές. Κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την προέλευσή τους σε πιέσεις, εντάσεις και στρες, ενώ αναγνωρίζονται αρχικά από την κατεύθυνση αλλαγής που έχουν (Frantzeskaki και De Haan, 2009; De Haan και Rotmans, 2011). Πιο συγκεκριμένα όταν οι δυνάμεις έχουν κατεύθυνση από «πάνω προς τα κάτω» (*top-down*), τότε το ΚΤΣ αντιμετωπίζει εντάσεις. Όταν η κατεύθυνση της δύναμης είναι από «κάτω προς τα πάνω» (*bottom-up*), τότε το ΚΤΣ αντιμετωπίζει πιέσεις. Ενώ, όταν η αλλαγή προέρχεται από το εσωτερικό του συστήματος (*internal*), τότε το ΚΤΣ αντιμετωπίζει καταστάσεις στρες (Frantzeskaki και De Haan, 2009).

Πέρα από την προέλευσή τους οι δυνάμεις που επηρεάζουν ένα σύστημα, χωρίζονται σε δυνάμεις (Frantzeskaki και de Haan, 2009):

1. διαμόρφωσης (*formation forces*), οι οποίες σχετίζονται με τις δυνατότητες του συστήματος για κοινωνική καινοτομία, σε αυτές περιλαμβάνονται η ύπαρξη θυλάκων, νέας ζήτησης και νέων λειτουργιών,
2. υποστηρικτικές (*supportive forces*), οι οποίες είτε ενισχύουν είτε αποδυναμώνουν τις τρέχουσες μεταβατικές τάσεις. Περιλαμβάνουν την τυποποίηση των πρακτικών και των ρουτινών, την παροχή πόρων, καθώς και την άσκηση της εξουσίας απέναντι στο καθεστώς ή της καινοτομίας από εξωτερικά ή εσωτερικά κέντρα δύναμης, και τέλος
3. έναυσης (*triggers or triggering forces*), οι οποίες διαταράσσουν ή κλονίζουν το ΚΤΣ. Σε αυτές, περιλαμβάνονται οι κρίσεις, οι αποτυχίες του συστήματος και εξωτερικά γεγονότα.

Οι δυνάμεις που αναφέρονται παραπάνω μπορεί να προέρχονται από διαφορετικά πεδία του ΚΤΣ: 1. το περιβάλλον, 2. την επιστήμη και την τεχνολογία, 3. την κοινωνία των πολιτών, και 4. τους θεσμούς (κυρίως τους τυπικούς). Το περιβάλλον αποτελεί σημαντικό κομμάτι του κοινωνικού συστήματος, ενώ η επιστήμη και η τεχνολογία παρέχουν στους δρώντες τα μέσα για να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις καθημερινές ανάγκες. Η κοινωνία των πολιτών, αποτελείται από τους δρώντες οι οποίοι ζουν σύμφωνα με κοινούς κανόνες ή συμβάσεις. Οι ρουτίνες της κοινωνικής λειτουργίας ανήκουν στο στοιχείο της

κοινωνίας των πολιτών. Ο πολιτισμός περιλαμβάνει τις αξίες που διαμορφώνουν τις αντιλήψεις και τις πεποιθήσεις των δρώντων, καθώς και τους άγραφους κανόνες συντονισμού και ηθικής που προηγούνται των κανόνων και του συντάγματος. Τέλος, οι θεσμοί αποτελούν δημιουργήματα της κοινωνίας και αποτελούν το έδαφος που επιτρέπει, νομιμοποιεί και περιορίζει την ανθρώπινη δράση και αλληλεπίδραση. Οι επίσημοι θεσμοί και οι αγορές επισημοποιούν, ρυθμίζουν και τυποποιούν την ανθρώπινη δράση και αλληλεπίδραση μέσω κανόνων και αποτελούν τη δομική συνιστώσα ενός κοινωνικού συστήματος. Οι τυποποιημένες ρουτίνες, οι κανόνες και οι νόμοι αποτελούν τις δομές του κοινωνικού συστήματος (Frantzeskaki και De Haan, 2009).

Εντός ενός ΚΤΣ παρατηρούνται διάφοροι τύποι αλληλεπιδράσεων (Papachristos, 2014) που σχετίζονται με την παρουσία ενός θύλακα. Ως θύλακες έχουν οριστεί στις εμπειρικές μελέτες των μεταβάσεων, οι τυπικοί «χώροι» μέσα στους οποίους συμβαίνουν οι ριζοσπαστικές καινοτομίες, οι οποίοι λειτουργούν στην περιφέρεια ή εκτός του κυρίαρχου μεσο-επιπέδου καθεστώτος. Ένας θύλακας μπορεί να περιλαμβάνει νέες τεχνολογίες, θεσμούς, αγορές, τρόπους ζωής και πολιτιστικά στοιχεία και αποτελείται από δίκτυα φορέων/οργανισμών (Nykvist και Whitmarsh, 2008). Οι θύλακες παρουσιάζουν διάφορους τύπους αλληλεπίδρασης εντός ενός ΚΤΣ (Papachristos κ.ά., 2013):

- Ο πρώτος τύπος αφορά στη μεταφορά θυλάκων (*niche transfer*), η οποία περιλαμβάνει τις κοινωνικές τάσεις, τη γνώση, ή τις κυρίαρχες τεχνολογίες (*dominant technologies*) που προέρχονται από ένα καθεστώς και κατευθύνονται προς ένα διαφορετικό σύστημα το οποίο επηρεάζουν, ή συνεισφέρουν ώστε να δημιουργηθεί ένας εσωτερικός θύλακας.
- Στον δεύτερο τύπο έχουμε την παρεμβολή θυλάκων (*niche interference*), όπου ένας εξωτερικός θύλακας επηρεάζει έναν ήδη υπάρχοντα θύλακα εντός του κεντρικού συστήματος ή ενός νέου που δημιουργείται. Ο νέος θύλακας μπορεί: (i) να απορροφηθεί από το καθεστώς, αν οι αλληλεπιδράσεις ενισχύονται, ανεξάρτητα από την χρονική στιγμή, (ii) να αντικαταστήσει το καθεστώς, εάν οι αλληλεπιδράσεις είναι ανταγωνιστικές και ο χρόνος είναι κατάλληλος, π.χ. η περίπτωση των ατμόπλοιων (*steam ship effect*), ή (iii) να διαλυθεί εάν υπάρχουν ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις, π.χ. είναι η μετάβαση από τα κάρα στα αυτοκίνητα.

- Στον τρίτο τύπο συναντάμε την αυτονομία των θυλάκων (*niche autonomy*), όπου οι διαδικασίες ανάπτυξης στο αρχικό σύστημα είναι ανεξάρτητες από κάθε εξωτερικό σύστημα. Στηριζόμενοι στους εσωτερικούς θύλακες: (i) κάποιες τεχνολογίες μπορεί να αναπτυχθούν και τελικά να απορροφηθούν από το υπάρχον καθεστώς, (ii) αν μια τεχνολογία είναι ανταγωνιστική τότε το υπάρχον καθεστώς μπορεί να υποκατασταθεί αν ο χρόνος είναι κατάλληλος, (iii) αν η τεχνολογία έχει αντικατασταθεί από άλλες τότε μάλλον θα καταστραφεί.
- Στον τέταρτο τύπο έχουμε την ανάδυση θυλάκων (*niche emergence*), όπου κάτι νέο αναδύεται αρχικά ως θύλακας από την συνεισφορά δύο ή περισσότερων συστημάτων. Για την επίτευξή του, απαιτείται ενίσχυση των αλληλεπιδράσεων με αντίστοιχη εύρεση του κατάλληλου χρόνου. Τα συστήματα πρέπει να βρίσκονται υπό πίεση και να κατέχουν επαρκώς ανεπτυγμένες και συμπληρωματικές δεξιότητες ώστε να συνεισφέρουν επιτυχώς στην ανάδυση του θύλακα.

Λόγω της εγγενούς πολυπλοκότητας, οι μεταβάσεις δεν μπορούν να σχεδιαστούν ή να επιβληθούν από το εξωτερικό περιβάλλον, και δε μπορούν να συμπεριληφθούν σε σαφή πλαίσια ελέγχου. Αντίθετα, οι μεταβάσεις μπορούν να κατευθύνονται, να ενεργοποιούνται και να διεγείρονται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή την ταχύτητα και το μέγεθος της αλλαγής, καθώς και το χρόνο στον οποίο αυτή συμβαίνει. Τα παραπάνω βοηθούν στην κατανόηση του γεγονότος ότι οι μεταβάσεις μπορούν να μελετηθούν σωστά μόνο εκ των υστέρων, όταν οι αιτίες και τα αποτελέσματά τους μπορούν να προσδιοριστούν (Lachman, 2013).

Οι αλλαγές που προκαλούνται σε ένα ΚΤΣ έχουν κατηγοριοποιηθεί σε έξι τύπους βάσει του αποτελέσματος της επίδρασης των πιέσεων στα ΚΤΚ και τις αλληλεπιδράσεις των θυλάκων καινοτομίας (*niche-innovations*) και των καθεστώτων (*regimes*) (Geels και Schot, 2007; Sarasini και Langeland, 2017; Geels και Kemp, 2006; Smith κ.α., 2005). Αυτές οι έξι κατηγορίες είναι:

α. **Αναπαραγωγή (*Reproduction*):** κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής δεν υφίστανται εξωτερικές πιέσεις τοπίου, επομένως το καθεστώς παραμένει δυναμικά σταθερό, καθώς οι καινοτομίες θύλακα δυσκολεύονται να διαταράξουν την υφιστάμενη κατάσταση.

β. Μετασχηματισμός (*Transformation*): υπάρχουν μέτριες δυνάμεις πίεσης στο τοπίο, αλλά οι καινοτομίες θύλακα δεν είναι επαρκώς ανεπτυγμένες για να αποτελέσουν απειλή, έτσι οι υφιστάμενοι δρώντες εντός του καθεστώτος επανα-προσδιορίζουν την κατεύθυνση της πορείας ανάπτυξης του καθεστώτος.

γ. Αποκατάσταση και επαν-ευθυγράμμιση (*De-alignment and re-alignment*): το υφιστάμενο καθεστώς αποπροσανατολίζεται και διαβρώνεται από τη μεγάλη και ξαφνική αλλαγή του τοπίου. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμιά καινοτομία θύλακα η οποία να είναι επαρκώς ανεπτυγμένη και να μπορεί να αποτελέσει υποκατάστατο άμεσα, ο ανταγωνισμός μεταξύ θυλάκων καινοτομίας εξαλείφεται, με έναν ή περισσότερους θύλακες καινοτομίας να κυριαρχούν τελικά και να επαναπροσδιορίζουν ένα νέο καθεστώς.

δ. Τεχνολογική υποκατάσταση (*Technological substitution*): το υφιστάμενο καθεστώς από-προσανατολίζεται και διαβρώνεται από τη μεγάλη και ξαφνική αλλαγή του τοπίου, αλλά οι καινοτομίες θύλακα είναι επαρκώς ανεπτυγμένες και ξεπερνούν το υφιστάμενο καθεστώς.

ε. Επαναδιαμόρφωση (*Reconfiguration*): οι δρώντες του υφιστάμενου καθεστώτος υιοθετούν συμβιωτικές (ή ενισχυτικές) καινοτομίες θύλακα για την επίλυση τοπικών προβλημάτων, αλλά αυτό προκαλεί περαιτέρω αλλαγές στο καθεστώς, με αποτέλεσμα την υιοθέτηση νέων καινοτομιών θύλακα και περαιτέρω αλλαγών. Οι καινοτομίες θύλακα μετασχηματίζουν την αρχιτεκτονική του καθεστώτος αντικαθιστώντας τα υπάρχοντα στοιχεία.

στ. Μια ακολουθία μεταβάσεων (*sequence of transitions*): Οι πιέσεις στο τοπίο αυξάνονται σταδιακά, οδηγώντας πρώτα στον μετασχηματισμό και στη συνέχεια στην αναδιάρθρωση, πριν από την αποκατάσταση (*de-alignment*) και την εκ νέου ευθυγράμμιση (*re-alignment*) ή την υποκατάσταση.

Παρόλο που κάθε μετάβαση είναι μοναδική, η γενική δυναμική είναι ότι οι μεταβάσεις προκύπτουν μέσω της αλληλεπίδρασης διαδικασιών σε διαφορετικά επίπεδα: (α) οι εξειδικευμένες καινοτομίες (*niche - innovations*) δημιουργούν εσωτερική ορμή, (β) οι αλλαγές στο επίπεδο του τοπίου δημιουργούν πίεση στο καθεστώς, και (γ) η αποσταθεροποίηση του καθεστώτος δημιουργεί παράθυρα ευκαιρίας για εξειδικευμένες καινοτομίες.

Σε μια ΚΤΜ, η ανάπτυξη θυλάκων καινοτομίας αποτελεί παράγοντα που προωθεί ένα συνδυασμό αλλαγών, τεχνολογικών και συμπεριφορικών. Και στις δυο περιπτώσεις η μετάβαση αποτελείται από δύο διαδικασίες (van Rijnsoever και Leendertse, 2020):

- την αποσταθεροποίηση του εγκαθιδρυμένου συστήματος η οποία μπορεί να επιταχυνθεί από την διατάραξη των αλληλεπιδράσεων από τις οποίες το σύστημα αντλεί την σταθερότητά του: για παράδειγμα, όταν οι δρώντες στο σύστημα εκτίθενται σε αντιφατικούς κανόνες (*conflicting rules*). Αυτές οι διαταράξεις μπορούν να συμβούν είτε από μόνες τους, όπως όταν μια νέα ιδέα εισέρχεται στην αγορά, είτε μέσω νέων πολιτικών που προσπαθούν να διευκολύνουν ή να επιταχύνουν μια μετάβαση που απαιτείται.
- την ανάπτυξη ενός ή περισσότερων θυλάκων που διευκολύνει την απαιτούμενη αλλαγή. Αυτή η διαδικασία είναι συχνά αβέβαιη εξαιτίας του γεγονότος ότι οι τεχνολογίες και οι συμπεριφορές που τελικά θα αντικαταστήσουν τα εγκαθιδρυμένα καθεστώτα, είναι άγνωστες. Η επιτυχία ενός θύλακα, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία, τα στοιχεία του συστήματος, καθώς και την συμβατότητα του με το εγκαθιδρυμένο καθεστώς και το τοπίο.

Συμπερασματικά, οι πιέσεις που ασκούνται από το τοπίο και οι δυναμικές ενός καθεστώτος είναι οι δύο συνιστώσες που μπορούν να παρακινήσουν την ανάπτυξη ενός θύλακα μέσω της δημιουργίας παράθυρων ευκαιρίας, και έτσι να συνεισφέρουν στην επιτυχία ή την αποτυχία ενός θύλακα.¹

Μια μετάβαση μπορούμε να πούμε ότι ολοκληρώθηκε όταν οι αλλαγές στα κοινωνικά και στα τεχνικά στοιχεία του καθεστώτος έχουν πια ενσωματωθεί στα επί μέρους υποσυστήματα του ΚΤΣ (θεσμικό, παραγωγικό και υποσύστημα χρηστών) (Papachristos, 2011; Papachristos κ.ά, 2013).

2.4. Κατηγοριοποίηση των δρώντων κατά τη μετάβαση

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, οι δρώντες που εμπλέκονται τόσο σε ένα ΚΤΣ, όσο και κατά τη διάρκεια μιας μετάβασης είναι πολλαπλοί. Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει για την κατηγοριοποίηση αυτών με τους Fischer και Newig (2016) να προσδιορίζουν

¹ Το αν ένας θύλακας έχει αναπτυχθεί ικανοποιητικά ώστε να αποτελέσει ένα ανταγωνιστή απέναντι στα υπάρχοντα καθεστώτα, εξαρτάται από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τα οποία αξιολογούνται με τέσσερα κριτήρια (Geels και Schot, 2007; Papachristos, 2011). Τα κριτήρια αυτά είναι: i) η ανάδυση του κυρίαρχου σχεδιασμού (*dominant design*), ii) η ενίσχυση του δικτύου των δρώντων, iii) η βελτίωση του ρυθμού απόδοσης της τιμής, και iv) ένα συνολικό μερίδιο αγοράς μεγαλύτερο του 5% για τον αναδυόμενο θύλακα.

τέσσερις διαφορετικές τυπολογίες των δρώντων που εμπλέκονται σε μια μετάβαση. Αυτή η τυπολογία περιλαμβάνει (α) τη συστημική τυπολογία, όπου περιλαμβάνονται οι δρώντες που σχετίζονται με τα τρία επίπεδα της πολυ-επίπεδης προοπτικής, (β) τη θεσμική τυπολογία, όπου περιλαμβάνονται οι δρώντες που σχετίζονται με τους θεσμούς, (γ) τη κυβερνητική τυπολογία, όπου περιλαμβάνονται οι δρώντες που σχετίζονται με τα επίπεδα διακυβέρνησης, και τέλος (δ) τους ενδιαμέσους δρώντες.

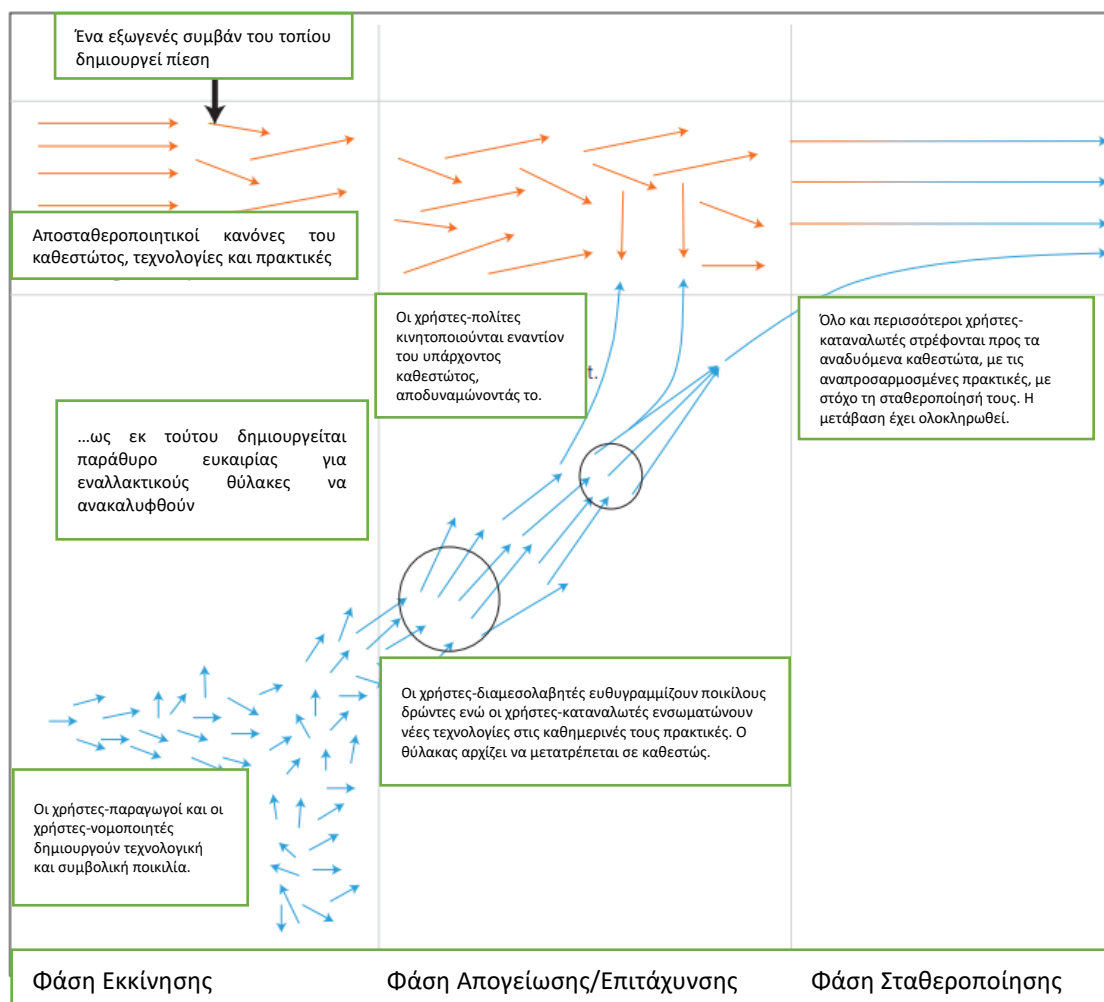
Μια άλλη κατηγοριοποίηση των δρώντων αποτελεί αυτή των Avelino και Wittmayer (2016), οι οποίοι ταξινομούν τους δρώντες σε 4 κατηγορίες: α) κράτος, β) αγορά, γ) κοινωνία και δ) τρίτος τομέας (third sector) (π.χ. εργατικά συνδικάτα, ΜΚΟ, επιστήμη). Και ανάμεσα στους δρώντες διαχωρίζουν τους μεμονωμένους δρώντες, τους οργανωσιακούς και τους δρώντες σε επίπεδο κλάδου.

Οι δρώντες που παίζουν ρόλο σε μια μετάβαση είναι πολλών κατηγοριών και διαφορετικών υποβάθρων. Όλοι αυτοί οι δρώντες μπορούν να παίξουν ρόλους σε διαφορετικά επίπεδα όπως «δρώντες καθεστώτος - regime actors» ή «δρώντες θυλάκων - niche actors». Οι επιχειρηματίες, οι νεοφυείς επιχειρήσεις και οι τεχνοβλαστοί θεωρούνται «δρώντες θυλάκων», ενώ οι δρώντες που κατέχουν εξουσία, όπως το κράτος θεωρούνται «δρώντες καθεστώτος» (Wittmayer κ.ά., 2017).

Οι χρήστες έχουν σημαντική δύναμη στο ΚΤΣ, μπορεί να έχουν διάφορους ρόλους. Μια βασική κατηγοριοποίησή τους είναι αυτή σε χρήστες-παραγωγούς (user-producers), χρήστες-νομοποιητές (user-legitimizers), χρήστες-καταναλωτές (user-consumers), χρήστες-(ενεργοί) πολίτες (user-citizens) και χρήστες-μεσολαβητές (user intermediaries) (Schot, Kanger και Verbong, 2016). Οι **χρήστες-παραγωγοί** ανακαλύπτουν, πειραματίζονται και βοηθούν στη σύνδεση με τις ριζικές καινοτομίες, δημιουργώντας νέες τεχνολογικές και οργανωσιακές λύσεις, διατυπώνοντας τις νέες προτιμήσεις των χρηστών και επιτρέποντας νέες ρουτίνες να αναπτυχθούν. Παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάδυση θυλάκων και συχνά λειτουργούν αυτόνομα. Οι **χρήστες-νομοποιητές** διαμορφώνουν τις αξίες και την κοσμοθεωρία των δρώντων εντός ενός θύλακα, παρέχοντας νόημα, σκοπό και λογική για τις δραστηριότητές τους. Παρέχουν ισχυρές ερμηνείες των εξελίξεων σε επίπεδο τοπίου, όπως η κλιματική αλλαγή. Διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση θυλάκων, αλληλοεπιδρώντας όσο το δυνατόν περισσότερο με άλλους δρώντες, ώστε να μοιραστούν τις ερμηνείες τους για τα ισχύοντα γεγονότα και τα οράματά τους για

το μέλλον. Οι **χρήστες-καταναλωτές** αγοράζουν προϊόντα τα οποία ενσωματώνουν στις καθημερινές πρακτικές τους, ορίζοντας έτσι τον τρόπο ζωής τους. Αυτή η διαδικασία συνεπάγεται τη δημιουργία νέων πρακτικών χρήσης, προσαρμόζοντας αυτές τις πρακτικές σε υπάρχουσες ρουτίνες και τροποποιώντας αυτές τις πρακτικές όταν είναι απαραίτητο. Διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διευκόλυνση της σταθεροποίησης των νέων κοινωνικο-τεχνικών καθεστώτων. Οι **χρήστες-(ενεργοί) πολίτες** ασχολούνται με την πολιτική αλλαγής καθεστώτος, ασκούν πιέσεις για έναν θύλακα και εναντίον του καθεστώτος (ή άλλων θυλάκων). Στόχος τους να μεταδώσουν τα διδάγματα που προκύπτουν από τους θύλακες σχετικά με την απαιτούμενη διαμόρφωση των κανονισμών σε μια διαδικασία αλλαγής καθεστώτος. Συνεργάζονται και αξιοποιούν ευρύτερα κοινωνικά κινήματα και ελίτ που ενδιαφέρονται για μεταρρύθμιση προσανατολισμένη στη βιωσιμότητα, στη μεγέθυνση και την ενσωμάτωση των θυλάκων στα ισχύοντα καθεστώτα. Ενώ τέλος, οι **χρήστες-μεσολαβητές** δημιουργούν χώρους για την εκμετάλλευση, τη διαμόρφωση και την ευθυγράμμιση των διαφόρων στοιχείων των αναδυόμενων ΚΤΣ, όπως τα προϊόντα, οι υποδομές και τα κανονιστικά πλαίσια. Διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μεγέθυνση και την ενσωμάτωση των θυλάκων σε ένα καθεστώς. Συνηθίζουν να συνεργάζονται με επιχειρήσεις, κυβερνήσεις, και με μεμονωμένους χρήστες.

Γράφημα 2.4.1: Η εμπλοκή των διαφόρων χρηστών κατά τις φάσεις της μετάβασης



Πηγή: Μεταφρασμένο από Schot κ.α. (2016, σελ. 5)

Η προσέγγιση της μετάβασης (*transition approach*) θεωρεί την τεχνολογική αλλαγή ως μια συνεξελικτική διαδικασία. Χρησιμοποιεί μια περισσότερο κοινωνιολογική «γλώσσα». Έτσι, "η ανάδυση των νέων καινοτομιών μπορεί να αναλυθεί ως διαδικασία συν-κατασκευής (*co-construction*) ή ευθυγράμμισης, συνδέοντας σταδιακά τα ετερογενή στοιχεία σε μια λειτουργική διαμόρφωση" (Geels, 2005, σελ. 61).

Σύμφωνα με τους Köhler κ.ά. (2018), οι κοινωνικο-τεχνικές μεταβάσεις:

1) συμβάλλουν στην αλλαγή του τρόπου λειτουργίας ενός ΚΤΣ, καθώς και στην αλλαγή των δρώντων, των πρακτικών, των θεσμών και των τεχνολογιών που εμπλέκονται τόσο στην παραγωγή όσο και στην κατανάλωση προϊόντων και υπηρεσιών. Κατά τη διάρκεια μιας μετάβασης νέα προϊόντα, υπηρεσίες, επιχειρηματικά μοντέλα, κανονισμοί,

νόρμες, οργανισμοί και υποδομές αναδύονται, ώστε να συμπληρώσουν ή/και να υποκαταστήσουν τα υπάρχοντα,

2) παρουσιάζουν δυναμικές οι οποίες αρχικά είναι αργές εξαιτίας πολλών παραγόντων που προκαλούν αδράνεια σε ένα εγκαθιδρυμένο καθεστώς,

3) αποτελούν πολυκεντρικές διαδικασίες της κοινωνικής αλλαγής του συστήματος: οι πολλαπλοί δρώντες και παράγοντες, οι πολλαπλές χρονικές και χωρικές κλίμακες είναι σημαντικές για τη διαμόρφωση της μεταβατικής δυναμικής. Μπορούν να ξεκινήσουν και να προέρχονται από διάφορες πηγές (συμπεριφορά / κοινωνική πρακτική και προσδοκίες, πολιτισμικές αλλαγές, τεχνολογικές και οικονομικές τάσεις, θεσμικές αλλαγές, περιβαλλοντικές αλλαγές, πολιτική) και από διάφορα επίπεδα (μικρο, μέσο, μακρο),

4) μπορεί να ενεργοποιηθούν σκοπίμως ή να προκύψει από συνεχιζόμενες εξελίξεις, και

5) είναι ανοικτές διαδικασίες εξαρτώμενης διαδρομής με αβέβαια αποτελέσματα. Οι δυναμικές δεν εξαρτώνται μόνο από τις εξωτερικές εξελίξεις και τις συνθήκες ("εξελίξεις τοπίου"), αλλά επίσης αναδύονται ενδογενώς από τις αλληλεπιδράσεις εντός του συστήματος. Η φύση, ο χρονισμός και η ένταση των αλληλεπιδράσεων είναι κρίσιμες για την εξέλιξη των δυναμικών.

Παρά το γεγονός ότι έχουν επιστρατευτεί διάφορες προσεγγίσεις για τη ανάλυσή τους, μέχρι στιγμής οι μεταβάσεις φαίνεται να έχουν αντιμετωπιστεί με μια δόση απλότητας και δίνοντας μεγάλη έμφαση στο στοιχείο της τεχνολογίας (de Haan και Rotmans, 2011).

2.5. Παράγοντες ώθησης και απόθησης μετάβασης

Γενικώς, παρατηρείται πως για να πραγματοποιηθεί μια μετάβαση απαιτείται αποσταθεροποίηση του υπάρχοντος καθεστώτος (*incumbent regime destabilization*). Αυτή η αποσταθεροποίηση μπορεί να προέρχεται είτε από τη τάση των δρώντων για στροφή προς ένα νέο καθεστώς, είτε από την αντικατάσταση των δρώντων με νέους. Βασικοί παράγοντες αποσταθεροποίησης ενός καθεστώτος αποτελούν οικονομικά χαρακτηριστικά, όπως οι τιμές και οι επιχορηγήσεις (Turnheim και Geels, 2012), καθώς και η τεχνολογική καινοτομία και οι πολιτικές αλλαγές (Cherp κ.ά., 2018).

2.5.1. Μεταβάσεις προς τη βιωσιμότητα – χαρακτηριστικά, ανάγκες και διαφορετικές σκοπιές ανάλυσης

Η μελέτη της μετάβασης προς τη βιωσιμότητα ασχολείται με την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών και τεχνολογιών, καθώς και με τον τρόπο με τον οποίο δημιουργούνται κοινωνικά δίκτυα γύρω από εναλλακτικές λύσεις, έναντι των μη βιώσιμων υφιστάμενων καθεστώτων.

Γενικότερα μεταβάσεις προς τη βιωσιμότητα, δεν συμβαίνουν μόνο κατά τη διαδικασία δημιουργίας κάτι νέου. Βασικός παράγοντας αποτροπής της εφαρμογής και χρήσης νέων τεχνολογιών με χαμηλότερους ρύπους άνθρακα και περισσότερο αποδοτικών ενεργειακά, είναι η ύπαρξη συγκεκριμένων μοτίβων παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας. Αυτά τα μοτίβα δημιουργούν ισχυρές εξαρτήσεις διαδρομής και ισχυρούς εγκλωβισμούς εντός των ΚΤΣ έντασης ορυκτών καυσίμων και ενέργειας (Schot, Kanger και Verbong, 2016).

Η δημιουργία ενός βιώσιμου αστικού περιβάλλοντος φαίνεται να απαιτεί ριζικές και ανατρεπτικές καινοτομίες, οι οποίες θα οδηγήσουν σε αναμόρφωση του υπάρχοντος συστήματος, όσον αφορά στον τρόπο οργάνωσης της οικονομίας και της κοινωνίας. Τέτοιου είδους αλλαγές, συχνά δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθούν, καθώς τα συστήματα χαρακτηρίζονται από διάφορες δυνάμεις αδράνειας όσον αφορά στις υποδομές, τους θεσμούς, τις κοινωνικές πρακτικές, τους νόμους, και τους κανονισμούς, καθώς και τα κεκτημένα συμφέροντα, δυνάμεις οι οποίες αντιτίθενται απέναντι σε μια αλλαγή (Twomey και Gaziulusoy, 2014).

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί το λόγο που μας εφιστά την προσοχή στο γεγονός ότι οι μελλοντικές μεταβάσεις πρέπει να είναι προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις, διαφορετικές από αυτές που ίσως είχαμε συνηθίσει ως τώρα. Οι μελλοντικές μεταβάσεις σύμφωνα με τον Papachristos (2018b) θα πρέπει να είναι προς οικονομίες χαμηλότερου άνθρακα, μικρότερης ανάπτυξης, μικρότερης χρήσης πόρων, κυκλικής ροής αγαθών, και να λαμβάνουν υπόψη τους πεπερασμένους φυσικούς πόρους.

Στην πορεία μετάβασης προς μια βιώσιμη οικονομία χαμηλού άνθρακα, μια σειρά γεγονότων θα συμβούν, όπως τεχνολογικές αλλαγές, διαμόρφωση των θεσμών, αναθεώρηση των επιχειρηματικών μοντέλων ή αλλαγές στις πρακτικές των χρηστών, και στον τρόπο με τον οποίο αυτές οι αλλαγές αλληλεπιδρούν με τις αλλαγές που συμβαίνουν στα φυσικά οικοσυστήματα (Foxon, 2011).

Βέβαια, η μετάβαση προς ένα σύστημα εμπνευσμένο από την οικολογία απαιτεί πληθώρα αλλαγών ποικίλου μεγέθους και έντασης σε όλες τις διαστάσεις του σχετιζόμενου σύγχρονου ΚΤΣ. Αυτές οι αλλαγές εμποδίζονται έντονα από τις δυνάμεις αδράνειας ενός υπάρχοντος καθεστώτος παραγωγής, η οποία είναι αποτέλεσμα κυρίαρχων πρακτικών, λογικών συνόλων, κ.λπ. (Adamides και Mouzakitis, 2009).

Οι μελλοντικές κοινωνικο-τεχνικές μεταβάσεις απαιτούν επανα-προσανατολισμό του υφιστάμενου συστήματος προς τροχιές χαμηλής έντασης άνθρακα, σε αντίθεση με προηγούμενες που δε λάμβαναν υπόψιν περιβαλλοντικές διαστάσεις (Papachristos, 2014). Οι μεταβάσεις χαμηλού άνθρακα αποτελούν συστημικές αλλαγές που περιλαμβάνουν τόσο τον τομέα της ενέργειας, την οικονομία, αλλά και το περιβάλλον. Οι καινοτομίες βιωσιμότητας υποστηρίζεται ότι πρέπει να είναι περισσότερο ριζοσπαστικές και συστημικές έτσι ώστε να αλλάξουν τα ισχύοντα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης (Boons κ.ά., 2013). Η σχετική βιβλιογραφία δίνει έμφαση σε αυτά τα χαρακτηριστικά πιστεύοντας ότι είναι σημαντικά σε μια προσπάθεια διάλυσης των κυρίαρχων καθεστώτων. Τα παραδείγματα που συζητούνται ευρέως αφορούν συστήματα προϊόντος-υπηρεσίας (*product-service systems*), όπως είναι η προσέγγιση της χρήσης αντί αγοράς προϊόντων (π.χ. διαμοιρασμός αυτοκινήτων), αποϋλοποίηση μέσω εκτεταμένων υπηρεσιών (π.χ. καθαριστήρια), χρηματοδοτική μίσθωση (*leasing*), ή η επισκευή έναντι της απόσυρσης (Lüdeke-Freund, 2020).

Οι μεταβάσεις απαιτούν όχι μόνο την κατανόηση της τεχνολογικής αλλαγής, αλλά και τη μεταμόρφωση της κοινωνίας για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων (Safarzyńska, Frenken και van den Bergh, 2012). Πολλοί είναι εκείνοι που έχουν ασχοληθεί με τις μεταβάσεις προς τη βιωσιμότητα, εξετάζοντας τες από διαφορετικές σκοπιές και λαμβάνοντας υπόψιν διαφορετικές διαστάσεις, αναμεσά τους οι νεοκλασικοί οικονομολόγοι, ψυχολόγοι, οικολόγοι, μηχανικοί και βιομηχανικοί οικολόγοι, καθώς και πολιτικοί επιστήμονες.

Παρόλες τις προσπάθειες μελέτης και ανάλυσης των μεταβάσεων, έχουν γίνει ελάχιστες προσπάθειες μέχρι στιγμής για να ενσωματώσουν προσεγγίσεις συστημικής σκέψης, πολλαπλές μεθόδους και εργαλεία στην έρευνα της μετάβασης.

Πίνακας 2.5.1.1: Κατηγορίες επιστημόνων που ασχολήθηκαν με τα περιβαλλοντικά ζητήματα

Νεοκλασικοί οικονομολόγοι	Αντιμετωπίζουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα ως αρνητικές εξωτερικότητες που προκύπτουν από αποτυχίες της αγοράς. Ενώ παράλληλα, οι κυβερνήσεις φαίνεται να μπορούν να βοηθήσουν να εσωτερικευθούν τα εξωτερικά κόστη μέσα από την διαμόρφωση κινήτρων και τη θέσπιση προϋποθέσεων, ώστε να επιτρέψουν στον ιδιωτικό τομέα να πραγματοποιήσει αλλαγές.
Ψυχολόγοι	Στέκονται περισσότερο στη στάση και τη συμπεριφορά των ατόμων των οποίων οι συνολικές επιλογές μπορούν να προκαλέσουν κοινωνικό αντίκτυπο. Πιστεύοντας ότι η αλλαγή στη στάση οδηγεί σε αλλαγή στη συμπεριφορά και προτείνουν πολιτικές που περιέχουν παροχή πληροφοριών και εκπαιδευτικές εκστρατείες
Βαθιά οικολόγοι	Σχετίζονται τα περιβαλλοντικά προβλήματα με τις αποτυχίες του μοντερνισμού, του καπιταλισμού και του ανθρωποκεντρισμού, γι' αυτό προτείνουν πολιτιστικές αλλαγές μέσα από οικο-κεντρικές προσεγγίσεις οι οποίες περιλαμβάνουν «πράσινες αξίες» και νέες ιδεολογίες, όπως είναι ο τοπικισμός (localism) και η αυτάρκεια.
Μηχανικοί και βιομηχανικοί οικολόγοι	Πιστεύουν ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα συμβαίνουν ως αποτελέσματα αναποτελεσματικών και ρυπογόνων μεθόδων παραγωγής. Έτσι, επενδύουν στην άποψη ότι η επιστήμη και η τεχνολογία μπορούν να επιφέρουν λύσεις. Προάγουν την καθαρή τεχνολογία, την οικολογική αποδοτικότητα (eco-efficiency), την απο-ϋλοποίηση και το κλείσιμο του κύκλου ζωής των υλικών (π.χ. Huber, 2000).
Πολιτικοί επιστήμονες	(π.χ. Newell, 2008) μελετούν την ανάπτυξη και αγωνίζονται επί των επίσημων στόχων των διεθνών συνθηκών (π.χ. Κιότο, Αναπτυξιακοί Στόχοι της Χιλιετίας). Αυτοί οι στόχοι μεταφράζονται σε κανονισμούς και προγράμματα πολιτικής, τα οποία στη συνέχεια εφαρμόζονται και ελέγχονται από γραφειοκράτες και συνοδεύονται από κυρώσεις. Τα πρότυπα περιβαλλοντικής διαχείρισης (όπως το ISO 14001), οι αναφορές απόδοσης και οι αξιολογήσεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μπορεί να είναι μέρος αυτής της διαδικασίας.

Οι μεταβάσεις απαιτούν πολύπλοκες διαπραγματεύσεις και αντισταθμίσματα μεταξύ πολλών στόχων και περιορισμών, συμπεριλαμβανομένης της σχέσης κόστους-οφέλους, της ισότητας, της κοινωνικής αποδοχής, της πολιτικής σκοπιμότητας, της ανθεκτικότητας και της ευελιξίας.

Οι μεταβάσεις χαμηλού άνθρακα που είναι προσανατολισμένες στο στόχο της αντιμετώπισης του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής, διαφοροποιούνται από τις ιστορικές μεταβάσεις (όπως αυτή της μετάβασης από τα ξύλινα πλοία στα σιδερένια και στα χαλύβδινα ατμόπλοια), οι οποίες ήταν σε μεγάλο βαθμό “αναδυόμενες”, και κατά τη διάρκεια τους οι επιχειρηματίες εκμεταλλεύονταν τις εμπορικές ευκαιρίες που τους προσφέρονταν από την ύπαρξη της νέας τεχνολογίας (Geels κ.ά., 2017).

Για μια μετάβαση προς τη βιωσιμότητα, έξι σημεία πολιτικής παρέμβασης είναι απαραίτητα (Kanger, Sovacool και Noorkōiv, 2020): 1) η κινητοποίηση διαφόρων θυλάκων, 2) η επιτάχυνση των θυλάκων, 3) η αποσταθεροποίηση του καθεστώτος, 4) η αντιμετώπιση των ευρύτερων επιπτώσεων αποσταθεροποίησης του καθεστώτος, 5) η παροχή συντονισμού στην αλληλεπίδραση των διαφορετικών καθεστώτων και τέλος 6) η προσαρμογή σε επίπεδο τοπίου.

Η μετάβαση του τομέα των μεταφορών σε οικονομία χαμηλού άνθρακα φαίνεται να είναι μια δύσκολη διαδικασία, που βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο, με καθοριστικούς παράγοντες να είναι (Geels, 2012): α) η κοινωνική ανησυχία για την κορύφωση της πετρελαϊκής παραγωγής (Peak Oil), β) οι κυβερνητικές πολιτικές (κανονισμοί εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καινοτόμα προγράμματα, κλπ.) και γ) οι καινοτόμες στρατηγικές που μπορεί να ακολουθήσουν οι αυτοκινητοβιομηχανίες (όσον αφορά νέες τεχνολογίες, ηλεκτρικά οχήματα, υβριδικά οχήματα, κυψέλες καυσίμων, κλπ.).

2.5.2. Οδηγοί μετάβασης

Σύμφωνα με την πολυεπίπεδη προοπτική (MLP), οι μεταβάσεις προκαλούνται όταν ένα ΚΤΚ αποσταθεροποιείται ενισχύοντας και διαταράσσοντας τις αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των τριών επιπέδων, εξαιτίας: (i) καινοτομιών που αναπτύσσονται σε θύλακες μέσω των διαδικασιών μάθησης, βελτίωσης της σχέσης κόστους/οφέλους και της υποστήριξης από ομάδες που κατέχουν δύναμη, (ii) πιέσεων που μπορεί να προκαλέσουν τα γεγονότα ή τάσεων σε επίπεδο τοπίου που δρουν στο καθεστώς (οικονομικό, πολιτιστικό, δημογραφικό ή άλλο), (iii) εσωτερικών τάσεων που μπορούν να συσσωρευτούν και να δημιουργήσουν παράθυρα ευκαιριών για καινοτομίες σε θύλακες, και (iv) εξωτερικών επιρροών από άλλα συστήματα, καθεστώτα ή θύλακες (Papachristos, 2018a).

Οδηγούς αλλαγής μπορεί να αποτελέσουν στοιχεία όπως οι βελτιώσεις στις αποδόσεις και στις τιμές, οι οικονομίες κλίμακας και μάθησης, η ανάπτυξη συμπληρωματικών τεχνολογιών και υποδομών, οι θετικές πολιτιστικές συμπεριφορές, καθώς και η υποστήριξη από τους δυνατούς παίκτες που σχετίζονται, και η ύπαρξη υποστηρικτικών πολιτικών (Holtz, 2011; Jin κ.ά., 2012; Geels κ.ά., 2017). Πέρα από αυτά για να επιτύχει μια μετάβαση εξαρτάται και από ενδογενείς παράγοντες/οδηγούς, όπως

είναι η δημιουργία γνώσης και η διάχυσή της, οι συνέργειες, η δημιουργία νέων επιχειρήσεων (Hekkert και Negro, 2009; F. W. Geels κ.ά., 2017) και η καινοτομία των επιχειρηματικών μοντέλων (Wainstein και Bumpus, 2016).

2.5.3. Παράγοντες – εμπόδια στη διαδικασία της μετάβασης

Εντός ενός υφιστάμενου ΚΤΚ υπάρχουν διάφοροι εγκλωβισμοί (*lock-ins*), οι οποίοι δεν επιτρέπουν εύκολα την αντικατάστασή τους από νέα καθεστώτα. Εξαρτήσεις διαδρομής παρουσιάζονται όπως είναι η μίμηση της λογικής του κυρίαρχου επιχειρηματικού μοντέλου, οι συμπληρωματικοί πόροι (*complementary assets*) που διαθέτει ο κάθε κλάδος, αλλά και τα ενδεχόμενα γεγονότα που πιθανολογείται ότι θα προκύψουν. Έτσι, πολλές φορές παρατηρείται αδράνεια ή ακόμα και αντίσταση απέναντι στο ενδεχόμενο μιας αλλαγής και στην υιοθέτηση των νέων δεδομένων (Bohnsack, Pinkse και Kolk, 2014; Rogge, Kern και Howlett, 2017; Geels κ.ά., 2018; Sarasini κ.ά., 2018; Adeniyi, Cooper και Swan, 2019; Arapostathis κ.ά., 2013) κάτι που καθιστά δύσκολη τη διαδικασία εισόδου και εγκαθίδρυσης μιας νέας ρηξικέλευθης τεχνολογίας ή ακόμη και συμπεριφοράς. Για παράδειγμα, ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο η συμπεριφορά νέων μορφών χαμηλής κατανάλωσης άνθρακα και ενεργειακά αποδοτικής χρήσης ενδέχεται να μην διαχέεται ευρύτερα είναι ότι τα υπάρχοντα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας εξαρτώνται βαθιά και είναι εγκλωβισμένα σε κοινωνικο-τεχνικά συστήματα ορυκτών καυσίμων εντάσεως ενέργειας (Schot, Kanger και Verbong, 2016).

Εμπόδιο στη διαδικασία μετάβασης μπορεί να αποτελέσει επίσης, η τρέχουσα νομοθεσία που σχετίζεται με το υπάρχον καθεστώς, η οποία ενδέχεται να μη μπορεί να υποστηρίξει τις αλλαγές που φέρνει μαζί του το νέο ΚΤΚ ή ακόμη και να το παρεμποδίζει (Ivanova κ.ά., 2018). Όσον αφορά στα εμπόδια που προκύπτουν στη διαδικασία της μετάβασης από την επιχειρηματική σκοπιά, φαίνεται αυτά να προέρχονται από τα υφιστάμενα επιχειρηματικά μοντέλα και τις στρατηγικές που έχουν υιοθετηθεί από τις επιχειρήσεις ενός κλάδου, αλλά και από τον κλάδο συνολικότερα. Με άλλα λόγια, η αναδιαμόρφωση των επιχειρηματικών μοντέλων και στρατηγικών εντός του κλάδου φαίνεται να είναι αναγκαία, ώστε να μπορέσουν να ακολουθήσουν τη διαδικασία της μετάβασης (Bohnsack, Pinkse και Kolk, 2014; Rogge, Kern και Howlett, 2017). Η αδράνεια των δρώντων και του τοπίου ενεργούν ως ισχυρές αντιστατικές δυνάμεις κατά

των μεταβάσεων σε νέες τεχνολογίες και καθεστώτα και συμπληρώνουν ότι η αδράνεια των δύο αυτών επιπέδων δημιουργεί ένα τρομερό εμπόδιο για την επίτευξη στόχων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή (Li και Strachan, 2017).

Εμπόδιο μπορεί να αποτελέσει επίσης η χωρική ενσωμάτωση σε μια διαδικασία μετάβασης (Adeniyi, Cooper και Swan, 2019). Η χωρική ενσωμάτωση ενεργεί ως εμπόδιο στις μεταβάσεις φέροντας αντίσταση στην ευρεία ανάπτυξη των ριζικών καινοτομιών. Η «γεωγραφική ανισότητα των μεταβάσεων» είναι άλλη μια πτυχή της γεωγραφικής κλίμακας που μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο, καθώς κάποιες περιοχές είναι πιο κατάλληλες για τη δημιουργία θυλάκων, ενώ κάποιες άλλες αντιστέκονται περισσότερο, εξαιτίας των φυσικών, των πολιτικών αλλά και των θεσμικών στάσεων που επικρατούν.

Πέρα από τα εμπόδια σε μακρο επίπεδο, εντοπίζονται και εμπόδια σε χαμηλότερα επίπεδα, όπως για παράδειγμα σε επίπεδο χρηστών, όπου η συμπεριφορά και η στάση τους αποτελούν κριτήριο ώθησης ή απόθησης απέναντι σε κάποια αλλαγή (Sarasini κ.ά., 2018).

2.5.4. Ο ρόλος της Καινοτομίας Επιχειρηματικών Μοντέλων στην KTM

Όταν μια καινοτόμα τεχνολογία είναι έτοιμη να ξεφύγει από τα όρια προστασίας ενός θύλακα τότε ένα επιχειρηματικό μοντέλο (EM) μπορεί να καθορίσει την επιτυχία ή όχι αυτής της τεχνολογίας/υπηρεσίας τόσο όσον αφορά την εισαγωγή της, αλλά και τη διάχυσή της σε ένα πιο ευρύ σύστημα (Bidmon και Knab, 2018). Στη βιβλιογραφία είναι πολλά τα παραδείγματα αξιολόγων τεχνολογιών/υπηρεσιών που δεν είχαν επιτυχημένη πορεία, καθώς τα επιχειρηματικά μοντέλα που ακολουθήθηκαν δεν ήταν βιώσιμα.

Η έννοια του EM μπορεί να εντοπιστεί αρχικά σε έρευνα του Lang το 1947 (Markides, 2013; Yang, 2017). Παρόλα ταύτα δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το ενδιαφέρον γύρω από τα EM εκτοξεύθηκε τα τελευταία χρόνια και συγκεκριμένα μετά την «έκρηξη» των ηλεκτρονικών αγορών στο τέλος του 1990 και την ανάδυση των νέων μοντέλων που βασίζονται στο διαδίκτυο και ανταγωνίζονται με τα υπάρχοντα επιχειρηματικά μοντέλα των εγκαθιδρυμένων επιχειρήσεων. Ταυτόχρονα η συγκεκριμένη έννοια φαίνεται να είναι αυτή η οποία επιτρέπει τη σύνδεση ενός μεμονωμένου οργανισμού με το σύστημα που ανήκει (Boons κ.ά., 2013).

Τα EM λειτουργούν ως καθοδηγητικός παράγοντας στις μεταβάσεις, καθώς έχουν τη δυνατότητα να διευκολύνουν την ανάδειξη των καινοτομιών που συμβαίνουν.

Προκειμένου να ανανεωθεί ένα EM ή να αναδυθεί ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο, απαιτείται σταθερότητα ώστε να δημιουργηθεί ένα σημαντικό μέρος του καθεστώτος που πρόκειται να οικοδομηθεί (Bidmon και Knab, 2018).

Ως καινοτομία EM μπορεί να χαρακτηριστεί η σύλληψη και η εφαρμογή ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου (Geissdoerfer, Vladimirova και Evans, 2018), εντός ενός οργανισμού που συμμετέχει σε ένα ΚΤΣ. Όταν ένα EM αλλάζει, τότε η πρόταση αξίας μιας επιχείρησης και οι σχέσεις με τους πελάτες της μεταβάλλεται, παρέχοντας ένα είδος διατάραξης της αγοράς. Οι αλλαγές των EM μπορεί να είναι καθοριστικές και ικανές να επαναπροσδιορίσουν τις οργανωσιακές τροχιές και να οδηγήσουν τα υπάρχοντα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα μακριά από τις υπάρχουσες καταστάσεις εγκλωβισμών που τα χαρακτηρίζουν (Papachristos και Struben, 2019).

Τα EM μπορούν επίσης να δράσουν ως ένα κρίσιμο σημείο για την επικοινωνία μεταξύ των δρώντων, να διαδραματίσουν ρόλο στη δημιουργία κοινωνικών δικτύων αλλά και βελτιώσουν τις μαθησιακές διαδικασίες εντός του οργανισμού ενεργώντας ως κόμβος γνώσης που δημιουργεί ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και προσελκύει νέους δρώντες στο δίκτυο/σύστημα (Elmustapha και Hoppe, 2020). Ως εκ τούτου, όταν μια καινοτομία συνδυαστεί με ένα καινοτόμο EM, καθίσταται πιο πιθανό να υιοθετηθεί από (μια μεγαλύτερη ομάδα) δρώντων και πιο πιθανό να διαδοθεί στις αγορές (Elmustapha και Hoppe, 2020).

Τα επιχειρηματικά μοντέλα έχουν και αυτά ρόλο στη διαδικασία της μετάβασης και μπορούν να έχουν τρεις λειτουργίες (*functions*) σύμφωνα με την MLP η οποία αναλύεται παρακάτω. Μπορούν να λειτουργήσουν ως: 1) βιομηχανικές συνταγές (*industry recipes*), οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις υποθέσεις των διαχειριστών (*managers*) σχετικά με τις προτιμήσεις και τις ανάγκες των καταναλωτών, 2) συσκευές εμπορευματοποίησης της τεχνολογίας (*devices to commercialize technology*), όπου τα μοντέλα επιτρέπουν στους οργανισμούς να μετατρέψουν μια τεχνολογία/υπηρεσία σε εμπορική επιτυχία, 3) υποκείμενο στην τεχνολογία/υπηρεσία (*subject to innovation*), επιπλέον της εμπορευματοποίησης μια νέας τεχνολογίας/υπηρεσίας ένα επιχειρηματικό μοντέλο μπορεί να είναι το ίδιο το υποκείμενο της καινοτομίας. Αυτό σημαίνει ότι ένα EM μπορεί να αποτελεί το ίδιο μια καινοτομία και να είναι σε θέση να αποσταθεροποιήσει ένα υπάρχον ΚΤΚ (Bidmon και Knab, 2018).

Επίσης, ένα EM μπορεί να είναι: α) μέρος ενός ΚΤΚ και να δρα ως αναπαραγωγός των στοιχείων του υπάρχοντος καθεστώτος, περιορίζοντας τις μεταβάσεις, β) διαμεσολαβητής μεταξύ του τεχνολογικού θύλακα και του ΚΤΚ, όπου το επιχειρηματικό μοντέλο δρα ως διαμεσολαβητής και διευκολύνει την σταθεροποίηση και την εξέλιξη (*break through*) μιας καινοτομίας, γ) μη-τεχνολογικός θύλακας καινοτομίας, όπου ένα καινοτόμο επιχειρηματικό μοντέλο διευκολύνει τις μεταβάσεις μη στηριζόμενο σε τεχνολογική καινοτομία (Bidmon και Knab, 2018).

Βέβαια, η καινοτομία EM και ο ρόλος των επιχειρηματικών μοντέλων στην ευρύτερη διαδικασία των κοινωνικών αλλαγών σε διάφορες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν και χρησιμοποίησαν τις υπάρχουσες θεωρίες μετάβασης, φαίνεται να έχουν προβληματικά ζητήματα. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Αρχικά γιατί οι υπάρχουσες θεωρίες φαίνεται να μη συμπεριλαμβάνουν την θεωρία της επιχείρησης στην ανάλυσή τους, παρόλο που η επιχείρηση θεωρείται ένας δρών αξιοσημείωσης σημασίας σε προσεγγίσεις καινοτομίας συστήματος. Δεύτερον, η καινοτομία EM χαρακτηρίζεται ως μη αυτόνομη διαδικασία, αλλά ως κάτι συμπληρωματικό ως προς τους παραδοσιακούς τύπους καινοτομίας προϊόντος και καινοτομίας διαδικασίας (Sarasini και Linder, 2018).

Καθώς νέα EM προκύπτουν, ένα πλήθος από διαφορετικές αλλαγές είναι αναγκαίες ώστε να υπάρξει προσαρμογή στις νέες συνθήκες. Όταν τα EM αλλάζουν, νέες δεξιότητες, νέες τεχνολογίες, νέες διαδικασίες, νέες συνεργασίες, νέες προσφορές, νέοι πελάτες/αγορές, καθώς και νέα κανάλια απαιτούνται. Ταυτόχρονα, οι σχέσεις με τους πελάτες αλλάζουν και νέα μοντέλα εισροών είναι αναγκαία, καθώς και η δομή του κόστους προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα (Clauss, 2017).

Η καινοτομία ενός EM μπορεί να φέρει στην επιφάνεια λανθάνουσες αξίες μιας καινοτομίας, καθώς και να μετατρέψει αυτή την αξία σε ένα εμπορικό προϊόν (*market outcome*). Αντίστοιχα μια προηγμένη καινοτομία μπορεί να προκαλέσει μια καινοτομία επιχειρηματικού μοντέλου (Yang κ.ά., 2017).

Ωστόσο, η αδράνεια αλλαγής ενός υπάρχοντος EM, μπορεί να οδηγήσει σε εγκλωβισμούς, οι οποίοι καθυστερούν τις καινοτομίες (Tongur και Engwall, 2014), καθώς η ύπαρξη του ενισχύει την σταθερότητα εντός ενός ΚΤΚ. Επιπρόσθετα, οι υπάρχοντες δρώντες ενός ΚΤΣ συχνά μάχονται κατά των αλλαγών, χρησιμοποιώντας τη δύναμη τους

και τον έλεγχο απέναντι στους συμπληρωματικούς πόρους και σε σημαντικούς κρίκους της αλυσίδας αξίας (*complementary assets*) (Bidmon και Knab, 2018).

Ως διαμεσολαβητές μεταξύ των θυλάκων και των καθεστώτων, τα ΕΜ μπορούν να θεωρηθούν ως «οχήματα» για την είσοδο καινοτομιών και τη διατάραξη του υπάρχοντος καθεστώτος. Στη γλώσσα της MLP, τα ΕΜ είναι ικανά να αυξήσουν το επίπεδο σταθερότητας μιας καινοτομίας, καθώς φαίνεται να υποστηρίζουν τη σύγκλιση των κοινών κανόνων και δομών γύρω από το τεχνολογικό τεχνούργημα (Bidmon και Knab, 2018).

Η έρευνα για τις μεταβάσεις με εστίαση στα ΕΜ, στρέφει την προσοχή από την εισαγωγή νέων τεχνολογιών με τη βοήθεια των θυλάκων καινοτομίας σε ρηξικέλευθα επιχειρηματικά μοντέλα. Ένα τέτοιο παράδειγμα καινοτόμου επιχειρηματικού μοντέλου, αποτελεί η ύπαρξη νέων μορφών κινητικότητας, π.χ. διαμοιρασμός αυτοκινήτων – car-sharing, υπηρεσία μεταφοράς ατόμων και αγαθών με μίσθωση – ride-hailing, κλπ., οι οποίες έρχονται να ανταγωνιστούν την κυριαρχία του ιδιωτικού οχήματος στον κλάδο των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων. Επομένως, το ζήτημα της έναρξης μιας κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης συνδέεται άμεσα με το ζήτημα του σχεδιασμού των ΕΜ με γνώμονα την αειφορία και τον επιτυχημένο ανταγωνισμό τους με εγκαθιδρυμένα ΕΜ.

2.5.4.1. Καινοτομία βιώσιμων επιχειρηματικών μοντέλων

Η βιώσιμη καινοτομία είναι μια διαδικασία όπου τα ζητήματα βιωσιμότητας (περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά) ενσωματώνονται σε συστήματα εταιρειών, από την παραγωγή ιδεών έως την έρευνα και την ανάπτυξη και την εμπορευματοποίηση. Αυτό ισχύει για προϊόντα, υπηρεσίες και τεχνολογίες, καθώς και για νέα επιχειρηματικά και οργανωτικά μοντέλα (Boons κ.ά., 2013).

Ως καινοτομία βιώσιμων ΕΜ ή καινοτομία ΕΜ προς τη βιωσιμότητα φαίνεται να χαρακτηρίζεται η καινοτομία των επιχειρηματικών μοντέλων που στοχεύουν: 1) στην βιώσιμη ανάπτυξη ή στην θετική, αντίστοιχη μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον, την κοινωνία και την μακροπρόθεσμη ευημερία των οργανισμών και των διαφόρων μερών τους ή 2) στην υιοθέτηση λύσεων ή χαρακτηριστικών που ενισχύουν την βιωσιμότητα της πρότασης αξίας την οποία προσφέρουν, την δημιουργία και την σύλληψη στοιχείων ή του δικτύου αξίας τους (Geissdoerfer, Vladimirova και Evans, 2018).

Η ύπαρξη καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων φαίνεται να αποτελεί μια μορφή διευκόλυνσης για την ενσωμάτωση μιας καινοτομίας σε ένα υπάρχον ΚΤΚ ή για την δημιουργία ενός νέου ΚΤΚ το οποίο θα φιλοξενήσει τη νέα αυτή καινοτομία. Το ΕΜ είναι αυτό που θα καθορίσει την στρατηγική μιας επιχείρησης για την είσοδό της στην αγορά, καθώς και την στρατηγική της για «σύλληψη» της αξίας που προσφέρεται στους εκάστοτε πελάτες (Teece, 2010). Γενικώς, η «εκμετάλλευση» μιας ριζοσπαστικής καινοτομίας (*radical innovation*) φαίνεται να απαιτεί την εφαρμογή νέων επιχειρηματικών μοντέλων από την πλευρά των οργανισμών (Teece, 2010; Tongur και Engwall, 2014; Yang κ.ά., 2017; Bidmon και Knab, 2018; van Waes κ.ά., 2018) ενώ ένα ΕΜ φαίνεται να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα και για την βιωσιμότητα της αναδυόμενης καινοτομίας (Yang κ.ά., 2017), αλλά και για την ανταγωνιστικότητα της (Boons και Lüdeke-Freund, 2013).

Επιπρόσθετα, η καινοτομία επιχειρηματικού μοντέλου φαίνεται να αποτελεί ένα τρόπο υπερπήδησης βασικών εμποδίων στη διαδικασία αναβάθμισης των βιώσιμων τεχνολογιών (*upscaling sustainable technologies*), σύμφωνα με τους van Waes κ.ά. (2018). Ενώ ταυτόχρονα ένα επιχειρηματικό μοντέλο έχει τη δύναμη να δημιουργήσει νέες αγορές (Teece, 2010), να ανακατευθύνει τα οργανωσιακά μονοπάτια, αλλά και να διαταράξει -ως καινοτομία θύλακα - το τρέχων καθεστώς (Papachristos, 2019). Η έννοια του επιχειρηματικού μοντέλου υποδηλώνει ότι κάθε οργανισμός/επιχείρηση έχει επιχειρηματικό μοντέλο και είναι εξίσου σημαντικός ο σχεδιασμός του και η έρευνα πάνω σε αυτό κατά τη διάρκεια των μεταβάσεων, όσο και η στρατηγική διαχείριση που θα ακολουθήσει ο/η οργανισμός/επιχείρηση. Τα ΕΜ μπορούν να επαναπροσανατολίσουν τις οργανωτικές πορείες που θα ακολουθήσουν οι επιχειρήσεις, καθώς και να καταστούν ρηξικέλευθες καινοτομίες θύλακα, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο είναι σημαντικά για τις τρέχουσες, χαμηλού άνθρακα, μεταβάσεις ΚΤΣ (Papachristos, 2019).

Εξετάζοντας μια καινοτομία επιχειρηματικού μοντέλου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τρεις παράμετροι. Πρώτον, η **δυναμική της καινοτομίας (*innovation dynamics*)** (π.χ. οι αύξουσες αποδόσεις που θα επιφέρει η υιοθέτησή τους), για παράδειγμα η αξία μιας καινοτομίας αυξάνεται όσο περισσότεροι τη χρησιμοποιούν δημιουργώντας εξωτερικότητες «δικτύων» (*network externalities*) (π.χ. όσο αυξάνεται η χρήση των διαμοιραζόμενων αυτοκινήτων, τόσο περισσότερα διαμοιραζόμενα αυτοκίνητα θα υπάρχουν στους δρόμους). Δεύτερον, η **δομή του κλάδου (*industry structure*)** (π.χ. το

μέγεθος, η εμπειρία, κ.λπ.), καθώς τα χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων του κλάδου μπορούν να διαμορφώσουν τα χαρακτηριστικά του επιχειρηματικού μοντέλου. Τέλος, η **θεσμική δυναμική (*institutional dynamic*)** (π.χ. αλλαγές σε κανόνες, πιστεύω και κανονισμούς), καθώς η καινοτομία του επιχειρηματικού μοντέλου δεν είναι αρκετή από μόνη της χωρίς πολιτικές και ρυθμιστικές αλλαγές που θα διευκολύνουν την υιοθέτηση των αλλαγών (van Waes κ.ά., 2018).

Η στροφή από ένα μη βιώσιμο σε ένα βιώσιμο ΚΤΚ απαιτεί τον επαναπροσδιορισμό πολλών παραγόντων εντός του συστήματος, όσον αφορά τη σύλληψη μιας νέας αξίας -ή τη νέα σύλληψη μιας υπάρχουσας αξίας, αλλά χωρίς την αλλαγή και άλλων βαθύτερων παραγόντων, όπως οι πολιτικές οι κανονισμοί, και η δομή της αγοράς, η καινοτομία του επιχειρηματικού μοντέλου δε θα μπορέσει από μόνη της να επιφέρει την αλλαγή του συστήματος (Bolton και Hannon, 2016). Σε αυτή τη διαδικασία υποστηρίζεται η συνέργεια και η σύμπλευση των αλληλοεπηρεαζόμενων ΚΤΣ για μια βιώσιμη μετάβαση με γνώμονα την καινοτομία ενός επιχειρηματικού μοντέλου (Bolton και Hannon, 2016).

2.6. Εννοιολογικές προσεγγίσεις ανάλυσης κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης

Στην παρούσα ενότητα αναλύονται ορισμένες από τις εννοιολογικές προσεγγίσεις που αφορούν στην ανάλυση των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων. Αναλύεται 1) η διαχείριση των μεταβάσεων (*Transition Management*), 2) η διαχείριση στρατηγικών θυλάκων (*Strategic niche management - SNM*), και 3) οι κοινωνικο-μεταβολικές μεταβάσεις (*Socio-metabolic Transition*). Και οι τρεις αυτές εννοιολογικές προσεγγίσεις έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την ανάλυση των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων και παρουσιάζουν τόσο θετικά όσο και αρνητικά χαρακτηριστικά.

2.6.1. Διαχείριση των μεταβάσεων (*Transition Management - TM*)

Η προσέγγιση της **διαχείρισης της μετάβασης - *Transition Management (TM)*** αποτελεί μια αντανakλαστική (*reflexive*) και συμμετοχική κυβερνητική αντίληψη η οποία στόχο έχει τη διαχείριση της αλλαγής (π.χ. επηρεάζει την ταχύτητα και την κατεύθυνση της αλλαγής) προς μια βιώσιμη ανάπτυξη συνδυάζοντας την μακροπρόθεσμη σκέψη με την βραχυπρόθεσμη δράση, μέσω μιας διαδικασίας έρευνας, πειραματισμού και μάθησης. Είναι μια προσέγγιση η οποία έχει αποκτήσει σημαντική έλξη περίπου από το 2000 και μετά. Οι βασικές πεποιθήσεις της TM είναι ότι (Lachman, 2013):

- ο πειραματισμός και η γνώση μέσω αυτού για να κατευθύνουν την αλλαγή και την επιλογή (*learning-by-doing* και *doing-by-learning*), χωρίς να κυνηγούν "ασημένιες σφαίρες (*silver bullets*)", κρατώντας κάθε ενδεχόμενο ανοιχτό,
- η απόκτηση πληροφοριών από ενδιαφερόμενους φορείς (από πολλούς τομείς και επίπεδα) μέσω της συμπερίληψης (*inclusion*) και της συμμετοχής (*involvement*),
- η ενίσχυση της συμβατικής πολιτικής (η οποία επικεντρώνεται βραχυπρόθεσμα) με μακροχρόνια στόχευση με το στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης,
- η συνεχής περισυλλογή (*reflection*) (παρακολούθηση, αξιολόγηση, βελτίωση) σε όλα τα επίπεδα και τέλος,
- η προώθηση της καινοτομίας συστήματος (*system innovation*) παράλληλα με τη βελτίωση του συστήματος.

Η ΤΜ πραγματοποιείται σε τέσσερα επίπεδα (Lachman, 2013; Upham κ.ά., 2015):

- Στρατηγικό επίπεδο (*strategic level*) το οποίο αποτελεί μια “αρένα” μετάβασης, όπου ένα μικρό δίκτυο με ποικίλους πρωτοπόρους, αναπτύσσει όραμα, θέτει στόχους, χάρτες εξέλιξης (*road maps*), ορόσημα, κ.λπ.²
- Τακτικό επίπεδο (*tactical level*) όπου μια ατζέντα μετάβασης εφαρμόζεται στοχεύοντας στα επιθυμητά αποτελέσματα, με τη συγκατάθεση των καθεστώτων και την ευθυγράμμιση της με τον μακροπρόθεσμο στόχο³.
- Λειτουργικό επίπεδο (*operational level*) όπου οι διαδικασίες πειραματισμού, αξιολόγησης και οικοδόμησης έργου, εφαρμόζονται τόσο από τις κυβερνήσεις όσο και από αυτόνομες ενέργειες για την επίτευξη μεμονωμένων στόχων⁴.
- Αντανακλαστικό επίπεδο (*reflexive level*), αυτό το επίπεδο φαίνεται να κατανέμεται μεταξύ των προαναφερθέντων επιπέδων και αφορά όλες τις μορφές προβληματισμού των κοινωνιών για τις δικές τους δραστηριότητες, ιδιαίτερα την ανάλυση και τη συζήτηση από ανεξάρτητους αναλυτές και σχολιαστές.

² Σε αυτό το επίπεδο κυβερνητικές δράσεις είναι απαραίτητες σχετικά με τις μακροπρόθεσμες αλλαγές, οι οποίες δεν είναι θεσμοθετημένες στους τυπικούς πολιτικούς κύκλους και έχουν χρονικό ορίζοντα 30-50 χρόνια.

³ Εδώ περιλαμβάνονται οι κατευθυντήριες δράσεις (σχεδιασμός και έλεγχος, οικονομική στήριξη και προγράμματα) και οι θεσμοί (κανόνες, κανονισμοί, οργανισμοί, δίκτυα, ρουτίνες, υποδομές) που σχετίζονται με το κυρίαρχο ΚΤΚ και τα μεταβατικά μονοπάτια, με χρονικό ορίζοντα 5-15 ετών.

⁴ Αυτό είναι το επίπεδο στο οποίο προκύπτουν ριζικές καινοτομίες, με χρονικό ορίζοντα έως 5 έτη (αν και μπορεί να χρειαστεί πολύ περισσότερο για μια καινοτομία να φύγει από το πλαίσιο του θύλακα).

Η ΤΜ φαίνεται να είναι μια προσέγγιση διακυβέρνησης για να κατευθύνει μια μακροπρόθεσμη κοινωνική αλλαγή προς μια βιώσιμη οικονομία. Επικεντρώνεται στη δημιουργία νέων οραμάτων για την αειφόρο ανάπτυξη και στην ανάδειξη ενός αριθμού πειραμάτων μικρής κλίμακας (Safarzyńska, 2012) και γενικότερα αντιμετωπίζει τη διαδικασία της μετάβασης από μια πιο ευρεία προοπτική διακυβέρνησης σε σχέση με την Διαχείριση Στρατηγικών Θυλάκων που αναλύσαμε παραπάνω. Συμπεριλαμβάνει την πολυπλοκότητα των βιώσιμων μεταβάσεων που μπορούν να συμβούν σε διάρκεια αρκετών δεκαετιών, υιοθετώντας μια μακροπρόθεσμη προσέγγιση με πολλούς δρώντες αναγνωρίζοντας τη μετασχηματιστική επιρροή ενός ευρέος συνόλου φορέων, μεταξύ των οποίων και ιδιωτικές επιχειρήσεις. Δηλαδή, η ΤΜ παραλληλίζει τις εξελίξεις στον τομέα της περιβαλλοντικής διακυβέρνησης, όπου μπορεί κανείς να παρατηρήσει μια μετατόπιση της κατανόησης της διακυβέρνησης από μια παραδοσιακά καθοδηγούμενη από το κράτος ή την κυβέρνηση δραστηριότητα σε μια ευρύτερη και πολυεπίπεδη δραστηριότητα που περιλαμβάνει φορείς του δημόσιου τομέα, της βιομηχανίας και της κοινωνίας των πολιτών (Urban κ.ά. 2018).

Απέναντι στην προσέγγιση της ΤΜ έχει υπάρξει κριτική, η οποία υποστηρίζει ότι παρόλο που η διαχείριση της μετάβασης είναι πολλά υποσχόμενη ως θεωρία, η προσέγγιση αυτή έχει αποδειχθεί ότι είναι δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη. Η πρόσφατη βιβλιογραφία που αφορά στη διαχείριση της μετάβασης, εστιάζει περισσότερο στην διαχείριση της δυναμικής θύλακα-καθεστώτος παρά στην διαχείριση της μετάβασης αυτής καθ' αυτής. Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά της σφαίρας της διαχείρισης της μετάβασης - όπως τα συστήματα πεποιθήσεων, τα πολιτικά συμφέροντα και ο πολιτισμός - παρεμποδίζουν ή και απαγορεύουν τη διαχείριση των μεταβάσεων σύμφωνα με τις βέλτιστες πρακτικές και κανόνες διαχείρισης. Τέλος, η ΤΜ αποτελεί μεροληπτική προσέγγιση απέναντι στους δρώντες των υφιστάμενων καθεστώτων, και δίνει μικρή προσοχή στους δρώντες σε επίπεδο θύλακα (Lachman, 2013).

2.6.2. Διαχείριση στρατηγικών θυλάκων (Strategic niche management - SNM)

Η προσέγγιση της **διαχείρισης στρατηγικών θυλάκων - Strategic niche management (SNM)** έχει αναδειχθεί τα τελευταία είκοσι σχεδόν χρόνια και προωθεί την αντανακλαστική διαχείριση των μεταβατικών πειραμάτων που δημιουργούνται γύρω από

τους θύλακες, προκειμένου να δημιουργηθεί ορμή για τους θύλακες ώστε να μπορέσουν να εισέλθουν στην κεντρική ροή και να συν-εξελιχθούν με τα (υπο)συστήματα που αποτελούν το συνολικό σύστημα, δημιουργώντας έτσι αλλαγή του καθεστώτος (*regime-shift*) (Lachman, 2013).

Η SNM μπορεί να οριστεί ως η δημιουργία, η ανάπτυξη και η ελεγχόμενη φάση εξόδου από τις προστατευμένες περιοχές με στόχο την περαιτέρω ανάπτυξη και χρήση των υποσχόμενων τεχνολογιών μέσω του πειραματισμού. Στόχος είναι: 1) η μάθηση σχετικά με τα επιθυμητά αποτελέσματα της νέας τεχνολογίας και 2) η ενίσχυση της επιπλέον ανάπτυξης και του εύρους εφαρμογής της (Kemp, Schot και Hoogma, 1998: σελ.186).

Επιπλέον, η SNM αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει τη διαχείριση συγκεκριμένων τύπων καινοτομίας: (1) κοινωνικά επιθυμητές καινοτομίες που εξυπηρετούν μακροπρόθεσμους στόχους όπως η αειφορία, (2) ριζοσπαστικές καινοτομίες που αντιμετωπίζουν μια αναντιστοιχία όσον αφορά στην υπάρχουσα υποδομή, τις πρακτικές των χρηστών, κ.λπ. (Schot και Geels, 2008: σελ.539). Αυτή η επιλεκτική έκθεση των νέων τεχνολογιών στην αγορά μέσω μιας διαδικασίας ανάπτυξης θύλακα, μπορεί τελικά να οδηγήσει στην αντικατάσταση των κυρίαρχων τεχνολογιών.

Η βασική ιδέα πίσω από την SNM, όπως φαίνεται και από τα παραπάνω, είναι το να μαθαίνει κανείς ενεργώντας (*learning by doing*) και να ενεργεί μαθαίνοντας (*doing by learning*), προκειμένου να αποκτήσει τις απαραίτητες πληροφορίες μέσα από τα πειράματα μετάβασης για ανάδυση θυλάκων και εκθρόνισης του κυρίαρχου καθεστώτος (Lachman, 2013). Η SNM φαίνεται να είναι μια προσέγγιση, η οποία έχει κληθεί για να παράσχει πρακτική και θεωρητική βοήθεια στην προσπάθεια κινητοποίησης των θυλάκων με υψηλές δυνατότητες βιώσιμης ανάπτυξης, ώστε να προκληθεί μεταμόρφωση στο κυρίαρχο καθεστώς (Safarzyńska, 2012).

Η SNM αποτελεί μια στρατηγική μετάβασης ενός καθεστώτος, καθοδηγούμενης από τις πολιτικές και βασίζεται στη δημιουργία «προστατευόμενων (από τις δυνάμεις της αγοράς) χώρων», δηλαδή θυλάκων για την ανάπτυξη, παραγωγή και χρήση νέων τεχνολογιών⁵.

⁵ Προστατευόμενα μικρο-κοινωνικο- τεχνικά συστήματα διαμορφώνονται γύρω από τις καινοτόμες τεχνολογίες για να λειτουργήσουν ως χώροι πειραματισμού, αλλά και να βοηθήσουν στην αναγνώριση του βαθμού ελκυστικότητά τους, των κατευθύνσεων για μελλοντική ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών, αλλά και των τρόπων επιτάχυνσης της διάχυσης τους (Adamides, 2009).

Τέλος, η SNM φαίνεται να είναι μια προσέγγιση η οποία έχει χρησιμοποιηθεί κατά βάση για την εκ των υστέρων αξιολόγηση μελετών περίπτωσης (Schot και Geels, 2008) και όχι ως ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων (Kemp, Avelino και Bressers, 2011). Στην περίπτωση της SNM είναι δύσκολο να αξιολογηθεί αν η προσέγγιση ανταποκρίνεται στις ανάγκες της ανάλυσης μιας μετάβασης. Ενώ, η κριτική που ασκείται στην πολύ-επίπεδη ανάλυση θα μπορούσε να θεωρηθεί δόκιμη και για την προσέγγιση της στρατηγικής διαχείρισης της μετάβασης, καθώς η τελευταία στηρίζεται στην πρώτη (Lachman, 2013).

2.6.3. Κοινωνικο-μεταβολικές μεταβάσεις (Socio-metabolic transition)

Μια ακόμη προσέγγιση η οποία χρησιμοποιείται για την ανάλυση των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων είναι αυτή η αντιμετώπιση των μεταβάσεων ως κοινωνικο-μεταβολικές - **Socio-metabolic transition**. Η κοινωνικο-μεταβολική προσέγγιση θέτει ως κέντρο τα κοινωνικο-τεχνικά καθεστώτα (Lachman, 2013). Τα κοινωνικο-τεχνικά καθεστώτα είναι μια έννοια η οποία αναπτύχθηκε από τον Siefert τη δεκαετία του 1980, και η εξέταση των μεταβάσεων από την οπτική της κοινωνικο-μεταβολικής προσέγγισης ξεκίνησε από τότε. Η προσέγγιση έχει τις ρίζες της στη Βιέννη και αποτελεί μια προσέγγιση που χρησιμοποιείται για να εξετάσει μεταβάσεις βιωσιμότητας και στηρίζεται στην παραδοχή ότι η κοινωνία έχει περιβάλλοντα όρια, που αν ξεπεραστούν τότε το σύστημα αντιμετωπίζει δομικές αλλαγές, είτε καταρρέει.

Τότε το αντικείμενο εξέτασης γίνεται η αλληλεπίδραση με άλλα σχετικά συστήματα στο περιβάλλον του συγκεκριμένου συστήματος. Η κοινωνικο-μεταβολική προσέγγιση της Βιέννης δηλώνει ότι οι μεταβάσεις (βιωσιμότητας) προκύπτουν μόνο όταν δομικές αλλαγές συμβαίνουν στο ενεργειακό σύστημα μιας κοινωνίας (όπου κυριαρχεί το κοινωνικο-μεταβολικό καθεστώς). Όταν αλλάζει το ενεργειακό καθεστώς αλλάζει και η κοινωνία (και ο μεταβολισμός της) και η σχέση με τα εξωτερικά συστήματα. Αυτό που διαχωρίζει αυτή την προσέγγιση είναι η εστίασή της στις μακροοικονομικές εξελίξεις που καλύπτουν δεκαετίες έως αιώνες, η συμπερίληψη της φύσης / του περιβάλλοντος και ο μεθοδολογικός πυρήνα της (Lachman, 2013).

Παρόλο που η προσέγγιση της Βιέννης χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο και εφαρμόζεται πρακτικά σε πολιτικά πλαίσια, έχει υποστεί και αυτή κριτική ως προς την αποτελεσματικότητά της, καθώς φαίνεται να παραμένει σε επίπεδο ανάλυσης συστήματος

και δεν υποδεικνύει πού και πότε συγκεκριμένες παρεμβάσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν. Οι έρευνες από τη σκοπιά της κοινωνικο-μεταβολικής προσέγγισης φαίνεται να είναι αρκετά εξειδικευμένες περιπτώσεις, κάτι το οποίο δεν καθιστά δυνατή τη γενίκευση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από την συγκεκριμένη προσέγγιση ανάλυσης των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων. Ένα επιπλέον μειονέκτημα της κοινωνικο-μεταβολικής προσέγγισης είναι το γεγονός ότι εστιάζει στον «μεταβολισμό» μιας κοινωνίας, αλλά όχι στους δρώντες της κοινωνίας. Έτσι στοιχεία του συστήματος όπως τα πολιτικά ενδιαφέροντα και ο πολιτισμός δε λαμβάνονται υπόψιν (όπως συμβαίνει και με την προσέγγιση της διαχείρισης της μετάβασης). Αυτό καθιστά τη φύση της προσέγγισης γενική και αφηρημένη και εμποδίζει την ανάπτυξη σαφών οδηγιών-συμβουλών προς τους χρήστες της.

Συμπερασματικά, η ανάλυση των μεταβάσεων απαιτεί μια συν-εξελικτική κατανόηση της ανάπτυξης της τεχνολογίας, των θεσμών, των κοινωνικών πρακτικών και των επιχειρηματικών μοντέλων που ακολουθούνται (Geels 2005; Foxon 2008). Για να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε κατάλληλες πολιτικές που να ανταποκρίνονται στις μεταβάσεις θα πρέπει πρώτα να δούμε τι κρύβεται κάτω από την μετάβαση. Θα πρέπει να εξεταστεί η κατεύθυνση των δυνάμεων που προκαλούν την μετάβαση (top down, bottom-up, internal) και μετά θα πρέπει να προχωρήσουμε στην αναγνώριση της φύσης των δυνάμεων αυτών. Θα πρέπει να ελεγχθεί αν είναι δυνάμεις σχηματισμού, υποστηρικτικές ή ενεργοποιητικές.

2.7. Ποιοτικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις ανάλυσης κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζονται οι κυριότερες ποιοτικές προσεγγίσεις που έχουν εφαρμοστεί για την ανάλυση των κοινωνικό-τεχνικών μεταβάσεων. Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται: 1) η πολυεπίπεδη προοπτική (*Multi-level perspective - MLP*), 2) τα τεχνικο-οικονομικά παραδείγματα (*Technoeconomic Paradigm*) και 3) τα συστήματα καινοτομίας (*Innovation Systems*). Η MLP, σύμφωνα με τον Geels (2012), αποτελεί ίσως την πιο ευρεία προσέγγιση ανάλυσης των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων, τουλάχιστον όσον αφορά στην βιώσιμη ανάπτυξη, σε σχέση με άλλες προσεγγίσεις.

2.7.1. Πολύ-επίπεδη προοπτική (Multilevel perspective - MLP)

Η προσέγγιση της **πολυεπίπεδης προοπτικής - Multilevel perspective (MLP)**, έχει τις ρίζες της στη σχολή του Τβέντε και συγκεκριμένα στην οιασδήποτε εξελικτική της θεωρία. Αποτελεί μια υβριδική προσέγγιση η οποία συνδυάζει τις εξελικτικές και ερμηνευτικές προσεγγίσεις, στόχος των οποίων είναι να αντιληφθούν ένα μοτίβο το οποίο ακολουθούν οι μακροπρόθεσμες αλλαγές (Lachman, 2013). Προέρχεται από τη μελέτη των καινοτομιών, από τα εξελικτικά οικονομικά, καθώς και από τη μελέτη των επιστημών και της τεχνολογίας (Lin, Wells και Sovacool, 2018). Η MLP έρχεται να προσθέσει διαστάσεις που αφορούν την κατανάλωση, τον πολιτισμό και την κουλτούρα, καθώς και κοινωνικο-πολιτικές διαστάσεις που χαρακτηρίζουν ένα ΚΤΣ (Geels, 2018) και έλλειπαν σε μελέτες με προγενέστερες προσεγγίσεις.

Σύμφωνα με τον Papachristos (2019), η MLP εστιάζει στις διασυνδέσεις του συστήματος και στις δυναμικές των κοινωνικών ομάδων που επηρεάζουν την τεχνολογική αλλαγή και την αδράνεια. Βασική παραδοχή της είναι ότι οι μεταβάσεις είναι μη γραμμικές διαδικασίες που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση πολλαπλών εξελίξεων σε τρία αναλυτικά επίπεδα: τους θύλακες (*niches*) (τόπος γέννησης και πειραματισμού για ριζικές καινοτομίες), τα κοινωνικο-τεχνικά καθεστώτα (*socio-technical regime*) (τόπος καθιερωμένων πρακτικών και κανόνων) και το εξωγενές κοινωνικο-τεχνικό τοπίο (*exogenous socio-technical landscape*) (π.χ. τα εξωτερικά σοκ, τις αργά μεταβαλλόμενες τάσεις, και παράγοντες που δεν μεταβάλλονται ή μεταβάλλονται αργά) (Geels, 2012).

Η βασική αναλυτική έννοια του συγκεκριμένου πλαισίου ανάλυσης είναι το ΚΤΚ το οποίο εξυπηρετεί την ανάλυση των κανόνων που διέπουν και συντονίζουν τις δραστηριότητες των ομάδων δρώντων και χρηστών, οι οποίοι αναπαράγουν τα στοιχεία του συστήματος και με αυτό τον τρόπο συμβάλλουν στην σταθερότητα της τροχιάς του συστήματος. Οι θύλακες ορίζονται ως χώροι εκκόλαψης οι οποίοι λειτουργούν ως ασπίδα, γαλουχούν και ενδυναμώνουν τις νέες καινοτομίες. Ενώ, το κοινωνικο-τεχνικό τοπίο παρέχει το ευρύτερο πλαίσιο το οποίο επηρεάζει τις δυναμικές του θύλακα, αλλά και του καθεστώτος. Εμπεριέχει τεχνικό, υλικό και μακρο-οικονομικό κοινωνικό υπόβαθρο, περιλαμβάνοντας τις ευρείες διαδικασίες της βιομηχανίας, την κλιματική αλλαγή και τους γεωγραφικούς σχηματισμούς, καθώς και δημογραφικές τάσεις, πολιτικές ιδεολογίες και κοινωνικές αξίες (Papachristos, 2019). Τα τρία αυτά επίπεδα θα μπορούσε να ειπωθεί ότι

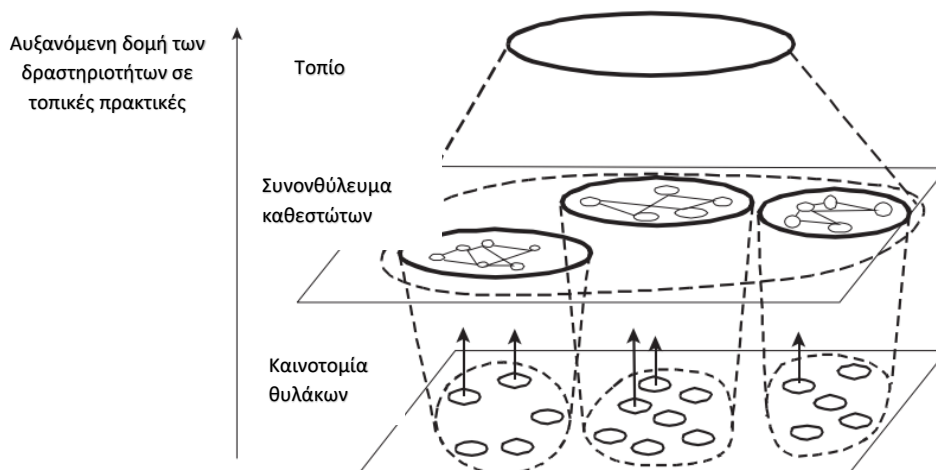
εξυπηρετούν στην εξέταση ενός ΚΤΣ σε μικρο-, μέσο- και μακρο- επίπεδο, παρόλα ταύτα η MLP θεωρείται ως μια προσέγγιση η οποία εξετάζει και περιγράφει τις μεταβάσεις από μακροσκοπική οπτική (Geels, 2012).

Ταυτόχρονα, σύμφωνα με την MLP ένα ΚΤΚ αποτελείται από τρεις τύπους κανόνων: (α) γνωστικούς (*cognitive*), όπου περιλαμβάνονται σύμβολα και νοήματα, (β) ρυθμιστικούς (*regulative*), όπου περιλαμβάνονται οι επίσημοι κανόνες που διέπουν ένα καθεστώς, και τέλος (γ) κανονιστικούς (*normative*) όπου περιλαμβάνονται οι αξίες, τα δικαιώματα και οι ευθύνες των δρώντων (Safarzyńska, 2012).

Εντός ενός ΚΤΚ, οι μεταβάσεις συμβαίνουν όταν ένα ΚΤΣ αποσταθεροποιείται είτε από αλληλεπιδράσεις ενίσχυσης (*reinforcing interactions*), είτε από διαταρακτικές αλληλεπιδράσεις (*disruptive interactions*) οι οποίες λαμβάνουν χώρα στα τρία επίπεδα της MLP (Papachristos, 2018a). Κατά τη διάρκεια της μετάβασης, παράγοντες τοπίου (*landscape factors*) αποσταθεροποιούν το πλαίσιο, ενώ παράγοντες αναπτυσσόμενοι σε προστατευμένους χώρους - θύλακες, συγκεντρώνουν την ορμή ώστε να κυριαρχήσουν στο σύστημα (Lachman, 2013), δημιουργώντας «παράθυρα ευκαιρίας».

Όπως υποστηρίζει ο Geels (2012), η λογική που ακολουθείται από την MLP, υποδεικνύει ότι η πολιτική της μετάβασης θα πρέπει να ακολουθεί στρατηγική δύο επιπέδων, με βασικούς στόχους: (α) την τόνωση της ανάδυσης και της διάχυσης των καινοτομιών – θυλάκων, και (β) την ενίσχυση της πίεσης όσον αφορά στην επιλογή νέας καινοτομίας στο καθεστώς μέσα από οικονομικά εργαλεία (π.χ. φόρους ρύπανσης, διόδια, κ.λπ.) και κανονισμούς (π.χ. περιβαλλοντική νομοθεσία).

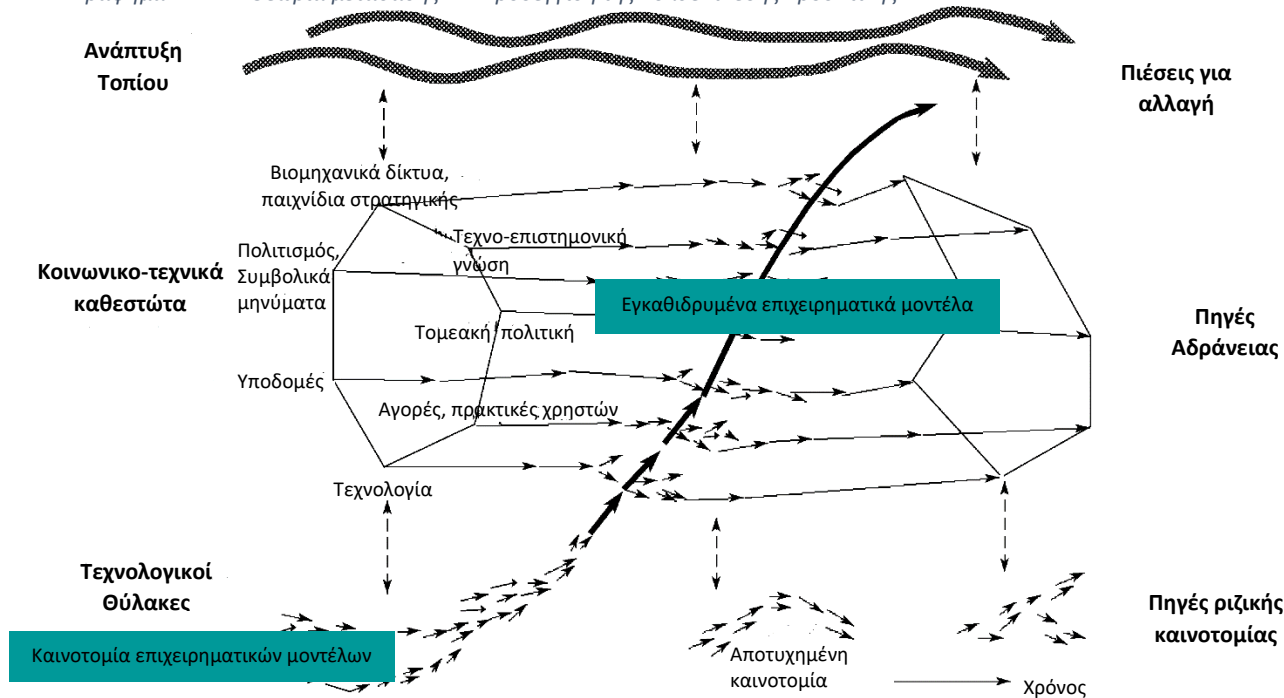
Γράφημα 2.7.1.1: Τα πολλαπλά επίπεδα της MLP ως ένθετη ιεραρχία



Πηγή: Μεταφρασμένο από Geels (2002, σελ. 1261)

Βέβαια, παρόλο που η MLP είναι από τις πιο ευρέως χρησιμοποιημένες προσεγγίσεις ανάλυσης μεταβάσεων, δεν παύει να έχει αδυναμίες. Βασική αδυναμία αποτελεί η χρήση μεταφορών και πολλές φορές ασαφών εννοιών, με κίνδυνο τη δημιουργία ασαφούς πλαισίου ανάλυσης, με έννοιες που έχουν ασαφή όρια, ενώ χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα (Lachman, 2013). Δεν παρέχει κατάλληλες, και εύκολα παραμετροποιήσιμες μετρήσεις οι οποίες να μπορούν να μας υποδείξουν κάτι για τις μεταβάσεις (Papachristos, 2018b). Ενώ, φαίνεται να αντιμετωπίζει την τεχνολογική αλλαγή ως κοινωνική διαδικασία αφομοίωσης των νέων τεχνολογιών, η οποία μετατρέπει τους ισχύοντες κανόνες καθοδηγώντας τις αλληλεπιδράσεις των φορέων σε πολλαπλά επίπεδα (Safarzyńska, 2012).

Γράφημα 2.7.1.2: Θεωρία μετάβασης – Η προσέγγιση της πολυεπίπεδης προοπτικής



Πηγή: Sarasini & Langeland (2017)

Επίσης, η MLP έχει κατηγορηθεί ως υπερβολικά διαρθρωτική (*structuralistic*) προσέγγιση, καθώς στρέφεται αρκετά προς τον τεχνολογικό ντετερμινισμό, για υπερβολική έμφαση της αλλαγής που προκαλείται στους θύλακες από τα κάτω, και για την ύπαρξη ενός μάλλον ασαφούς, απλουστευτικού και παθητικού ρόλου κατά την διαδικασία της μετάβασης (Adamides, 2018). Ενώ ταυτόχρονα, δεν αποδίδουν τις μεταβάσεις σε μεμονωμένες αιτίες ή σε αλληλεπιδράσεις, αλλά σε διαμορφώσεις πολλαπλών αιτιακών αλληλεπιδράσεων οι οποίες ενισχύουν ή διακόπτουν η μία την άλλη. Επιπλέον, η MLP δεν έχει δώσει τη δέουσα σημασία στο περιβάλλον στο οποίο δρουν τα διάφορα μέρη εντός των καθεστώτων, ενώ εισάγει μια ευρεία έννοια του καθεστώτος που εμπεριέχει τόσο θεσμικές διαστάσεις όσο και διαστάσεις καθηκόντων (Bergek κ.ά., 2018).

Η MLP αποτελεί μια προσέγγιση μελέτης μιας μετάβασης, η οποία προσφέρει την κοινωνικο-τεχνική κατανόηση των μεταβάσεων χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, και καλύπτει τρία επίπεδα ανάλυσης (Geels κ.ά., 2017):

- (1) τις μακροπρόθεσμες κοσμικές εξελίξεις,
- (2) τις εξελίξεις στα υφιστάμενα συστήματα - στρατηγικά παιχνίδια, πολιτικούς αγώνες και κοινωνικο-πολιτιστικές συζητήσεις, και

(3) τις ριζικές καινοτομίες θυλάκων χαμηλών εκπομπών άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων τοπικών έργων υλοποίησης.

2.7.2. Τεχνικο-οικονομικά παραδείγματα (Technoeconomic paradigm - TEP)

Μια ακόμη προσέγγιση η οποία χρησιμοποιείται για να αναλύσει τις κοινωνικο-τεχνικές μεταβάσεις είναι αυτή των **“Τεχνο-οικονομικών παραδειγμάτων - Techno-Economic Paradigm (TEP)”**. Αυτή η προσέγγιση αποτελεί μια εξελικτική-οικονομική θεωρία που ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και βασίστηκε στις έννοιες της συνεξέλιξης και των κύκλων μακρών κυμάτων (Lachman, 2013). Τα φαινόμενα μακρών κυμάτων αποτελούν κυκλική ανάπτυξη στο μακροοικονομικό επίπεδο που εκτείνεται σε διάστημα πολλών γενεών. Ένας από τους πιο γνωστούς κύκλους μακρών κυμάτων είναι ο λεγόμενος κύκλος Kondratieff ο οποίος έχει κύκλο ζωής 40-60 ετών. Η θεωρία των μακρών κυμάτων υποστηρίζει ότι αυτή η κυκλική κίνηση προέρχεται από την ανάδυση και τη διάχυση συστάδων νέων τεχνολογιών και συναφών νέων θεσμών, συμπεριφορών, κ.λπ. (με άλλα λόγια, ενός νέου τεχνο-οικονομικού παραδείγματος), και την απομάκρυνση της παλαιότερης υφιστάμενης τεχνολογίας.

Βέβαια, κριτική έχει ασκηθεί και σε αυτή την προσέγγιση, καθώς οι θεωρίες των μακρών κυμάτων στις οποίες στηρίζεται, είναι αδύνατο να εντοπίσουν τις αιτίες πίσω από τους κύκλους των μακρών κυμάτων. Ταυτόχρονα, η συγκεκριμένη θεωρία συχνά επικρίνεται για την αιτιοκρατική ματιά με την οποία αντιμετωπίζει τα μακρο-οικονομικά φαινόμενα. Τέλος, οι θεωρίες μακρών κυμάτων κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των τεχνο-οικονομικών παραδειγμάτων, παρουσιάζουν μια γενική εικόνα (macro view), και καθώς αυτές αδυνατούν να αναλύσουν τις διαδικασίες σε μικρο- επίπεδο, θεωρούνται κατάλληλες μόνο για μεγαλύτερες οντότητες, όπως πολυεθνικές επιχειρήσεις, πολυμερή ιδρύματα, κυβερνήσεις, κλπ.

2.7.3. Συστήματα καινοτομίας -ΣΚ (Innovation Systems - IS)

Στα τέλη του 1980 η έννοια των **“συστημάτων καινοτομίας - innovation systems (IS)”** εισήχθη, ως απάντηση στο ραγδαίως αναπτυσσόμενο νεοφιλελεύθερο παράδειγμα (Lachman, 2013). Ένα "σύστημα καινοτομίας" είναι ο συνδυασμός όλων των θεσμικών και οικονομικών δομών που επηρεάζουν τόσο την κατεύθυνση όσο και την ταχύτητα της

τεχνολογικής αλλαγής σε μια κοινωνία, η οποία μπορεί να οδηγεί σε μια μετάβαση ενός ΚΤΣ (Hekkert κ.ά., 2007). Τα ΣΚ εμπεριέχουν ποικίλους δρώντες, όπως είναι η κοινωνία των πολιτών, και οι χρήστες, οι κυβερνήσεις, οι επιχειρήσεις, κλπ, κάτι το οποίο είναι απαραίτητο και για την ανάλυση των μεταβάσεων.

Η έννοια του ΣΚ, δίνει έμφαση στον συνεξελισσόμενο χαρακτήρα της διαδικασίας αλλαγής, ως ένας συνδυασμός εξελικτικών και θεσμικών θεωριών, λαμβάνοντας υπόψιν πέρα από τις τεχνολογικές αλλαγές και τους παράγοντες αλλαγής. Στη δεκαετία του 1990, διαμορφώθηκαν διάφοροι τύποι συστημάτων καινοτομίας με βάση τα διαφορετικά όρια του συστήματος (Freeman, 1995; Jacobsson και Bergek, 2004):

- εθνικά ΣΚ (National Systems of Innovation - NSI),
- τομεακά ΣΚ (Sectoral Innovation systems - SIS),
- τεχνολογικά ΣΚ (Technological Innovation Systems - TIS)⁶, και
- περιφερειακά ΣΚ (Regional Innovation Systems - RIS).

Κεντρική ιδέα αποτελεί πως η τεχνολογική αλλαγή μπορεί να αποδοθεί τόσο σε συλλογικές, όσο και σε μεμονωμένες δράσεις που σχετίζονται με τα ΣΚ (Freeman, 1988). Ο κύριος στόχος είναι να κατακερματιστούν τα συστήματα στα συστατικά τους και να ανιχνευθούν τα στοιχεία εκείνα του συστήματος, που δεν πληρούν τον επιδιωκόμενο σκοπό τους, παρεμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη ολόκληρου του συστήματος (Lachman, 2013). Πρόκειται για μια ιδέα παρόμοια με την έννοια της "ανάστροφης προεξοχής - reverse salient" που εισήγαγε ο Hughes (1983). Αυτό καθιστά την προσέγγιση ελκυστική για τους υπεύθυνους για τη χάραξη πολιτικής, καθώς εντοπίζει τα σημεία συμφόρησης (bottlenecks) στις μεταβατικές διαδικασίες.

Η προσέγγιση των Συστημάτων Καινοτομίας έχει και αυτή υποστεί κριτική ως προς τα αδύναμα μέρη της (Lachman, 2013). Παρά το γεγονός ότι είναι μια συν-εξελικτική προσέγγιση από τη φύση της, η προσέγγιση των συστημάτων καινοτομίας κατά τη διάρκεια ανάλυσής τους, τείνει να περιθωριοποιεί πτυχές που αφορούν στον πολιτισμό και τη ζήτηση. Οι προσεγγίσεις των συστημάτων καινοτομίας φαίνεται να μην αντιμετωπίζουν τις δυνάμεις που τίθενται σε εφαρμογή όταν οι νέες τεχνολογίες επιχειρούν να επικρατήσουν έναντι των κυρίαρχων τεχνολογιών. Επικεντρώνονται περισσότερο στη

⁶ Τα τεχνολογικά συστήματα καινοτομίας φαίνεται να λειτουργούν συμπληρωματικά με το MLP κατά τη διαδικασία ανάλυσης μιας μετάβασης, σύμφωνα με τους Markard και Truffer (2008).

λειτουργία των συστημάτων, δηλ. τις αδυναμίες στοιχείων, παρά στις αλλαγές του συστήματος, και καθώς η έμφαση δίνεται στον εντοπισμό των αδυναμιών του συστήματος, μικρή είναι η προσοχή που δίνεται στην εξέλιξή τους και στους λόγους που οφείλονται αυτές. Επακόλουθο αποτελεί η μικρή ενασχόληση με τη δυναμική του συστήματος γενικότερα (Lachman, 2013). Τέλος, οι προσεγγίσεις των συστημάτων καινοτομίας εστιάζουν περισσότερο στους μεγάλους δρώντες, όπως είναι οι οργανισμοί και οι επιχειρήσεις, και τείνουν να παραμελούν τους μικρότερους, όπως είναι τα λαϊκά κινήματα και τα μεμονωμένα άτομα (Lachman, 2013).

Οι μέχρι στιγμής θεωρίες οι οποίες αναλύονται παραπάνω, έχουν χρησιμοποιηθεί για να αναλύσουν συστημικές αλλαγές εντός μεγάλων κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων των οποίων ο σκοπός είναι η κάλυψη αναγκών ενέργειας, μεταφορών, και η παροχή άλλων κοινωνικών ωφελειών. Οι τέσσερις βασικότερες από αυτές τις θεωρίες φαίνεται να είναι η πολυεπίπεδη προοπτική - MLP, τα τεχνολογικά συστήματα καινοτομίας - TIS, η διαχείριση στρατηγικών θυλάκων - SNM, καθώς και η διαχείριση μεταβάσεων - TM (Sarasini και Linder, 2018). Αυτό όμως το οποίο παρατηρείται στις μελέτες που χρησιμοποιούν αυτές τις θεωρίες μετάβασης στην ανάλυσή τους είναι ότι παρόλο που αναγνωρίζουν τις επιχειρήσεις ως έναν δρών του εξεταζόμενου συστήματος, δεν περιλαμβάνουν στις αναλύσεις τους αυτό που μπορεί να θεωρηθεί ως μια ισχυρή θεωρία της επιχείρησης.

2.8. Ποσοτικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις ανάλυσης κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων

Αρκετές από τις μελέτες που ασχολούνται με τις μεταβάσεις, εφαρμόζουν μοντελοποίηση με βάση του δρώντες (*Agent-based modeling - ABM*), οικονομετρικά μοντέλα, καθώς και περιβάλλουσα ανάλυση δεδομένων (*Data Envelopment Analysis - DEA*). Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες εξετάζουν τα εμπόδια στην υιοθέτηση της μετάβασης και διερευνούν την αποτελεσματικότητα των εναλλακτικών πολιτικών. Επιπλέον, κάποιες μελέτες χρησιμοποιούν τη ΣΔ (*System Dynamics - SD*), αν και οι περισσότερες παραμένουν στο επίπεδο των περιγραφικών-εννοιολογικών μοντέλων, χωρίς την επικύρωσή τους με πραγματικά ιστορικά δεδομένα.

2.8.1. Μοντελοποίηση του συστήματος των μεταφορών με τη χρήση ABM

Η **μοντελοποίηση με βάση τους δρώντες - Agent based modeling (ABM)** είναι μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων (Safarzyńska και van den Bergh, 2010; Safarzynska κ.ά., 2012; Holtz κ.ά., 2015; Köhler et al, 2017) και έχει εφαρμοστεί ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου οι αναλύσεις γίνονται σε μικρό επίπεδο.

Αναπτύχθηκε με στόχο την ανάλυση σύνθετων συστημάτων. Αποτελούνται από δρώντες κατευθυνόμενους από τους εκάστοτε στόχους που αλληλεπιδρούν και ανταποκρίνονται σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα. Οι αλληλεπιδράσεις των δρώντων παράγουν αναδυόμενες συμπεριφορές και ιδιότητες συστήματος. Τέτοια μοντέλα έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα όσον αφορά τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των σύνθετων προσαρμοστικών συστημάτων, καθώς: (i) παρέχουν σαφείς και συστηματικές αναπαραστάσεις που επιτρέπουν τον πειραματισμό, (ii) δημιουργούν σύνθετη συμπεριφορά συστήματος από υποκείμενους μηχανισμούς και διαδικασίες και έτσι διευκολύνουν τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη συμπεριφορά του συστήματος (Karlsen, Papachristos και Rehmatulla, 2018).

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα ερευνών που έχουν γίνει με ABM αποτελούν απλά ακριβείς προβλέψεις για μελλοντικές καταστάσεις (Holtz κ.ά., 2015). Επιπλέον, η ABM υστερεί σε κάποια σημεία, όπως είναι το γεγονός ότι δεν έχει τυποποιημένες τεχνικές μοντελοποίησης, καθώς και η περιορισμένη δυνατότητα σύγκρισης των μοντέλων εξαιτίας των διαφορετικών θεωρητικών πλαισίων που χρησιμοποιούνται (Karlsen, Papachristos και Rehmatulla, 2018).

Οι Köhler κ.ά. υπογραμμίζουν σε μια προσπάθεια διερεύνησης της βιωσιμότητας της κινητικότητας, ότι χρησιμοποιώντας ABM (Köhler κ.ά., 2009), δεν καταγράφηκαν οι ποιοτικές αλλαγές στη δομή, αλλά η μετάβαση ως μια σημαντική μεταβολή στις κυρίαρχες πρακτικές του συστήματος. Στη συγκεκριμένη μελέτη, εξετάστηκε η μετάβαση προς τις βιώσιμες μεταφορές για το Ηνωμένο Βασίλειο, τονίζοντας δύο τρόποι επίτευξης μετάβασης σε ένα μοντέλο βιωσιμότητας, μέσω της χρήσης οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων. Ο πρώτος τρόπος σχετίζεται με την αλλαγή του καθεστώτος, η οποία παρατηρείται όταν ένα κυρίαρχο καθεστώς χάνει την υποστήριξη και τη δύναμή του και ένας νέος δρών ευρύτερου θύλακα (*extended niche agent - ENA*) με διαφορετικές

πρακτικές παίρνει τη θέση του. Ο δεύτερος τρόπος σχετίζεται με τη μεταβολή του καθεστώτος. Χρησιμοποιώντας μια σύνθεση ABM και ΣΔ, δείχνουν ότι τα οχήματα με κυψέλες καυσίμου υδρογόνου κυριαρχούν αλλά μόνο μακροπρόθεσμα, ενώ ταυτόχρονα τα οχήματα βιοκαυσίμων και τα υβριδικά φαίνεται να αποτελούν τις βασικές εναλλακτικές του καθεστώτος για τα επόμενα 10-30 χρόνια.

Λίγα χρόνια αργότερα οι Köhler, Turnheim και Hodson (Köhler, Turnheim και Hodson, 2018) προσπάθησαν να αντιμετωπίσουν δύο κενά στη μετάβαση της κινητικότητας σε οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Πρώτον, το γεγονός ότι όλα τα σενάρια σχετικά με κινητικότητα χαμηλού άνθρακα επικεντρώνονται στην τεχνολογική υποκατάσταση και έχουν περιορισμένη αναφορά στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ θυλάκων και καθεστώτων, καθώς και στην συμπεριφορική αλλαγή. Δεύτερον, οι λεπτομερείς ποιοτικές αναλύσεις των δυναμικών των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων έχουν μικρή χρησιμότητα όσον αφορά στην ανάπτυξη μελλοντικών προβλέψεων. Εφαρμόζουν MLP για τις μεταβάσεις, σε συνδυασμό με μελέτες περίπτωσης από θύλακες κινητικότητας στην Ολλανδία (για δύο χρονικές περιόδους 2015-2035 και 2035-2050). Προσομοιώνουν την πορεία μετάβασης χρησιμοποιώντας το μοντέλο MATISSE, ένα μοντέλο με βάση τους δρώντες (ABM). Ο συνδυασμός ποιοτικής μελέτης περίπτωσης με ποσοτική προσομοίωση αναπτύσσει μεταβατικές διαδρομές που συμπεριλαμβάνουν τόσο συμπεριφορικές όσο και τεχνολογικές αλλαγές. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους δείχνουν ότι τόσο η τεχνολογική υποκατάσταση, όσο και η αλλαγή του τρόπου μετακινήσεων (π.χ. ποδηλασία, απομάκρυνση από την ιδιοκτησία αυτοκινήτου) είναι εφικτά. Ωστόσο, θα πρέπει πρώτα να ξεπεραστεί ένα εγκαθιδρυμένο καθεστώς, το οποίο απαιτεί σημαντικές αλλαγές τόσο στην κουλτούρα και τη συμπεριφορά των χρηστών, όσο και υποστήριξη για νέες προτεραιότητες από τα θεσμικά όργανα σχεδιασμού των μεταφορών.

Σε μια άλλη μελέτη, οι Zhang κ.ά. (2011) διερευνούν τους παράγοντες που μπορούν να επιταχύνουν την διάχυση των οικο-καινοτομιών και συγκεκριμένα των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων. Η ABM παρέχει τη δυνατότητα να εξεταστούν οι αλληλεπιδράσεις που παρουσιάζονται μεταξύ των βασικών εμπλεκομένων στην αυτοκινητοβιομηχανία: κατασκευαστές, καταναλωτές, κυβερνητικούς δρώντες, ενώ επιτρέπει την κατανόηση της ανταπόκρισης των καταναλωτών και των κατασκευαστών απέναντι σε ποικίλες περιβαλλοντικές αλλαγές. Εξετάζουν τρία διαφορετικά πειράματα.

Στο πρώτο υπάρχει τεχνολογική ώθηση (*technology push*), με εντολή για υιοθέτηση οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων. Στο δεύτερο πείραμα υπάρχει «έλξη» από την αγορά (*market pull*) με τη δια στόματος διάχυση (*word of mouth*), και στο τρίτο πείραμα υπάρχει ώθηση από κανονιστικά πρότυπα (*Regulatory push*) όπου επιβάλλονται πρότυπα όπως αυτά του κανονισμού CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*) στην Αμερική. Με βάση το πρώτο πείραμα, ένας από τους βασικότερους παράγοντες για την επιλογή ενός αυτοκινήτου είναι η χιλιομετρική εμβέλεια την οποία μπορεί να διανύσει με ένα «γέμισμα». Επίσης όσο μικρότερη είναι η διαφορά της τιμής μεταξύ των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων και των οχημάτων εσωτερικής καύσης, τόσο πιο πιθανό είναι κάποιος να στραφεί στην αγορά ενός οχήματος εναλλακτικού καυσίμου. Στην περίπτωση του δεύτερου πειράματος, η δια στόματος διάχυση έχει αρνητική επίδραση στο μερίδιο αγοράς τόσο των υβριδικών όσο και των οχημάτων εσωτερικής καύσης. Αντιθέτως, έχει θετική επιρροή στην υιοθέτηση άλλων οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων. Μελετώντας το τρίτο πείραμα, καταλήγουν ότι κανονισμοί, όπως ο κανονισμός CAFE επηρεάζουν θετικά την υιοθέτηση οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων.

2.8.2. Μοντελοποίηση του συστήματος των μεταφορών με τη χρήση ΣΔ

Η **συστημική δυναμική (ΣΔ) – System dynamics (SD)** φαίνεται να έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως τα τελευταία χρόνια σε διάφορα πεδία εφαρμογής, συμπεριλαμβανομένων των ΚΤΣ, οικολογικών συστημάτων, συστημάτων μεταφορών, κ.α. Σύμφωνα με τον Shepherd (2014), οι έρευνες που περιέχουν μοντελοποίηση και άπτονται του κλάδου των μεταφορών ασχολούνται με τη μελέτη των παρακάτω ζητημάτων: • τη μοντελοποίηση της υιοθέτησης των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων, • την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας με τις μεταφορές, • την συντήρηση και την κατασκευή αυτοκινητοδρόμων, • τη στρατηγική πολιτικών σε αστικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο, • τις αερογραμμές και τα αεροδρόμια, καθώς και • τις αναδυόμενες περιοχές σχετικά με τις μεταφορές (π.χ. ασφάλεια μεταφορών). Κάποιες από τις μελέτες που χρησιμοποιούν ΣΔ για την εξέταση του τομέα των μεταφορών.

Οι Walther κ.ά. (2010) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο για την ανάπτυξη ενός μοντέλου που σχετίζεται με τις μεταφορές στην Καλιφόρνια. Εξετάζουν την συν-εξελικτική ανάπτυξη των τεχνολογιών του κινητήρα, την αντίστοιχη κάλυψη υποδομών, τους τύπους

οχημάτων που προσφέρονται στην εξεταζόμενη περίοδο και τη συμπεριφορά των πελατών κατά την προσαρμογή τους στους κανονισμούς που αφορούν στις μηδενικές εκπομπές των οχημάτων. Διαπιστώνουν πως η είσοδος στην αγορά εναλλακτικών κινητήρων θα πάρει αρκετό χρόνο, ακόμη και αν είναι διαθέσιμοι στους καταναλωτές αρκετά νωρίς και με διαφορετική τμηματοποίηση αγοράς. Επιπρόσθετα, γίνεται σαφές ότι οι διαφορετικές απαιτήσεις των κανονισμών για τα αέρια του θερμοκηπίου και για τα οχήματα μηδενικών ρύπων δε θα πρέπει να λογίζονται ξεχωριστά, καθώς αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δύο υπάρχουν και ανεπιθύμητες παρενέργειες μπορεί να προκύψουν.

Οι Jifeng, Huapu, και Hu (2008), επίσης χρησιμοποίησαν τη ΣΔ για να εξετάσουν την εξέλιξη του αστικού συστήματος μεταφορών. Πιο συγκεκριμένα, εξέτασαν την επίδραση των πολιτικών που αφορούσαν στην ιδιοκτησία οχήματος στην ανάπτυξη των αστικών μεταφορών στο αστικό κέντρο της πόλης Dalian στα ανατολικά της επαρχίας Liaoning στην Κίνα. Χρησιμοποίησαν 7 υποσυστήματα τα οποία αφορούσαν στον πληθυσμό, την οικονομική ανάπτυξη, τον αριθμό των οχημάτων, την περιβαλλοντική επίδραση, τη ζήτηση για μετακινήσεις, την προσφορά που υπάρχει για μετακινήσεις, καθώς και την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Το μοντέλο τους δείχνει ότι όσο αυξάνονται οι περιορισμοί στα οχήματα τόσο ο πληθυσμός στρέφεται στα μέσα μαζικής μεταφοράς, καθώς επίσης και ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα οχήματα.

Οι Struben και Sterman (2008), εξέτασαν την προθυμία των καταναλωτών να στραφούν προς τα οχήματα με εναλλακτικά καύσιμα. Η δυναμική της υιοθέτησης ενός τέτοιου οχήματος είναι περίπλοκη και σχετίζεται με διάφορες παραμέτρους, όπως το μέγεθος και η σημασία της αυτοκινητοβιομηχανίας. Η διάχυση των εναλλακτικών οχημάτων τόσο προωθείται όσο και εμποδίζεται από θετικές ισχυρές ανατροφοδοτήσεις που πηγάζουν από τις οικονομίες κλίμακας και σκοπού, την έρευνα και την ανάπτυξη, την μάθηση μέσω της πράξης, την οδηγική εμπειρία, από στόμα σε στόμα, καθώς και όταν υπάρχουν οι απαραίτητοι συμπληρωματικοί πόροι (complementary assets) όπως είναι οι σταθμοί εφοδιασμού. Περιγράφουν ένα δυναμικό μοντέλο διάχυσης και ανταγωνισμού για τα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων στο οποίο περιλαμβάνονται τόσο η συνεξέλιξη της τεχνολογίας και των συμπληρωματικών πόρων, όσο και η συμπεριφορά των καταναλωτών. Διαπιστώνουν πως το ισχυρότερο μάρκετινγκ και η δια στόματος προσέγγιση ευνοούν τη διάχυση. Ωστόσο, ο αντίκτυπος της δια στόματος προσέγγισης θα

είναι μικρός όταν εισάγονται οχήματα εναλλακτικών καυσίμων, επειδή η μεγάλη διάρκεια ζωής των συμβατικών οχημάτων καθιστά το μερίδιο των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων στην εγκατεστημένη αγορά να υστερεί σημαντικά στο μερίδιο των πωλήσεων των νέων οχημάτων. Επίσης, η ενδογενής βελτίωση των χαρακτηριστικών του οχήματος εξαιτίας της μάθησης, της E&A, κ.λπ., προσθέτουν σημαντικές πρόσθετες θετικές ανατροφοδοτήσεις που μπορούν να εμποδίσουν τη διάδοση εναλλακτικών οχημάτων.

Οι Shepherd, Bonsall και Harrison (2012) εξετάζουν, με τη χρήση ΣΔ, τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την μελλοντική ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων για το Ηνωμένο Βασίλειο για διάστημα 40 ετών. Για τις ανάγκες της έρευνάς τους χρησιμοποιούν μια δομή μοντέλου ΣΔ, το οποίο στηρίχθηκε σε παλαιότερο μοντέλο των Struben και Sterman (2008). Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο εξέτασαν τις επιπτώσεις στην αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων (plug-in hybrids και battery electric vehicles) και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, παραγόντων όπως είναι οι επιδοτήσεις αγοράς ηλεκτρικών αυτοκινήτων, η χιλιομετρική εμβέλεια των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, η διαθεσιμότητα σημείων φόρτισης, τα ποσά εκπομπών ρύπων, καθώς και η εξοικονόμηση χρημάτων από απαλλαγή φόρων. Η μελέτη τους καταλήγει ότι οι επιδοτήσεις είναι σημαντικές όσον αφορά τις επιπλέον πωλήσεις, παρόλα ταύτα σε βραχυχρόνια διαστήματα έχουν μικρή επίδραση στο σύνολο του στόλου οχημάτων που έχουν τη συγκεκριμένη τεχνολογία, καθώς και στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Από την άλλη πλευρά, σε μια περίπτωση ενός έκπτωτου καθεστώτος, οι επιδοτήσεις θα μπορούσαν να έχουν ένα σημαντικό αντίκτυπο και να είναι ικανές να υποδείξουν στην εν λόγω αγορά μια επιτυχημένη τροχιά, εξετάζοντας ένα σενάριο όπου οι υφιστάμενοι παράγοντες παραμένουν ίδιοι ('Business as usual').

Οι Stepp κ.ά. (2009) εξετάζουν τις επιδράσεις διαφορετικών πολιτικών που λαμβάνονται από τους ιθύνοντες και συμβάλλουν στην κατανόηση των αλληλεπιδράσεων που προκύπτουν εντός των επηρεαζόμενων συστημάτων. Τα ΔΑ που παρουσιάζονται στην εργασία τους αφορούν τις πολιτικές που έχουν θεσπιστεί για να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τα ελαφρά οχήματα (*Low duty vehicles - LDV*). Αυτό το οποίο συμπεραίνουν οι Stepp κ.ά. (2009) στη συγκεκριμένη μελέτη είναι ότι τα διαγράμματα αιτιακών σχέσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για 1) να παρέχουν μια πλατφόρμα με την οποία οι εμπλεκόμενοι φορείς μπορούν να συμμετέχουν

σε συζητήσεις ανάπτυξης πολιτικών, 2) να υπογραμμίζουν τις πιο σημαντικές σχέσεις που μπορεί να επιζητούν μια πιο εμπεριστατωμένη ανάλυση, και 3) να απεικονίσουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των πολιτικών στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, στους πολίτες, καθώς και σε άλλους εμπλεκόμενους φορείς. Καταλήγουν ότι υπάρχει σύνδεση μεταξύ της αποτελεσματικότητας των οχημάτων και των μετακινήσεων τους, καθώς όσο αυξάνεται η αποτελεσματικότητα μειώνεται το κόστος ανά χιλιόμετρο απόστασης, κάτι που προκαλεί παράπλευρα συνέπειες, όπως την επιθυμία για την υλοποίηση όλο και περισσότερων μετακινήσεων. Επιπλέον, η αύξηση των αποτελεσματικότερων οχημάτων, μειώνει τη ζήτηση για καύσιμα σε μακροοικονομικό επίπεδο και μειώνει το κόστος μετακινήσεων, προκαλώντας και αυτό την επιθυμία για περισσότερες μετακινήσεις. Τρίτον, η συνολική απόσταση που διανύουν τα οχήματα μπορεί να επηρεάσει τον κύκλο ζωής των οχημάτων, καθώς η αύξηση των διανυθουσών αποστάσεων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του χρόνου ζωής των οχημάτων.

Οι Han και Hayashi (2008) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο για να εξετάσουν το σύστημα των μεταφορών στην Κίνα. Πιο αναλυτικά εξετάζουν τις επιβατικές μεταφορές μεταξύ των πόλεων στην Κίνα, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο ΣΔ για την αξιολόγηση της πολιτικής και την ανάλυση τριών διαφορετικών σεναρίων για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Οι παράμετροι πολιτικής που εξετάστηκαν αφορούν την επέκταση του δικτύου κυκλοφορίας (οδικό, σιδηροδρομικό και υδάτινο) και ο συντελεστής φόρου καυσίμων. Δημιουργούν τρία διαφορετικά σενάρια, όπου στο πρώτο οι υφιστάμενοι παράγοντες παραμένουν ίδιοι (*Business and usual - BAU*) και παρατίθενται οι ιστορικές τάσεις και αναφέρεται ότι το δίκτυο κυκλοφορίας θα αυξηθεί με ένα μέσο ρυθμό για την περίοδο 2000-2005. Το μεσαίου ελέγχου σενάριο (*middle control scenario*) περιλαμβάνει πολιτικές που τονίζουν τη διατήρηση της ενέργειας και τον μετριασμό των εκπομπών CO₂, επιταχύνοντας την κατασκευή σιδηροδρόμων και πλωτών οδών και εισάγοντας συντελεστή φορολογίας καυσίμων 45%. Στο σενάριο υψηλού ελέγχου (*high control scenario*), εφαρμόζονται πιο εντατικές πολιτικές σχετικά με το περιβάλλον, με υψηλότερες κυβερνητικές επενδύσεις στις κατασκευές υποδομών κυρίως σιδηροδρομική και υδάτινη οδό, με αντίστοιχη επιβράδυνση του ρυθμού επέκτασης των αυτοκινητοδρόμων. Επιπλέον, θεσπίζεται φορολογικός συντελεστής 50%. Τέλος, καταλήγουν πως η ενίσχυση της ανάπτυξης του σιδηροδρομικού δικτύου είναι ο πιο

αποτελεσματικός τρόπος για την επιβράδυνση της επέκτασης του δικτύου αυτοκινητοδρόμων. Επίσης, η επιβάρυνση των φόρων καυσίμων αποτελεί βασικό κίνητρο και χρήσιμη πολιτική για την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Οι Krail και Schade (2012) χρησιμοποίησαν τη ΣΔ για να προσομοιώσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των αγοραστών αυτοκινήτων για μια από τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες καυσίμων στην ΕΕ27. Το μοντέλο τους λαμβάνει υπόψη τη δυναμική των κύριων περιορισμών για την ταχεία διάδοση τεχνολογίες εναλλακτικών καυσίμων, οι οποίοι όπως υπογραμμίζουν οι συγγραφείς είναι: το αυξημένο κόστος επένδυσης συγκριτικά με τα συμβατικά οχήματα, οι περιορισμένοι σταθμοί φόρτισης και ανεφοδιασμού των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων, και επί του παρόντος υψηλά επενδυτικά έξοδα της ΕΕ έως το 2050. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη τη δυναμική των πιο σημαντικών περιορισμών για την ταχεία διάδοση τεχνολογιών εναλλακτικών καυσίμων, την ανασφάλεια σχετικά με τη διάρκεια ζωής των μπαταριών, τα μικρότερα χιλιομετρικά εύρη τα οποία μπορούν να διανύσουν τα οχήματα και ειδικά τα ηλεκτρικά, καθώς την περιορισμένη γνώση γύρω από τις εναλλακτικές τεχνολογίες. Χρησιμοποιούν ένα μοντέλο ASTRA, για να προσομοιώσουν την ανατροφοδότηση ανάμεσα σε τρία υποσυστήματα, αυτά των μεταφορών, της οικονομίας και του περιβάλλοντος, όπως αναφέρουν. Καταλήγουν στο συμπέρασμα αρχικά ότι το μοντέλο ASTRA είναι ικανό να αποτυπώσει τις επιδράσεις αναπήδησης (*rebound effects*), με ένα από τα βασικότερα *rebound effects* να είναι η αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα του ιδιωτικού οχήματος έναντι των υπολοίπων μορφών κινητικότητας, εξαιτίας των συνεχόμενων προσπάθειών βελτίωσης της αποδοτικότητας των επιβατικών οχημάτων. Επίσης συμπεραίνουν ότι τα κόστη χρήσης ενός οχήματος είναι βασικός παράγοντας στην επιλογή μορφής κινητικότητας, αφήνοντας πίσω παράγοντες όπως η αποδοτικότητα των οχημάτων κυρίως απέναντι σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Έτσι, πιστεύουν ότι πολιτικές είναι απαραίτητες για να στρέψουν την επιλογή των μετακινούμενων μακριά από τα ιδιωτικά οχήματα, π.χ. η αύξηση των φόρων καυσίμων ή η εισαγωγή φόρων για την κυκλοφοριακή συμφόρηση (*congestion charges*).

Οι Janssen κ.ά. (2006) προχώρησαν στη μελέτη ενός συστήματος το οποίο ανέλυε την αποτελεσματικότητα των μέτρων πολιτικής για την εισχώρηση των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων στην αγορά, και πιο συγκεκριμένα των οχημάτων φυσικού αερίου

στην αγορά της Ελβετίας. Τα αποτελέσματα των διαφορετικών σεναρίων τα οποία ανέλυσαν έδειξαν ότι η καθιέρωση των οχημάτων φυσικού αερίου στη συγκεκριμένη χώρα εμπεριέχει υψηλό κίνδυνο και αποτελεί μια αρκετά φιλόδοξη πρόκληση.

Ο Wilson (2007) προσπάθησε να εξετάσει πώς μια αναταραχή στον τομέα των μεταφορών, επηρεάζει την λειτουργία και την απόδοση της παραδοσιακής εφοδιαστικής αλυσίδας και ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων που διαχειρίζεται ο πωλητής, δημιουργώντας δύο διαγράμματα αιτιακών σχέσεων. Στο πρώτο, παρουσιάζει ένα υπο-μοντέλο για τη λιανική πώληση και την αποθήκευση, την παραδοσιακή δομή (*retail and warehouse sectors, traditional structure*) και στο δεύτερο, ένα υπο-μοντέλο για την διοίκηση των αποθεμάτων από τον πωλητή (*vendor management inventory*). Ο συγγραφέας διαπιστώνει πως οι στρατηγικές μετριασμού του ρίσκου για τις αναταραχές στις μεταφορές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη δομή της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι σχέσεις ανάμεσα στο ατομικό ρίσκο και στις στρατηγικές μετριασμού αυτών των ρίσκων, θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται σε οποιοδήποτε γενικότερο πλάνο διαχείρισης ρίσκου έτσι ώστε να υπάρχει κατανομή ρίσκου και οφέλους.

Οι Barisa και Rosa (Barisa και Rosa, 2018), σε μελέτη τους χρησιμοποιούν το μοντέλο DTRem-LV, μοντέλο ΣΔ, για να προβλέψουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα υπο-συστήματα των μεταφορών εξαιτίας των κοινωνικών, οικονομικών, τεχνολογικών δεδομένων, καθώς επίσης και των πολιτικών. Χρησιμοποιείται ένα μοντέλο ΣΔ για να αναλύσει τον μετριασμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις οδικές μεταφορές, για την Λιθουανία. Το μοντέλο παρουσιάζει μια καλύτερη κατανόηση των σημαντικών παραγόντων παραγωγής εκπομπών από τον τομέα των οδικών μεταφορών και θα μπορούσε να εφαρμοστεί για την ανάλυση και το σχεδιασμό πολιτικών καθαρών μεταφορών σε κυβερνητικό επίπεδο.

Ο Kwon (2012) χρησιμοποιώντας τη ΣΔ, διερευνά τα εμπόδια που εμφανίζονται στην αγορά σχετικά με την αύξηση του μεριδίου αγοράς των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων (*alternative fuel vehicles - AFVs*), καθώς και τις πιθανές εναλλακτικές πολιτικών που θα βοηθούσαν στην υπερπήδηση αυτών και συγκεκριμένα στη διαχείριση στρατηγικών θυλάκων (Kwon, 2012). Αυτό στο οποίο καταλήγει μέσα από την έρευνά του είναι ότι αν υπάρχουν ισχυρά αποτελέσματα δικτύου (*network effects*), τότε είναι δύσκολο να επιτευχθεί μεταβολή προς τα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων ακόμη και

μακροπρόθεσμα, χωρίς την παρέμβαση ισχυρών πολιτικών. Και αυτό γιατί η αγορά των οχημάτων χαρακτηρίζεται από ισχυρούς εγκλωβισμούς (lock-ins). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, η διαχείριση στρατηγικού θύλακα από μόνη της δε μπορεί να είναι αρκετή για να καταστήσει βιώσιμη την άνοδο του μεριδίου αγοράς των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων που παρουσιάζουν ισχυρά αποτελέσματα δικτύου. Ωστόσο, μπορεί να είναι αποτελεσματική στην ενίσχυση των πολιτικών αποτελεσμάτων των χρηματικών κινήτρων. Τέλος, υποστηρίζουν πως η διαχείριση στρατηγικών θυλάκων είναι πιο αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σε περιπτώσεις οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων με ισχυρά αποτελέσματα δικτύου.

Οι Ulli-Beer κ.ά. χρησιμοποίησαν τη ΣΔ (Ulli-Beer κ.ά., 2009), για να εξετάσουν ποιες πολιτικές μπορούν να οδηγήσουν σε 50% μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις μεταφορές, στην Ευρώπη, σε χρονικό ορίζοντα 100 ετών (2100). Σύμφωνα με το μοντέλο προσομοίωσης διαπιστώνουν πως η επίδραση των χρηματικών κινήτρων στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, φαίνεται να είναι μικρή σε μακροχρόνια κλίμακα. Επιπλέον, η επίδραση της εγγενούς ελκυστικότητας είναι γενικότερα υψηλότερη από αυτή των οικονομικών κινήτρων. Ενώ, η εφαρμογή ενός πακέτου πολιτικής πολλαπλών κινήτρων φαίνεται να έχει δύο διαφορετικές επιδράσεις στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η πρώτη επίδραση είναι η επιπλέον μείωση των εκπομπών σε σύγκριση με την εγγενή ελκυστικότητα στο πρώτο μισό του αιώνα μελέτης, ενώ η συνολική διάχυση των εναλλακτικών τεχνολογιών είναι μεγαλύτερη εξαιτίας των επιπρόσθετων οικονομικών κινήτρων. Η προσομοίωση της συγκεκριμένης έρευνας εν γένει υποστηρίζει και τονίζει ότι οι πολιτικές θα πρέπει πάντα να περιλαμβάνουν ένα πακέτο διαφορετικών εργαλείων έτσι ώστε να επιτύχουν τη μεγαλύτερη δυνατή προστιθέμενη αξία βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα και να καταφέρουν την μείωση του κόστους κάθε τόνου διοξειδίου του άνθρακα το οποίο ελαττώνεται.

2.8.3. Οικονομετρικά μοντέλα ανάλυσης των μεταφορών

Τα **οικονομετρικά μοντέλα** είναι άλλη μια ποσοτική μέθοδος προσέγγισης που έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση διαφόρων ζητημάτων στον κλάδο των μεταφορών. Όπως αναφέρουν οι Xu και Lin υπάρχουν αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές οι οποίες έχουν ασχοληθεί με το θέμα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις μεταφορές

χρησιμοποιώντας οικονομετρικά μοντέλα (Xu και Lin, 2015a). Τα παραδοσιακά οικονομετρικά μοντέλα είναι βασισμένα στην οικονομική θεωρία και συνηθίζουν να περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ κάποιων μεταβλητών. Παρόλα ταύτα, η οικονομική θεωρία δε μπορεί κάποιες φορές να αποτυπώσει μια σαφή περιγραφή των δυναμικών σχέσεων μεταξύ αυτών των μεταβλητών. Επιπλέον, οι ενδογενείς μεταβλητές μπορούν να τοποθετηθούν τόσο στο αριστερό τμήμα των εξισώσεων που αναλύονται, όσο και στο δεξιό αυτών. Αυτή η πρακτική καθιστά, τις εκτιμήσεις και τα συμπεράσματα του μοντέλου πολύπλοκα.

Οι Xu και Lin (2015) χρησιμοποιούν ένα οικονομετρικό μοντέλο και συγκεκριμένα ένα διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (Vector Autoregressive model - VAR) για να εξετάσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Κίνα από τον κλάδο των μεταφορών (Xu και Lin, 2015a). Το μοντέλο VAR παίρνει τη μορφή πολλαπλών ταυτόχρονων εξισώσεων και οι ενδογενείς μεταβλητές σε κάθε εξίσωση σχηματίζουν παλινδρόμηση με τις τιμές με υστέρηση όλων των ενδογενών μεταβλητών για την εκτίμηση των δυναμικών σχέσεων μεταξύ όλων των ενδογενών μεταβλητών. Το μοντέλο VAR χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των δυναμικών επιπτώσεων των παραγόντων που επηρεάζουν τις εκπομπές CO₂ στον τομέα των μεταφορών της Κίνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η ενεργειακή αποδοτικότητα παίζει κυρίαρχο ρόλο στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα του τομέα. Τα ιδιωτικά οχήματα είναι αυτά που έχουν την μεγαλύτερη επίδραση στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα εξαιτίας του αυξανόμενου πληθυσμού των ιδιωτικών αυτοκινήτων και της χαμηλής ενεργειακής απόδοσης τους. Επίσης, η αστικοποίηση φάνηκε από την έρευνα τους ότι έχει σημαντικό αντίκτυπο στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, εξαιτίας της μεγάλης κλίμακας μετακινήσεων του πληθυσμού.

Σε μια άλλη τους έρευνα οι Xu και Lin, χρησιμοποιώντας μη παραμετρικά προσθετικά μοντέλα παλινδρόμησης (*nonparametric additive regression models*), με δεδομένα σε μορφή πάνελ για τα έτη 2000-2012, εξέτασαν πάλι τους παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις μεταφορές στην Κίνα (Xu και Lin, 2015b). Το πλεονέκτημα χρήσης των μη παραμετρικών προσθετικών μοντέλων παλινδρόμησης είναι ότι δε χρειάζεται να προϋπάρχει το μοτίβο των εξεταζόμενων σχέσεων, καθώς αυτό καθορίζεται πλήρως από το ίδιο το δείγμα δεδομένων. Οι

συγγραφείς χρησιμοποιούν μοντέλα μη παραμετρικής παλινδρόμησης (πρόσθετα μοντέλα παλινδρόμησης) για να καταγράψουν τις γραμμικές και μη γραμμικές επιπτώσεις των κινητήριων δυνάμεων στις εκπομπές CO₂ του τομέα των μεταφορών της Κίνας. Οι εκτιμήσεις τους έδειξαν ότι η μη γραμμική επίπτωση της οικονομικής μεγέθυνσης στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι συνεπής με την υπόθεση της περιβαλλοντικής καμπύλης Kuznets. Η μη γραμμική επίπτωση της αστικοποίησης όπως και ο πληθυσμός ιδιωτικών οχημάτων παρουσιάζουν ένα ανεστραμμένο μοτίβο "σχήματος U"⁷ σε σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Αντίθετα, η ενεργειακή βελτίωση ακολουθεί μια καμπύλη "σχήματος U" σε σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εξαιτίας της διαφορετικής κλίμακας ιδιοκτησίας ιδιωτικών οχημάτων και της ταχύτητας της τεχνολογικής προόδου σε διαφορετικούς χρόνους.

Οι Lin, Weels και Sovacool, αξιολόγησαν την ανάπτυξη των ηλεκτρικών ποδηλάτων στην Κίνα και τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή τρόπου αστικών μετακινήσεων. Εφάρμοσαν την MLP των μεταβάσεων και της καινοτομίας συνδυάζοντάς την με γενικευμένα γραμμικά μοντέλα (Generalised Linear Models - GLM) και χρησιμοποιώντας δεδομένα από συνεντεύξεις. Εξέτασαν τον κλάδο των ηλεκτρικών ποδηλάτων στην Κίνα για να κατανοήσουν τις μελλοντικές προοπτικές για την αστική κινητικότητα και τις αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρικών ποδηλάτων ως μια μορφή πρωτοποριακής τεχνολογίας, στο υφιστάμενο καθεστώς μεταφορών. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η επιλογή εναλλακτικού τρόπου μετακίνησης σε σχέση με το ιδιωτικό αυτοκίνητο συχνά σχετίζεται με το εισόδημα. Η ύπαρξη αυστηρού χρονοδιαγράμματος για τη μετακίνηση ωθεί τους μετακινούμενους να χρησιμοποιήσουν τα ιδιωτικά οχήματα, ενώ η μη ύπαρξη αυτού αφήνει την επιλογή πιο αργών και πιο οικονομικών τρόπων μετακίνησης. Η συχνότητα των δρομολογίων και η ευκολία πρόσβασης στα MMM αποτελούν επίσης παράγοντα επιρροής της επιλογής τρόπου μετακίνησης (Lin, Wells και Sovacool, 2018).

Οι Schikofsky, Dannewald και Kowald εξέτασαν τους κινητήριους παράγοντες για την υιοθέτηση της κινητικότητας ως υπηρεσίας. Χρησιμοποίησαν συνεντεύξεις εις βάθος και ανέλυσαν τα αποτελέσματα με τη μέθοδο των μερικών ελαχίστων τετραγώνων (partial

⁷ λόγω των μεταναστευτικών πληθυσμών μεγάλης κλίμακας στα αρχικά στάδια και της επέκτασης της χρήσης των λιγότερο ρυπογόνων των αστικών μέσων μαζικής μεταφοράς και των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων σε μεταγενέστερο στάδιο

least squares - PLS). Εφαρμόζουν μια εκτίμηση μοντέλου διαρθρωτικής εξίσωσης μερικών ελαχίστων τετραγώνων (PLS) με βάση τη διακύμανση για να ελέξουν τις παραμέτρους μέτρησης και τις διατυπωμένες συσχετίσεις κατασκευής. Καταλήγουν πως οι δυνητικοί χρήστες της MaaS, δεν βασίσουν αποκλειστικά τις αποφάσεις υιοθέτησής τους σε μια ορθολογική αξιολόγηση των λειτουργικών οφελών. Αντίθετα, ψυχολογικοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο. Εκτός από τα αντιληπτά εξωγενή οφέλη, τα ηδονικά κίνητρα και τα ερεθίσματα βάσει συνήθειας πρέπει να θεωρούνται σημαντικοί (άμεσοι) παράγοντες που επηρεάζουν την πρόθεση υιοθέτησης. Από την άλλη πλευρά, η προσωπική αντίληψη που σχετίζεται με τη χρήση (π.χ. συναισθήματα αυτονομίας, ευκολίας, κ.λπ.) θεωρείται ως παράγοντας υψηλότερης τάξης που μπορεί να επηρεάσει την επιλογή ή όχι της MaaS ως μορφής μετακίνησης (Schikofsky, Dannewald και Kowald, 2020).

Οι Sierzechula κ.ά. διερευνούν για 30 χώρες⁸ για το έτος 2012, την επίδραση των οικονομικών κινήτρων και άλλων κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων στην υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, διαπιστώνουν πως οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες αναμένεται να επηρεάσουν τα ποσοστά υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης, τα οικονομικά κίνητρα, οι υποδομές φόρτισης και η παρουσία εγκαταστάσεων τοπικής παραγωγής είναι σημαντικοί παράγοντες και θετικά συσχετισμένοι με το μερίδιο αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων μιας χώρας. Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν πως η υποδομή φόρτισης συσχετίστηκε περισσότερο με την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων (Sierzechula κ.ά., 2014).

2.8.4. Σύγκριση των ποσοτικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων ανάλυσης

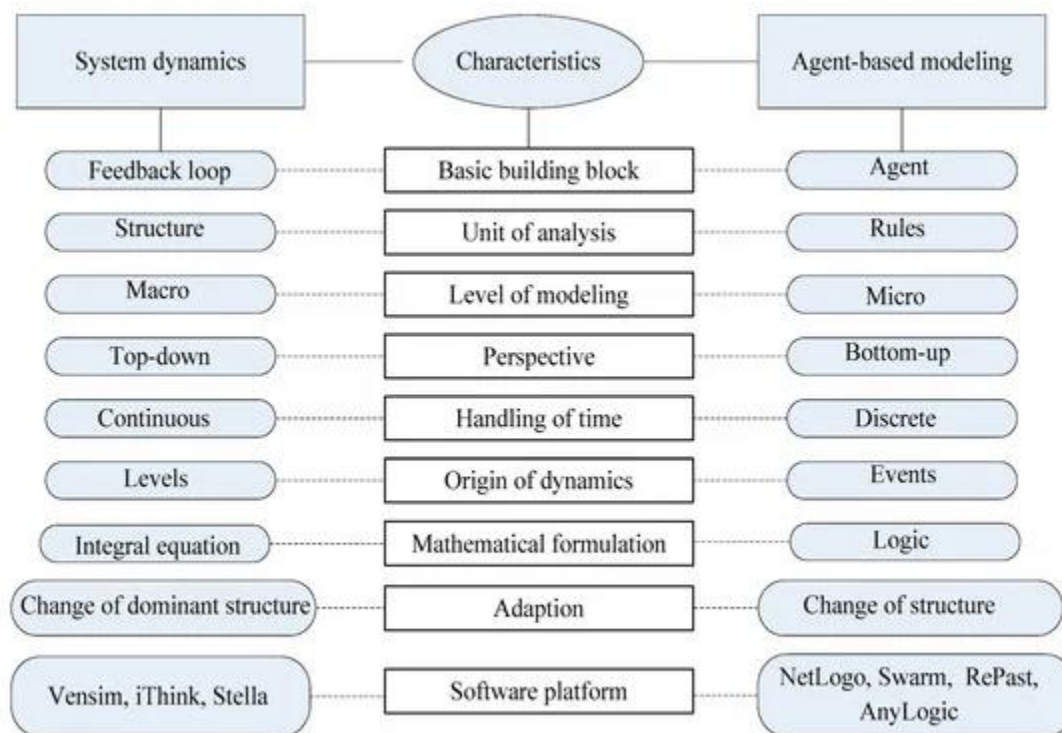
Η μοντελοποίηση ενός συστήματος με βάση την ABM και τη ΣΔ διαφέρουν μεταξύ τους τόσο στο επίπεδο ανάλυσης που χρησιμοποιούν όσο και στον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν. Η ΣΔ αποτελεί μια μακροοικονομική προσέγγιση σε αντίθεση με την Agent-based, η οποία αποτελεί μικροοικονομική προσέγγιση. Η πρώτη αποτελεί μια από τα πάνω προς τα κάτω (top-down approach) προσέγγιση, ενώ η δεύτερη αποτελεί μια από τα κάτω προς τα πάνω προσέγγιση (bottom-up approach). Έτσι κατανοούμε ότι η ΣΔ είναι σε θέση να αναλύσει ένα σύστημα στο σύνολό του, ενώ η μοντελοποίηση με βάση τους δρώντες

⁸ Australia; Austria; Belgium; Canada; China; Croatia; the Czech Republic; Denmark; Estonia; Finland; France; Greece; Germany; Iceland; Ireland; Israel; Italy; Japan; the Netherlands; New Zealand; Norway; Poland; Portugal; Slovenia; Spain; Sweden; Switzerland; Turkey; the United Kingdom, and the United States.

εστιάζει σε αυτούς και αναλύει το μικρο επίπεδο. Η οικονομετρική προσέγγιση πάλι βοηθά στην ανάλυση και την περιγραφή ορισμένων σχέσεων, χωρίς όμως να μπορεί πάντα να αποτυπώσει τη δυναμική των σχέσεων αυτών.

Μια σύγκριση των δύο προσεγγίσεων, της ΣΔ και της μοντελοποίησης με βάση τους δρώντες γίνεται από τους (Ding κ.ά., 2018), στο παρακάτω γράφημα.

Γράφημα 2.8.3.1.1: Σύγκριση ΣΔ και ABM



Πηγή: Ding κ.ά. (2018, σελ.7)

Η ΣΔ βοηθά στην κατανόηση της δομής πίσω από ένα σύνθετο φαινόμενο εντός ενός συστήματος. Η ΣΔ εστιάζει στη «ροή», στη δυναμική των σχέσεων και στις ανατροφοδοτήσεις που δημιουργούνται εντός του συστήματος και μπορούν να προσομοιώσουν την δυναμική συμπεριφορά του, κάποιες φορές αφήνοντας έξω τη χωρική διάσταση. Η μοντελοποίηση με βάση τους δρώντες λαμβάνει υπόψη και τη χωρική διάσταση και ερευνά τις αλληλεπιδράσεις που υπάρχουν χωρικά. Παρόλα αυτά αφήνει έξω από την ανάλυση κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες και πως αυτοί επιδρούν στις αποφάσεις των δρώντων.

2.9. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή εξετάζονται οι οδικές αστικές επιβατικές μετακινήσεις στην πόλη της Αθήνας. Το σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων αντιμετωπίζεται ως ένα ΚΤΣ το οποίο βρίσκεται σε μετάβαση προς τη βιωσιμότητα, στοχεύοντας σε μια οικονομία χαμηλού άνθρακα. Ο όρος ΚΤΣ (Socio-technical System – ST-system) αναφέρεται στους δεσμούς που αναπτύσσονται ανάμεσα στα απαραίτητα μέρη για την ικανοποίηση μιας κοινωνικής λειτουργίας/ανάγκης (π.χ. μεταφορές, τηλεπικοινωνίες, διατροφή) (Geels, 2004). Για την ικανοποίηση των κοινωνικών αναγκών, οι βασικοί πόροι που απαιτούνται είναι τα απαραίτητα τεχνουργήματα, η γνώση, τα κεφάλαια, το ανθρώπινο δυναμικό, η πολιτιστική σημασία (cultural meaning), κλπ. Η έννοια της βιώσιμης αστικής κινητικότητας περιλαμβάνει τουλάχιστον τέσσερις πτυχές βιωσιμότητας, και πιο συγκεκριμένα την οικονομική βιωσιμότητα, την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, την κοινωνική βιωσιμότητα, καθώς και τη βιωσιμότητα των μεταφορών (Jifeng, Huapu και Hu, 2008).

Η αναδιαμόρφωση ενός συστήματος φαίνεται να ξεπερνά τον (Σουμπετεριανό) διαχωρισμό ανάμεσα σε ριζικές και σταδιακές αλλαγές, ο οποίος εξακολουθεί να κατέχει ένα σημαντικό μέρος της συζήτησης σχετικά με τις μεταβάσεις. Όπως αναφέρει ο Geels (2018), «η εξερεύνηση της αναδιαμόρφωσης ενός συστήματος δημιουργεί ευκαιρίες για ανάπτυξη ενός ευρύτερου φάσματος μηχανισμών αλλαγής».

Η ανάλυση των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων, σύμφωνα με τον Papachristos (2018) αποτελεί ένα αναδυόμενο πεδίο έρευνας, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στις βιώσιμες μεταβάσεις (*sustainability transitions*). Το σύστημα των μετακινήσεων αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα, καθιστώντας τη μετάβασή του σε ένα νέο βιώσιμο επιχειρηματικό μοντέλο αρκετά περίπλοκη, καθώς ένα σύνθετο σύμπλεγμα εμποδίων και φραγμών πρέπει να ξεπερασθούν. Κάποια από αυτά τα εμπόδια και τους φραγμούς είναι τόσο βαθιά εδραιωμένα στο σύστημα που πολλές φορές περιγράφονται ως «τεχνο-θεσμικοί εγκλωβισμοί (techno-institutional lock-ins)» (Unruh, 2000, 2002). Οι βιώσιμες μεταβάσεις, μπορούν να συμβούν σε περιόδους αρκετών δεκαετιών, υιοθετώντας μια μακροπρόθεσμη προσέγγιση με πολλούς δρόμους, και αναγνωρίζοντας τη μετασχηματιστική επιρροή ενός ευρέος φάσματος παραγόντων, μεταξύ των οποίων και ιδιωτικών επιχειρήσεων (Urban κ.ά., 2018).

Σε μια προσπάθεια ένταξης της παρούσας μελέτης σε μια κατηγορία οικονομικών, θα λέγαμε ότι άπτεται των οικονομικών της οικολογίας (ecological economics) ή περιβαλλοντικών οικονομικών (environmental economics), και των οικονομικών της τεχνολογίας (technological economics). Με αυτή τη μελέτη, στόχος είναι η συνεισφορά στην προσέγγιση της κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης, η οποία δημιουργήθηκε για την κατανόηση των συστημάτων καινοτομίας. Η κοινωνικο-τεχνική μετάβαση ως τώρα έχει δείξει ότι οι συστημικές αλλαγές δεν περιλαμβάνουν μόνο τεχνολογικές αλλαγές, αλλά περιλαμβάνουν επίσης μεταβολές όσον αφορά τις πρακτικές και τις προτιμήσεις των καταναλωτών, τις πολιτικές, την πολιτιστική σημασία (cultural meaning), τα επιχειρηματικά μοντέλα και τις υποδομές (Geels, 2004). Αυτές οι αλλαγές πυροδοτούνται από διάφορες κοινωνικές ομάδες (επιχειρήσεις, καταναλωτές, φορείς λήψης αποφάσεων, κοινωνία πολιτών, κοινωνικούς οργανισμούς, κα.) με διαφορετικές προτιμήσεις, στρατηγικές, πόρους και εμπλέκονται σε οργανισμούς διαφορετικών μορφών (π.χ. μάθησης, έρευνας, συνεργασίας, επενδυτικού, κλπ.).

Το σύστημα που αντιπροσωπεύει τις οδικές αστικές επιβατικές μετακινήσεις, φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον αλλά να χαρακτηρίζεται επίσης από προκλήσεις, καθώς περιλαμβάνει πολλαπλά καθεστάτα μετακινήσεων, με κυριότερο αυτό της ιδιωτικής μετακίνησης. Ο σιδηρόδρομος, τα λεωφορεία, τα ποδήλατα και τα scooter φαίνεται να είναι εναλλακτικά καθεστάτα μετακίνησης, με μικρότερο μερίδιο από αυτό των αυτοκινήτων.

Η δυναμική του καθεστώτος των επιβατικών μετακινήσεων δεν καθορίζεται μόνο από τις πιέσεις που μπορεί να προέρχονται από το γενικότερο μακρο-οικονομικό πλαίσιο του ΚΤΣ (landscape pressures), αλλά και από τις ανησυχίες και τις δράσεις διαφόρων κοινωνικών ομάδων που συμμετέχουν έμμεσα ή άμεσα σε αυτό το καθεστώς (επιχειρήσεις, φορείς λήψης αποφάσεων, και ευρύτερες κοινωνικές ομάδες).

Με την παρούσα μελέτη γίνεται μια προσπάθεια για την ανάπτυξη ενός θεωρητικού πλαισίου, το οποίο «παντρεύει» την θεωρία της μετάβασης και τη θεωρία της καινοτομίας επιχειρηματικών μοντέλων με το ΜΤΕΚ για να εξετάσει την αναδιαμόρφωση του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων. Στην παρούσα διατριβή η κοινωνικο-τεχνική μετάβαση του προαναφερόμενου ΚΤΣ θεωρείται ως διαδικασία συνεξέλιξης διαφορετικών υπό-συστημάτων, με στόχο την επίτευξη της αξιολόγησης των επιπτώσεων

διαφορετικών στρατηγικών για περισσότερο βιώσιμες μεταφορές. Αυτή η εξέταση γίνεται με τη βοήθεια της ΣΔ, δημιουργώντας ένα μοντέλο προσομοίωσης το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο λήψης αποφάσεων από τα κατάλληλα μέρη.

Όσον αφορά την θεωρία της συνεξέλιξης, στα οικονομικά της οικολογίας φαίνεται να αναγνωρίζονται τέσσερις διαφορετικές διαστάσεις ανησυχίας: η υποβάθμιση του περιβάλλοντος και η αποτυχία ανάπτυξης στις απομακρυσμένες περιοχές, ο εγκλωβισμός σε μη βιώσιμα μοντέλων κατανάλωσης-παραγωγής, ο φαύλος κύκλος μεταξύ των ανθρώπινων προσπαθειών για τον έλεγχο των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών και της εξέλιξης αυτών και τέλος, τα προσαρμοστικά πλεονεκτήματα λαμβάνοντας υπόψιν, τη διάθεση συνεργασίας και τους θεσμούς (Kallis και Norgaard, 2010).

Τα υπο-συστήματα τα οποία υιοθετούνται βασίζονται στην θεωρητική προσέγγιση του MTEK (Quadruple Helix Innovation Model) και είναι αυτά της κυβέρνησης, των ερευνητικών φορέων, της βιομηχανίας και της κοινωνίας των πολιτών, όπως αυτά αναφέρονται από τους Carayannis και Campbell (2010). Τα πρόσφατα ανεπτυγμένα μοντέλα καινοτομίας, όπως το MTEK, στο οποίο τα φυσικά περιβάλλοντα της κοινωνίας και της οικονομίας παρουσιάζονται ως υποκινητές για τη δημιουργία γνώσης και καινοτομίας, καλούν για μια προσπάθεια καλύτερης κατανόησης και πρόβλεψης των σχέσεων μεταξύ της οικολογίας, της γνώσης και της καινοτομίας αναλύοντας βαθιά τις συνέργειες μεταξύ οικονομίας, κοινωνίας και δημοκρατίας. Επιπλέον, οι σύγχρονες εξελίξεις στο πεδίο των συστημάτων καινοτομίας, καλούν για λιγότερο στατικές και περιγραφικές προσεγγίσεις και περισσότερο δυναμικές και προνοητικές προσεγγίσεις, όπως τα μοντέλα ΣΔ. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από γνωστές βάσεις δεδομένων και μοντελοποιώντας της αλληλεπιδράσεις τους, δημιουργούμε διαγράμματα αιτιότητας, και διαγράμματα συσσωρεύσεων και ροών (βασιζόμενοι στη ΣΔ) τα οποία παρουσιάζουν την διαδικασία παραγωγής γνώσης και διάδοσης της καινοτομίας στο μοντέλο μας.

Υιοθετώντας την έννοια της συνεξέλιξης στην ανάλυση αυτής της διατριβής, δίνεται η δυνατότητα στόχευσης σε περισσότερες από μια διαστάσεις του συστήματος, την οικολογική, την επιχειρηματική, την κοινωνική, την «δομική», κάτι στο οποίο μέχρι τώρα δε δινόταν ιδιαίτερη έμφαση, ειδικά αν αναλογιστεί κανείς ότι η προσέγγιση της πολυεπίπεδης προοπτικής (MLP). Η MLP με βάση την οποία γίνονται οι περισσότερες αναλύσεις μεταβάσεων έως σήμερα, δίνει έμφαση στο ρόλο των κοινωνικών

διαρθρωτικών παραγόντων (social structural factors) κατά την ανάλυση των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων (Foxon, 2010) και μόνο. Έτσι, αντί να υπάρχει εξάρτηση εξ' ορισμού από τις εξωτερικές δυνάμεις ή τις μακρο-τάσεις, επικεντρωνόμαστε σε μια περισσότερο ενδογενή λογική, και πραγματοποιείται μια προσπάθεια να περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο αλλάζουν τα στάδια και η συμπεριφορά των δρώντων στη διάρκεια των νέων εξελίξεων. Ταυτόχρονα κατανοούνται καλύτερα οι συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιείται μια μετάβαση, καθώς μια μετάβαση δε προκύπτει από το πουθενά. Έτσι γίνονται σαφείς οι παράγοντες και αναγνωρίζονται οι αιτιακές σχέσεις ανάμεσα στα υπο-συστήματα που οδηγούν σε αυτή την μετάβαση.

Συμπερασματικά, ένα ΚΤΣ αποτελείται από δύο συν-εξελισσόμενα υποσυστήματα: -την ανάπτυξη και την παραγωγή ενός υποσυστήματος τεχνολογικών αντικειμένων και τεχνολογίας και -τη χρήση τεχνουργημάτων και τεχνολογίας.

Η προσέγγιση των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων υπογραμμίζει την συν-εξέλιξη και τις πολυδιάστατες αλληλεπιδράσεις μεταξύ της βιομηχανίας, της τεχνολογίας, των αγορών, της πολιτικής, του πολιτισμού και της κοινωνίας των πολιτών. Προτρέπει τους αναλυτές να υιοθετούν συστημικές προσεγγίσεις, όπου οι μεταβάσεις δεν εξετάζονται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με τα ευρύτερα κοινωνικά, οικονομικά, και πολιτικά μοτίβα, τους θεσμούς και τα τοπία στα οποία συμβαίνουν (Lawhon και Murphy, 2012). Αυτό στο οποίο διαφοροποιείται η συγκεκριμένη έρευνα είναι η προσέγγιση η οποία χρησιμοποιούμε, καθώς μέχρι τώρα οι μελέτες κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης θέτανε στο επίκεντρο κάποιο τεχνολογική επίτευγμα ή κάποια καινοτομία και αναλύανε τη δυναμική τους, η παρούσα μελέτη εξετάζει και αναλύει τη μετάβαση από μια πιο σφαιρική σκοπιά, αυτή του ΚΤΣ. Για να επιτευχθεί αυτό, γίνεται προσπάθεια αποστασιοποίησης από την έννοια της «μοναδικής αναταραχής – singular disruption» και υιοθετούμε αυτή της «αναδιαμόρφωσης του συστήματος – system reconfiguration», όπου τα στοιχεία του συστήματος μπορούν να βελτιωθούν σταδιακά, να αντικατασταθούν ή να τροποποιηθούν όσον αφορά την μορφή των σχέσεων. Έτσι, αναλύοντας το σύστημα κατά τη διαδικασία της μετάβασης δίνεται η δυνατότητα προσδιορισμού της τεχνο-οικονομικής διάστασης του συστήματος αλλά και των δρώντων και των θεσμών, εντός του συστήματος και πως αυτοί λειτουργούν κατά τη διαδικασία αυτή.

Στη συγκεκριμένη έρευνα δεν συμπεριλαμβάνονται όλες οι μορφές αστικής κινητικότητας. Συμπεριλαμβάνονται οι κυρίαρχες μορφές οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων. Οι μετακινήσεις οι οποίες εξετάζονται είναι αυτές οι οποίες πραγματοποιούνται με αυτοκίνητα υπό όλες τις πιθανές μορφές μετακίνησης (ιδιωτική μετακίνηση, μετακίνηση με ταξί, MMM, διαμοιρασμός), οι οποίες υφίστανται και μπορούν να επηρεάσουν το υπάρχον ΚΤΚ της ιδιωτικής μετακίνησης. Ενώ δεν εξετάζονται οι αργοί τρόποι μετακίνησης (περπάτημα, ποδήλατο), ούτε οι σιδηροδρομικές, αέριες ή θαλάσσιες μετακινήσεις.

“Everyone knows that innovation is a core business necessity. Companies that don’t innovate die. This is not news.”

Chesbrough H., 2006

“One of the forces reshaping global value chains is a change in the geography of global demand.”

McKinsey Institute, 2019

“In essence, a business model [is] a conceptual, rather than financial, model of a business.”

Teece, 2010

3. Αστική κινητικότητα

3.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζεται η επικρατούσα κατάσταση στο ΚΤΣ των αστικών μετακινήσεων και οι επιπτώσεις των μετακινήσεων στο περιβάλλον, στην ενότητα 3.2. Παρουσιάζονται οι λόγοι που αναγκάζουν τις μετακινήσεις σε αλλαγές, καθώς και οι βασικοί παράγοντες βάσει των οποίων επιλέγουν μορφή μετακίνησης και δρουν οι μετακινούμενοι, στις ενότητες 3.3 και 3.4. Έπειτα, παρατίθενται στοιχεία και χαρακτηριστικά των παραδοσιακών (π.χ. ιδιωτικό αυτοκίνητο, ταξί, ΜΜΜ), αλλά και των νέων μορφών κινητικότητας (π.χ. διαμοιρασμός οχημάτων, κινητικότητα ως υπηρεσία, υπηρεσία μεταφοράς ατόμων και αγαθών με μίσθωση, μικροκινητικότητα) που έχουν αναδειχθεί στηριζόμενες στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, της έρευνας και ανάπτυξης και της αλλαγής στα επιχειρηματικά μοντέλα του κλάδου των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων στην ενότητα 3.5. Παράλληλα με τα χαρακτηριστικά, τις δυνάμεις και τις αδυναμίες της κάθε μορφής κινητικότητας στην ενότητα αυτή παρατίθενται και τα χαρακτηριστικά των αντίστοιχων χρηστών. Γίνεται μια σύντομη αναφορά στις επικρατούσες εναλλακτικές τεχνολογίες κινητήρων του κλάδου, καθώς και πως αυτές μαζί με τις νέες μορφές κινητικότητας μπορούν να επηρεάσουν το ΚΤΣ των αστικών μετακινήσεων στην ενότητα 3.6. Τέλος, παρουσιάζονται κάποιες από τις βασικές πολιτικές (ενότητα 3.7) που έχουν εφαρμοστεί με στόχο την εξυγίανση του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων και την μετάβασή τους σε ένα βιώσιμο και περιβαλλοντικά ασφαλέστερο σύστημα.

3.2. Επικρατούσα κατάσταση (*state-of-the-art*)

Ιστορικά, οι μετακινήσεις παρουσίασαν έντονα αυξητική τάση μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο. Μέχρι τη δεκαετία του 1990 συνεχιζόταν η αύξησή τους, αλλά με μειούμενο ρυθμό. Ωστόσο, στα τέλη του 2000 διαπιστώθηκε μείωση των μετακινήσεων λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, ενώ τα τελευταία έτη παρατηρείται εκ νέου αύξηση, κυρίως λόγω των αυξημένων αναγκών μετακίνησης (Geels, 2018a).

Οι μεταφορές είναι υπεύθυνες για περίπου το 30% των συνολικών εκπομπών CO₂ στην Ευρώπη. Οι αστικές μετακινήσεις αποτελούν σημαντικό τμήμα των μεταφορών, καθώς αποτελούν το μεγαλύτερο μερίδιο των συνολικών μετακινήσεων των πολιτών (Kim κ.ά., 2021) με το 72% των συνολικών εκπομπών CO₂ που προκαλούνται από τις μεταφορές

να προέρχονται από τις οδικές μεταφορές και το 60,7% αυτών να προέρχεται από τις επιβατικές οδικές μεταφορές⁹.

Παρά τον μεγάλο αντίκτυπο του, ο τομέας των μεταφορών χαρακτηρίζεται σε σημαντικό βαθμό από σταδιακές καινοτομίες (*incremental innovations*), κάτι το οποίο οφείλεται κυρίως στις ιδιαίτερα υψηλούς κόστους υποδομές (Kamargianni και Matyas, 2017) και εξοπλισμούς, που δημιουργούν εγκλωβισμούς (*lock-ins*) και εξαρτήσεις διαδρομής (*path dependence*), μη επιτρέποντας έτσι σημαντικές αλλαγές στον τομέα.

Η περιβαλλοντική κρίση, η ανάγκη για μείωση των ρύπων, καθώς και η παγκόσμια οικονομική κρίση, αποτελούν εξωγενείς παράγοντες του εξεταζόμενου κοινωνικο-τεχνικού τοπίου (*landscape*). Οι πιέσεις που δημιουργούνται από τα παραπάνω ανοίγουν ευκαιρίες για νέους θύλακες (*niches*) τεχνολογίας, που ευνοούν την ανάπτυξη νέων καθεστώτων (*regimes*) για να εισχωρήσουν στο ΚΤΚ (Lin, Wells και Sovacool, 2017). Επομένως, το ΚΤΚ των αστικών οδικών επιβατικών μετακινήσεων αλλάζει με στόχο αφενός τη συνέχιση της επαρκούς κάλυψης των αναγκών των πολιτών για μετακίνηση, και αφετέρου το μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω ενός περιβαλλοντικά βιώσιμου συστήματος μετακινήσεων.

Σήμερα, παρά την ύπαρξη αρκετών εναλλακτικών διαθέσιμων μορφών μετακίνησης -όπως οι δημόσιες μεταφορές, τα ταξί, το ποδήλατο, το περπάτημα, κ.α.- τα ιδιωτικά οχήματα κυριαρχούν ανάμεσα στα καθεστώτα μετακίνησης, αποτελώντας την πιο ελκυστική μορφή μετακίνησης (Sarasini και Langeland, 2017).

Η μεγάλη ανάπτυξη των ψηφιακών τεχνολογιών, τα ανοιχτά δεδομένα και οι πλατφόρμες ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο, ευνοούν την είσοδο νέων μορφών μετακίνησης και βαθμιαία φαίνεται να αλλάζουν την αντίληψη των μετακινούμενων απέναντι στις υπηρεσίες μετακίνησης (Surakka κ.ά., 2018). Έτσι, πέρα από τις κλασικές μορφές μετακίνησης, τα τελευταία χρόνια νέες εναλλακτικές μορφές κινητικότητας εμφανίζονται και διεκδικούν θέση στο ΚΤΣ των αστικών μετακινήσεων. Αυτές είναι ο διαμοιρασμός αυτοκινήτων (*car-sharing*), η κινητικότητα ως υπηρεσία (*Mobility as a Service - MaaS*), η κοινοχρησία οχημάτων (*ride-sharing*), η υπηρεσία μεταφοράς ατόμων και αγαθών με μίσθωση (*ride-hailing*) και η μικροκινητικότητα (*Micromobility*). Με την

⁹ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

είσοδο των νέων αυτών μορφών κινητικότητας τα επιχειρηματικά μοντέλα του συστήματος αλλάζουν, περνώντας από την αγορά προϊόντων στην αγορά υπηρεσιών. Η διαθεσιμότητα αυτών των νέων μορφών κινητικότητας δίνει την δυνατότητα στους πολίτες να επιλέξουν την αγορά υπηρεσιών (υπηρεσίες μετακίνησης) αντί για την αγορά προϊόντων (π.χ. αυτοκίνητα) (Wasserbaur κ.ά., 2019).

Το σύστημα των μετακινήσεων και πιο συγκεκριμένα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων το οποίο εξετάζεται στην παρούσα έρευνα, αποτελεί ένα πολύπλοκο δυναμικό ΚΤΣ όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Geels, 2005) που αποτελείται από ποικίλες διαστάσεις:

Γράφημα 3.2.1: Οι διαστάσεις του ΚΤΣ των μεταφορών



Πηγή: Μεταφρασμένο από Geels (2015)

Καθώς στο ΚΤΣ των αστικών μετακινήσεων συμμετέχουν διάφοροι παράγοντες, από ετερογενή υποσυστήματα, η ανάγκη για διερεύνηση των μεταβάσεων υπό το φάσμα της MLP, κρίνεται επιτακτική (Geels, 2018b). Σε αυτή τη διερεύνηση θα πρέπει να δοθεί βαρύτητα σε ολόκληρο το σύστημα πέρα από μεμονωμένες καινοτομίες θύλακα.

Βέβαια οι παράγοντες που συμμετέχουν στο ΚΤΣ φαίνεται να μην είναι τόσο ισχυροί, όσο οι μηχανισμοί που προκαλούν αδράνεια και σταθερότητα στα υπάρχοντα καθεστώτα (Zachmann κ.ά., 2012). Το σύστημα των αστικών μετακινήσεων

χαρακτηρίζεται από εγκλωβισμούς, τεχνολογικούς, πολιτικούς και θεσμικούς, οι οποίοι δυσκολεύουν τη μετάβαση σε περισσότερο βιώσιμα συστήματα. Τα υπάρχοντα καθεστώτα του συστήματος δημιουργούν φραγμούς στις μεταβάσεις, ενώ οι εν ενεργεία δρώντες αντιστέκονται, καθυστερούν ή εκτροχιάζουν τις προσπάθειες μεταβάσης σε οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Οι μορφές κινητικότητας οι οποίες εξετάζονται στη συγκεκριμένη έρευνα είναι το καθεστώς χρήσης ιδιωτικού οχήματος το οποίο αυτή τη στιγμή κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, τα ταξί και οι δημόσιες μεταφορές (*Public transport*), ως κλασσικές μορφές μετακίνησης και η κινητικότητα ως υπηρεσία (*Mobility as a service - MaaS*), ο διαμοιρασμός οχημάτων (*car-sharing*), και η υπηρεσία μεταφοράς ατόμων και αγαθών με μίσθωση (*ride-hailing*), και η μικροκινητικότητα (*micro-mobility*) ως καθεστώτα τα οποία προσπαθούν να διεισδύσουν στην αγορά και να διεκδικήσουν μερίδια.

Η μετάβαση σε νέες μορφές προσωπικής κινητικότητας, επηρεάζεται τόσο από τις απαιτήσεις, τις συνήθειες και τις προτιμήσεις των μετακινούμενων, όσο και από την ποιότητα και την προσφορά των διαφόρων μορφών μετακίνησης. Ενώ, υπάρχουν δύο βασικές τροχιές που μπορούν να οδηγήσουν στην αλλαγή του ΚΤΣ των επιβατικών μετακινήσεων (Sarasini και Langeland, 2017). Η πρώτη βασίζεται σε υπάρχουσες και παρατεταμένες προσπάθειες για επίτευξη βιώσιμων μετασχηματισμών μέσω τεχνολογικής υποκατάστασης, και μπορεί να αναφέρεται ως «το πρασίνισμα των αυτοκινήτων». Η δεύτερη τροχιά βασίζεται στη «διατροφική κινητικότητα». Η «διατροφική κινητικότητα» έχει αρχίσει να εμφανίζεται και πρόκειται να επιφέρει επαναπροσανατολισμό στις μετακινήσεις, όσον αφορά στον τρόπο με τον οποίο υλοποιούνται, αλλά και στη συμπεριφορά των μετακινούμενων. Στη δεύτερη τροχιά αλλαγής, υπάρχει μια αυξημένη εστίαση στις διαμοιραζόμενες, αλλά κυρίως στις συνδυασμένες μορφές κινητικότητας (π.χ. ποδήλατα, αυτοκίνητα, τρένα, κ.λπ.).

3.3. Αλλαγές στον κλάδο των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων – μετάβαση σε οικονομία χαμηλού άνθρακα και νέες μορφές κινητικότητας

Οι μεταφορές φαίνεται να είναι ένας κλάδος, στο πλαίσιο του οποίου η μετάβαση έχει αρχίσει να πραγματοποιείται εξαιτίας διαφόρων παραγόντων. Βέβαια, με βάση την κοινωνικο-τεχνολογική προσέγγιση, βρισκόμαστε ακόμη στα αρχικά στάδια της μετάβασης των μεταφορών σε οικονομία χαμηλού άνθρακα. Οι βασικοί παράγοντες που

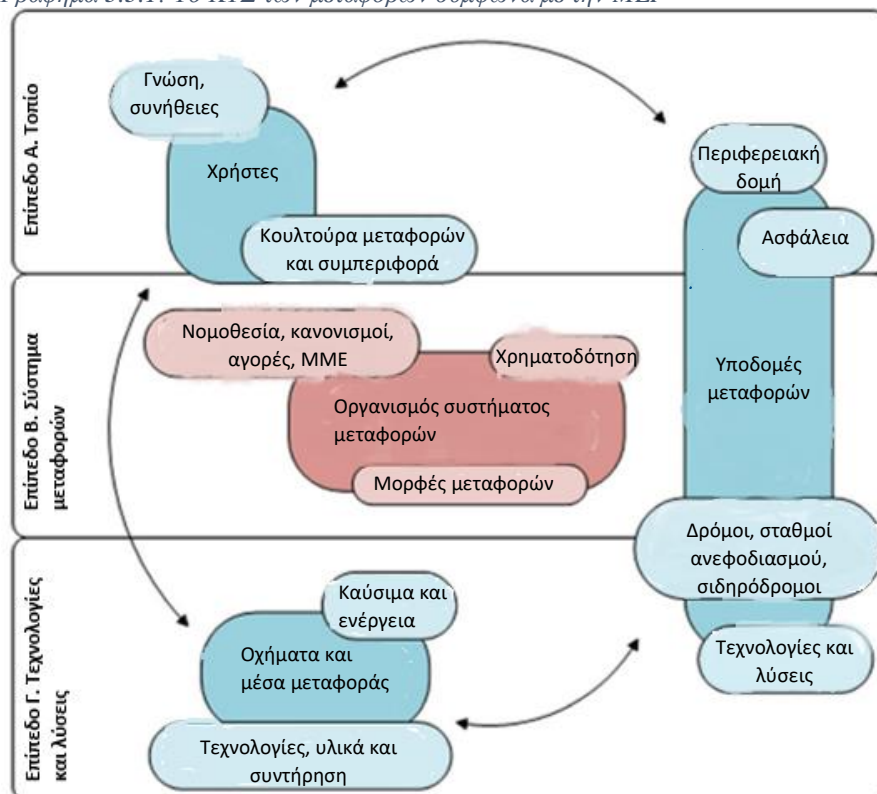
οδηγούν αυτή τη μετάβαση είναι: οι ανησυχίες σχετικά με την κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου, οι κρατικές πολιτικές (π.χ. κανονισμοί σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα) με στόχο τα «πράσινα» αυτοκίνητα, και οι στρατηγικές καινοτομίας της βιομηχανίας αυτοκινήτων (π.χ. ηλεκτρικά, υβριδικά οχήματα, κλπ.). Ωστόσο, αυτοί οι παράγοντες δεν είναι αρκετά ισχυροί, καθώς μηχανισμοί αδράνειας και σταθερότητας εμφανίζονται και δυσχεραίνουν αυτή τη αλλαγή (Geels, 2012).

Στην καρδιά μιας μετάβασης βρίσκεται ένα καθεστώς (Kemp, Avelino και Bressers, 2011), αυτό το καθεστώς για τις αστικές οδικές επιβατικές μεταφορές, είναι τα οχήματα ιδιωτικής χρήσης, με τα καθεστώτα των δημόσιων μεταφορών και των ταξί να συνυπάρχουν με αυτό. Ταυτόχρονα, νέες μορφές κινητικότητας όπως ο διαμοιρασμός αυτοκινήτων (*carsharing*), η υπηρεσία μεταφοράς ατόμων και αγαθών με μίσθωση (*ride hailing*), η μικροκινητικότητα με ελαφρά οχήματα μεταφοράς (*Micromobility*), και η κινητικότητα ως υπηρεσία (*Mobility as a service - MaaS*)¹⁰ προσπαθούν να οικοδομήσουν τα δικά τους καθεστώτα στο ΚΤΣ των αστικών οδικών επιβατικών μετακινήσεων.

Μια βασική απεικόνιση του ΚΤΣ των μεταφορών παρουσιάζεται παρακάτω στο Γράφημα 3.3.1 από τους Auninen και Tuominen (2014). Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται τα τρία επίπεδα τα οποία οι συγγραφείς υιοθετούν, απεικονίζοντας τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων και την ύπαρξη διαφορετικών δρώντων.

¹⁰ Η μετάβαση σε νέες μορφές κινητικότητας απαιτεί αλλαγές όπως: 1) προθυμία των εθνικών κυβερνήσεων να εισάγουν πολιτικές περιορισμού των ιδιωτικών αυτοκινήτων, 2) ισχυρότερο ρόλο τοπικών και αστικών διοικήσεων, 3) ισχυρότερες στρατηγικές καινοτομίας από φορείς δημοσίων μεταφορών, καθώς και 4) προθυμία από τους καταναλωτές να αλλάξουν τις ρουτίνες κινητικότητας (Geels, 2012).

Γράφημα 3.3.1: Το ΚΤΣ των μεταφορών σύμφωνα με την MLP



Πηγή: Μεταφρασμένο από Auvinen και Tuominen (2014), p. 347

Η μετάβαση του κλάδου των μεταφορών φαίνεται να έχει επηρεαστεί κυρίως από πολιτικούς παράγοντες σε αρχικά στάδια, ενώ δομικοί παράγοντες και παράγοντες αποδοτικότητας ήταν αυτοί που επηρέασαν κατά το μέσο της διαδικασίας, και τεχνολογικοί φαίνεται να είναι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη μετάβαση τα τελευταία χρόνια (Jin κ.ά., 2012).

Οι μεταβάσεις χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά: 1) δεν αφορούν μόνο τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές, αλλά και ένα ευρύτερο φάσμα δρώντων¹¹, 2) δεν αφορούν μόνο τη διάχυση νέων τεχνολογιών στην αγορά αλλά και τις αλλαγές στις πρακτικές των χρηστών, τις κουλτούρες και τους ευρύτερους πολιτικούς αγώνες, 3) απαιτούν πολύπλοκες διαπραγματεύσεις και ανταλλαγές μεταξύ πολλαπλών στόχων και περιορισμών, ενώ τέλος, 4) είναι προσανατολισμένες στο στόχο ή «στοχευμένες» προς την αντιμετώπιση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής (Geels, McMeekin και Pfluger, 2018).

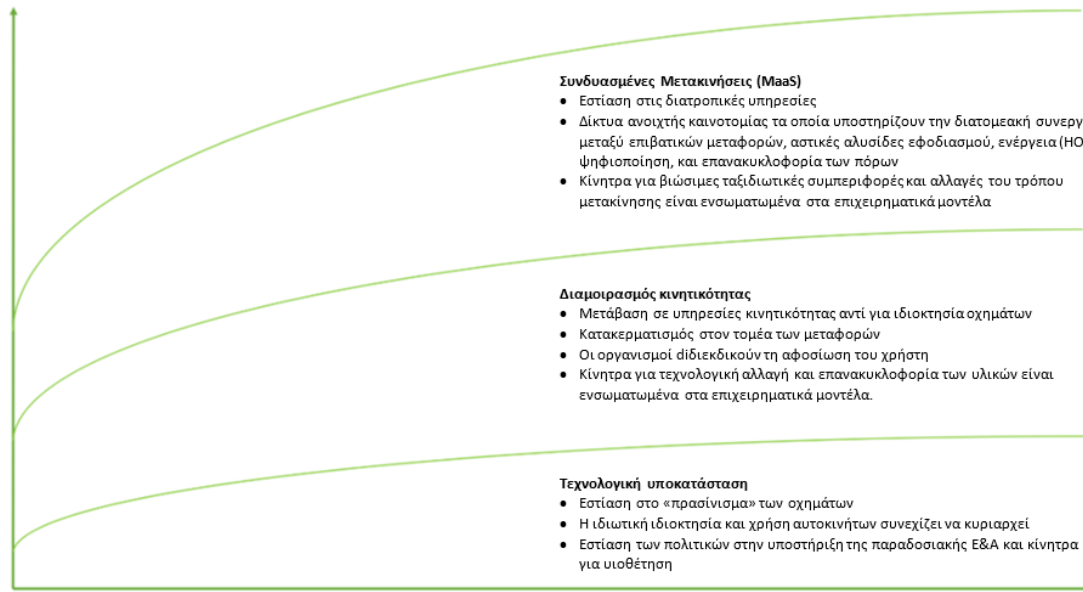
¹¹ όπως οι ομάδες της κοινωνίας των πολιτών, τα μέσα ενημέρωσης, οι κάτοικοι της πόλης, οι αρχές της πόλης, τα πολιτικά κόμματα, τα συμβουλευτικά όργανα και τα υπουργεία

Ο κλάδος των μεταφορών και των μετακινήσεων τα τελευταία χρόνια αντιμετωπίζει αρκετές αλλαγές εξαιτίας των εξελίξεων που παρουσιάζει η τεχνολογία, της διαθεσιμότητας των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας, της πίεσης για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, και της επείγουσας ανάγκης για να υπάρξει περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Οι καινοτομίες στον τομέα των υπηρεσιών μετακίνησης στηρίζονται περισσότερο στην καινοτομία των επιχειρηματικών μοντέλων και λιγότερο στην τεχνολογική καινοτομία. Πιο συγκεκριμένα, στις υπηρεσίες μετακίνησης, οι πάροχοι υπηρεσιών προσαρμόζουν την πρόταση αξίας τους (*value proposition*), δίνοντας τη δυνατότητα στους μετακινούμενους να αγοράζουν υπηρεσίες και όχι προϊόντα (Sarasini και Langeland, 2017).

Οι Sarasini και Langeland (2017), υποστηρίζουν ότι η μετάβαση σε πιο βιώσιμες μεταφορές μπορεί να επιτευχθεί μέσω τριών διαφορετικών διαδρομών. Η πρώτη αναφέρεται στην αντικατάσταση των τεχνολογιών των οχημάτων από νέες πιο αποτελεσματικές και λιγότερο ρυπογόνες τεχνολογίες, χωρίς να αλλάζει το μοντέλο μετακινήσεων των πολιτών και οι συνήθειες τους. Η δεύτερη διαδρομή περιλαμβάνει την αλλαγή του μοντέλου πραγματοποίησης των μετακινήσεων των πολιτών και μετάβαση σε ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο, όπου οι πολίτες αγοράζουν/νοικιάζουν υπηρεσίες μετακίνησης. Η τρίτη διαδρομή την οποία αναφέρουν, αφορά στις συνδυασμένες/ολοκληρωμένες μετακινήσεις (MaaS), όπου η εστίαση στρέφεται στις πολυτροπικές υπηρεσίες, τα δίκτυα ανοιχτής καινοτομίας (*open innovation*) είναι ορατά και στοχεύουν στην υποστήριξη των δια-τομεακών συνεργασιών (επιβατικές μεταφορές,

ενέργεια, ψηφιοποίηση, κ.λπ.). Και στην τελευταία περίπτωση, βέβαια απαιτούνται αλλαγές στο μοντέλο συμπεριφοράς των πολιτών.

Γράφημα 3.3.2: Τρία μονοπάτια προς ένα βιώσιμο οδικό σύστημα μεταφορών



Πηγή: Μεταφρασμένο από Sarasini και Langeland (2017)

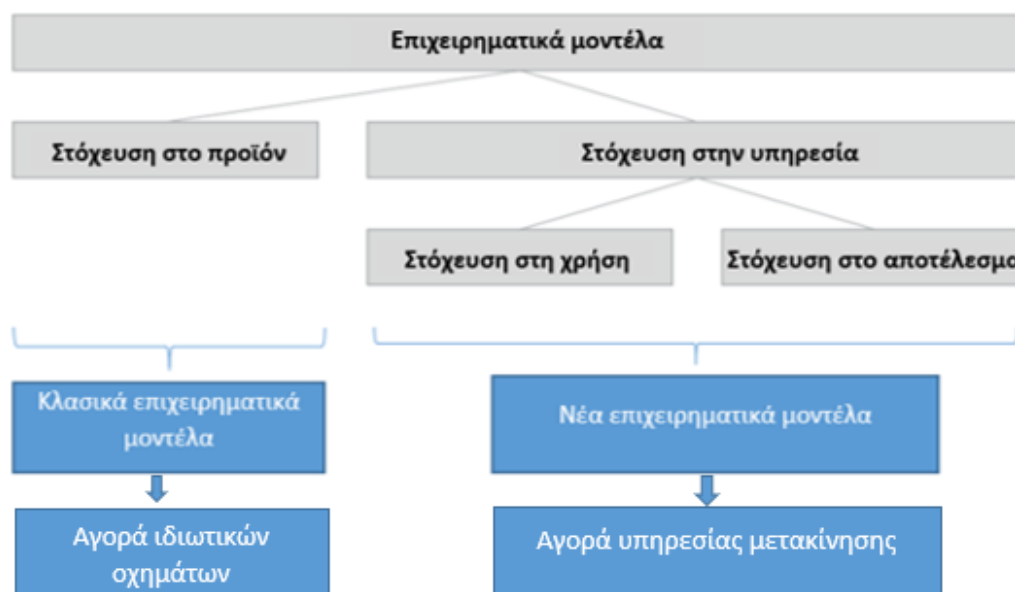
Πέρα από τους παρόχους εναλλακτικών λύσεων κινητικότητας, οι μετακινούμενοι επίσης «πιέζουν» για ενσωμάτωση των έξυπνων λύσεων στα παραδοσιακά μοντέλα μετακίνησης, με στόχο τις περισσότερο προσιτές λύσεις κινητικότητας. Έτσι, οι Gandia κ.ά. (2017) προτείνει ότι τα παραδοσιακά μοντέλα μεταφορών (αυτοκίνητα, λεωφορεία και ταξί) θα πρέπει να συγκλίνουν σε νέα μοντέλα μεταφορών (με επίκεντρο την κοινή χρήση), έχοντας, ως αποτέλεσμα, μια πιο αποτελεσματική χρήση αυτοκινήτων που βρίσκονται στους δρόμους, τη μείωση κυκλοφοριακής συμφόρησης, τη μείωση της ανάγκης για θέσεις στάθμευσης, κ.λπ.

Ωστόσο, παρά τα θετικά αποτελέσματα που μπορούν να φέρουν οι νέες μορφές κινητικότητας, όπως η κοινή χρήση αυτοκινήτων, οι αρνητικές επιπτώσεις εξακολουθούν να περιβάλλουν τις αλλαγές μεταφοράς. Προβλήματα όπως οι κοινωνικοί κίνδυνοι (όπως παράπλευρα αποτελέσματα – rebound effects), η προστασία των προσωπικών δεδομένων (π.χ. επίθεση με εισβολή, GDPR), το αυξημένο κόστος ασφαλίσεων, η απώλεια εσόδων που σχετίζονται με τη μείωση της μεμονωμένης κίνησης (π.χ. μείωση των εσόδων για τους χώρους στάθμευσης), οι απώλειες θέσεων εργασίας σε περίπτωση αυτόνομης χρήσης

αυτοκινήτων (π.χ. οδηγοί ταξί, οδηγοί φορτηγών και οδηγοί λεωφορείων) ενδέχεται να προκύψουν, ενώ ταυτόχρονα, νέες επενδύσεις για νέες υποδομές και υποτίμηση παλαιών υποδομών (π.χ. βενζινάδικα), θα προκύψουν. Επίσης, νέοι κανόνες και κανονισμοί απαιτούνται για την προστασία των προμηθευτών και των χρηστών των νέων μοντέλων κινητικότητας. Υπό αυτήν την έννοια, γίνεται κατανοητό ότι τυχόν θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις αυτής της καινοτομίας υπερβαίνουν τα οργανωτικά και κυβερνητικά όρια, επηρεάζοντας πολλές άλλες σφαίρες/έλικες της σύγχρονης κοινωνίας μας. Έτσι γίνεται κατανοητό ότι είναι σημαντικό και αναγκαίο η οικοδόμηση και η εκτέλεση νέων τεχνολογιών και μοντέλων που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές, να μελετούν συνολικά όλους τους τομείς που μπορεί να επηρεάσουν (κυβέρνηση, εταιρείες, κοινωνία, ακαδημαϊκό περιβάλλον, περιβάλλον), προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η «δυναμική» διαδικασία μετασχηματισμού του τρέχοντος συστήματος μεταφοράς (Gandia κ.ά., 2017).

Στην εποχή μας βλέπουμε ότι τα επιχειρηματικά μοντέλα -στα οποία στρέφεται η προσοχή- τείνουν να διαφοροποιούνται από τα κλασσικά επιχειρηματικά μοντέλα, με τα νέα ΕΜ να περιλαμβάνουν τόσο ρητά αλλά και άρρητα συστατικά και να μεταφέρουν το στόχο τους από το προϊόν (*product-oriented*) στο αποτέλεσμα (*result-oriented*) (Kley, Lerch και Dallinger, 2011). Τείνουν δηλαδή να στοχεύουν περισσότερο στην κάλυψη των αναγκών μέσω της προσφοράς υπηρεσιών και όχι προϊόντων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η τάση για μείωση της αγοράς ιδιωτικού αυτοκινήτου και η άνοδος της χρήσης οχημάτων κοινής χρήσης (*car sharing business model*).

Γράφημα 3.3.3: Η τυπολογία επιχειρηματικών μοντέλων



Πηγή: Βασισμένο στο Kley, Lerch και Dallinger (2011)

Οι νέοι τύποι προσφοράς αξίας, έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν τον τρόπο που δουλεύουν οι επιχειρήσεις και επηρεάζουν τα τεχνο-οικονομικά χαρακτηριστικά της αυτοκινητοβιομηχανίας, καθώς και του ΚΤΣ. Η ανάδυση νέων επιχειρηματικών μοντέλων έχει ως συνέπεια αλλαγές στα οικονομικά δεδομένα του κλάδου και στον τομέα της καινοτομίας, κάτι που δημιουργεί ανάγκες για συμπληρωματικούς πόρους, ώστε να λειτουργήσει αποτελεσματικά ο κλάδος (Teese, 2018).

3.4. Παράγοντες επιλογής εναλλακτικών μορφών αστικής μετακίνησης

Η αστική μετακίνηση αποτελεί ένα περίπλοκο τομέα (Kamargianni κ.ά., 2016; Jittrapirom κ.ά., 2020), ο οποίος επηρεάζεται από τις αλλαγές στον τρόπο ζωής των μετακινούμενων, από την διαθεσιμότητα των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης στον εξεταζόμενο τόπο, από το κόστος και άλλες παραμέτρους. Ο τρόπος με τον οποίο θα αναπτυχθούν οι εναλλακτικοί τρόποι μετακίνησης στο μέλλον δεν είναι ακόμη σίγουρος και εξαρτάται από μια ποικιλία διαφορετικών μεταβλητές, όπως τεχνολογικές, κοινωνικές, κινητικές και ρυθμιστικές τάσεις και εξελίξεις εντός του συστήματος και εκτός (Polydoropoulou κ.ά., 2019).

Οι μεταβάσεις σε εναλλακτικές μορφές μετακίνησης απαιτούν προσαρμογές από τα εγκαθιδρυμένα καθεστώτα και αλλαγές στην τεχνολογία, τις συνήθειες των

καταναλωτών, τις αγορές, τα επιχειρηματικά μοντέλα, τις υποδομές και την πολιτιστική σημασία (Adeniyi, Cooper και Swan, 2019). Αυτές οι προσαρμογές περιλαμβάνουν στρατηγικές ενσωμάτωσης που μπορούν να προωθήσουν διαρθρωτικές αλλαγές στην τεχνολογία, τους θεσμούς και τις πρακτικές κατά μήκος του τομέα.

Την ίδια στιγμή απαιτείται ευθυγράμμιση των πολιτικών για την κινητοποίηση της μετάβασης προς μια οικονομία χαμηλού άνθρακα, έτσι ώστε να ξεπεραστεί η αδράνεια και τα εμπόδια που τίθενται από τα υφιστάμενα ΚΤΣ, τα καθεστώτα και τις υποδομές εξαιτίας των εγκλωβισμών και της εξάρτησης διαδρομής από τα οποία χαρακτηρίζονται (Geels κ.ά., 2017; Geels, 2018b; Adeniyi, Cooper και Swan, 2019; Polydoropoulou κ.ά., 2019).

Οι παράγοντες οι οποίοι ωθούν ή εμποδίζουν την υιοθέτηση εναλλακτικών μορφών κινητικότητας είναι πολλοί με ορισμένους από αυτούς να είναι σε μακρο επίπεδο, όπως η νομοθεσία που αφορά στις μεταφορές, η καινοτομία, οι δημόσιες διοικήσεις και η ύπαρξη ή όχι κοινού οράματος για την ένταξη εναλλακτικών μορφών κινητικότητας (Karlsson κ.ά., 2019; Jittrapirom κ.ά., 2020). Σε μέσο επίπεδο, όπως η έλλειψη κατάλληλων επιχειρηματικών μοντέλων, και κουλτούρας συνεργασίας και η μη ανάληψη σαφών ρόλων και ευθυνών που αποτελούν εμπόδια για την εισαγωγή νέων εναλλακτικών μορφών κινητικότητας. Τέλος, σε μικρο επίπεδο, οι συμπεριφορές και οι συνήθειες των πολιτών οι οποίες αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που μπορούν είτε να προωθήσουν είτε να δυσχεράνουν την διάχυση μιας εναλλακτικής μορφής κινητικότητας. Οι παράγοντες που μπορούν να συμβάλλουν σε αυτή την κατάσταση μπορεί να είναι εξωτερικές δυνάμεις που επηρεάζουν το σύστημα των μετακινήσεων όπως η δημογραφική ανάπτυξη και η εθνική οικονομική ανάπτυξη. Επιπλέον, η χαμηλή γνώση/πληροφόρηση για το νέο, καθώς και το γεγονός ότι οι διαδικασίες χρήσης μιας εναλλακτικής μορφής μετακίνησης είναι άγνωστες μπορεί να οδηγήσουν σε άρνηση των πολιτών απέναντι στην υιοθέτηση και την διάχυσή της (Jittrapirom κ.ά., 2020).

Πίνακας 3.4.1: Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την υιοθέτηση των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας

Κατηγορία	Παράγοντας	Επίδραση (+/-)	Αναφορές
Πολιτικοί	Ύπαρξη κατάλληλης νομοθεσίας	+	(Smith, Sochor και M. A. Karlsson, 2018; Karlsson κ.ά., 2019)
	Πολιτική βούληση	+	(Bernardino κ.ά., 2015; Moradi και Vagnoni, 2018; Karlsson κ.ά., 2019)
	Φόροι	-	(Sarasini και Linder, 2018; Karlsson κ.ά., 2019)
Οικονομικοί	Χρηματοδότηση	+	(Smith, Sochor και M. A. Karlsson, 2018; Karlsson κ.ά., 2019)
	Τιμές καυσίμων	+	(Moradi και Vagnoni, 2018)
Δημογραφικοί	Διαθέσιμος στόλος/ ποιότητα	+	(Kim, 2015; Moradi και Vagnoni, 2018)
	Διαθέσιμες θέσεις πάρκινγκ	+	(Kim, 2015)
	Εισόδημα	-	(Bernardino κ.ά., 2015; Kim, 2015)
	Πληθυσμός	+	(Bernardino κ.ά., 2015; Kim, 2015)
	Εκπαίδευση	+	(Bernardino κ.ά., 2015)
Τεχνικοί	Νέες τεχνολογίες ΤΠΕ	+	(Bernardino κ.ά., 2015; Moradi και Vagnoni, 2018; Karlsson κ.ά., 2019; Pangbourne κ.ά., 2020)
	Συμβατότητα με υπάρχουσες υποδομές / Διαθεσιμότητα υποδομών	+	(Bernardino κ.ά., 2015; Moradi και Vagnoni, 2018; Pangbourne κ.ά., 2020)
	Ενιαία ναύλα / Ολοκληρωμένες λύσεις πληρωμής	+	(Moradi και Vagnoni, 2018; Pangbourne κ.ά., 2020)
Συμπεριφορικοί	Ύπαρξη κοινού οράματος για εναλλακτικές μορφές κινητικότητας	+	(Karlsson κ.ά., 2019)
	Συμπεριφορά και συνήθειες πολιτών	-	(Karlsson κ.ά., 2019)
	Αποδοχή χρηστών	+	(Bernardino κ.ά., 2015; Moradi και Vagnoni, 2018)
Επιχειρηματικοί	Καινοτομία επιχειρηματικών μοντέλων	+	(Moradi και Vagnoni, 2018)
	Ύπαρξη επιχειρηματικών μοντέλων	-	(Moradi και Vagnoni, 2018)
Περιβαλλοντικοί	Ρύποι / ηχορύπανση	+	(Bernardino κ.ά., 2015; Pangbourne κ.ά., 2020)
	Κυκλοφοριακή συμφόρηση	+	(Bernardino κ.ά., 2015; Pangbourne κ.ά., 2020)

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία βασισμένη σε βιβλιογραφική ανασκόπηση

Οι χρήστες των διαφορετικών μορφών κινητικότητας σύμφωνα με τον Loubser (2012), χωρίζονται σε 5 κατηγορίες, α) στους παραδοσιακούς λάτρεις του ιδιωτικού

αυτοκινήτου, β) στους ευέλικτους χρήστες λάτρεις ιδιωτικού αυτοκινήτου, γ) στους λάτρεις των αστικών δημοσίων μέσων μετακίνησης, δ) στους λάτρεις του ποδηλάτου και των οικολογικών δημοσίων συγκοινωνιών και τέλος, ε) στους καινοτόμους λάτρεις της τεχνολογίας που χρησιμοποιούν πολλαπλές επιλογές.

Συνοπτικά, οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μορφής μετακίνησης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη αφορά στο κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων, όπως το φύλο, η ηλικία και η οικονομική κατάσταση. Η δεύτερη κατηγορία αφορά στις παραμέτρους που εκφράζουν τις ατομικές συνήθειες και απαιτήσεις των μετακινούμενων, όπως η άνεση, η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου, η συχνότητα χρήσης των δημοσίων μεταφορών. Η τρίτη κατηγορία αφορά στις παραμέτρους σχετικά με το κόστος της μετακίνησης, τη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών μετακίνησης, το χρόνο μετακίνησης και το επίπεδο των προσφερόμενων υπηρεσιών (Polydoropoulou κ.ά., 2020).

Πέρα από τις παραμέτρους βέβαια που αναφέρονται παραπάνω ότι επηρεάζουν την επιλογή των μετακινούμενων σχετικά με τον τρόπο υλοποίησης μιας μετακίνησης, εξίσου σημαντικός είναι ο λόγος της μετακίνησης. Για τις αστικές μετακινήσεις, οι συνηθέστεροι λόγοι μετακίνησης είναι η εργασία, το σχολείο, τα ψώνια και οι δραστηριότητες (Loubser, Marnewick και Joseph, 2020).

Συμπερασματικά τα βασικά στοιχεία που καθορίζουν την επιλογή της μετακίνησης είναι ο σκοπός, τα κοινωνικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων, η περιβαλλοντική συνείδηση (Behrendt και Teytelboym, 2010; Gilibert κ.ά., 2020; Loubser κ.ά., 2020; Franckx και Mayeres, 2016) όσον αφορά στα χαρακτηριστικά των χρηστών. Ο συνολικός χρόνος, η ταχύτητα υλοποίησης της μετακίνησης σε σχέση με κάποια εναλλακτική μορφή, η χρονική ακρίβεια άφιξης στο σημείο προορισμού (Acheampong κ.ά., 2020; Gilibert κ.ά., 2020; Lin κ.ά., 2018; Ulak κ.ά., 2020; Durand κ.ά., 2018), καθώς και η άνεση¹², όσον αφορά στα χαρακτηριστικά της μετακίνησης (Kong κ.ά., 2020; Li και Szeto, 2021; Ulak κ.ά., 2020; Durand κ.ά., 2018).

¹² η άνεση προσδιορίζεται ως μια σύνθεση της ευκολίας εισόδου και εξόδου από την υπηρεσία, την συχνότητα με την οποία προσφέρεται, τον συνωστισμό που μπορεί να υπάρχει και την διαθεσιμότητα πληροφόρησης σχετικά με αυτή

Πίνακας 3.4.2: Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μορφής κινητικότητας

Κατηγορίες παραγόντων	Βιβλιογραφία	Παράγοντες
Η ζήτηση για μετακίνηση	(Loubser, 2012; Behrendt και Teytelboym, 2010; Gilibert κ.ά., 2020; Franckx και Mayeres, 2016; Lin κ.ά., 2018; Durand κ.ά., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Ο λόγος της μετακίνησης • Ο χρόνος κατά τον οποίο πραγματοποιείται η μετακίνηση
Τα χαρακτηριστικά της μορφής μετακίνησης	(Special Eurobarometer 495, 2020; Loubser, 2012; Polydoropoulou κ.ά., 2020; Acheampong κ.ά., 2020; Gilibert κ.ά., 2020; Lin κ.ά., 2018; Ulak κ.ά., 2020; Durand κ.ά., 2018; Kong κ.ά., 2020; Li και Szeto, 2021; Kenworthy και Laube, 1996; Behrendt και Teytelboym, 2010; Moriarty και Honnery, 2008; Akyelken κ.ά., 2018; Jittrapirom κ.ά., 2018; Lavieri και Bhat, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Η απόσταση της μετακίνησης • Η άνεση • Το κόστος • Η ασφάλεια • Η κυκλοφοριακή συμφόρηση • Η διαθεσιμότητα • Η συνδεσιμότητα • Η ποιότητα • Ο χρόνος που απαιτεί η μετακίνηση • Η ενημέρωση που παρέχει (π.χ. real-time data) • Ύπαρξη κατάλληλων υποδομών • Προστασία προσωπικών δεδομένων • Απαιτήση για ειδικές άδειες (π.χ. δίπλωμα οδήγησης) • Ευκολία πληρωμής • Ευκολία πρόσβασης
Κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά	(Loubser, 2012; Polydoropoulou κ.ά., 2020; Behrendt και Teytelboym, 2010; Gilibert κ.ά., 2020; Franckx και Mayeres, 2016; Li και Szeto, 2021; Acheampong κ.ά., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Το φύλο • Η ηλικία • Το εισόδημα • Η εκπαίδευση • Τόπος κατοικία (πυκνοκατοικημένη / αραιοκατοικημένη περιοχή)
Υποκειμενικές συμπεριφορές και αντιλήψεις	(Loubser, 2012; Polydoropoulou κ.ά., 2020; Behrendt και Teytelboym, 2010; Gilibert κ.ά., 2020; Geels κ.ά., 2012; Moriarty και Honnery, 2008; Ulak κ.ά., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Οι στάσεις του ατόμου απέναντι στις διαφορετικές μορφές μετακίνησης (π.χ. αίσθηση ελευθερίας, γόητρο και σχέση με κάποιες μορφές κινητικότητας) • Η ευσυνειδησία απέναντι στο περιβάλλον • Ψυχολογική ικανοποίηση / αντιληπτά ποιότητα
Περιβαλλοντικά ζητήματα	(Special Eurobarometer 495, 2020; Loubser, 2012; Franckx και Mayeres, 2016; Santos κ.ά., 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Το φυσικό περιβάλλον όπως καιρός και θερμοκρασία • Το αστικό περιβάλλον όπως πυκνότητα πληθυσμού, κάλυψη δημόσιων μεταφορών και χωρική ποικιλομορφία

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία βασισμένη σε βιβλιογραφική ανασκόπηση

3.5. Μορφές αστικής κινητικότητας

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι βασικότερες μορφές μετακίνησης που κυριαρχούν (ιδιωτικό αυτοκίνητο, δημόσιες συγκοινωνίες, ταξί), αλλά και κάποιες από τις πιο δημοφιλείς εναλλακτικές μορφές (car-sharing, Mobility as a Service, ride-hailing, micro-mobility). Τα χαρακτηριστικά της κάθε μορφής μετακίνησης, καθώς και των χρηστών τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.2.2, ενώ τα εμπόδια και οι οδηγοί που επηρεάζουν την διάχυσή τους στον Πίνακα 3.4.2.

Σύμφωνα με το Ειδικό Ευρωβάρόμετρο (Special Eurobarometer 495: Mobility and transport (2020)), οι πιο κοινοί τρόποι υλοποίησης των μετακινήσεων σε μια τυπική ημέρα είναι το ιδιωτικό αυτοκίνητο (62%), το περπάτημα (42%), οι αστικές δημόσιες συγκοινωνίες (27%) ή κάποιο ιδιωτικό ποδήλατο ή πατίνι (14%). Το 41% των πολιτών σύμφωνα με την έκθεση, προτιμά να χρησιμοποιεί μόνο μια μορφή. Το 89% των πολιτών φαίνεται να κατέχουν ιδιωτικό αυτοκίνητο με το 91% αυτών των αυτοκινήτων να λειτουργεί με συμβατικά καύσιμα.

Οι νέες μορφές κινητικότητας υποκινούνται από νέες τεχνολογίες και ψηφιακές τεχνολογίες, παρόλα ταύτα η κοινή χρήση αυτοκινήτων αποτελεί πρωτίστως μη τεχνολογική καινοτομία που επικεντρώνεται **στην αλλαγή της συμπεριφοράς των μετακινούμενων**. Η καινοτομία των επιχειρηματικών μοντέλων είναι καθοριστικής σημασίας για την εμπορευματοποίηση των νέων τεχνολογιών, καθώς τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα που βασίζονται στην κοινή χρήση αυτοκινήτων είναι αυτά που μπορούν να ξεκλειδώσουν την οικονομική δυναμική της τεχνολογίας των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων (Sarasini και Langeland, 2017), καθώς οι πάροχοι των νέων μορφών κινητικότητας προτιμούν τις λιγότερο ρυπογόνες τεχνολογίες (Pavone, 2015).

Η προθυμία για χρήση εναλλακτικών μορφών κινητικότητας μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες όπως είναι η αντίληψη που έχουν οι πολίτες για τη χρήση του ιδιωτικού οχήματος και των δημόσιων συγκοινωνιών (Alonso-González κ.ά., 2020). Ορισμένοι μπορεί να είναι πρόθυμοι να συνδυάζουν διαφορετικές μορφές κινητικότητας, κάτι το οποίο δείχνει είτε θετική αντίληψη απέναντι στις πολυτροπικές μετακινήσεις, είτε ανοιχτότητα (openness) απέναντι στην καινοτομία που αφορά στις μετακινήσεις. Ορισμένοι μπορεί να έχουν αρνητική άποψη για κάποια μορφή κινητικότητας σε σχέση με κάποιες άλλες μορφές, όπως π.χ. στην Ολλανδία υπάρχει μεγαλύτερη θετικότητα απέναντι

στα ποδήλατα και τα αυτοκίνητα από ότι στις δημόσιες συγκοινωνίες. Αυτή η στάση καθιστά λιγότερο πιθανή τη χρήση πολυτροπικών μετακινήσεων με βάση τις δημόσιες συγκοινωνίες εκεί. Τέλος, ορισμένοι μετακινούμενοι δίνουν ιδιαίτερη σημασία στα συμβολικά και συναισθηματικά κίνητρα που προσδίδει η χρήση του ιδιωτικού οχήματος από ότι στα χρηστικά. Έτσι, η άποψη που δημιουργείται για τη χρήση του ιδιωτικού οχήματος καθιστά πιο δύσκολη την μετάβαση από την τωρινή μορφή κινητικότητας σε κάποια άλλη πολυτροπική μορφή κινητικότητας (Alonso-González κ.ά., 2020).

3.5.1. Παραδοσιακές μορφές μετακίνησης

3.5.1.1. *Ιδιωτικό όχημα*

Από το 1960 η ιδιοκτησία του ιδιωτικού οχήματος σταδιακά αυξάνεται αντικαθιστώντας πολλές από τις μετακινήσεις με τρένο ή λεωφορείο (Geels κ.ά., 2012). Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 τα νοικοκυριά χωρίς ιδιόκτητο όχημα άρχισαν να μειώνονται, ενώ ταυτόχρονα διαπιστώθηκε αύξηση του αριθμού των νοικοκυριών με δύο οχήματα (Geels, 2018a). Σε αυτά τα διαστήματα παρατηρείται μια αναπόφευκτη σχέση μεταξύ των αυξανόμενων εισοδημάτων και της ιδιοκτησίας αυτοκινήτου με ταυτόχρονη μείωση της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς (Kenworthy και Laube, 1996). Ωστόσο, η ιδιοκτησία ιδιωτικού οχήματος φαίνεται να εξαρτάται επίσης από παράγοντες, όπως το μέγεθος μιας πόλης και η αστική εξάπλωση (*urban sprawl*) σε αυτή, τα δημογραφικά στοιχεία, τα κόστη μετακίνησης και η διαθεσιμότητα άλλων μορφών μετακίνησης (π.χ. ταξί, MMM) (Akyelken κ.ά., 2018).

Επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του ιδιωτικού οχήματος, είναι οι χρήσεις γης και η διαθεσιμότητα υποδομών υποστηρικτικών προς τη χρήση ιδιωτικού οχήματος, όπως οι θέσεις πάρκινγκ και το οδικό δίκτυο. Η διαθεσιμότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς και κυρίως τα τρένα υψηλής ταχύτητας, και η δυνατότητα πραγματοποίησης της μετακίνησης με ενεργές μορφές μετακίνησης (περπάτημα, ποδήλατο, κ.λπ.) μπορούν να κατευθύνουν την επιλογή μορφής μετακίνησης (Kenworthy και Laube, 1996; Behrendt και Teytelboym, 2010).

Εκτός από την ύπαρξη κατάλληλων υποδομών οι οποίες διευκολύνουν την μετακίνηση με ιδιωτικά οχήματα, η μετακίνηση με ιδιωτικό αυτοκίνητο προσφέρει στους χρήστες προστασία των προσωπικών τους δεδομένων, ελευθερία από χρονοδιαγράμματα, ιδιωτικότητα, καθώς και δυνατότητα μεταφοράς μεγάλου όγκου αποσκευών. Όλα τα

παραπάνω ενθαρρύνουν την υλοποίηση περισσότερων μετακινήσεων με ιδιωτικά οχήματα (Moriarty και Honnery, 2008).

Σε σημαντικό βαθμό, η μετακίνηση με ένα ιδιωτικό αυτοκίνητο δεν πηγάζει μόνο από τη ζήτηση για μετακίνηση αυτή καθ' αυτή, αλλά σχετίζεται και με ψυχολογικούς παράγοντες. Για πολλούς πολίτες, η κατοχή ιδιωτικού αυτοκινήτου και η μετακίνηση με αυτό αποτελεί σημαντικό στοιχείο της προσωπικής του ταυτότητας, καθώς και δείκτη ευημερίας και κοινωνικού κύρους (Geels κ.ά., 2012), ενώ και η οδήγηση ως πράξη φαίνεται να έχει ψυχολογικά οφέλη για τους οδηγούς (Moriarty και Honnery, 2008).

Γράφημα 3.5.1.1: KTK κινητικότητας με ιδιωτικά οχήματα



Πηγή: Μεταφρασμένο από Geels (2005)

Το KTK του ιδιωτικού αυτοκινήτου σύμφωνα με το Γράφημα 3.5.1.1 αποτελείται από πολλούς παράγοντες που προέρχονται από διαφορετικά υποσυστήματα. Επηρεάζεται από τα τεχνολογικά επιτεύγματα, τις υποδομές (σημεία ανεφοδιασμού, οδικό δίκτυο, κ.λπ.), τους νόμους και τους κανονισμούς, τους συμπληρωματικούς πόρους (συνεργεία, κ.λπ.), τις προτιμήσεις και τις συμπεριφορές των πολιτών, τις βιομηχανίες, καθώς και τον τρόπο που αυτές παράγουν και διαχέουν τα προϊόντα τους.

Προς το παρόν βέβαια, φαίνεται ότι υπάρχουν μερικά μικρά, αλλά σημαντικά, σημάδια αποδυνάμωσης αυτού του δεσμού (προσωπικής ταυτότητας – ιδιωτικού αυτοκινήτου) (Geels κ.ά., 2012). Λόγοι που μπορούν να επηρεάσουν το ποσοστό ιδιοκτησίας ιδιωτικών αυτοκινήτων αποτελούν οι κανονισμοί και οι νόμοι που αφορούν

τη χρήση του ιδιωτικού οχήματος, όπως ο περιορισμός στάθμευσης σε κεντρικά σημεία της πόλης, η επιβολή φόρων για την κυκλοφοριακή συμφόρηση, και η απαγόρευση κυκλοφορίας στο κέντρο των πόλεων. Ο συνδυασμός κανονισμών, όπως οι παραπάνω, με εκστρατείες προώθησης και πολιτικές ενημέρωσης που προωθούν τις περισσότερο βιώσιμες επιλογές μετακίνησης θα μπορούσαν να προκαλέσουν αλλαγή συμπεριφοράς και να αποθαρρύνουν την άσκοπη χρήση ιδιωτικών αυτοκινήτων. Η αλλαγή στη χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου μέσω των παραπάνω δράσεων μπορεί να ενισχύσει το περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με τις μετακινήσεις (Behrendt και Teytelboym, 2010).

Οι τέσσερις βασικοί λόγοι που κάποιοι τείνουν να έχουν ένα ιδιωτικό όχημα και να μην χρησιμοποιούν τις δημόσιες συγκοινωνίες είναι οι ακόλουθοι (Loubser, Marnewick και Joseph, 2020):

- οι χρήστες χρειάζονται ένα ιδιωτικό όχημα,
- χρειάζονται να έχουν περισσότερες επιλογές και ελευθερία στις μετακινήσεις τους,
- ένα όχημα τους είναι απαραίτητο για τη μετακίνηση στην εργασία τους, καθώς και
- η αρνητική άποψη για τα δημόσια μέσα μεταφοράς.

Η ελευθερία που προσφέρει η ιδιοκτησία ενός ιδιωτικού οχήματος αποτελεί σημαντικό παράγοντα υπέρ της επιλογής αυτής της μορφής κινητικότητας, γεγονός που καθιστά τη μεταπήδηση σε άλλες μορφές κινητικότητας, όπως αυτή της MaaS δύσκολη (Loubser, Marnewick και Joseph, 2020). Από την άλλη μεριά, το κόστος απόκτησης και συντήρησης ενός αυτοκινήτου, και το γεγονός ότι κανείς θα πρέπει να κατέχει δίπλωμα οδήγησης για να οδηγήσει ένα αυτοκίνητο, αρχίζουν να παρουσιάζονται ως εμπόδια πια.

Μέχρι στιγμής, οι χρήστες του ιδιωτικού αυτοκινήτου είναι συνήθως άτομα υψηλού εισοδήματος, πολυμελείς οικογένειες που δυσκολεύονται να μετακινηθούν διαφορετικά, άτομα με αναπηρίες, άτομα μεγαλύτερης ηλικίας που έχουν ταυτίσει την κατοχή αυτοκινήτου με το κύρος και την ελευθερία (Loubser κ.ά., 2020; Akyelken κ.ά., 2018). Τα τελευταία χρόνια, τα νεότερα άτομα και κυρίως οι νέοι κάτω των 30, παρουσιάζουν χαμηλότερο ενδιαφέρον για την απόκτηση ιδιωτικού αυτοκινήτου (Akyelken, Banister και Givoni, 2018) και τείνουν να μην ενδιαφέρονται για την απόκτηση διπλώματος οδήγησης.

3.5.1.2. Μέσα μαζικής μεταφοράς (MMM) – δημόσιες συγκοινωνίες

Οι δημόσιες συγκοινωνίες σε μαζική κλίμακα είναι ένα φαινόμενο το οποίο έκανε την εμφάνισή του κατά τον 19^ο αιώνα, μια περίοδο όπου οι δημόσιες συγκοινωνίες ήταν οικονομικά βιώσιμες χωρίς επιδοτήσεις. Οι δημόσιες συγκοινωνίες περιλαμβάνουν μια σειρά πιθανών εναλλακτικών λύσεων που μπορεί να είναι αστικές ή υπεραστικές και να εκτελούνται σε ειδικές ή κοινόχρηστες εγκαταστάσεις. Μπορεί να αποτελούνται από σιδηροδρόμους (υπόγειο σιδηρόδρομο, ελαφρύ σιδηρόδρομο, σιδηρόδρομο μεγάλης ταχύτητας, υπεραστικές σιδηροδρομικές γραμμές), λεωφορεία, ακόμη και πλοία που διασχίζουν πόλεις, ανάλογα με την εδαφική μορφολογία της χώρας. Αν και οι υπηρεσίες παρέχονται συνήθως από τις τοπικές ή περιφερειακές αρχές ή διαχειρίζονται από κάποια άλλη αρχή, τη λειτουργία τους αναλαμβάνει κάποια ιδιωτική εταιρεία, συνήθως κατόπιν σύμβασης με τις αρμόδιες αρχές (Behrendt και Teytelboym, 2010).

Τα μέσα μαζικής μεταφοράς προσφέρουν πολλά διαφορετικά οφέλη, τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν ευρέως ως οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά (Behrendt και Teytelboym, 2010).

Παράγουν λιγότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά επιβατοχιλιόμετρο σε σχέση με τα ιδιωτικά αυτοκίνητα (Santos κ.ά., 2010). Η αύξηση της χρήσης των MMM μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, αλλά και σε μείωση των οχημάτων που βρίσκονται στους δρόμους, μειώνοντας έτσι το συνολικό χρόνο μετακίνησης. Βέβαια, παρόλα τα θετικά που παρέχει η χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών, δε φαίνεται να είναι πολύ υψηλά στις προτιμήσεις των μετακινούμενων, καθώς η αντιληπτά άνεση που τους προσφέρει φαίνεται να μην είναι σε υψηλά επίπεδα.

Σημαντικό αρνητικό χαρακτηριστικό της μετακίνησης με MMM αποτελεί το γεγονός πως η μετακίνηση δε ξεκινά με την επιβίβαση και δεν τελειώνει με την αποβίβαση από το όχημα μετακίνησης, αλλά συνήθως συμπληρώνεται και με άλλες μορφές μετακίνησης, ενεργές (ποδήλατο, περπάτημα) ή μη (ΙΧ, MMM, ταξί, κλπ). Επίσης, οι μετακινήσεις με τις δημόσιες συγκοινωνίες απαιτούν περισσότερο χρόνο σε σχέση με άλλες μορφές μετακίνησης. Τέλος, οι συνθήκες υγιεινής στα μέσα μαζικής μεταφοράς απασχολεί ιδιαίτερα τους μετακινούμενους (Ulak, Yazıcı και Aljarrah, 2020), ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, όπου κατά την περίοδο έξαρσής της μειώθηκαν αισθητά οι μετακινήσεις με MMM.

Σήμερα, αποτελούν κυρίως επιλογή των νέων, λόγω της έλλειψης ενδιαφέροντος για απόκτηση άδειας οδήγησης και αγοράς ιδιωτικού οχήματος, των μεγαλύτερης ηλικίας ατόμων λόγω αδυναμίας χρήσης ιδιωτικού οχήματος, και τέλος, ατόμων χαμηλού εισοδήματος που αδυνατούν να συντηρήσουν ή να αποκτήσουν ιδιωτικό όχημα (Behrendt και Teytelboym, 2010).

Τα ΜΜΜ χρησιμοποιούνται από τους μετακινούμενους για τριών ειδών μετακινήσεις, για την μετάβαση στην εργασία τους ή τις σπουδές/σχολείο, για ψώνια, καθώς και για άλλες δραστηριότητες (Zailani κ.ά., 2016). Το βασικότερο μειονέκτημα των δημόσιων συγκοινωνιών είναι η γενικότερη εικόνα που έχουν οι πολίτες για αυτές, καθώς θεωρούν ότι δεν καλύπτουν τις ανάγκες τους τόσο όσον αφορά στην μετακίνηση αυτή καθ' εαυτή, στην προσβασιμότητα, στις ταξιδιωτικές απαιτήσεις τους, στην προσιτότητα της τιμής, όσο και στις ανάγκες που αφορούν το κύρος τους (Jittrapirom κ.ά., 2018).

Οι χρήστες αυτοκινήτων δεν επιλέγουν τα μέσα μαζικής μεταφοράς για τις μετακινήσεις τους καθώς δεν αποτελούν μια ολοκληρωμένη λύση μετακίνησης. Οι ελλειπείς συνδέσεις των διαφορετικών μέσων, η χαμηλή συχνότητα των δρομολογίων και πολλές φορές η ανακρίβεια και η αναξιοπιστία τους, οι μεγαλύτεροι χρόνοι μετακίνησης σε σχέση με την υλοποίηση μιας μετακίνησης με ένα ιδιωτικό όχημα, καθώς και το γεγονός ότι δεν είναι μια άνετη, βολική και άμεση μετακίνηση όπως αυτή που προσφέρει το ιδιωτικό αυτοκίνητο (Gilibert κ.ά., 2020; Ulak, Yazici και Aljarrah, 2020), την καθιστούν μη ελκυστική μορφή μετακίνησης. Οι μετακινούμενοι δε, πριν αποφασίσουν να πραγματοποιήσουν κάποια μετακίνησή τους με τα δημόσια μέσα φαίνεται να εξετάζουν το συνωστισμό που επικρατεί σε αυτά και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στην υγεία τους (Ulak κ.ά., 2020). Βέβαια, η αντίληψη της άνεσης της μετακίνησης εξαρτάται και από τα κοινωνικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων (π.χ. εισόδημα, ηλικία), αλλά και από το λόγο της μετακίνησης (π.χ. διασκέδαση, δουλειά, κ.λπ.), την απόσταση και το χρόνο της μετακίνησης (Ulak κ.ά., 2020).

3.5.1.3. Ταξί

Τα ταξί αποτελούν μια ακόμη από τις παραδοσιακές μορφές κινητικότητας μαζί με τα ιδιωτικά οχήματα και τα μέσα μαζικής μεταφοράς, οι οποίες ανταγωνίζονται μεταξύ τους για το μερίδιο αγοράς. Ο ανταγωνισμός στηρίζεται κυρίως στην άνεση, στο χρόνο ολοκλήρωσης της μετακίνησης και στην αξιοπιστία που προσφέρει η κάθε μορφή

μετακίνησης. Τα ταξί αποτελούν μια υπηρεσία η οποία λειτουργεί 24 ώρες το εικοσιτετράωρο, προσφέρει μετακινήσεις με άνεση και από πόρτα σε πόρτα (*door to door*). Όλα αυτά καθιστούν τα ταξί μια από τις σημαντικότερες επιλογές των μετακινούμενων για τις καθημερινές τους μετακινήσεις, μετά το ιδιωτικό αυτοκίνητο (Ulak, Yazici και Aljarrah, 2020; Li και Szeto, 2021).

Βασικό πλεονέκτημα της μετακίνησης με ταξί, σε σχέση με τις δημόσιες συγκοινωνίες, είναι ότι προσφέρει εξατομικευμένες/ιδιωτικές μετακινήσεις, οι οποίες θεωρούνται περισσότερο ασφαλείς (ιδιαίτερα από γυναίκες, και κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας) και πιο άνετες, ενώ είναι και πιο εύκολα προσβάσιμη (π.χ. σε μέρες με κακοκαιρία) (Li και Szeto, 2021). Επίσης, η μετακίνηση με ταξί φαίνεται να θεωρείται από τους μετακινούμενους ότι μπορεί να τους προσφέρει μικρότερο χρόνο μετακίνησης, κάτι που εν γένει ισχύει, αλλά δεν επιβεβαιώνεται σε μεγάλες πόλεις, όπου η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι μεγάλη και η μετακίνηση με ταξί πολλές φορές δε καλύπτει αυτό το κριτήριο (Li και Szeto, 2021).

Παρόλο που οι μετακινήσεις με ταξί καλύπτουν τις περισσότερες απαιτήσεις των μετακινούμενων, συχνά δεν προτιμάται λόγω υψηλού κόστους. Σε αρκετές μεγάλες πόλεις, η υπηρεσία μετακίνησης με ταξί είναι ελεγχόμενη από την κυβέρνηση, κάτι που οδηγεί σε υψηλές τιμές για την απόκτηση της άδειας του ταξί, και κατ' επέκταση σε υψηλές τιμές της υπηρεσίας για τους τελικούς χρήστες (Li και Szeto, 2021). Βέβαια το γεγονός ότι είναι ελεγχόμενη υπηρεσία βοηθά να μην υπάρχει αθέμιτος ανταγωνισμός και να μην είναι ανεξέλεγκτες οι τιμές της υπηρεσίας που παρέχουν.

Τα ταξί χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς μετακίνησης από τους πολίτες, π.χ. μετακίνηση με σκοπό την εργασία, την ψυχαγωγία, τα ψώνια, κοινωνικές υποχρεώσεις, κ.α. (Liu κ.ά., 2012). Τα άτομα τα οποία χρησιμοποιούν για τις μετακινήσεις τους ταξί, φαίνεται να είναι άτομα με υψηλό εισόδημα, για τα οποία η αξία του χρόνου μετακίνησής τους είναι υψηλή. Το γεγονός όμως ότι πολλές φορές δεν έχουν πληροφόρηση σχετικά με την μετακίνησή τους (χρόνος, διαθεσιμότητα οχημάτων), το υψηλό κόστος μετακίνησης, αλλά και η αναμονή του ταξί, φαίνεται να αποθαρρύνουν τους μετακινούμενους να χρησιμοποιούν ταξί (Li και Szeto, 2021).

3.5.2. Εναλλακτικές μορφές μετακίνησης

Οι μεγάλες αλλαγές στις τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ), έχουν δημιουργήσει μια νέα ψηφιακή εποχή, όπου νέες βασισμένες στην τεχνολογία υπηρεσίες, έχουν δημιουργηθεί (Vij κ.ά., 2020). Η πρόοδος που έχει πραγματοποιηθεί, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών κινητικότητας στηριζόμενων στο διαμοιρασμό, όπως η Uber, που στηρίζεται στον διαμοιρασμό οχημάτων, η oBike που στηρίζεται στο διαμοιρασμό ποδηλάτων, καθώς και άλλες επιχειρήσεις. Η άνοδος των υπηρεσιών κινητικότητας που στηρίζονται στην οικονομία διαμοιρασμού και η αύξηση του ενδιαφέροντος των επιχειρήσεων και των καταναλωτών για αυτές τις μορφές κινητικότητας αντικατοπτρίζει μια ευρύτερη μετάβαση από μια οικονομία που βασίζεται στην ιδιοκτησία σε μια οικονομία που βασίζεται στην πρόσβαση (*access-based economy*) (Vij κ.ά., 2020). Για την επιτυχή εισαγωγή μιας νέας μορφής κινητικότητας, είναι απαραίτητη η ύπαρξη συμπληρωματικών πόρων που απαιτούνται για την επιτυχή λειτουργία της (Teece, 1986). Ένα σύνολο λειτουργιών που θα διευκολύνουν τις συναλλαγές, ένα σύνολο κανόνων και πολιτικών που θα διευκολύνουν και θα οριοθετήσουν τη λειτουργία, αλλά και ένα σύνολο ρόλων που θα διέπουν τις ρυθμίσεις, τις σχέσεις και τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των συνυπαρχόντων καθεστώτων, κρίνονται απαραίτητα (Ansari, Garud και Kumaraswamy, 2016).

Η κατασκευή λωρίδων ποδηλασίας κοντά σε σιδηροδρομικούς σταθμούς ενθαρρύνει τους ανθρώπους να πραγματοποιούν πολυτροπικές μετακινήσεις. Οι εγκαταστάσεις στάθμευσης και μετεπιβίβασης (*park-and-ride*) μπορούν να είναι αποτελεσματικές στη μείωση της συμφόρησης και της ρύπανσης στο κέντρο μιας πόλης. Ο σχεδιασμός γειτονιών μικτής χρήσης μπορεί να μειώσει τη ζήτηση ταξιδιού μέσω της τοποθέτησης εγκαταστάσεων κοντά σε κατοικημένες περιοχές (Behrendt και Teytelboym, 2010). Συμπερασματικά, για να προωθηθούν βιώσιμες μορφές μετακινήσεων θα πρέπει οι κυβερνήσεις να επενδύσουν και σε υποδομές για την εξυπηρέτηση των πολυτροπικών μετακινήσεων, δημιουργώντας νέους δρόμους και λωρίδες συγκεκριμένων χρήσεων, αλλά και συμπληρωματικές υποδομές εξυπηρέτησης των νέων μορφών μετακίνησης (π.χ. πάρκινγκ ποδηλάτων, ποδηλατολωρίδες, σταθμούς μετεπιβίβασης, κ.λπ.) (Behrendt και Teytelboym, 2010; Santos κ.ά., 2010). Πέρα βέβαια από την φυσική/χωρική σύνδεση (*physical connection*) των διαφόρων μορφών κινητικότητας απαραίτητη είναι και η

ψηφιακή σύνδεση (*digital connection*) (Schulz κ.ά., 2020), για την οποία οι ψηφιακές τεχνολογίες είναι το βασικό συστατικό.

“Οι μορφές κινητικότητας (π.χ. λεωφορείο, τρένο, τραμ, ταξί) θα γίνουν πιο θολές (*blurred*) καθώς αναπτύσσονται υβριδικές υπηρεσίες οι οποίες μειώνουν τις διαφορές μεταξύ τους” (Smith, Sochor και Karlsson, 2018). Οι υβριδικές αυτές υπηρεσίες αποτελούν ένα συνδυασμό μορφών κινητικότητας δημιουργώντας έτσι την πολυτροπική μετακίνηση. Για να πετύχει η πολυτροπική κινητικότητα, η οποία στηρίζεται στη νοοτροπία των οικοσυστημάτων υπηρεσιών, χρειάζεται η συνεργασία αρκετών δρώντων, όπως είναι οι πάροχοι υπηρεσιών κινητικότητας, κυβερνητικοί/δημόσιοι παράγοντες και σαφώς οι μετακινούμενοι/χρήστες (Akyelken, Banister και Givoni, 2018).

Επιπλέον, καθώς ο βασικός στόχος της μετάβασης σε εναλλακτικά μοντέλα μετακίνησης είναι η προστασία του περιβάλλοντος και η αύξηση της βιωσιμότητας, σύμφωνα με τον Geels (2018b), -κάτι που οι ιδιωτικοί φορείς (π.χ. εταιρείες, καταναλωτές) έχουν περιορισμένα κίνητρα για να το υποστηρίξουν- γίνεται αντιληπτή η ανάγκη παρέμβασης των φορέων διακυβέρνησης. Η δημόσια πολιτική πρέπει να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στη στήριξη της ανάδυσης και της ανάπτυξης καινοτομιών χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και στην αλλαγή των οικονομικών πλαισίων (μέσω φόρων, επιδοτήσεων, κανονισμών, προτύπων) που ενθαρρύνουν τις επιχειρήσεις, τους καταναλωτές και άλλους παράγοντες προς αυτή την κατεύθυνση. Έτσι, πέρα από τη μετάβαση σε νέα καθεστώτα μετακίνησης σημαντική είναι η απομάκρυνση από τα οχήματα που λειτουργούν με μηχανές εσωτερικής καύσης, οι οποίες καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα και η ώθηση αντικατάστασής τους με νέες τεχνολογίες οι οποίες λειτουργούν είτε με λιγότερο ρυπογόνες μορφές ενέργειας, είτε με μορφές ενέργειας που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές (Golalikhani κ.ά., 2021).

Τέλος, η μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο σύστημα μετακινήσεων θα απαιτήσει περισσότερες νέες οντότητες και πρακτικές κατά την αντιμετώπιση ριζικών αλλαγών (π.χ. αντικατάσταση των κινητήρων εσωτερικής καύσης με ηλεκτροκινητήρες, αντικατάσταση των υποδομών ανεφοδιασμού με υποδομές ηλεκτρικής φόρτισης, ανάπτυξη βιομηχανιών και αλυσίδων εφοδιασμού για μπαταρίες και άλλες τεχνολογίες, κ.α.), ανάπτυξη νέων γνώσεων και δεξιοτήτων σε κάθε ένα από αυτά τα πεδία, καθώς και προσαρμογή των

χρηστών σε νέες μορφές μετακίνησης που λειτουργούν διαφορετικά και δεν μπορούν πλέον να βρίσκονται υπό ατομική ιδιοκτησία (Sorrell, 2018).

Κάποιες από τις νέες μορφές κινητικότητας βασισμένες στην οικονομία διαμοιρασμού και τα χαρακτηριστικά των χρηστών τους αναλύονται παρακάτω.

3.5.2.1. Διαμοιρασμός αυτοκινήτων (*car-sharing*)

Ο διαμοιρασμός οχημάτων αποτελεί μορφή MaaS και φαίνεται να αντιμετωπίζεται ως ένα βήμα-κλειδί προς τη βιωσιμότητα της προσωπικής αστικής κινητικότητας κατά τον 21^ο αιώνα. Οι υπηρεσίες κινητικότητας, όπως ο διαμοιρασμός οχημάτων αποτελεί μια νέα μορφή κινητικότητας, η οποία δεν είναι ακόμη ευρέως γνωστή στην Ευρώπη. Το 2016 μόνο τα 2/3 του πληθυσμού της Ευρώπης γνωρίζουν για αυτή τη μορφή κινητικότητας, με την Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη να είναι περισσότερο εξοικειωμένη σε σχέση με την Ανατολική Ευρώπη (Fiorello κ.ά., 2016). Βέβαια, σύμφωνα με τη βάση δεδομένων Statista, η συγκεκριμένη μορφή κινητικότητας ολοένα και κερδίζει έδαφος, με τους χρήστες car-sharing να φτάνουν σε πολλαπλάσιο αριθμό το 2025 σε σύγκριση με το 2015.

Ο διαμοιρασμός αυτοκινήτων (*car-sharing*) θεωρείται όλο και περισσότερο ως ένα “μέσο” για στροφή προς ένα πιο βιώσιμο σύστημα μεταφορών και συνδέεται με την καλύτερη αστική διαχείριση, με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και της ποιότητας του αστικού αέρα, την αύξηση της χρήσης καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές, τη μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και τη βελτιωμένη προσβασιμότητα. Υποστηρίζεται ότι το 16-34% των ιδιωτικών οχημάτων έχει πωληθεί εξαιτίας της χρήσης του carsharing στην Ευρώπη, ενώ 35% έχει πωληθεί στην Βόρεια Αμερική, με 4-10 και 9-13 ιδιωτικά οχήματα να αντικαθίστανται από 1 όχημα που ανήκει σε στόλο carsharing στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική αντίστοιχα (Le Vine και Polak, 2015).

Όπως αναφέρουν οι Sarasini και Langeland (2017) τα επιχειρηματικά μοντέλα του διαμοιρασμού αυτοκινήτων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρία διαφορετικά με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Τα πρώτα δύο είναι το επιχειρηματικό μοντέλο μεταξύ επιχειρήσεων και καταναλωτών (*business to customer, B2C*) και μεταξύ επιχειρήσεων και επιχειρήσεων (*business to business, B2B*)¹³. Έπειτα υπάρχει και το μοντέλο του

¹³ Στο επιχειρηματικό μοντέλο όπου υπηρεσίες παρέχονται μεταξύ επιχειρήσεων και καταναλωτών, μια επιχείρηση κατέχει ένα στόλο από αυτοκίνητα και διαχειρίζεται το διαμοιρασμό τους μεταξύ των πελατών της. Στο μοντέλο όπου επιχειρήσεις εξυπηρετούν τις ανάγκες επιχειρήσεων, εργαζόμενοι επιχειρήσεων αποκτούν πρόσβαση στο στόλο ενός παρόχου μέσω του εργοδότη τους. Αυτό ονομάζεται επίσης εταιρικός διαμοιρασμός αυτοκινήτων (*corporate carsharing*) ή διαμοιρασμός αυτοκινήτων με βάση τον εργοδότη (*employer-based carsharing*).

διαμοιρασμού μεταξύ ομότιμων (*peer to peer*), το οποίο υλοποιείται με τη διάθεση των ιδιωτικών αυτοκινήτων μεμονωμένων ατόμων, τα οποία επιθυμούν να διαμοιραστούν τα αυτοκίνητά τους (Customer2Customer - C2C).

Οι επιχειρήσεις διαμοιρασμού αυτοκινήτων σύμφωνα με τον Pavone (2015) προτιμούν την κατοχή και χρήση λιγότερο ρυπογόνων αυτοκινήτων που λειτουργούν με εναλλακτικά καύσιμα. Αυτή η προτίμηση συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και την αντίστοιχη μείωσης της ρύπανσης (με την προϋπόθεση ότι τα καύσιμα προέρχονται από καθαρές πηγές). Πέρα από αυτά, τα προγράμματα διαμοιρασμού οχημάτων φαίνεται να έχουν την δυνατότητα να συμβάλλουν στην μείωση της ιδιοκτησίας ιδιωτικών οχημάτων (Zhou κ.ά., 2017) και να ενθαρρύνουν την πιο συχνή χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, καθώς και τη μετακίνηση με ποδήλατο ή με τα πόδια.

Επιπλέον, ο διαμοιρασμός αυτοκινήτων μπορεί να μειώσει τις μετακινήσεις των πολιτών. Αυτό συμβαίνει καθώς το οριακό κόστος των μετακινήσεων φαντάζει μεγαλύτερο με αυτή τη μορφή κινητικότητας σε σχέση με την απόφαση για μια μετακίνηση με ένα ιδιωτικό όχημα (Kim, 2015; Franckx και Mayeres, 2016).

Επιπλέον, η αύξηση της χρήσης του κάθε οχήματος μέσω του διαμοιρασμού μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση και άλλων ζητημάτων, όπως οι χρήσεις γης. Πρόκειται να υπάρξει έμμεση θετική περιβαλλοντική επίδραση, μέσω της αποδοτικότερης χρήσης των αστικών υπηρεσιών μετακίνησης και της μείωσης των ιδιωτικών οχημάτων στους δρόμους¹⁴. Αυτό με τη σειρά του θα οδηγήσει σε μείωση του χρόνου εύρεσης πάρκινγκ, αλλά και του αναγκαίου αριθμού θέσεων πάρκινγκ¹⁵ (Kim, 2015; Zhou κ.ά., 2017; George και Julsrud, 2018), δίνοντας τη δυνατότητα για διαφορετική αξιοποίηση των χώρων.

Βέβαια, η παροχή υπηρεσιών μετακίνησης δε πάει να παρουσιάζει και αυτή διάφορες αδυναμίες. Ένα από αυτά είναι ότι η χωρική και χρονική φύση της αστικής μετακίνησης, και ο τόπος προορισμού/προέλευσης (*origin-destination*) είναι άνισα κατανεμημένα. Αυτό προκαλεί τα συστήματα παροχής να αποσταθεροποιούνται, καθώς πολλά οχήματα θα συγκεντρωθούν σε λίγα συγκεκριμένα τμήματα της πόλης, ενώ

¹⁴ Ένα όχημα το οποίο ανήκει σε μια επιχείρηση διαμοιρασμού μπορεί να υποκαταστήσει έως και 20 ιδιωτικά οχήματα (Kim, 2015). Ο διαμοιρασμός οχημάτων διπλής κατεύθυνσης μπορεί να αντικαταστήσει 9-13 ιδιωτικά οχήματα, ενώ ο διαμοιρασμός οχημάτων μονής κατεύθυνσης μπορεί να αντικαταστήσει 7-11 ιδιωτικά οχήματα (Shaheen & Cohen, 2018).

¹⁵ Με τον διαμοιρασμό αυτοκινήτων αναμένεται να μειωθεί η ανάγκη για χώρους στάθμευσης έως και 95% (OECD/ITF, 2017).

ταυτόχρονα θα είναι λιγοστά σε κάποια άλλα σημεία κατά τις ώρες αιχμής δυσκολεύοντας την κάλυψη της ζήτησης (Pavone, 2015).

Η υπηρεσία διαμοιρασμού χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς μετακίνησης από τους χρήστες, π.χ. μετακίνηση με σκοπό την εργασία, την ψυχαγωγία, τα ψώνια, κοινωνικές υποχρεώσεις, κα. (Burkhardt και Millard-Ball, 2006). Οι χρήστες των υπηρεσιών διαμοιρασμού τείνουν να είναι άτομα με υψηλό επίπεδο μόρφωσης, εισόδημα μεγαλύτερο του μέσου όρου και να ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 25-44 ετών (Le Vine και Polak, 2015; Zhou κ.ά., 2017; George και Julsrud, 2018). Συνήθως είναι άγαμοι ή ζευγάρια χωρίς παιδιά που κατοικούν σε αστικές περιοχές και προέρχονται από νοικοκυριά που δεν κατέχουν ιδιωτικό όχημα ή που έχουν μόνο ένα όχημα, και συχνά χρησιμοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς αλλά και ενεργούς τρόπους μετακίνησης (π.χ. περπάτημα, ποδηλασία) (Kim, 2015).

Όσον αφορά στην περίπτωση της Ελλάδας, τα άτομα τα οποία είναι περισσότερο πρόθυμα να στραφούν προς τις μετακινήσεις μέσω των υπηρεσιών διαμοιρασμού οχημάτων όταν αυτές καταστούν διαθέσιμες στην Ελλάδα, είναι άτομα τα οποία έχουν ετήσιο εισόδημα €15.000-25.000, καθώς και τα άτομα τα οποία σήμερα χρησιμοποιούν τις δημόσιες συγκοινωνίες για τις καθημερινές τους μετακινήσεις (Efthymiou, Antoniou και Waddell, 2013). Τέλος, όσο περισσότερο περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένος είναι κάποιος, τόσο περισσότερο πιθανό είναι να στραφεί σε τρόπους μετακίνησης που βασίζονται στις υπηρεσίες διαμοιρασμού.

3.5.2.2. Υπηρεσία μεταφοράς ατόμων και αγαθών με μίσθωση – Ride-hailing service

Η υπηρεσία μεταφοράς ατόμων και αγαθών με μίσθωση (Ride-hailing) είναι αρκετά πρόσφατη μορφή κινητικότητας η οποία ξεκίνησε από την Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη, και έχει γίνει κυρίως γνωστή μέσω της πλατφόρμας Uber. Μοιάζει αρκετά με την υπηρεσία των ταξί, αποτελώντας βασικό τους ανταγωνιστή (Xiong, Jian Li και Wu, 2021). Ωστόσο, σε σύγκριση με τα ταξί, το ride-hailing δίνει πιο εύκολη δυνατότητα πληρωμής (ηλεκτρονική πληρωμή, προπληρωμή, σε άλλο νόμισμα, κ.λπ.), ευκολία κλήσης (μέσω της εφαρμογής, επιλογή οχήματος της αρεσκείας σου), χαμηλότερο κόστος, και μικρότερους χρόνους αναμονής (Lavieri και Bhat, 2019).

Επίσης, οι μετακινήσεις είναι πιο σύντομες σε σχέση με τις δημόσιες συγκοινωνίες και τους ενεργούς τρόπους μετακίνησης. Σε σχέση με τη μετακίνηση με ιδιωτικό όχημα,

δεν υπάρχει η ανάγκη ανεύρεσης θέσης στάθμευσης, ενώ η δυνατότητα μετακίνησης από πόρτα σε πόρτα την καθιστούν περισσότερο ελκυστική. Έτσι κατάφερε μέσα σε λίγα χρόνια με τη βοήθεια της εξέλιξης της τεχνολογίας και τη ραγδαία αύξηση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (*smartphones*), να διαδοθεί σημαντικά και να κατορθώσει σήμερα να υπάρχει στην πλειοψηφία των μητροπολιτικών περιοχών και σε περισσότερες από 66 χώρες (Lavieri και Bhat, 2019; Acheampong κ.ά., 2020; Lesteven και Samadzad, 2021; Xiong, Jian Li και Wu, 2021).

Πέρα από τα παραπάνω, μια έρευνα σε Αμερικανικές πόλεις όπου είχαν επιτρέψει τη λειτουργία της Uber, έδειξε ότι το ride-hailing βοηθά και στην μείωση των ατυχημάτων εξαιτίας της μέθης για την ηλικιακή ομάδα 30 ετών και κάτω (Young και Farber, 2019).

Όσον αφορά στην επίδρασή της στο περιβάλλον οι απόψεις είναι αντικρουόμενες (Chen κ.ά., 2021; Xiong, Jian Li και Wu, 2021). Από τη μια πλευρά, το ride-hailing μπορεί να διαδραματίσει θετικό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος, στον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και στην μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Από την άλλη πλευρά, το ride-hailing, παρακινεί την υλοποίηση περισσότερων μετακινήσεων με αποτέλεσμα να αυξάνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση και κατ' επέκταση τις καθυστερήσεις (Lesteven και Samadzad, 2021; Xiong, Jian Li και Wu, 2021). Σύμφωνα με τους Kong κ.ά. (2020), σε έρευνες στις ΗΠΑ διαπιστώθηκε αρχικά ότι οι μετακινήσεις με ride-hailing υποκαθιστούν μετακινήσεις που θα πραγματοποιούνταν μέσω άλλων μορφών κινητικότητας, ενώ από την άλλη 3-22% των μετακινήσεων που πραγματοποιήθηκαν με ride-hailing δε θα είχαν πραγματοποιηθεί ελλείψει αυτής.

Η δύναμη που κατάφερε να εξασφαλίσει το ride-hailing έχει ανησυχήσει τις κυβερνήσεις με αποτέλεσμα να παίρνουν μέτρα εξαιτίας του, κυρίως λόγω του αντίκτυπου που έχει προκαλέσει στο μερίδιο αγοράς της χρήσης των ταξί (Xiong, Jian Li και Wu, 2021). Έτσι, κανονισμοί και νομικά πλαίσια έχουν αρχίσει να διαμορφώνονται για να ελέγξουν την λειτουργία αυτής της μορφή κινητικότητας.

Το ride-hailing φαίνεται να χρησιμοποιείται τόσο από ηλικιωμένους όσο και από νεαρά άτομα. Οι ηλικιωμένοι ενήλικες χρησιμοποιούν το ride-hailing, κυρίως για ψώνια, αναψυχή, κοινωνικές υποχρεώσεις και ιατρικές επισκέψεις. Τα νεότερα άτομα χρησιμοποιούν το ride-hailing και για τη μετακίνησή τους από και προς το χώρο εργασίας τους (Mitra, Bae και Ritchie, 2019; Young και Farber, 2019). Η ηλικία φαίνεται να είναι

ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς η χρήση ride-hailing απαιτεί κάποιες τεχνολογικές γνώσεις, καθώς η συναλλαγή συνήθως γίνεται με ψηφιακά μέσα και οι ηλικιωμένοι δυσκολεύονται περισσότερο στη χρήση του (Lavieri και Bhat, 2019; Kong, Moody και Zhao, 2020).

Τα άτομα που ζουν μόνα φαίνεται να είναι πιο πιθανό να έχουν υλοποιήσει μετακίνηση με την υπηρεσία ride-hailing σε σχέση με άτομα τα οποία έχουν οικογένεια, ενώ οι οικογένειες με μόνο ένα εργαζόμενο φαίνεται να είναι οι λιγότερο πιθανό να έχουν χρησιμοποιήσει αυτή την υπηρεσία (Lavieri και Bhat, 2019). Οι χρήστες του ride-hailing φαίνεται να είναι κυρίως νέα άτομα (18-30 ετών) που ζουν στις αστικές περιοχές, μορφωμένα με περιβαλλοντικές ανησυχίες και με εισόδημα παραπάνω από το μέσο όρο (Lavieri και Bhat, 2019; Young και Farber, 2019) και να έχουν στην κατοχή τους λιγότερα ιδιωτικά οχήματα από το μέσο όρο και να συνηθίζουν να μετακινούνται με παρέα (Lavieri και Bhat, 2019; Kong, Moody και Zhao, 2020).

Η άνεση που προσφέρεται από αυτή τη νέα μορφή μετακίνησης στηριζόμενη στην τεχνολογία, πιστεύεται ότι «παροτρύνει» τους χρήστες της να μετακινούνται περισσότερο (Kong, Moody και Zhao, 2020). Βέβαια και άλλοι παράγοντες όπως οι ατομικές συμπεριφορές, και η ιδιοκτησία οχήματος, είναι σχετιζόμενοι παράγοντες με την χρήση του ride-hailing (Kong, Moody και Zhao, 2020). Με άλλα λόγια όπως αναφέρουν οι Acheampong κ.ά. (2020) και οι Gilibert κ.ά. (2020), τα κοινωνικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά, τα αντιλαμβανόμενα οφέλη οικονομικά και περιβαλλοντικά και η ευκολία στη χρήση του ride-hailing, ο χρόνος μετακίνησης και αναμονής, η αντιλαμβανόμενη ασφάλεια και η εξάρτηση από ιδιωτικά οχήματα, καθώς και η ανοιχτότητα απέναντι σε νέες μορφές κινητικότητας είναι κάποιοι από τους παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την υιοθέτηση του ride-hailing ως μορφή μετακίνησης, έναντι των συμβατικών μορφών μετακίνησης ή άλλων νέων μορφών μετακίνησης.

3.5.2.3. Μικροκινητικότητα με Ελαφρά οχήματα μεταφοράς - Micromobility

Πέρα από τις μορφές κινητικότητας οι οποίες εξυπηρετούν τις αστικές μετακινήσεις μεγαλύτερων αποστάσεων, πρόσφατα αναδύθηκε και μια νέα μορφή μετακινήσεων, η μικροκινητικότητα (Micromobility). Η μικροκινητικότητα συνήθως καλύπτει τις μετακινήσεις του τελευταίου χιλιομέτρου (*last mile commute*) (Arias-Molinares και Palomares-García, 2020a), και φαίνεται να τροφοδοτεί και να τροφοδοτείται

κυρίως από τις δημόσιες συγκοινωνίες. Πραγματοποιείται συνήθως με ηλεκτρικά ποδήλατα ή πατίνια και αφορά ατομική μετακίνηση. Σε σύγκριση με τα αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά ποδήλατα και πατίνια έχουν πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε υποδομές και δεν απαιτούν συγκεκριμένο χώρο στάθμευσης. Αποτελούν πολύ πιο ευέλικτες μορφές μετακίνησης, ιδίως κατά τις ώρες αιχμής και τις ώρες που παρατηρείται κυκλοφοριακή συμφόρηση. Ταυτόχρονα, παρέχουν ευελιξία στις ώρες μετακίνησης και όλα αυτά τα χαρακτηριστικά την καθιστούν ελκυστική μορφή μετακίνησης την οποία πολλοί είναι διατεθειμένοι να υιοθετήσουν (Lin, Wells και Sovacool, 2018).

Βέβαια, η επιλογή αυτής της μορφής κινητικότητας για την πραγματοποίηση μιας μετακίνησης, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, με βασικότερους το σκοπό της μετακίνησης, το συνολικό χρόνος μετακίνησης, τη ταχύτητα, καθώς και τη χρονική ακρίβεια άφιξης στο σημείο προορισμού. Οι μεγάλες αποστάσεις της μετακίνησης και ο αντίστοιχος χρόνος αποθαρρύνουν τη μικροκινητικότητα με ελαφρά οχήματα και παρακινούν τους χρήστες σε πιο παραδοσιακές μορφές μετακίνησης (ιδιωτικό αυτοκίνητο, δημόσιες συγκοινωνίες) (Lin, Wells και Sovacool, 2018).

Οι χρήστες αυτής της μορφής κινητικότητας φαίνεται να είναι άτομα νεαρής ηλικίας, με υψηλότερα από το μέσο όρο εισοδήματα, υψηλό επίπεδο μόρφωσης και είναι πιθανό να εργάζονται είτε με καθεστώς πλήρους είτε μερικής απασχόλησης (Durand κ.ά., 2018). Οι χρήστες αυτής της μορφής κινητικότητας φαίνεται να είναι εξίσου πιθανό να είναι ιδιοκτήτες ιδιωτικών οχημάτων, αλλά ο λόγος που προτιμούν να χρησιμοποιούν τη μικροκινητικότητα είναι η άνεση στη μετακίνησή τους ακολουθούμενη από σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων, λόγω του σχεδόν μηδενικού κόστους χρήσης.

3.5.2.4. *Κινητικότητα ως υπηρεσία – Mobility as a service (MaaS)*

Η έννοια της κινητικότητας ως υπηρεσίας «δημιουργήθηκε» το 2014 από την Heikkilä, και αντιπροσωπεύει την παροχή ολοκληρωμένων λύσεων μετακίνησης¹⁶. Η MaaS αποτελεί μια χρηστο-κεντρική (*user-centric*) υπηρεσία, η οποία είναι βασισμένη στην κοινοχρησία οχημάτων, και στις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο (He και Csiszár, 2018). Μπορεί να προσφέρει απρόσκοπτη από πόρτα σε πόρτα διατροπική και

¹⁶ Η ιδέα της ενοποιημένης κινητικότητας βέβαια είναι πολύ παλαιότερη, με τη «διαχείριση της κινητικότητας- Mobility Management» να αποτελεί έναν από τους προκατόχους της (Mulley, 2017). Η MaaS προτάθηκε αρχικά στο Ελσίνκι της Φινλανδίας, μετά από διαβουλεύσεις και συνεργασία του Τμήματος Χωροταξίας του Δήμου του Ελσίνκι και του Τμήματος Μηχανικών του Πανεπιστημίου του Aalto (Vij et al., 2020).

πολυτροπική μετακίνηση στους πελάτες της (Kamargianni και Matyas, 2017). Αποτελεί ένα μοντέλο «διανομής» της κινητικότητας, στο πλαίσιο του οποίου οι υπηρεσίες μετακίνησης που παρέχονται είναι συγκεντρωμένες κάτω από έναν πάροχο (Kamargianni και Matyas, 2017).

Το μοντέλο της MaaS είναι εμπνευσμένο από αυτό της αγοράς των κινητών τηλεφώνων, όσον αφορά στην «πληρωμή κατά την έξοδο – Pay as you go» και την εγγραφή σε ένα πακέτο με πεπερασμένους ή απεριόριστους πόρους χρήσης των διαθέσιμων υπηρεσιών (Lyons, Hammond και Mackay, 2019). Ακρογωνιαίος λίθος αυτής της μορφής κινητικότητας είναι η ύπαρξη μέσων μαζικής μεταφοράς και υπηρεσιών μετακίνησης που βασίζονται στην οικονομία διαμοιρασμού (Utriainen και Pöllänen, 2018; Arias-Molinares και García-Palomares, 2020b; Jittrapirom κ.ά., 2020; Polydoropoulou κ.ά., 2020).

Η MaaS είναι μια μορφή κινητικότητας η οποία θα επιφέρει αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο οι μετακινούμενοι αντιμετωπίζουν τις μεταφορές, ενώ είναι ικανή να μειώσει την τρέχουσα εξάρτηση από τα ιδιωτικά οχήματα (Caiati, Rasouli και Timmermans, 2020) με επακόλουθη θετική επίπτωση στην ποιότητα ζωής.

Η MaaS δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να αγοράζουν υπηρεσίες κινητικότητας βάσει των αναγκών τους, αντί να προβαίνουν σε αγορά ενός μέσου κινητικότητας (π.χ. ιδιωτικό αυτοκίνητο). Μέσω των συστημάτων MaaS, οι καταναλωτές μπορούν να αγοράσουν ή να συνδυάσουν υπηρεσίες επισκεπτόμενοι μια πλατφόρμα και πραγματοποιώντας μια μόνο πληρωμή. Οι πλατφόρμες αυτές παρέχουν επίσης προτάσεις για πολυτροπικά ταξίδια, συστήματα κρατήσεων, και ενιαίων πληρωμών, καθώς και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο (Franckx και Mayeres, 2016).

Η υιοθέτηση της MaaS (Mulley, Nelson και Wright, 2018), φαίνεται ότι μπορεί να επιφέρει θετικά οφέλη τόσο για τους χρήστες, τον δημόσιο τομέα, αλλά και τις επιχειρήσεις. Στους χρήστες η MaaS προσφέρει εξατομικευμένες, έξυπνες υπηρεσίες κινητικότητας που ανταποκρίνονται στις εξατομικευμένες ανάγκες τους. Στο δημόσιο τομέα συμβάλλει στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συνόλου του συστήματος μεταφορών, στην καλύτερη κατανομή των πόρων, στην αύξηση της απασχόλησης και της ζωτικότητας μέσω της δημιουργίας νέων επιχειρήσεων. Ταυτόχρονα, βοηθούν στην «μετατροπή» του δημοσίου συστήματος συγκοινωνιών σε ένα αξιόπιστο σύστημα, με

βελτιωμένη διαχείριση όσον αφορά στην κυκλοφοριακή συμφόρηση. Τέλος, όσον αφορά στις επιχειρήσεις, η MaaS δημιουργεί κερδοφόρες αγορές για νέες υπηρεσίες μεταφορών, προσφέρει ανανεωμένες ευκαιρίες για τους παραδοσιακούς τομείς των μεταφορών και των υποδομών ως μέρος των καινοτόμων υπηρεσιών, και εξυπνότερες συγκοινωνιακές συνδέσεις για όλους τους τομείς.

Η MaaS μπορεί να αποτελέσει κινητήριο δύναμη για την αύξηση της αποδοτικότητας των σημερινών συστημάτων μεταφορών και να βοηθήσει στη διάχυση της οικονομίας διαμοιρασμού (Smith, Sochor και Karlsson, 2020). Αυτό μπορεί να μειώσει τον αριθμό των ιδιωτικών αυτοκινήτων (Rantasila, 2016; Loubser κ.ά., 2020; Smith κ.ά., 2020), και να οδηγήσει σε μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης (Rantasila, 2016; Loubser κ.ά., 2020). Η ανάγκη για λιγότερες θέσεις στάθμευσης και υποδομών γενικότερα έχει επίσης αντίκτυπο στις χρήσεις γης, καθώς απελευθερώνει χώρο για άλλες χρήσεις (Rantasila, 2016).

Οι υπηρεσίες MaaS αποτελούν ολοκληρωμένες λύσεις διαχείρισης ζητημάτων κράτησης και πληρωμής, στηριζόμενες σε παραδοσιακές μορφές κινητικότητας (ταξί, MMM), αλλά και τις νέες μορφές κινητικότητας (car-sharing, ride-hailing), ώστε να παρέχουν την καλύτερη δυνατή λύση μετακίνησης από-πόρτα-σε-πόρτα.

Η MaaS φαίνεται ότι είναι μια μορφή κινητικότητας, η οποία μπορεί να ενισχύσει το μερίδιο αγοράς των διαμοιραζόμενων μορφών κινητικότητας, των MMM, αλλά και των ταξί, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να μειώσει την χρήση του ιδιωτικού οχήματος έως και 28% (Smith, Sochor και Karlsson, 2018; Wells κ.ά., 2020).

Οι πιθανοί χρήστες της MaaS φαίνεται να είναι άτομα που χαρακτηρίζονται από υψηλή κοινωνικο-οικονομική κατάσταση, με υψηλά ατομικά εισοδήματα και με υψηλό επίπεδο μόρφωσης, μικρής σχετικά ηλικίας (Monzon, Lopez-Carreiro και Lopez, 2019; Feneri, Rasouli και Timmermans, 2020; Loubser, Marnewick και Joseph, 2020; Wilson και Mason, 2020; Zijlstra κ.ά., 2020). Αυτά τα άτομα είναι περισσότερο εξοικειωμένα με την τεχνολογία και μπορούν να προσαρμοστούν πιο εύκολα σε μια τέτοια αλλαγή (Monzon κ.ά., 2019; Feneri κ.ά., 2020; Loubser κ.ά., 2020).

Επίσης, η διαμονή σε γειτονιές υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας φαίνεται να είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει θετικά την υιοθέτηση της MaaS (Monzon, Lopez-Carreiro και Lopez, 2019; Loubser, Marnewick και Joseph, 2020; Zijlstra κ.ά., 2020). Ενώ,

ο αριθμός των παιδιών σε ένα νοικοκυριό, αλλά και ατόμων που χρειάζονται βοήθεια στην μετακίνησή τους (Caiati, Rasouli και Timmermans, 2020; Wilson και Mason, 2020) επηρεάζουν αρνητικά την επιλογή της. Ένα πολυάριθμο νοικοκυριό θα δυσκολευόταν περισσότερο να μετακινηθεί κάνοντας χρήση αυτής της υπηρεσίας (Loubser, Marnewick και Joseph, 2020).

Οι μετακινούμενοι σύμφωνα με τους ειδικούς φαίνεται να είναι λιγότερο πρόθυμοι να επιλέξουν την MaaS όταν μέχρι τώρα χρησιμοποιούσαν ιδιωτικά οχήματα. Την ίδια δυσκολία φαίνεται να έχουν και οι ποδηλάτες, οι οποίοι μετακινούμενοι με το ποδήλατό τους έχουν την αίσθηση της ελευθερίας και της ευελιξίας των μετακινήσεών τους. Σε αντίθεση εκείνοι που μέχρι τώρα μετακινούνταν με τα δημόσια μέσα μεταφοράς φαίνεται να είναι πιο πιθανοί χρήστες της MaaS κυρίως γιατί είναι πιο εξοικειωμένοι με την πολυτροπική κινητικότητα και με τη χρήση εφαρμογών για την πληροφόρηση και την κράτηση που απαιτείται για την μετακίνησή τους (Jittrapirom κ.ά., 2020; Polydoropoulou κ.ά., 2020). Τέλος, έρευνα έχει δείξει ότι οι εν δυνάμει χρήστες της MaaS είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν το 64% του προϋπολογισμού που δαπανούν σήμερα για μετακινήσεις, για να στραφούν στην MaaS, κάτι που σημαίνει ότι θα την επέλεγαν ως μια οικονομικότερη λύση (Butler, Yigitcanlar και Paz, 2020).

Πίνακας 3.5.2.1: Επίδραση των ψηφιακών τεχνολογιών και των διαθέσιμων υποδομών σε καθεμία από τις μορφές κινητικότητας

	Ψηφιακές Τεχνολογίες	Υποδομές
Χρήση ιδιωτικού οχήματος	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) αποδοτικότητας των οχημάτων μέσω της έξυπνης οδήγησης (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) αποδοτικότητας των οχημάτων μέσω της πλοήγησης (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (-) ζήτησης για μετακινήσεις	(+) της δυναμικότητας των δρόμων → (-) χρόνου μετακίνησης (+) της δυναμικότητας των δρόμων → (-) κυκλοφοριακής συμφοράς (+) των υποδομών ανεφοδιασμού → (+) υιοθέτησης των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων (+) των δρόμων ήπιας κυκλοφορίας → (-) της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων
Δημόσιες συγκοινωνίες	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) χρήσης MMM (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) αποδοτικότητας μέσω της βελτίωσης της οδήγησης (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) της ασφάλειας (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (-) ζήτησης για μετακινήσεις	(+) της δυναμικότητας των δρόμων → (-) χρόνου μετακίνησης (+) των σημείων επιβίβασης/αποβίβασης → (+) αύξηση της χρήσης των MMM (+) των δρόμων ήπιας κυκλοφορίας → (+) της χρήσης MMM
Ταξί	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) αποδοτικότητας μέσω της βελτίωσης της οδήγησης	(+) της δυναμικότητας των δρόμων → (-) χρόνου μετακίνησης

	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) της ασφάλειας (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (-) ζήτησης για μετακινήσεις	(+) των υποδομών ανεφοδιασμού → (+) υιοθέτησης των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων (+) των σημείων επιβίβασης/αποβίβασης → (+) αύξηση της χρήσης των ταξί (+) των δρόμων ήπιας κυκλοφορίας → (+) της χρήσης ταξί (+) χρήση των ταξί → μειωμένη ανάγκη για θέσεις στάθμευσης
Carsharing	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) χρήσης Carsharing (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) αποδοτικότητας μέσω της βελτίωσης της οδήγησης (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (-) ζήτησης για μετακινήσεις	(+) των σημείων επιβίβασης/αποβίβασης → (+) αύξηση της χρήσης Carsharing (+) χρήση των Carsharing → μειωμένη ανάγκη για θέσεις στάθμευσης
Ride-hailing	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) χρήσης Ride hailing (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) αποδοτικότητας μέσω της βελτίωσης της οδήγησης (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (-) ζήτησης για μετακινήσεις	(+) των σημείων επιβίβασης/αποβίβασης → (+) αύξηση της χρήσης Ride hailing
Micromobility	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) χρήσης micromobility (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (-) ζήτησης για μετακινήσεις	(+) των δρόμων ήπιας κυκλοφορίας → (+) της χρήσης Micromobility (+) χρήση του Micromobility → μειωμένη ανάγκη για θέσεις στάθμευσης
MaaS	(+) ψηφιακής τεχνολογίας → (+) χρήσης MaaS (+) ψηφιακής τεχνολογίας → (-) ζήτησης για μετακινήσεις	(+) των σημείων επιβίβασης/αποβίβασης → (+) αύξηση πολυτροπικής μετακίνησης (+) χρήση του MaaS → (-) ανάγκη για θέσεις στάθμευσης

Πίνακας 3.5.2.2: Λόγοι επιλογής των μορφών κινητικότητας και χαρακτηριστικά των χρηστών τους

Μορφές κινητικότητας	Βασικά χαρακτηριστικά	Λόγοι χρήσης	Χαρακτηριστικά χρηστών
Ιδιωτικό αυτοκίνητο	Ιδιωτική χρήση	<ul style="list-style-type: none"> • Μετακίνηση με σκοπό την εργασία • Ψυχαγωγία • Ψώνια, • Κοινωνικές υποχρεώσεις, κα. <p>(Geels, 2018a)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Άτομα υψηλού εισοδήματος • Πολυμελείς οικογένειες • Άτομα με αναπηρίες, • Άτομα μεγαλύτερης ηλικίας <p>(Loubser κ.ά., 2020; Akyelken κ.ά., 2018)</p>
Μέσα μαζικής μεταφοράς	Standalone υπηρεσία	<ul style="list-style-type: none"> • Μετακίνηση με σκοπό την εργασία/σπουδές/σχολείο • Ψώνια • Άλλες δραστηριότητες <p>(Zailani κ.ά., 2016)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Νέα άτομα που δεν ενδιαφέρονται να αποκτήσουν δίπλωμα οδήγησης ούτε δικό τους όχημα, • Μεγαλύτερης ηλικίας άτομα • Άτομα χαμηλού εισοδήματος <p>(Behrendt και Teytelboym, 2010)</p>
Ταξί	Standalone υπηρεσία	<ul style="list-style-type: none"> • Μετακίνηση με σκοπό την εργασία • Ψυχαγωγία • Ψώνια • Κοινωνικές υποχρεώσεις, κα. <p>(Liu κ.ά., 2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Άτομα με υψηλό εισοδηματικό επίπεδο, για τα οποία η αξία του χρόνου μετακίνησής τους είναι υψηλή <p>(Li και Szeto, 2021)</p>
Carsharing	Χρηστοκεντρική υπηρεσία βασισμένη στην κοινοχρησία Standalone υπηρεσία	<ul style="list-style-type: none"> • Μετακίνηση με σκοπό την εργασία • Ψυχαγωγία • Ψώνια • Κοινωνικές υποχρεώσεις <p>(Burkhardt και Millard-Ball, 2006)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Άτομα τα οποία έχουν υψηλό επίπεδο μόρφωσης • Άτομα με εισόδημα μεγαλύτερο του μέσου όρου • Άτομα ηλικίας 25-44 ετών <p>(Zhou κ.ά., 2017)</p>
Ridehailing	Σύστημα πληθωπορισμού (crowdsourcing system) Standalone υπηρεσία	<ul style="list-style-type: none"> • Μετακίνηση με σκοπό την εργασία • Ψώνια • Αναψυχή και μετακίνηση από ένα μέσο μεταφοράς σε κάποιο άλλο • Κοινωνικές υποχρεώσεις • Ιατρικές επισκέψεις <p>(Mitra κ.ά., 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Νέα άτομα, μορφωμένα με περιβαλλοντικές ανησυχίες • Με εισόδημα παραπάνω από το μέσο όρο, • Άτομα με λιγότερα ιδιωτικά οχήματα από το μέσο όρο ή χωρίς ιδιωτικό όχημα • Άτομα που μετακινούνται με παρέα <p>(Young και Farber, 2019; Kong κ.ά., 2020)</p>
Micro mobility	Standalone υπηρεσία	<ul style="list-style-type: none"> • Μετακινήσεις του τελευταίου/πρώτου χιλιομέτρου (last/first mile) • Τροφοδοτεί και τροφοδοτείται από τα μέσα μαζικής μεταφοράς <p>(Lin κ.ά., 2018; Durand κ.ά. 2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Άτομα νεότερης ηλικίας, • Άτομα με υψηλότερα από το μέσο όρο εισοδήματα, • Άτομα εργαζόμενα με υψηλό επίπεδο μόρφωσης <p>(Durand κ.ά., 2018)</p>

MaaS	Χρηστοκεντρική υπηρεσία Βασισμένη κοινοχρησία Πολυτροπική υπηρεσία στην	<ul style="list-style-type: none"> • Μετακίνηση με σκοπό την εργασία/σχολείο/σπουδές • Κοινωνικές υποχρεώσεις 	<ul style="list-style-type: none"> • Νέα άτομα • Άτομα με υψηλά προσωπικά εισοδήματα • Άτομα υψηλό επίπεδο μόρφωσης. • Άτομα εξοικειωμένα με την τεχνολογία • Άτομα με κατοικία σε γειτονίες υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας (Zijlstra κ.ά., 2020; Monzon κ.ά., 2019; Feneri κ.ά., 2020; Loubser κ.ά., 2020)
------	---	---	--

Μορφή κινητικότητας	Όχημα	Μέγεθος στόλου	Τύπος	Επιβίβαση/Αποβίβαση	Επιχειρηματικό μοντέλο	Χωρική κάλυψη	Χρονική διάθεση	Μηχανισμοί τιμολόγησης	Μηχανισμοί αντιστοίχισης	Χώροι στάθμευσης
Ιδιωτικό όχημα	Ιδιωτικό όχημα, Ιδιωτική χρήση	Καθορισμένο από τον ιδιοκτήτη	Μη διαμοιραζόμενο	Από πόρτα σε πόρτα	Ιδιωτικό	Χωρίς όρια	24/7	Έξοδα καυσίμων και συντήρησης	-	Ιδιωτικοί χώροι στάθμευσης/ χώροι στάθμευσης στο δρόμο, κλπ.
Ταξί	Ιδιωτικά οχήματα, δημόσιας χρήσης	Καθορισμένο από τους οδηγούς και τα προγράμματα	Μη διαμοιραζόμενο	Από πόρτα σε πόρτα	Ιδιωτικό	Χωρίς όρια	24/7	Προκαθορισμέ να ναύλα/ τιμές	FCFS ¹⁷ / διμερής αντιστοίχιση	n/a
Μέσα μαζικής μεταφοράς	Λεωφορεία	Προκαθορισμέ να: Ύπαρξη συγκεκριμένων ν δρομολογίων και στόλου	Μαζικώς κοινόχρηστο	Στάσεις εξυπηρέτησης	Δημόσιο	Περιορισμένο στο προκαθορισμέ νο δίκτυο	Προκαθορισ μένη από τον πάροχο	Προκαθορισμέ να ναύλα/ τιμές	Επιλογή στάσης εξυπηρέτησης	n/a
Car-sharing	Δημόσια οχήματα	Οριοθετημένος στόλος εξυπηρέτησης	Σύστημα διαμοιρασμού οχημάτων	Σταθμοί εξυπηρέτησης / Σημεία παραλαβής	Δημόσιο ή Συνεργασία δημοσίου ιδιωτικού τομέα	Προκαθορισμέ νη, ορίζεται από τον πάροχο	Προκαθορισ μένη από τον πάροχο / 24/7	Προκαθορισμέ να ναύλα/ τιμές	FCFS, βασισμένη σε εφαρμογή ή ιστοσελίδα	Θέσεις πάρκινγκ στο σταθμό εξυπηρέτησης ή χώροι στάθμευσης στο δρόμο
Ride-hailing	Ιδιωτικά οχήματα για δημόσια χρήση	Προκαθορισμέ νη εξυπηρέτηση βάσει της διαθεσιμότητας των οδηγών	Μη διαμοιραζόμενο	Από πόρτα σε πόρτα	Ιδιωτικό	Χωρίς όρια	24/7	Δυναμική τιμολόγηση	Διμερής αντιστοίχιση βασισμένη σε εφαρμογές	Καθορίζεται από τον οδηγό
Micro mobility	Δημόσια οχήματα	Προκαθορισμέ νη διαθεσιμότητα οχημάτων	Σύστημα διαμοιρασμού οχημάτων	Σταθμοί εξυπηρέτησης	Δημόσιο ή Συνεργασία δημοσίου ιδιωτικού τομέα	Προκαθορισμέ νο, ορισμένο από τη διαθεσιμότητα των σταθμών εξυπηρέτησης ή την εμβέλεια εξυπηρέτησης	Προκαθορισ μένο από τον πάροχο / 24/7	Προκαθορισμέ να ναύλα/ τιμές	FCFS: βασισμένο σε χρήση εφαρμογών ή ιστοσελίδων	Προκαθορισμέ νοι χώροι στάθμευσης/ Οπουδήποτε εντός της εμβέλειας εξυπηρέτησης

Πίνακας 3.5.2.3: Χαρακτηριστικά εξεταζόμενων μορφών μετακίνησης Πηγή: Βασισμένο στο Calderón και Miller (2021)

¹⁷ FCFS=First come first served

3.6. Συμπληρωματικότητα/ανταγωνιστικότητα των μορφών αστικής κινητικότητας

Καθώς το ΚΤΣ των αστικών μετακινήσεων αποτελείται από πολλά καθεστώτα μετακίνησης, η αναδιαμόρφωση του συστήματος θα πραγματοποιηθεί μετά και από αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των καθεστώτων. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να είναι (Geels, 2018):

- Ανταγωνισμός μεταξύ των καθεστώτων που μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στο σχετικό μέγεθος, π.χ. στροφή προς άλλη μορφή μετακίνησης, από τα αυτοκίνητα στα τρένα.
- Συμβίωση μεταξύ των καθεστώτων, κάτι το οποίο σημαίνει ότι αλληλεπιδρούν θετικά, αλλά παραμένουν διαχωρισμένα.
- Ενσωμάτωση η οποία σημαίνει ότι τα καθεστώτα αλληλεπιδρούν για να σχηματίσουν ένα νέο σύστημα. Η ενσωμάτωση μπορεί να οδηγήσει σε πολυτροπικά συστήματα μεταφορών, όπως η MaaS.

Κάποιες από τις μορφές κινητικότητας μπορεί να αποτελούν τροφοδότη για κάποιες άλλες, όπως το car-sharing και το ride-hailing για τις δημόσιες συγκοινωνίες, καθώς διευκολύνουν άτομα τα οποία δεν έχουν άμεση πρόσβαση στις δημόσιες συγκοινωνίες, δημιουργώντας έτσι μια συνέργεια μεταξύ των μορφών κινητικότητας στο πρώτο-τελευταίο χιλιόμετρο της μετακίνησης (*first-last mile commute*) των πολιτών (Caiati, Rasouli και Timmermans, 2020).

Το car-sharing θεωρείται ότι έχει τη δύναμη να μειώσει τη χρήση των μηχανοκίνητων οχημάτων και του ιδιωτικού οχήματος, λειτουργώντας ανταγωνιστικά με αυτά, μειώνοντας πέρα από τη χρήση και την ιδιοκτησία τους (Kim, 2015; Le Vine και Polak, 2015; Zhou κ.ά., 2017; Akyelken, Banister και Givoni, 2018; Ivanova κ.ά., 2018; Shaheen και Cohen, 2018; Münzel κ.ά., 2019). Αυτό συμβαίνει καθώς το κόστος καυσίμων και συντήρησης των ιδιωτικών οχημάτων αυξάνεται, και η εύρεση θέσης στάθμευσης γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη υπόθεση (Efthymiou, Antoniou και Waddell, 2013). Έτσι, καθώς η ιδιοκτησία ενός ιδιωτικού οχήματος γίνεται πολυτέλεια, και οι δημόσιες συγκοινωνίες στερούν την ελευθερία και την ποιότητα μετακίνησης, οι πολίτες αναζητούν εναλλακτικές μορφές μετακίνησης.

Ταυτόχρονα το car-sharing μπορεί να λειτουργήσει ως διαμεσολαβητής (*moderator*), ενθαρρύνοντας τους μετακινούμενους να χρησιμοποιήσουν τόσο τα MMM, όσο και τις ενεργές μορφές κινητικότητας συχνότερα (Zhou κ.ά., 2017; Akyelken, Banister και Givoni, 2018; Münzel κ.ά., 2019). Η χρήση του car-sharing οδηγεί έμμεσα και στη μείωση των οχημάτων στους δρόμους, μειώνοντας έτσι το χρόνο εύρεσης θέσης στάθμευσης, αλλά και τον συνολικό χρόνο μετακίνησης

σύμφωνα με κάποιους ερευνητές (Zhou κ.ά., 2017; Hall, Palsson και Price, 2018). Ωστόσο, αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν πως το car-sharing λειτουργεί ανταγωνιστικά στα MMM, καθώς είναι μια σχετικά οικονομικότερη υπηρεσία μετακίνησης που προσφέρει ιδιωτικότητα και πιο γρήγορες μετακινήσεις, ικανή να αφαιρέσει μερίδιο αγοράς από τα MMM (Efthymiou, Antoniou και Waddell, 2013).

Το ride-hailing φαίνεται να λειτουργεί αρχικά ανταγωνιστικά με τα ταξί, καθώς εξασφαλίζει άμεση πρόσβαση στους μετακινούμενους, καθώς και μικρότερο κόστος (Lavieri και Bhat, 2019). Εξίσου ανταγωνιστικά, λειτουργεί και προς τα δημόσια μέσα συγκοινωνίας, καθώς εξασφαλίζει την ιδιωτικότητα της μετακίνησης, μειώνοντας ταυτόχρονα το χρόνο υλοποίησής της με χαμηλό κόστος. Επίσης, λόγω της απαλλαγής των μετακινούμενων από την κατοχή διπλώματος οδήγησης, αλλά και της εύρεσης θέσης στάθμευσης, καθιστά το ride-hailing ανταγωνιστικό απέναντι στο ιδιωτικό όχημα (Lavieri και Bhat, 2019).¹⁸

Το ταξί φαίνεται να είναι ανταγωνιστικό τόσο με το ride-hailing όσο και με το car-sharing, και αναμένεται να είναι η πρώτη μορφή κινητικότητας που ίσως αντικατασταθεί από αυτές, καθώς προσφέρουν παρόμοιες υπηρεσίες με χαμηλότερες τιμές και με μεγαλύτερη αμεσότητα (Shaheen και Cohen, 2019).

Πίνακας 3.6.1: Συμπληρωματικότητα και ανταγωνιστικότητα μεταξύ των μορφών κινητικότητας

	Ιδιωτικό όχημα	Ταξί	Δημόσιες Συγκοινωνίες	Car- sharing	Ride hailing	Micromobility
Ιδιωτικό όχημα	-					
Ταξί	A	-				
Δημόσιες Συγκοινωνίες	A	A	-			
Car-sharing	A	A	A/Σ	-		
Ride-hailing	A	-	A/Σ	A	-	
Micromobility	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	-

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

*Σ: συμπληρωματικές, Α: ανταγωνιστικές μορφές κινητικότητας

Οι έρευνες δείχνουν ότι η απομάκρυνση από το ιδιωτικό αυτοκίνητο δεν είναι μια εύκολη υπόθεση. Για να γίνει αυτό θα πρέπει οι μετακινούμενοι να αξιολογούν τη χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου ως κατώτερη των άλλων μορφών μετακίνησης (Moody κ.ά., 2021). Ωστόσο η πραγματικότητα μας δείχνει ότι η αντιλαμβανόμενη

¹⁸ Πιο συγκεκριμένα το ride-hailing μπορεί να αντικαταστήσει κατά 51% τη χρήση των ταξί και κατά 36% τη χρήση των MMM και κατά 10% τη χρήση ιδιωτικού οχήματος (Acheampong κ.ά., 2020).

αξία της χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου είναι πάντοτε ένα επίπεδο υψηλότερα από αυτό των άλλων μορφών κινητικότητας.

Από τα παραπάνω κατανοούμε ότι η πρόκληση για τους δημιουργούς των πολιτικών, τους ερευνητές και τις εταιρείες που προσφέρουν υπηρεσίες κινητικότητας, είναι να δημιουργήσουν πακέτα εναλλακτικών μορφών μετακίνησης τα οποία θα υπερτερούν της μετακίνησης με ιδιωτικά οχήματα, ακόμα κι αν μεμονωμένα δε θα μπορούσαν να φτάσουν σε ανώτερα επίπεδα αντιλαμβανόμενης αξίας.

3.7. Κυρίαρχες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται από τα μοντέλα μετακίνησης

Πέρα από τις διάφορες μορφές κινητικότητας που επηρεάζουν το ΚΤΣ των αστικών μετακινήσεων, σημαντικές αλλαγές επιφέρουν και οι νέες τεχνολογίες που εντάσσονται στο σύστημα. Σήμερα το 99,8% των παγκόσμιων μεταφορών κινείται με μηχανές εσωτερικής καύσης και το 95% αυτών χρησιμοποιεί ενέργεια η οποία προέρχεται από παράγωγα πετρελαίου (Leach κ.ά., 2020).

Η είσοδος των νέων τεχνολογιών επιφέρει τόσο αλλαγές στις εκπομπές αερίων ρύπων, όσο και στις υποδομές που απαιτούνται για να στηρίξουν τις νέες τεχνολογίες. Η εισαγωγή οχημάτων χαμηλών ή μηδενικών ρύπων είναι ένας καταλυτικός παράγοντας προς την απανθρακοποίηση και το μετριασμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μηχανών εσωτερικής καύσης και των παραδοσιακών λύσεων που προσφέρονται αυτή τη στιγμή για την ικανοποίηση των μετακινήσεων.

Κυρίαρχη τεχνολογία είναι αυτή των οχημάτων εσωτερικής καύσης τα οποία καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, η κυριαρχία της έχει αρχίσει να κλονίζεται από την είσοδο των νέων τεχνολογιών και κυρίως της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτό συμβαίνει καθώς η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων ακολουθείται από την πεποίθηση ότι μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς αποτελεί «πράσινη και καθαρή» τεχνολογία^{19,20}.

Παρόλο που οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής έχουν προσπαθήσει να δημιουργήσουν πολιτικές οι οποίες να οδηγούν στην υιοθέτηση οχημάτων χαμηλότερων ρύπων και στις πιο βιώσιμες μεταφορές, η ανταπόκριση του συστήματος

¹⁹ Κάτι όμως που μπορεί να επιτευχθεί μόνο υπό την προϋπόθεση ότι η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από «πράσινες» πηγές (Towoju και Ishola, 2020).

²⁰ Το 66% της ηλεκτρικής ενέργειας το 2015 να προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων (Towoju και Ishola, 2020).

δεν είναι η αναμενόμενη, καθώς η υιοθέτηση οχημάτων εναλλακτικών τεχνολογιών φαίνεται να μη γίνεται με το ρυθμό που στόχευαν οι πολιτικές (Mazur κ.ά., 2015). Αυτό φαίνεται να οφείλεται στην σταθερότητα του ισχύοντος καθεστώτος, αλλά κυρίως στην σημαντική επιρροή που έχουν οι αυτοκινητοβιομηχανίες οι οποίες είναι έντονα ενσωματωμένες στο σύστημα μέσω των οχημάτων ιδιωτικής χρήσης. Η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών δεν αποτελεί εύκολη υπόθεση, με πολυάριθμες κατηγορίες παραγόντων να αναγνωρίζονται ως οι βασικότερες κατηγορίες παραγόντων που επηρεάζουν στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών στις μεταφορές (Kemp, Schot και Hoogma, 1998; Tsoutsos και Stamboulis, 2005): -τεχνολογικοί παράγοντες, - κυβερνητικές πολιτικές και κανονισμοί, -πολιτισμικοί και ψυχολογικοί παράγοντες, - παράγοντες ζήτησης, -παράγοντες παραγωγής, -υποδομές και δίκτυα συντήρησης, - ανεπιθύμητα κοινωνικά και περιβαλλοντικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τις νέες τεχνολογίες.

Παρακάτω αναπτύσσονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά των κυριότερων τεχνολογιών που συναντώνται στο ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων.

3.7.1. Οχήματα μηχανών εσωτερικής καύσης συμβατικών καυσίμων

Η κυρίαρχη τεχνολογία στις αστικές μετακινήσεις είναι αυτή των οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης (*internal combustion engine - ICE*) τα οποία λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα (βενζίνη, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, υγραέριο) και βιοκαύσιμα. Σήμερα το 99.8% των οχημάτων παγκοσμίως λειτουργούν με μηχανές εσωτερικής καύσης και το 95% αυτών χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα παράγωγα του πετρελαίου για να κινηθούν (Leach κ.ά., 2020). Η κυριαρχία των μηχανών εσωτερικής καύσης που λειτουργούν με υγρούς υδρογονάνθρακες, στηρίζεται στην υψηλή ενεργειακή απόδοση των μηχανών εσωτερικής καύσης, καθώς και στο επίπεδο ωριμότητας στο οποίο έχει καταφέρει να αγγίξει ο συνδυασμός της ενεργειακής απόδοσης των υγρών καυσίμων και της ενεργειακής απόδοσης των κινητήρων (Kasseris και Heywood, 2007).

Τα τελευταία 30 χρόνια, έχει πραγματοποιηθεί μεγάλος όγκος E&A, η οποία έχει βοηθήσει τους κατασκευαστές οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης να μειώσουν τις εκπομπές τους σε μεγάλο βαθμό. Στόχος είναι να υπακούσουν τις παγκόσμιες, ευρωπαϊκές, αλλά και εθνικές οδηγίες περί περιβαλλοντικής προστασίας (VEHICLE TECHNOLOGIES OFFICE, 2021; Leach κ.ά., 2020).

Η αντικατάστασή τους με οχήματα άλλων τεχνολογιών ή λειτουργίας με άλλα καύσιμα φαίνεται να είναι δύσκολη, εξαιτίας των τεχνολογικών εγκλωβισμών που έχουν αναπτυχθεί στη διάρκεια του τελευταίου αιώνα. Αυτό συμβαίνει καθώς η αγορά των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης βενζίνης και πετρελαίου, είναι ώριμες και τόσο το δίκτυο συντήρησής τους και το δίκτυο ανεφοδιασμού τους, όσο και το δίκτυο διανομής τους είναι ισχυρό και παγκοσμίως προσβάσιμο. Αυτοί οι εγκλωβισμοί δημιουργούν την πεποίθηση ότι τα οχήματα εσωτερικής καύσης θα συνεχίζουν να κυριαρχούν για τα επόμενα έτη (Leach κ.ά., 2020).

3.7.2. Ηλεκτρικά οχήματα

Η ανάπτυξη και η διάχυση των ηλεκτρικών οχημάτων (*electric vehicles - EVs*) σημειώνουν συνεχή αύξηση, καθώς θεωρούνται ελεύθερα ρύπων, ειδικά αν η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (Quarles, Kockelman και Mohamed, 2020). Παρά τη δυνητικά επαναστατική στροφή προς την ηλεκτρική κινητικότητα στην αγορά επιβατικών οχημάτων, οι ακαδημαϊκές κοινότητες και οι κοινότητες χάραξης πολιτικής παραμένουν συνδεδεμένες με ένα τεχνοοικονομικό παράδειγμα που μπορεί να μην εκτιμά πλήρως τα βαθύτερα κοινωνικά και γεωγραφικά στοιχεία μιας μετάβασης στα ηλεκτρικά οχήματα δυσκολεύοντας τη μετάβαση σε νέους λιγότερο ρυπογόνους κινητήρες (Sovacool κ.ά., 2019). Η υιοθέτηση τέτοιων οχημάτων θεωρείται ως μια οδός για το μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τον κλάδο των μεταφορών. Με γνώμονα αυτό, πολλές χώρες εφαρμόζουν πολιτικές για την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας, και την υιοθέτησή της, αλλά και την ανάπτυξη δικτύου συμπληρωματικών πόρων (Jenn, Springel και Gopal, 2018).

Μετά το 2010, η ταχεία αύξηση των πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων φαίνεται να ενισχύθηκε από πρωτοβουλίες που αφορούν τόσο στην αγορά (π.χ. οικονομική ενίσχυση-επιδότησεις), όσο και τη χρήση οχημάτων (π.χ. εκπτώσεις σε διόδια, χώρους στάθμευσης) (Jenn, Springel και Gopal, 2018; Simsekoglu, 2018).

Η οικονομική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, η αποδοτικότητα των ηλεκτροκινητήρων στον αστικό ιστό (Langbroek, Franklin και Susilo, 2016) και το χαμηλό κόστος συντήρησής τους (Barton και Schütte, 2017; Towoju και Ishola, 2020), το γεγονός ότι προσφέρουν μεγαλύτερη επιτάχυνση, ενώ μπορούν να τροφοδοτηθούν στην οικία του κάθε ιδιοκτήτη, και παράγουν λιγότερο θόρυβο (Barton και Schütte, 2017), αυτά τα χαρακτηριστικά τείνουν να είναι ελκυστικά για τους δυνητικούς

αγοραστές και να αποτελούν βασικά επιχειρήματα για την αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος έναντι ενός συμβατικού.

Η επιλογή του τύπου οχήματος εξαρτάται και από παράγοντες όπως είναι το μάρκετινγκ και η διαφήμιση, καθώς μπορούν να επηρεάσουν την συμπεριφορά των ατόμων. Για παράδειγμα, τα υβριδικά οχήματα είναι πιο ελκυστικά σε άτομα που σχετίζονται με παρόμοια «πράσινα» οχήματα πιθανότατα λόγω εκτενούς μάρκετινγκ ή προώθησης από αναγνωρίσιμα πρόσωπα (Behrendt και Teytelboym, 2010).

Βέβαια, συνεχίζουν να υπάρχουν εμπόδια στην διάχυση των ηλεκτρικών οχημάτων, όπως η ανησυχία των πολιτών σχετικά με το χιλιομετρικό εύρος που μπορεί να διανυθεί με μια φόρτιση, καθώς και με το κόστος αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων το οποίο φαίνεται ακόμη να μην είναι ελκυστικό (Barton και Schütte, 2017; Jenn, Springel και Gopal, 2018).

Πέρα από τα ατομικά εμπόδια φαίνεται να υπάρχουν και άλλα τα οποία αφορούν σε εθνικό επίπεδο. Αρχικά κάποιες χώρες δυσκολεύονται να εντάξουν τα ηλεκτρικά οχήματα, λόγω των υψηλών απαιτήσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλαγών στο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων φόρτισης, (Leach κ.ά., 2020). Παράλληλα, ανακύπτουν ζητήματα σχετικά με τα μεταλλεύματα που απαιτούνται για την παραγωγή των μπαταριών και την επάρκειά τους, όσο και για την ασφάλεια χρήσης τους (Towoju και Ishola, 2020).

3.7.3. Οχήματα μηχανών εσωτερικής καύσης εναλλακτικών καυσίμων

Τα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων (*Alternative fuel vehicles - AFVs*) θεωρούνται υψηλής σημασίας, καθώς προκαλούν χαμηλή ρύπανση, καθώς λειτουργούν καταναλώνοντας εναλλακτικά καύσιμα, όπως βιοκαύσιμα και υδρογόνο (Liu κ.ά., 2019). Η υιοθέτηση των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων στηρίζεται στο μέγεθος και τη σημαντικότητα της αυτοκινητοβιομηχανίας, καθώς και στην ήδη εγκατεστημένη βάση οχημάτων (Struben και Sterman, 2008). Η διάχυση των εναλλακτικών οχημάτων παροτρύνεται, αλλά ταυτόχρονα παρεμποδίζεται από την ισχυρή θετική ανατροφοδότηση που πηγάζει από τις οικονομίες κλίμακος και σκοπού, την έρευνα και την ανάπτυξη, τη μάθηση μέσω της πράξης (*Learning by doing*), την εμπειρία του οδηγού, την διάδοση δια στόματος (*Word of mouth*), καθώς και την ύπαρξη συμπληρωματικών αναγκαίων πόρων, όπως οι υποδομές ανεφοδιασμού.

Τα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων αντιμετωπίζονται ως πιθανές λύσεις ενάντια στα ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα (Oliveira κ.ά., 2019; Liu κ.ά., 2019). Η συνεισφορά τους στα παραπάνω προβλήματα φαίνεται να αποδίδεται τόσο στη χρήση των αποδοτικότερων μηχανών σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα, αλλά και στο γεγονός ότι καταναλώνουν ενέργεια που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.

Ωστόσο, οι εν δυνάμει αγοραστές αυτών των οχημάτων εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν επιφυλακτικά τα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων, καθώς υπάρχει η πεποίθηση ότι δεν έχουν επιλυθεί ακόμη σημαντικά τεχνικά και οικονομικά ζητήματα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιούν τα οχήματα εναλλακτικών καυσίμων δε θεωρείται ακόμη ώριμη, αλλά και οι υποδομές ανεφοδιασμού τους είναι ακόμη ανεπαρκείς, καθιστώντας την υιοθέτησή τους αργή και διστακτική (Simsekoglu, 2018; Oliveira, Roth και Dias, 2019). Ταυτόχρονα, το κόστος αγοράς και χρήσης ενός τέτοιου οχήματος είναι υψηλότερο από ενός συμβατικού οχήματος (Liu κ.ά., 2019), καθιστώντας το απαγορευτικό. Εμπόδια σαν τα παραπάνω προσπαθούν να υπερκεραστούν μέσω πρωτοβουλιών και ενισχύσεων κυρίως οικονομικών που αφορούν στην αγορά αλλά και τη χρήση αυτών των οχημάτων (Ulli-Beer κ.ά., 2009; Liu κ.ά., 2019).

Πίνακας 3.7.3.1: Σύγκριση διαθέσιμων τεχνολογιών οχημάτων

Τεχνολογία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης καταπόνησης καυσίμων παραγωγών του πετρελαίου	-Επαρκείς σταθμοί ανεφοδιασμού -Επαρκείς χώροι συντήρησης -Επαρκείς γνώσεις για την τεχνολογία -Ποικιλία τύπων οχημάτων -Ισορροπημένο κόστος λόγω ώριμης τεχνολογίας	-Υψηλά ποσοστά ρύπων -Υψηλό κόστος συντήρησης
Ηλεκτρικά οχήματα	-Οικονομία καυσίμων -Μικρότερο κόστος συντήρησης -Μικρότερο κόστος μετακίνησης -Περιορισμένοι ρύποι -Υψηλότερη απόδοση	-Μικρό χιλιομετρικό εύρος μετακίνησης -Υψηλό κόστος αγοράς -Περιορισμένοι σταθμοί φόρτισης -Περιορισμένο δίκτυο συνεργείων συντήρησης -Υψηλό κόστος αντικατάστασης μπαταριών
Οχήματα εναλλακτικών καυσίμων	-Μικρότερο κόστος μετακίνησης -Περιορισμένοι ρύποι -Υψηλότερη απόδοση	-Υψηλό κόστος αγοράς -Περιορισμένοι σταθμοί φόρτισης/ανεφοδιασμού

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

3.8. Πολιτικές για οχήματα

Η Ε.Ε. θέσπισε τον κανονισμό καθαρής κινητικότητας το 2019 (Clean Mobility Directive, 2019/1161), και έχει θέσει το ποσοστό ηλεκτρικών οχημάτων που θα πρέπει να υπάρχουν στην αγορά ανά κράτος-μέλος μέχρι το 2030, τόσο για επιβατικά οχήματα

όσο και για λεωφορεία. Ταυτόχρονα, μέτρα περιορισμού της χρήσης των μη καθαρών οχημάτων λαμβάνονται από τα κράτη μέλη, ενώ υποδομές οι οποίες είναι απαραίτητες για τη μετάβαση σε νέους τύπους οχημάτων χρειάζεται να δημιουργηθούν.

Πίνακας 3.8.1: Ποσοστά ελαφρών οχημάτων και λεωφορείων χαμηλών εκπομπών ανά κράτος μέλος σύμφωνα με την οδηγία 2019/1161

Κράτος Μέλος	Από 2 Αυγούστου 2021 έως 31 Δεκεμβρίου 2025		Από 1 Ιανουαρίου 2026 έως 31 Δεκεμβρίου 2030	
	Ελαφρά οχήματα	Λεωφορεία	Ελαφρά οχήματα	Λεωφορεία
Λουξεμβούργο	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Σουηδία	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Δανία	37,4 %	45 %	37,4 %	65 %
Φινλανδία	38,5 %	41 %	38,5 %	59 %
Γερμανία	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Γαλλία	37,4 %	43 %	37,4 %	61 %
Ηνωμένο Βασίλειο	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Ολλανδία	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Αυστρία	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Βέλγιο	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Ιταλία	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Ιρλανδία	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Ισπανία	36,3 %	45 %	36,3 %	65 %
Κύπρος	31,9 %	45 %	31,9 %	65 %
Μάλτα	38,5 %	45 %	38,5 %	65 %
Πορτογαλία	29,7 %	35 %	29,7 %	51 %
Ελλάδα	25,3 %	33 %	25,3 %	47 %
Σλοβενία	22 %	28 %	22 %	40 %
Τσεχία	29,7 %	41 %	29,7 %	60 %
Εστονία	23,1 %	31 %	23,1 %	43 %
Σλοβακία	22 %	34 %	22 %	48 %

Λιθουανία	20,9 %	42 %	20,9 %	60 %
Πολωνία	22 %	32 %	22 %	46 %
Κροατία	18,7 %	27 %	18,7 %	38 %
Ουγγαρία	23,1 %	37 %	23,1 %	53 %
Λετονία	22 %	35 %	22 %	50 %
Ρουμανία	18,7 %	24 %	18,7 %	33 %
Βουλγαρία	17,6 %	34 %	17,6 %	48 %

Πηγή: Directive (EU) 2019/1161 <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj>

Υπάρχουν δύο τύποι κανονισμών οικονομικής φύσεως που πιέζουν προς την κατεύθυνση της βιωσιμότητας της αστικής κινητικότητας. Η πρώτη κατηγορία είναι αυτή των πολιτικών εντολής και ελέγχου (*command and control - CAC*), ενώ η δεύτερη κατηγορία είναι βασισμένη σε κίνητρα (*incentive based - IB*). Τόσο οι πολιτικές εντολής και ελέγχου, όσο και αυτές βασισμένες στα κίνητρα, παρέχουν οικονομικά κίνητρα στους καταναλωτές και στους παραγωγούς ώστε να αλλάξουν συμπεριφορά και να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα (Santos κ.ά., 2010).

Οι περισσότερες πολιτικές πίεσης σχετικά με τα οχήματα, σύμφωνα με τον Geels (2018a) έχουν προέλθει από Ευρωπαϊκούς φορείς θέσπισης πολιτικών. Το 2009, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εισήγαγε περιορισμούς σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των νέων αυτοκινήτων, θέτοντας ως όριο τα 130 g/km κατά μέσο όρο για το στόλο των οχημάτων. Λίγο αργότερα το 2014, αυτός ο στόχος έγινε πιο αυστηρός θέτοντας τα όρια στα 95 g/km μέχρι το 2020-21. Τέτοιοι κανονισμοί αποτέλεσαν ώθηση για την βελτίωση της αποδοτικότητας των οχημάτων. Επίσης, δίνονται επιδοτήσεις σε όσους αποσύρουν παλιά οχήματα και αγοράζουν οχήματα νέας τεχνολογίας τα οποία χαρακτηρίζονται από εξοικονόμηση καυσίμου και χαμηλές εκπομπές ρύπων. Το 2009 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εισήγαγε επίσης οδηγία με την οποία έθετε ως στόχο μέχρι το 2020 τουλάχιστον 10% της ενέργειας που χρησιμοποιείται στις μεταφορές να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κάτι που ενεργοποίησε την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων.

Επιπλέον κανονισμοί τίθενται από διάφορες χώρες για την αλλαγή της τεχνολογίας των οχημάτων, με νέες τεχνολογίες όπως τα ηλεκτρικά οχήματα, αντί των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Η Δανία επιβάλλει φόρους 180% στα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης, σε συνδυασμό με άλλες πολιτικές όπως δωρεάν φόρτιση και στάθμευση για οχήματα με ηλεκτρικούς κινητήρες, ενώ σε

αντίστοιχες κινήσεις φορολογίας των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης και κίνητρα για τη χρήση αυτών με ηλεκτρικούς κινητήρες έχει προχωρήσει και η Νορβηγία. Η Κίνα πέρα από ανάλογες πρωτοβουλίες είναι από τις χώρες που έχει επενδύσει αρκετά και στην έρευνα και ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων (Towoju και Ishola, 2020).

Τα φορολογικά εργαλεία χρησιμοποιούνται, ως εργαλεία εντολής και ελέγχου (*command-and-control*), στις οδικές μεταφορές, επειδή αποτελούν σχετικά φθηνά και απλά στην εφαρμογή τους εργαλεία. Περιλαμβάνουν τη χρήση φόρων και επιβαρύνσεων προκειμένου να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ ιδιωτικού και κοινωνικού κόστους και αρχικά μπορούν να οδηγήσουν σε μια αποτελεσματική λύση της αγοράς. Φόροι ταξινόμησης των οχημάτων, ιδιοκτησίας, καυσίμων, εκπομπών, χρήσης, καθώς και χρεώσεις στάθμευσης και συμφόρησης έχουν εφαρμοστεί σε πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο, με στόχο την αποθάρρυνση της χρήσης ιδιωτικού αυτοκινήτου.

Στη Στοκχόλμη, οι χρεώσεις για την συμφόρηση οδήγησαν σε αξιοσημείωτη μείωση των ρύπων, όπως και στο Λονδίνο. Βέβαια, τα περιβαλλοντικά οφέλη αυτού του μέτρου έχουν αρχίσει σταδιακά να φθίνουν (Cornago, Dimitropoulos και Oueslati, 2019). Στο Λονδίνο οι χρεώσεις για την κυκλοφορική συμφόρηση είχαν και άλλα παράπλευρα θετικά αποτελέσματα, όπως τη μείωση των ατυχημάτων στο κέντρο της πόλης, καθώς και την αύξηση της ποιότητας ζωής στο κέντρο της πόλης (Behrendt και Teytelboym, 2010). Στο Μιλάνο, οι χρεώσεις για την κυκλοφοριακή συμφόρηση φαίνεται να κατάφεραν να αυξήσουν την καθημερινή χρήση των διαμοιραζόμενων ποδηλάτων βραχυπρόθεσμα. Οι χρεώσεις για την κυκλοφοριακή συμφόρηση αύξησαν το κόστος χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου, και οδήγησαν σε αλλαγή της μορφής μετακίνησης από το ιδιωτικό αυτοκίνητο σε εναλλακτικές μορφές μετακίνησης. Αυτό επέφερε μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης αρχικά, οδηγώντας σε ένα πιο ασφαλές και ευχάριστο περιβάλλον για τις ενεργητικές μορφές μετακίνησης (Cornago, Dimitropoulos και Oueslati, 2019).

Οι περιορισμοί στη στάθμευση των αυτοκινήτων στις πόλεις μπορούν επίσης να μειώσουν την χρήση αυτοκινήτων, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με πολιτικές για χρεώσεις της κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπως έχει συμβεί στο Λονδίνο (May, Kelly και Shepherd, 2006) και την εισαγωγή λωρίδων όπου εφαρμόζονται διόδια σε οχήματα χαμηλής πληρότητας (<2 επιβάτες) (*High occupancy tolls*) σε πολλές πολιτείες των ΗΠΑ (Santos κ.ά., 2010). Τέτοιες πολιτικές βοηθούν στην αποφυγή των άσκοπων

μετακινήσεων, προωθούν την αλλαγή της συμπεριφοράς των μετακινούμενων, και παροτρύνουν τη χρήση εναλλακτικών μορφών μετακίνησης.

Πίνακας 3.8.2: Μέτρα/Πολιτικές που επηρεάζουν την επιλογή τεχνολογίας οχημάτων και μορφής μετακίνησης

	Μέτρο/Πολιτική
Επιλογή τεχνολογίας οχημάτων	<ul style="list-style-type: none"> - Φόροι ταξινόμησης οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης - Φόροι καυσίμων - Θέσπιση ποσοστού ηλεκτρικών οχημάτων που θα πρέπει να υπάρχουν στην αγορά - Υποδομές φόρτισης/ανεφοδιασμού οχημάτων που καταναλώνουν εναλλακτικά καύσιμα - Θέσπιση ανώτατου ορίου εκπομπών CO₂ ανά όχημα - Θέσπιση ποσοστού ενέργειας που καταναλώνεται για μετακινήσεις που θα πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ - Bonus απόσυρσης παλαιών οχημάτων και επιδότηση για αγορά οχημάτων εναλλακτικής τεχνολογίας
Επιλογή μορφής κινητικότητας	<ul style="list-style-type: none"> - Περιορισμοί στη στάθμευση οχημάτων στο κέντρο της πόλης - Χρεώσεις κυκλοφοριακής συμφόρησης - Εισαγωγή λωρίδων κυκλοφορίας οχημάτων υψηλής πληρότητας

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

3.9. Συμπεράσματα

Για να πραγματοποιηθεί η μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο ΚΤΣ αστικών μετακινήσεων είναι απαραίτητη μια ολοκληρωμένη πολιτική για τις μεταφορές (Behrendt και Teytelboym, 2010). Η παροχή ασφαλών και ευχάριστα εναλλασσόμενων εγκαταστάσεων σε συνδυασμό με ενιαία εισιτήρια και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για τους επιβάτες μπορούν να βοηθήσουν ώστε να γίνουν οι δημόσιες συγκοινωνίες πιο ελκυστικές και να μειωθούν κάποια από τα αντιληπτά μειονεκτήματά τους σε σχέση με το αυτοκίνητο.

Το σύστημα των αστικών μετακινήσεων πρέπει να περιορίσει τις αρνητικές επιπτώσεις που προκαλεί στο περιβάλλον και προς αυτή την κατεύθυνση μπορεί να βοηθήσει η χρήση ενός ευρύτερου φάσματος πολιτικών μέτρων. Συνεπώς, οι πολιτικές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν και να αξιοποιούν τις δυνατότητες κάθε τρόπου μεταφοράς, ούτως ώστε να εκπληρωθούν οι στόχοι για συστήματα καθαρών και αποδοτικών μεταφορών. Ωστόσο, το μέγεθος και το εύρος των πολιτικών καθορίζονται από τις κυβερνήσεις, αλλά λόγω της ατελούς γνώσης τους για την αγορά, πολλές φορές δεν έχουν το προσδοκώμενο αποτέλεσμα (Santos κ.ά., 2010).

4. Μεθοδολογική προσέγγιση

4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο 4, αναλύεται το πλαίσιο με βάση το οποίο εξετάζεται το σύστημα των επιβατικών οδικών αστικών μετακινήσεων στην πόλη της Αθήνας. Στην Ενότητα 4.2 συνοψίζεται η προτεινόμενη σύνθεση των προσεγγίσεων η οποία υιοθετείται στην παρούσα διατριβή. Γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση του πλαισίου που χρησιμοποιείται στην παρούσα διδακτορική διατριβή (Ενότητα 4.3). Τέλος, στην ενότητα 4.4 αναλύεται η προσέγγιση του ΜΤΕΚ και κάθε έλικα ξεχωριστά.

4.2. Σύνθεση θεωρητικών προσεγγίσεων

Στην παρούσα έρευνα εξετάζονται οι αστικές οδικές επιβατικές μετακινήσεις στην πόλη της Αθήνας οι οποίες αντιμετωπίζονται ως ένα ΚΤΣ που βρίσκεται σε διαδικασία μετάβασης και εξετάζεται από τη σκοπιά ΚΤΜ με τη βοήθεια της προσέγγισης της MLP. Η χρήση της προσέγγισης της MLP, θεωρείται ως η καταλληλότερη για δύο λόγους, αρχικά γιατί η υπηρεσία των μετακινήσεων παρέχεται μέσω μεγάλης κλίμακας, έντασης κεφαλαίου και μεγάλης διάρκειας ζωής υποδομές οι οποίες συνεξελίσσονται με αλληλένδετες τεχνολογίες, θεσμούς, δεξιότητες, γνώσεις και συμπεριφορές για να δημιουργήσουν ένα ευρύτερο ΚΤΣ, και δεύτερον η MLP αναγνωρίζει τις ιδιαιτερότητες των διαφορετικών διαδικασιών αλλαγής που λαμβάνουν χώρα.

Το ΚΤΣ το οποίο περιγράφει την ικανοποίηση της ανάγκης για μετακινήσεις δεν θεωρείται ένα κλειστό σύστημα, αλλά αντιθέτως ένα ανοιχτό και δυναμικά σταθερό σύστημα το οποίο επηρεάζεται από τη λειτουργία άλλων συστημάτων που το περιβάλλουν (Geels, 2018b). Αυτό σημαίνει ότι η κινητικότητα αποτελεί «παράγωγη ζήτηση – derived demand», η οποία υποστηρίζει και εξυπηρετεί άλλες κοινωνικές δραστηριότητες (π.χ. την ψυχαγωγία, τις κοινωνικές δραστηριότητες, τα ψώνια, την εργασία, την εκπαίδευση) και η ζήτηση της είναι άρρηκτα συνδεδεμένη και διαμορφώνεται από άλλα αναπτυσσόμενα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, αλλά και από τις κοινωνικο-οικονομικές εξελίξεις. Έτσι, γίνεται κατανοητό ότι το σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων είναι ένα περίπλοκο σύστημα στο οποίο συμπεριλαμβάνονται ένας μεγάλος αριθμός δρώντων και φορέων, αλλά και διάφορα υπο-συστήματα. Στο σύστημα αυτό η ανατροφοδότηση από

τους δρώντες και τους φορείς που συμμετέχουν πολλές φορές έχει χρονική υστέρηση (Barisa και Rosa, 2018).

Η συν-εξέλιξη (*co-evolution*) των υποσυστημάτων εντός ενός ΚΤΣ, αλλά και συστημάτων που επηρεάζουν το εξεταζόμενο σύστημα, μπορεί να αναγνωριστεί ως ένα βασικό πλαίσιο για την κατανόηση της αλλαγής σε σύνθετα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα. Οι Kallis και Norgaard (2010) έχουν υποστηρίξει ότι μια ανάλυση χρησιμοποιώντας την συν-εξέλιξη μπορεί να παρέχει μια σχετική και χρήσιμη προσέγγιση για την ανάλυση πληθώρας ζητημάτων, καθώς παρέχει ένα πλαίσιο για την ανάλυση κοινών παραγόντων επιρροής ανάμεσα σε συστήματα, διευκολύνοντας την κατανόηση των αιτιακών σχέσεων διαφόρων φυσικών και κοινωνικών παραγόντων. Γι' αυτούς τους λόγους μια γραμμική προσέγγιση για την ανάλυσή του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων δε θα ήταν κατάλληλη, όσο μια μεθοδολογία η οποία μελετά σφαιρικά και μπορεί να λάβει υπόψη τις διάφορες υστερήσεις.

Έτσι, η παρούσα έρευνα στηρίζεται στην ευρεία ανάπτυξη των κοινωνικών και φυσικών επιστημών κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, η οποία ονομάστηκε «συστημική σκέψη - *systems thinking*». Η συστημική σκέψη επιδιώκει μια ευρεία και εμπειριστατωμένη προοπτική του συστήματος, όπου οι βρόχοι ανατροφοδότησης είναι ορατοί και αναγκαίοι για την λήψη αποφάσεων, αναγνωρίζοντας ότι σε ένα σύστημα υπάρχουν πάντα και οι αστάθμητοι παράγοντες οι οποίοι θα επηρεάσουν το βαθμό προσαρμοστικότητας του συστήματος (Minnich και Patton, 2019).

Μια μεθοδολογία η οποία στηρίζεται στη συστημική σκέψη είναι αυτή της συστημικής δυναμικής (*System Dynamics – SD*), η οποία δίνει τη δυνατότητα να εξετάσει κανείς μη γραμμικά προβλήματα, την ανάδραση των πληροφοριών, την χρονική υστέρηση και την δυναμική σύνθεση (Sterman, 2000; Lei κ.ά., 2012).

4.3. Μεθοδολογία διδακτορικής διατριβής

Για να γίνει κατανοητή η μετάβαση στην οποία υπόκειται το ΚΤΣ των επιβατικών οδικών αστικών μετακινήσεων, επιλέξαμε τη θεώρηση της MLP, δημιουργώντας ένα μοντέλο προσομοίωσης με τη μέθοδο της ΣΔ. Τα μοντέλα προσομοίωσης αναπτύσσονται στις κοινωνικές επιστήμες με βάση την παραδοχή ότι συμβάλλουν στην κατανόηση του πραγματικού κόσμου (Sawyer, 2004).

Η διερεύνηση των μεταβάσεων δεν αποτελεί μόνο ακαδημαϊκή ανάγκη αλλά και πρακτική. Λέγοντας πρακτική ανάγκη εννοούμε ότι οι δυναμικές διαδικασίες λειτουργούν σωρευτικά και μακροπρόθεσμα και έχουν επιπτώσεις στις πολιτικές που στη συνέχεια θα υποστηρίξουν τα πραγματικά δεδομένα. Εάν οι πολιτικοί και οι πολίτες δεν καταλάβουν πώς οι πολιτικές μπορούν να επηρεάσουν αυτές τις διαδικασίες και να συνεισφέρουν στην επίλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν, δε θα τις υποστηρίξουν. Η ΣΔ είναι βασισμένη στις δυναμικές σχέσεις (ποσότητες που αλλάζουν με το χρόνο), την ανατροφοδότηση και τη θεωρία του ελέγχου. Επιτρέπει την παρατήρηση της συμπεριφοράς του συστήματος και των επιπτώσεων των πολιτικών σε μελλοντικό χρόνο, δίνοντας τη δυνατότητα στους φορείς λήψης αποφάσεων να αξιολογούν τις μελλοντικές επιπτώσεις των σημερινών αποφάσεων τους (Chasey, de la Garza και Drew, 2002; Papachristos, 2014). Με άλλα λόγια, η ΣΔ είναι μια μεθοδολογία η οποία χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην μελέτη των αλληλεπιδράσεων σε ένα σύστημα, και με το πέρασμα των χρόνων έχει εξελιχθεί σε μεθοδολογία σχεδιασμού πολιτικής τόσο γενικότερα όσο και για τις μεταβάσεις (Papachristos, 2014; Papachristos, 2019). Τα εργαλεία ΣΔ μπορούν να βοηθήσουν στην βαθμονόμηση (calibration) των μοντέλων, στη βελτιστοποίηση των πολιτικών, καθώς και στη βελτίωση των προσομοιώσεων, με απώτερο στόχο την καλύτερη κατανόηση ολόκληρου του εξεταζόμενου συστήματος (Shepherd, 2014).

Τα μοντέλα ΣΔ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξει κανείς ποιες παράμετροι παίζουν σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα και την απόκριση ενός συστήματος (Chasey, de la Garza και Drew, 2002; Sterman, 2002). Η ΣΔ αποτελεί μια διαδικασία μοντελοποίησης και προσομοίωσης και αποτελεί κατάλληλη μεθοδολογία για την ανάλυση της περίπλοκης φύσης των μεταβάσεων και του χρονισμού τους. Μπορεί να προσφέρει περισσότερους από έναν τρόπους ενίσχυσης της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας μιας ανάλυσής τους (Papachristos, 2014), καθώς «μια προσομοίωση μπορεί να εφαρμοστεί όταν η θεωρητική εστίαση έχει χρονικό εύρος (*longitudinal*), είναι μη γραμμική ή περιλαμβάνει πολλαπλές διαδικασίες, ή κατά την περίπτωση όπου η συλλογή εμπειρικών δεδομένων δεν είναι εύκολη» (Davis κ.ά., 2007). Απαιτεί τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά στοιχεία, καθώς και τη γενικότερη συλλογιστική του συστήματος, ώστε να πραγματοποιηθεί η ανάλυση διαφόρων παραγόντων που συμμετέχουν σε έναν βρόχο ανατροφοδότησης μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος (Sterman, 2000; Lei κ.ά., 2012).

Η ΣΔ αναπτύχθηκε από τον Jay Forrester στο MIT στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Πηγάζει από τη συστημική θεωρία (*system theory*) και την επιστήμη της πληροφορικής (*information science*), την οργανωσιακή θεωρία (*organizational theory*), την θεωρία ελέγχου (*control theory*), τα στρατιωτικά παίγνια (*military games*), την τακτική λήψη αποφάσεων (*tactical decision making*), καθώς και την κυβερνητική (*cybernetics*) (Shepherd, 2014). Αυτή η σύνθεση που συγκεντρώνεται στη ΣΔ (Sterman, 2002), την καθιστά ένα συνδυασμό πληροφορικής και εφαρμοσμένων μαθηματικών, που άπτεται των κοινωνικών επιστημών, και της φιλοσοφίας. Αποτελεί εργαλείο συμβουλευτικής, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να χαρακτηριστεί σκληρή επιστήμη (*hard science*) λόγω της πληροφορικής και των μαθηματικών, αλλά και ήπια επιστήμη (*soft science*) λόγω της φιλοσοφίας και της κοινωνιολογίας. Βασικό πλεονέκτημα της προσέγγισης της μοντελοποίησης των συστημάτων μέσω της ΣΔ, αποτελεί η «ανοικτή δομή» των μοντέλων, η οποία τα καθιστά ευέλικτα όσον αφορά στην εισαγωγή παραμέτρων και στις δομικές τροποποιήσεις του συστήματος.

Η ΣΔ παρέχει μια ριζοσπαστικά διαφορετική οπτική του παγκόσμιου συστήματος και αποτελεί μια φιλόδοξη προσπάθεια κατανόησής του. Αυτό ακριβώς είναι που προσπαθούν να πραγματοποιήσουν και οι προσεγγίσεις που ασχολούνται με την έρευνα των μεταβάσεων. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μπορούν να δημιουργηθούν συνέργειες μεταξύ των δύο αυτών προσεγγίσεων για την ανάλυση ζητημάτων που απασχολούν την κοινωνία.

Τα σύνθετα συστήματα αποτελούνται από δρώντες με οριοθετημένη λογική (*bounded rational agents*), βρόχους ανατροφοδότησης, μη γραμμικότητα και από χρονικές υστερήσεις (Sterman, 2000; Uriona και Grobbelaar, 2019).

Η ΣΔ είναι μια προσέγγιση που παρουσιάζει επικαλύψεις με την προσέγγιση της έρευνας των μεταβάσεων (*transition research*), καθώς και οι δύο αφορούν στην ανάπτυξη θεωρίας διαδικασιών και χρησιμοποιούν μελέτες περίπτωσης για την ανάλυση μιας κατάστασης. Και οι δύο χρησιμοποιούν ποιοτικά δεδομένα που αφορούν στη μελέτη περίπτωσης και τέλος, και οι δύο προσεγγίσεις στόχο έχουν την ανάπτυξη θεωρίας μεσαίας κλίμακας ενώ μπορούν να εφαρμοστούν σε περιπτώσεις όπου χαρακτηρίζονται από αφηγηματικό χαρακτήρα. Ο στόχος της θεωρίας μεσαίας κλίμακας είναι να παρέχει μια

ικανοποιητική αντιστάθμιση μεταξύ των κριτηρίων της καλής θεωρίας: ακρίβεια αναπαράστασης, γενικότητα και φειδωλότητα (Papachristos, 2019).

Η θεωρία των μεταβάσεων φαίνεται να δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην συμπεριφορά των δρώντων και στις αποφάσεις τους, ενώ η MLP αποτελεί μια προσέγγιση, η οποία στόχο έχει την μελέτη του τρόπου με τον οποίο οι κοινωνικο-οργανωσιακές και οι εξελικτικές αλλαγές ενισχύουν ή μια την άλλη μέσω μηχανισμών ανατροφοδότησης, οι οποίοι δημιουργούν αποτελέσματα συνεργασίας, συμπληρωματικότητας, μαθησιακά, καθώς και αποτελέσματα προσαρμοζόμενων προσδοκιών (*adaptive expectation effect*). Η ΣΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να χαρτογραφήσει τις διαδικασίες ανατροφοδότησης και να προσομοιώσει τα αποτελέσματά τους. Επιπλέον, η ΣΔ τείνει να αναφέρεται περισσότερο στα νοητικά μοντέλα ενός συστήματος, ενώ η θεωρία των μεταβάσεων και πιο συγκεκριμένα η MLP στους κανόνες που διέπουν τους δρώντες (Papachristos, 2019).

Τα μοντέλα ΣΔ ως τώρα έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως για: - έλεγχο πολιτικών (*policy testing*) (Forrester, 1961), - για ανάλυση what-if σεναρίων (Morecroft, 1988) και – για τη βελτιστοποίηση πολιτικών (*policy optimisation*) (Kleijnen, 1995). Πλεονεκτούν έναντι άλλων προσεγγίσεων καθώς: 1) παρέχουν ξεκάθαρες, σαφείς και συστηματικές αναπαραστάσεις του συστήματος που εξυπηρετούν την μάθηση και διευκολύνουν την επικοινωνία σχετικά με το σύστημα ανάλυσης, 2) επιτρέπουν τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη δυναμική σε σύνθετα συστήματα και τη δημιουργία αναδυόμενων φαινομένων από συγκεκριμένους παράγοντες και διαδικασίες, και τέλος, 3) διευκολύνουν συστηματικά πειράματα. Αυτά τα χαρακτηριστικά των μοντέλων ΣΔ, είναι αυτά που μπορούν να συνεισφέρουν στην εξέλιξη της θεωρίας και στην υποστήριξη της μελέτης των μεταβάσεων (Holtz κ.ά., 2015).

Κάποιοι από τους λόγους που επιλέγεται να γίνει συνδυασμός της προσέγγισης της MLP με την ΣΔ, όπως αναφέρονται και από διάφορους μελετητές είναι η δυνατότητα που δίνουν (Grobbelaar, 2007; Suryani, Chou και Chen, 2010):

- για καλύτερες και περισσότερο ενημερωτικές προβλέψεις από αυτές άλλων προσεγγίσεων, καθώς τα αποτελέσματα προέρχονται από βαθμονομημένα μοντέλα - έλεγχος πολιτικών/στρατηγικών,

- για πιο αξιόπιστες προβλέψεις για βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες τάσεις από ότι τα στατιστικά μοντέλα και ως επακόλουθο επιτρέπουν καλύτερες αποφάσεις – «what-if analysis»,
- για προσδιορισμό των βασικών ευαισθησιών ενός συστήματος και για διευκόλυνση της ανάπτυξης πιο εύρωστων ευαισθησιών και σεναρίων – βελτιστοποίηση πολιτικών.

Βέβαια, θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η μεθοδολογία της ΣΔ δεν αποσκοπεί σε ακριβείς προβλέψεις και όπως τονίζει ο Sterman (2002, σελ. 505):

“η συστημική δυναμική βοηθάει να επεκτείνουμε τα όρια των νοητικών μοντέλων μας, ώστε να κατανοήσουμε και να λάβουμε την ευθύνη της ανατροφοδότησης που προέρχεται από τις αποφάσεις μας”.

ή όπως αναφέρουν οι Richardson και Pugh (1981):

“ο στόχος της προσπάθειας μοντελοποίησης μέσω της συστημικής δυναμικής είναι η καλύτερη κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των δομών ανατροφοδότησης και των δυναμικών συμπεριφορών του συστήματος έτσι ώστε οι πολιτικές βελτίωσης των προβληματικών συμπεριφορών να εξελιχθούν”.

Σε αντίθεση με άλλες προσεγγίσεις προσομοίωσης μοντέλων (π.χ. Agent-Based modelling), η ΣΔ υιοθετεί μια ολιστική προοπτική όλων των σχετικών παραγόντων που συνεισφέρουν στην εκτέλεση μιας στρατηγικής, αλλά και στις συνέπειές της. Αυτή η ολιστική προσέγγιση επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση των βρόχων ανατροφοδότησης, στις συσσωρεύσεις (*accumulations*), στις χρονικές υστερήσεις, και στις μη γραμμικές αλληλεπιδράσεις για την σύλληψη διαδικασιών δυναμικής ανατροφοδότησης (Sterman, 2000; Benvenutti, Ribeiro και Uriona, 2017; Papachristos, 2019; Sun, 2021). Η μεθοδολογία της ΣΔ, μπορεί να παρέχει μια βαθύτερη κατανόηση του πως συγκεκριμένοι παράγοντες, όπως οι στρατηγικές/πολιτικές, επηρεάζουν την σταθερότητα του συστήματος (Sastry, 1997), συγκριτικά με άλλες προσεγγίσεις προσομοίωσης μοντέλων.

Καθώς η έρευνα των μεταβάσεων των κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων ως τώρα ελάχιστα έχει καταφέρει να συνδυάσει προσεγγίσεις συστημάτων, μεθοδολογίες και εργαλεία, η χρήση μεθοδολογιών που περιέχουν προσομοίωση, φαντάζει επιτακτική. Δεδομένου του βαθμού πολυπλοκότητας των διαδικασιών μετάβασης, μια προσομοίωση μπορεί να δώσει τη δυνατότητα σε συνδυασμό με μελέτες περίπτωσης να εξετάσει κανείς μεταβάσεις του παρελθόντος και να προσδιορίσει τους μηχανισμούς που λειτούργησαν κατά τη διαδικασία της μετάβασης, αλλά και να προβλέψει τις αντιδράσεις του συστήματος σε επικείμενες αλλαγές.

Ο συνδυασμός της θεωρίας της μετάβασης και της ΣΔ μας βοηθά να ξεπεραστεί η απλοϊκότητα με την οποία έχουν αντιμετωπιστεί και έχουν αναλυθεί ως τώρα οι διάφορες μεταβάσεις. Σύμφωνα με τον Papachristos (2018a), η μοντελοποίηση και η προσομοίωση αποτελούν μια λύση ώστε να ξεπεραστούν οι γνωσιακοί περιορισμοί διαφόρων προσεγγίσεων και να καταστεί εφικτή η διαχείριση της μετάβασης προς τη βιωσιμότητα. Ο συνδυασμός περιπτώσεων μελέτης, μοντελοποίησης και προσομοίωσης διατηρεί το πλαίσιο και το επίπεδο λεπτομέρειας των αφηγημάτων μετάβασης MLP, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει την εμπιστοσύνη όσον αφορά στην κατανόηση της μεταβατικής δυναμικής και στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η συνεργασία μεταξύ της ΣΔ και της MLP αποτελεί μια ευκαιρία για ανάλυση μιας μετάβασης βασιζόμενη στον κριτικό ρεαλισμό και την αναλυτική κοινωνιολογία (Papachristos, 2018a; 2019). Η MLP καταφέρνει να αναγνωρίζει μοτίβα (patterns) και μηχανισμούς, και να τα διαχωρίζει σε καθεστώτα που διέπονται από κανόνες και εμπειρικά συστήματα, και αναφέρεται σιωπηρά σε μηχανισμούς που συναντώνται στον κριτικό ρεαλισμό. Η ΣΔ χρησιμοποιεί θεμελιωμένες μεθόδους (grounded methods) για να αναγνωρίσει τους μηχανισμούς και τα μοτίβα: μελέτες περίπτωσης, επιτόπια παρατήρηση, κ.λπ. Αυτές οι μέθοδοι προικίζουν τα μοντέλα ΣΔ, δίνοντας τη δυνατότητα της σκέψης με όρους πραγματικής λειτουργίας των πραγμάτων και όχι θεωρητικής. Έτσι, η ΣΔ μπορεί να συνεισφέρει και να παρέχει μια επίσημη προσέγγιση για την έρευνα κοινωνικών μηχανισμών, και να παρέχει τα μέσα για έρευνα μηχανισμών στην MLP με όρους κριτικού ρεαλισμού (Papachristos, 2019), ενώ ταυτόχρονα η εισαγωγή μιας μεθοδολογίας σαν τη ΣΔ μπορεί να απαντήσει στην έλλειψη μεθοδολογικής συνέπειας για την οποία μπορεί να κατηγορείται η MLP, να αυξήσει την αυστηρότητα, την διαφάνεια και την προσιτότητα,

καθώς η ΣΔ έχει θεσπίσει συγκεκριμένους κανόνες για την επικοινωνία των μοντέλων και των αποτελεσμάτων της (Papachristos και Adamides, 2016; Papachristos, 2018a).

Η πολύ-επίπεδη προοπτική βοηθά στην ανάλυση των κοινωνικο-θεσμικών και των εξελικτικών αλλαγών και στο πώς αυτές υποκινούν η μια την άλλη μέσω μηχανισμών ανατροφοδότησης, κάνοντας χρήση κυρίως δεδομένων που προέρχονται από αφήγηση και συμβάντα. Ενώ, η ΣΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρτογραφήσει αυτές τις διαδικασίες ανατροφοδότησης μέσω των διαγραμμάτων αιτιότητας και να προσομοιώσει τις επιδράσεις του μέσω των διαγραμμάτων αποθεμάτων και ροών.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία μας, ακολουθεί την αφηγηματική στρατηγική της πολυεπίπεδης στρατηγικής και ενσωματώνει την μοντελοποίηση και την προσομοίωση για περισσότερο έγκυρα και διαφανή αποτελέσματα. Έτσι, γίνεται εφικτή η καλύτερη κατανόηση του συστήματος που εξετάζεται, καθώς ενσωματώνονται τυχόν καθυστερήσεις του συστήματος και τις διαδικασίες συσσώρευσης ή εξάντλησης, οι οποίες είναι παρούσες σε μια διαδικασία μετάβασης, αλλά συχνά δε λαμβάνονται υπόψιν από τις αφηγηματικές προσεγγίσεις.

4.3.1. Μελέτη περίπτωσης

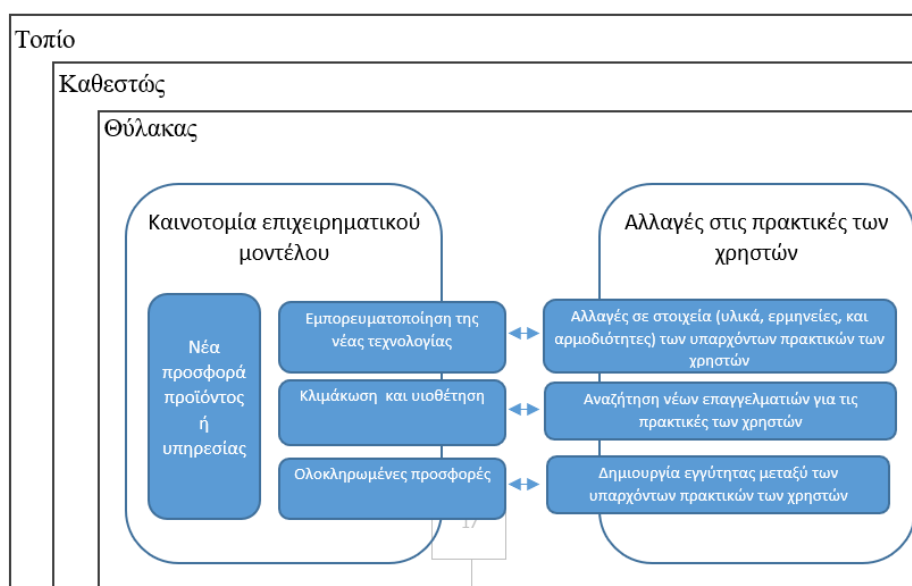
Στην παρούσα μελέτη το ΚΤΣ των επιβατικών οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων της πόλης της Αθήνας, εξετάζεται ως μια σύνθεση τεσσάρων (κυβέρνηση, βιομηχανία, ερευνητικοί φορείς και κοινωνία πολιτών) υποσυστημάτων, βάσει του ΜΤΕΚ, που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, με στόχο την επίτευξη μιας νέας ισορροπίας, και αναλύεται με τη βοήθεια της ΣΔ και της πολύ-επίπεδης προοπτικής. Στο μοντέλο βέβαια δεν παρουσιάζεται ευκρινώς η έλικά των ακαδημαϊκών φορέων και το κομμάτι της παραγωγής γνώσης, καθώς αναπτύσσεται και παράγεται σε ανώτερο επίπεδο από αυτό της πόλης της Αθήνας το οποίο εξετάζεται εδώ. Βέβαια, δεν παραλείπεται στο μοντέλο μας, αλλά ενσωματώνεται στο κομμάτι της εξέλιξης και της βελτίωσης της τεχνολογίας στο υποσύστημα της βιομηχανίας. Είναι σημαντικό να ενσωματωθεί η συνεισφορά της έρευνας και ανάπτυξης, καθώς αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξη βιώσιμων και χαμηλών εκπομπών τεχνολογιών στον τομέα των μεταφορών για το μέλλον (Behrendt και Teytelboym, 2010).

4.3.2. Εξετάζοντας την είσοδο νέων επιχειρηματικών μοντέλων καινοτομίας με τη βοήθεια της MLP και της ΣΔ

Στο ΚΤΣ των επιβατικών οδικών αστικών μετακινήσεων, εισέρχονται σιγά σιγά νέες μορφές κινητικότητας, οι οποίες αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3. Οι νέες μορφές κινητικότητας διέπονται από νέα επιχειρηματικά μοντέλα με στόχο την κάλυψη των αναγκών μετακίνησης των πολιτών με περισσότερο βιώσιμους τρόπους. Έτσι, με την είσοδο των νέων μορφών κινητικότητας και την αλλαγή του μίγματος εντός του ΚΤΣ, αναδεικνύεται η ανάγκη για εξέταση της δυναμικής των νέων αυτών επιχειρηματικών μοντέλων που υιοθετούνται για την κάλυψη των αναγκών και των αλλαγών που μπορούν να επιφέρουν στην δομή του συστήματος.

Η ΣΔ όπως έχει ήδη αναφερθεί, βοηθά στην ανάλυση από μια ολιστική σκοπιά, όλων των παραγόντων που συνεισφέρουν στην εφαρμογή μιας στρατηγικής και στις επιπτώσεις της. Αυτή η ολιστική σκοπιά ανάλυσης φαίνεται ότι είναι απαραίτητη για την περιγραφή των επιχειρηματικών μοντέλων που απαιτούν κατανόηση των αιτιακών σχέσεων μεταξύ των στοιχείων των επιχειρηματικών μοντέλων, καθώς τα επιχειρηματικά μοντέλα μπορούν να δημιουργήσουν ενάρετους κύκλους (Cosenz και Noto, 2018), μέσω των ενισχυτικών βρόχων. Η ΣΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μελετήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ των εγκαθιδρυμένων και των νεοεισερχόμενων επιχειρηματικών μοντέλων και των επιπτώσεων τους σε μεταβάσεις χαμηλού άνθρακα (Papachristos, 2019).

Γράφημα 4.3.2.1: Οι σχέσεις μεταξύ της καινοτομίας επιχειρηματικών μοντέλων – ενός φαινομένου επιπέδου θύλακα - και οι αλλαγές στις πρακτικές των χρηστών



Πηγή: Ίδια επεξεργασία μεταφρασμένο από Sarasini και Langeland, 2021

Όσον αφορά στα επιχειρηματικά μοντέλα - νέες μορφές αστικής κινητικότητας - η ΣΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει την δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ των εγκαθιδρυμένων και των νεοεισερχόμενων επιχειρηματικών μοντέλων (Papachristos, 2019), και τις επιπτώσεις τους στις μεταβάσεις χαμηλού άνθρακα.

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, σύμφωνα με τον Geels δεχόμαστε τις διαφορετικές μορφές αστικής κινητικότητας ως καθεστώτα του κοινωνικο-τεχνικού μας συστήματος, ως καινοτομίες θύλακα τους διαφορετικούς τύπους κινητήρα των οχημάτων και ως πιέσεις τοπίου την περιβαλλοντική και οικονομική κρίση, την εξέλιξη της τεχνολογίας, την αύξηση της τηλεργασίας, καθώς και άλλες διαφοροποιήσεις που προκαλούν αλλαγές στο σύστημά μας (Geels, 2018a).

Πίνακας 4.3.2.1: Επίπεδα ανάλυσης ΚΤΣ

Κοινωνικο-τεχνικό τοπίο	<ul style="list-style-type: none"> • Το χάσμα μεταξύ του παγκόσμιου επιπέδου στο οποίο είναι γνωστές οι AMUM και το επίπεδο που επικρατεί σε κάποιες χώρες δημιουργεί παράθυρα επιχειρηματικών ευκαιριών για ανάπτυξη επιχειρήσεων παροχής υπηρεσιών μετακίνησης μειώνοντας έτσι το χάσμα • Η περιβαλλοντική κρίση πιέζει τους φορείς παροχής υπηρεσιών μετακίνησης να χρησιμοποιήσουν πιο βιώσιμα οχήματα • Η ψηφιοποίηση βοηθά στην αύξηση της εισχώρησης των AMUM
Καθεστώς	<ul style="list-style-type: none"> • Οι μετακινούμενοι πρέπει να επιλέξουν τη μορφή ή τις μορφές τις οποίες θα χρησιμοποιούν για να καλύψουν τις καθημερινές τους ανάγκες για μετακίνηση • Η διείσδυση της χρήσης ΤΠΕ συνεισφέρει στην αύξηση της χρήσης των AMUM, καθώς επίσης και στην συλλογή δεδομένων με ακρίβεια • Οι οικονομικοί πόροι και οι πηγές δεδομένων επηρεάζουν την ποιότητα της υπηρεσίας
Θύλακας	<ul style="list-style-type: none"> • Οι νέες τεχνολογίες είναι διαθέσιμες και ελέγχονται για να εξετάσουν την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα

Πηγή: Βασισμένο στο Geels (2018a)

4.3.2.1. Επίπεδο κοινωνικο-τεχνικού τοπίου: γενικές τάσεις-πολιτικές

Οι δημόσιες και πολιτικές ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή έχουν αυξηθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Έτσι η περιβαλλοντική κρίση καθιστά την απανθρακοποίηση των μετακινήσεων επιτακτική, στρέφοντας την προσοχή τόσο σε νέες τεχνολογίες οχημάτων, όσο και σε συμπεριφορική αλλαγή ώστε να υπάρξει μετριασμός των κλιματικών επιπτώσεων από αυτές. Εξωγενείς πιέσεις τοπίου οι οποίες προκαλούν μετάβαση των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων, αποτελούν η οικονομική κρίση, η οποία αλλάζει τη συμπεριφορά των μετακινούμενων, αλλά και η αύξηση των τιμών των καυσίμων που οδηγεί επίσης σε αλλαγές στη συμπεριφορά των μετακινούμενων καθώς

επηρεάζει το κόστος των μετακινήσεων (Mazur κ.ά., 2015; F. Geels κ.ά., 2017) και οδηγώντας τους καμία φορά σε πιο ρυπογόνες λύσεις. Για παράδειγμα, το υψηλό κόστος των νέων αυτοκινήτων με χαμηλούς ρύπους, οδηγεί σε αγορά παλιότερων μεταχειρισμένων αυτοκινήτων. Επίσης, η οικονομική κρίση κατάφερε να μειώσει τις συνολικές μετακινήσεις, αλλά και τις αγορές οχημάτων, αλλάζοντας κάποιες από τις συνήθειες των ατόμων και επηρεάζοντας παράλληλα την οικονομία. Από την άλλη όμως οδήγησε και σε μείωση των δημοσίων επενδύσεων σε δημόσιες συγκοινωνίες, καθώς άλλες επενδύσεις μπήκαν σε προτεραιότητα, μειώνοντας έτσι τη δυνατότητα για καλύτερες δημόσιες συγκοινωνίες και ενθαρρύνοντας έμμεσα την ιδιωτική μετακίνηση.

Η διάδοση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) και η αλλαγή προς μια ψηφιακή κοινωνία επηρεάζει τα καθεστώτα των μετακινήσεων πολύπλευρα. Η ύπαρξη των μεγάλων δεδομένων (*Big data*) δημιουργεί ευκαιρίες για νέες υπηρεσίες και επιχειρηματικά μοντέλα, π.χ. car-sharing, MaaS, κ.λπ. Επιπλέον, οι συσκευές ΤΠΕ μπορούν να ενσωματωθούν στα οχήματα οδηγώντας σε ριζοσπαστικές δυνατότητες όταν συνδυάζονται με αισθητήρες, μεγάλα δεδομένα και υπολογιστές, βοηθώντας στην ασφάλεια και στην βέλτιστη χρήση των οχημάτων (Geels, 2018b). Η είσοδος των ΤΠΕ εισήγαγε την τηλεργασία, τις αγορές εξ' αποστάσεως, τη δυνατότητα πραγματοποίησης διαδικτυακών συνεδριάσεων, αλλάζοντας και τα επίπεδα ζήτησης για μετακινήσεις. Ενώ, τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και οι κινητές συσκευές μπορούν να βελτιώσουν την μετακίνηση με συγκεκριμένες μορφές μετακίνησης, όπως οι δημόσιες συγκοινωνίες (Geels, 2018b), βελτιώνοντας την παρεχόμενη ποιότητα και αυξάνοντας έτσι την ελκυστικότητά τους.

Οι εξωγενείς πιέσεις του κοινωνικο-τεχνικού τοπίου αποτελούν ικανή συνθήκη για ανάδυση παραθύρων ευκαιρίας γενικότερα, αλλά και παράθυρων επιχειρηματικών ευκαιριών για ανάπτυξη επιχειρήσεων παροχής εναλλακτικών μορφών μετακίνησης και δημιουργία θυλάκων καινοτομίας (Papachristos, 2011; F. Geels κ.ά., 2017).

4.3.2.2. Επίπεδο ΚΤΚ: το ΚΤΣ των αστικών επιβατικών μετακινήσεων

Σύμφωνα με την MLP, το σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων αποτελείται από ποικίλα καθεστώτα με κυρίαρχο το καθεστώς του ιδιωτικού αυτοκινήτου (Hirschhorn κ.ά., 2019). Η κυριαρχία του καθεστώτος του ιδιωτικού οχήματος προέρχεται από μια σειρά σταθεροποιητικών παραγόντων και μηχανισμών εγκλωβισμού, που

κυμαίνονται από τις πολιτιστικές αξίες και την δυνατότητα να αισθάνεται κάποιος ελεύθερος, έως τις δημόσιες επενδύσεις σε υποδομές, εργοστάσια παραγωγής οχημάτων (Geels, 2012), κλπ.

Άλλες μορφές κινητικότητας, οι οποίες επί του παρόντος αποτελούν λιγότερο ελκυστικές επιλογές για τους μετακινούμενους, είναι τα ταξί και οι δημόσιες συγκοινωνίες. Η χαμηλότερη ελκυστικότητά τους έγκειται στο γεγονός ότι σε πολλές περιοχές το δίκτυο των δημόσιων συγκοινωνιών δεν είναι αρκετά πυκνό, ή ότι οι χρόνοι αναμονής πολλές φορές ξεπερνούν τον ανεκτό χρόνο, ωθώντας τους μετακινούμενους στην απόρριψη τους. Αντίστοιχα τα ταξί αποτελούν ίσως την πιο ακριβή επιλογή - τουλάχιστον όσον αφορά αναλογικά με την αντιληπτή αξία που παρέχουν - σε σχέση με το ιδιωτικό αυτοκίνητο, ενώ πολλές φορές θα πρέπει κανείς να περπατήσει για να βρει κάποιο διαθέσιμο ταξί, κάτι το οποίο συμβαίνει και με τις δημόσιες συγκοινωνίες.

Βέβαια, ως μέρος του ευρύτερου συστήματος των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων, όλα τα καθεστώτα διατηρούν δεσμούς μεταξύ τους, καθώς αποτελούν τόσο συμπληρωματικά όσο και ανταγωνιστικά καθεστώτα (Lin, Wells και Sovacool, 2018). Τα διαθέσιμα καθεστώτα αστικής μετακίνησης πολλές φορές τροφοδοτούν με επιβάτες το ένα το άλλο, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια όπου σημαντικές αλλαγές έχουν αρχίσει να εμφανίζονται στον κλάδο των αστικών επιβατικών μετακινήσεων και νέες μορφές κινητικότητας εμφανίζονται. Εντός του πολύ-καθεστωτικού συστήματος των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων, τα διάφορα καθεστώτα συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν, με βασικό στόχο να καλύψουν τις ανάγκες των μετακινούμενων.

Τρία είδη αλληλεπίδρασης φαίνεται να χαρακτηρίζουν τις σχέσεις των καθεστώτων, ανταγωνισμός, συμβίωση και συμπληρωματικότητα (Geels, 2018b; Georgatzi και Stamboulis, 2021), όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3. Οι ανταγωνιστικές σχέσεις μεταξύ των καθεστώτων μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στο μερίδιο αγοράς της κάθε μορφής κινητικότητας και ιδιαίτερα στο μερίδιο αγοράς του κυρίαρχου καθεστώτος. Η συμβίωση δηλώνει την ήρεμη συνύπαρξη των διαφορετικών καθεστώτων τα οποία κατά κάποιο τρόπο είναι διακριτά μεταξύ τους. Ενώ η συμπληρωματικότητα δηλώνει ότι τα καθεστώτα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δημιουργούν ένα νέο σύστημα με νέα σύνθεση. Ένας συνδυασμός διαφορετικών

καθεστώτων, όσον αφορά στις οδικές αστικές επιβατικές μετακινήσεις μπορεί να υπάρξει κάτω από την ομπρέλα διατροφικών συστημάτων μετακινήσεων, όπως το MaaS.

Στην παρούσα διατριβή τα καθεστώτα τα οποία λαμβάνονται υπόψη είναι αυτά του ιδιωτικού οχήματος, τα ταξί και οι δημόσιες συγκοινωνίες ως τα εγκαθιδρυμένα καθεστώτα και εξετάζονται επίσης και εναλλακτικά μοντέλα μετακίνησης. Η αναφορά σε εναλλακτικά μοντέλα μετακίνησης συμπεριλαμβάνει το car-sharing και το ride-hailing, δύο νέα μοντέλα μετακίνησης τα οποία δεν έχουν ακόμη εισέλθει στην ελληνική αγορά, παρά έγινε μόνο μια προσπάθεια με την Uber πριν κάποια χρόνια, η οποία δεν στέφθηκε με επιτυχία ενώ αρχίζουν να εμφανίζονται κάποιες προσπάθειες car-sharing.

4.3.2.3. Επίπεδο θυλάκων: Ανάδυση νέων μορφών κινητικότητας και νέες τεχνολογίες οχημάτων

Όταν οι κανονισμοί και οι τάσεις του τοπίου δημιουργούν πιέσεις και αποσταθεροποίηση των καθεστώτων, παράθυρα ευκαιρίας δημιουργούνται, δίνοντας χώρο σε νέες τεχνολογίες/καινοτομίες να δοκιμαστούν και να υιοθετηθούν. Οι αναδυόμενες ριζοσπαστικές καινοτομίες αναπτύσσονται σε τεχνολογικούς θύλακες που προστατεύουν τις ακόμα ευάλωτες και υπανάπτυκτες τεχνολογίες από τις δυνάμεις της αγοράς που κανονικά θα εμπόδιζαν την ανάπτυξή τους (Bakker κ.ά., 2015).

Ο κλάδος των μετακινήσεων χαρακτηρίζεται από υψηλό επίπεδο κανονισμών, με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι, ο κλάδος της αυτοκινητοβιομηχανίας οδηγείται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα της E&A και από τα ποσά που ξοδεύονται προς αυτή την κατεύθυνση, για την βελτίωση των κινητήρων των οχημάτων ή την ανακάλυψη νέων, καθώς και τις πατέντες που δημιουργούνται. Νέοι τύποι κινητήρα αντικαθιστούν τους κυρίαρχους εσωτερικής καύσης. Όλα αυτά συμβαίνουν εν μέρει εξαιτίας των νέων κανονισμών που επιβάλλονται, αλλά και εξαιτίας της περιβαλλοντικής συνείδησης των πολιτών, η οποία τείνει να αυξάνεται.

Η ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων ή οχημάτων τα οποία καταναλώνουν βιοκαύσιμα είναι παραδείγματα θυλάκων που σχετίζονται με τις οδικές αστικές επιβατικές μετακινήσεις. Η βιβλιογραφία που σχετίζεται με τις μεταβάσεις δείχνει ότι ο θύλακας και το καθεστώς μπορεί να υπάρχουν είτε σε συμβιωτική, είτε σε ανταγωνιστική σχέση. Ως απόκριση στις πιέσεις του τοπίου, οι δρώντες του καθεστώτος ενδέχεται να βασιστούν στις

γνώσεις/καινοτομίες του θύλακα, εάν δεν είναι σε θέση να ανταποκριθούν επαρκώς με τους δικούς τους πόρους. Άλλες πρακτικές και τεχνολογίες θύλακα είναι λιγότερο συμβατές με εκείνες του ισχύοντος καθεστώτος μεταφορών και, ως εκ τούτου, κάποιοι από τους δρώντες του καθεστώτος δείχνουν αντίσταση απέναντι στην εισαγωγή τους (Nykqvist και Whitmarsh, 2008).

Στην παρούσα διατριβή εξετάζεται η είσοδος των ηλεκτρικών οχημάτων στο σύστημα, τόσο των αμιγώς ηλεκτρικών όσο και των υβριδικών, τα οποία πρόκειται να υποκαταστήσουν τα οχήματα εσωτερικής καύσης κατανάλωσης βενζίνης και πετρελαίου και ιδιαίτερα μετά το 2030 όπως ορίζουν οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί ότι θα απαγορευτεί η πώληση των τελευταίων. Οι κανονισμοί φαίνεται να είναι ένας ισχυρός παράγοντας ο οποίος μπορεί να επηρεάσει την διάχυση των εναλλακτικών οχημάτων, και έχει ισχυρότερη επιρροή σε σχέση με τις επιδοτήσεις (Benvenuti, Ribeiro και Uriona, 2017). Γίνεται αναφορά δηλαδή σε έναν θύλακα αγοράς στον οποίο εισέρχεται μια νέα τεχνολογία, έχοντας συγκεκριμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με την καθιερωμένη τεχνολογία που τόσο οι παραγωγοί όσο και οι χρήστες αναγνωρίζουν.

4.4. Μοντέλο Τετραπλής Έλικας Καινοτομίας (MTEK)

Έως τώρα έχει δοθεί αρκετή προσοχή στο ρόλο των μεγάλων οργανισμών, σε ιστορικά έργα προσανατολισμένα στην αποστολή (*mission-oriented projects*). Πρόσφατα έχει αρχίσει να δίνεται μεγαλύτερη έμφαση και στα ευρύτερα δίκτυα δομών, δρώντων και στρατηγικών, τα οποία συνεργάζονται και διαμοιράζονται πράγματα όπως είναι η γνώση που διανέμεται μεταξύ φορέων και οργανισμών. Η γνώση μπορεί δυνητικά να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την δημιουργία οικονομικών πόρων και κερδών, ενώ η καινοτομία είναι ικανή να μετατρέψει την δημιουργία της γνώσης σε οικονομική δραστηριότητα. Έτσι, η καινοτομία μπορεί να θεωρηθεί ως μια κινητήρια δύναμη που εκμεταλλεύεται και ταυτόχρονα θρέφει την γνώση τόσο στο πλαίσιο της κοινωνίας, όσο και στο πλαίσιο της οικονομίας σε μια κοινωνία και οικονομία γνώσης (Carayannis και Campbell, 2019).

Η ιδέα του μοντέλου καινοτομίας της Τριπλής Έλικας έχει εισαχθεί από τους Etzkowitz και Leydesdorff το 2000 και επικεντρώνεται στην παραγωγή της γνώσης και την χρήση της στο πλαίσιο των σχέσεων του τρίπτυχου «κυβέρνησης-βιομηχανίας-

πανεπιστημίων». Βάσει του μοντέλου καινοτομίας της Τριπλής Έλικας, η πιθανότητα για καινοτομία και οικονομική ανάπτυξη σε μια κοινωνία της γνώσης, μπορεί να υποστηριχθεί από το ρόλο των πανεπιστημίων και των «υβριδικών» στοιχείων των πανεπιστημίων, τη βιομηχανία και την κυβέρνηση για τη δημιουργία θεσμικών και κοινωνικών δομών για την παραγωγή, την μεταφορά και την εφαρμογή της γνώσης. Αυτό το όραμα περιλαμβάνει όχι μόνο τη δημιουργική καταστροφή, η οποία εμφανίζεται ως μια φυσική καινοτομία (Schumpeter, 1942), αλλά και τη δημιουργική ανανέωση, η οποία ανακύπτει στο πλαίσιο καθεμίας από τις τρεις έλικες, καθώς και από τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.

Κατά την εξέλιξη του μοντέλου καινοτομίας Τριπλής Έλικας τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η θεωρητική και εμπειρική έρευνα έχει προσφέρει ένα γενικότερο πλαίσιο για την εξερεύνηση των σύνθετων συστημάτων, καθώς και για τη λήψη αποφάσεων. Αργότερα το μοντέλο καινοτομίας Τριπλής Έλικας επεκτάθηκε σε αυτό της Τετραπλής Έλικας προσθέτοντας μια επιπλέον έλικα, αυτή της κοινωνίας. Μιας κοινωνίας βασισμένης στα μέσα μαζικής επικοινωνίας και σε ένα κοινό βασισμένο στον πολιτισμό, όπως αναφέρουν οι Carayannis και Campbell (2009). Αυτό το εξελιγμένο μοντέλο ενσωματώνει και συνδυάζει δύο μορφές «κεφαλαίου»: το «κοινωνικό κεφάλαιο», μέσω των αξιών, των εμπειριών, των παραδόσεων και των οραμάτων, και το «κεφάλαιο της πληροφορίας» (π.χ. τα νέα, επικοινωνία, κοινωνικά δίκτυα) χάρη στην τηλεόραση, τις εφημερίδες και το ίντερνετ.

Λίγο αργότερα, το MTEK εξελίσσεται περισσότερο και δημιουργείται αυτό της Πενταπλής Έλικας, προσθέτοντας μια ακόμη έλικα, αυτή του φυσικού περιβάλλοντος (Carayannis και Campbell, 2009). Το μοντέλο καινοτομίας Πενταπλής Έλικας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα οικολογικά αξιόπιστο πλαίσιο διεπιστημονικής ανάλυσης και επίλυσης των προβλημάτων που σχετίζονται με τη βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς αυτή βασίζεται στην κατανόηση της παραγωγής γνώσης (έρευνα) και στην εφαρμογή της γνώσης (καινοτομία), αμφότερα στο πλαίσιο του φυσικού περιβάλλοντος της κοινωνίας (Carayannis και Campbell, 2019; Carayannis κ.ά., 2016). Με άλλα λόγια, το μοντέλο καινοτομίας Πενταπλής Έλικας αποτελεί μια εξέλιξη εκείνου της Τριπλής και της Τετραπλής Έλικας και απεικονίζει την συλλογική αλληλεπίδραση και ανταλλαγή της γνώσης μεταξύ των πέντε ελίκων/υποσυστημάτων: 1) του εκπαιδευτικού συστήματος, όπου περιλαμβάνονται η ερευνητικούς φορείς, τα πανεπιστήμια, το σύστημα ανώτερης

εκπαίδευσης και τα σχολεία, στα οποία το απαραίτητο «ανθρώπινο κεφάλαιο», δομείται από την διάδοση και την έρευνα της γνώσης, 2) του οικονομικού συστήματος, το οποίο ορίζεται ως η βιομηχανία και οι επιχειρήσεις, τα οποία επικεντρώνονται στο «οικονομικό κεφάλαιο» της κυβέρνησης, 3) του πολιτικού συστήματος, το οποίο πρέπει να ορίσει, να σχεδιάσει, να οργανώσει και να διαχειριστεί τις γενικές συνθήκες του συστήματος ώστε να ακολουθήσει το στρατηγικό σχεδιασμό και να διατηρήσει το «πολιτικό και το νομικό κεφάλαιο», 4) του βασισμένου στα μέσα μαζικής επικοινωνίας και στον πολιτισμό κοινού, το οποίο διατηρεί το «κοινωνικό κεφάλαιο» και το «κεφάλαιο της πληροφορίας», και 5) του φυσικού περιβάλλοντος, το οποίο είναι καθοριστικό για τη βιώσιμη ανάπτυξη και το οποίο παρέχει στους ανθρώπους το «φυσικό κεφάλαιο» (Carayannis κ.ά., 2012). Έτσι, σε ένα ΚΤΣ το οποίο περιγράφεται από το μοντέλο καινοτομίας Πενταπλής Έλικας, για να είναι επιτυχημένη η ανταλλαγή γνώσης θα πρέπει όλα τα υποσυστήματα να συνενώνονται για να προάγουν τη βιώσιμη ανάπτυξη βασισμένη στην παραγωγή γνώσης (Carayannis κ.ά., 2012).

Στην παρούσα μελέτη υιοθετείται το ΜΤΕΚ και εξετάζεται το σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων βάσει των τεσσάρων υποσυστημάτων της (κυβέρνηση, ερευνητικοί φορείς, βιομηχανία, κοινωνία) με στόχο την μετάβαση σε οικονομία χαμηλού άνθρακα, καθώς η Πέμπτη έλικα του περιβάλλοντος δε μπορεί να νοηθεί ως κοινωνικό υποκείμενο παρά μόνο με την έννοια των κινημάτων και των περιβαλλοντικών οργανώσεων.

Κατά τη διάρκεια αυτής της μετάβασης οι δρώντες του συστήματος έχουν διάφορους ρόλους, οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.1.

Πίνακας 4.4.1: Δράσεις των δρώντων του ΜΤΕΚ προς την οικονομία χαμηλού άνθρακα

Έλικα	Δράση
Ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια/ Ερευνητικοί φορείς	- Ε&Α - Ανάπτυξη γνώσης - Ανάπτυξη εργατικού δυναμικού
Εταιρείες και επιχειρηματίες/ Βιομηχανία	- Πειραματισμός, ενσωμάτωση και παροχή ζήτησης για τεχνολογίες χαμηλού άνθρακα - Συμμετοχή στην εφαρμοσμένη έρευνα και ανάπτυξη και στην επίδειξη των αποτελεσμάτων σε συνεργασία με τους ερευνητικούς φορείς
Τοπικοί, περιφερειακοί, εθνικοί φορείς/ Κυβέρνηση	- Χρηματοδότηση της Ε&Α στην εκπαίδευση - Νομικά και νομοθετικά πλαίσια - Ευνοϊκές πολιτικές και αγορές

	- Αύξηση της ευαισθητοποίησης του κοινού
Χρήστες, καταναλωτές/ Κοινωνία των πολιτών	- Ζήτηση για τεχνολογίες χαμηλού άνθρακα - Δημόσιες κινητοποιήσεις και διαδηλώσεις - Έλεγχος και αποδοχή των τεχνολογιών χαμηλού άνθρακα - Νομιμοποίηση περαιτέρω πολιτικής σχετικά με την αύξηση της ποιότητας ζωής

Πηγή: Ίδια επεξεργασία βασισμένη στο de Coninck και Puig (2015)

Οι σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα υποσυστήματα των ερευνητικών φορέων, της κυβέρνησης, της βιομηχανίας και της κοινωνίας των πολιτών, μπορούν να βοηθήσουν να δημιουργηθούν συμπαγείς στρατηγικές για οικονομική ανάπτυξη και κοινωνικό μετασχηματισμό. Σε αυτή τη διαδικασία κάθε έλικά έχει το δικό της ρόλο. Πιο αναλυτικά, ο ρόλος της κάθε έλικας παρουσιάζεται παρακάτω.

4.4.1. Ο ρόλος της κυβέρνησης

Η κυβέρνηση είναι υποχρεωμένη να δημιουργήσει τις συνθήκες υπό τις οποίες η καινοτομία που αφορά στην κινητικότητα μπορεί να ανθίσει και να προσφέρει οφέλη για την κοινωνία. Αποτελεί ένα υποσύστημα το οποίο μπορεί να έχει άμεση επιρροή σε όλες τις υπόλοιπες έλικες (μέσω πολιτικής επιρροής, νόμων) και η επιρροή της μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική, αναλόγως τα κίνητρα που προσφέρονται τόσο για την ανάπτυξη όσο και την υιοθέτηση νέων καινοτομιών/τεχνολογιών. Τέλος, δέχεται κατευθύνσεις από την έλικα των ερευνητικών φορέων, ώστε να δρα σε αρμονία με τις άλλες έλικες στο πλαίσιο της συνεργατικότητας (Gandia κ.ά., 2017).

Για να υπάρξουν καινοτομίες σε επίπεδο θύλακα, η ύπαρξη ικανοποιητικής πίεσης από την κυβέρνηση σε επίπεδο τοπίου φαίνεται να είναι καθοριστικός παράγοντας. Ένα παράδειγμα τέτοιας πίεσης είναι η ύπαρξη ανώτατων επιπέδων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τα οχήματα που επιβάλλεται στις αυτοκινητοβιομηχανίες από κρατικούς μηχανισμούς (Mazur κ.ά., 2015). Τέτοιες πιέσεις αποσταθεροποιούν ένα ΚΤΣ και δημιουργούν παράθυρα ευκαιρίας για ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Οι τεχνολογικές ευκαιρίες αλλά και οι ευκαιρίες της αγοράς ιστορικά φαίνεται να δημιουργούνται από τις δαπάνες των κυβερνήσεων, μέσω αυτού που η Mazzucato αναφέρει ως «επιχειρηματικό κράτος». Δηλαδή από την προθυμία του κράτους να επενδύσει σε νέες υψηλού ρίσκου έρευνες πριν κάτι τέτοιο γίνει από τον ιδιωτικό τομέα (Mazzucato, 2015), καθιστώντας έτσι πιο γρήγορη την εξέλιξη μιας τεχνολογίας.

Η οργάνωση του πολιτικού συστήματος είναι ζωτικής σημασίας στην ανάπτυξη ενός συστήματος, διότι διατυπώνει τη «θέληση» του κράτους. Οριοθετεί δηλαδή το πεδίο στο οποίο το κράτος δίνει προτεραιότητες τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον και τον τρόπο με τον οποίο οργανώνει τις γενικότερες εθνικές συνθήκες. Επομένως, η έλικά της κυβέρνησης, αποτελεί ένα ενεργό «πολιτικό και νομικό κεφάλαιο», μέσω κινήτρων, ιδεών, νόμων, σχεδίων, συνεργασιών που μπορεί να επιστρατεύσει ώστε να ωφελήσει ή να εμποδίσει τους δρώντες, αλλά και τους αναδυόμενους φορείς. Ταυτόχρονα, οι κυβερνήσεις έχουν τη δύναμη να προσφέρουν χρηματικά κίνητρα (από διάφορα επίπεδα διακυβέρνησης -τοπικό, περιφερειακό, εθνικό), και να δημιουργούν δημόσιες πολιτικές για την ενίσχυση της σχέσης της βιομηχανίας και των ερευνητικών φορέων (Carayannis, Barth και Campbell, 2012; Barrie, Zawdie και João, 2017; Gandia κ.ά., 2017; Hasche, Höglund και Linton, 2020), αλλά και για την προώθηση μιας νέας τεχνολογίας ή την αναχαίτιση της πορείας μιας υπάρχουσας.

4.4.2. Ο ρόλος της βιομηχανίας

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι η βιομηχανία έχει το ρόλο της κινητήριας δύναμης για την δημιουργία της καινοτομίας. Όπως αναφέρεται, η βιομηχανία αποτελεί μια έλικά η οποία συγκεντρώνει το «οικονομικό κεφάλαιο» (επιχειρήσεις, μηχανές, προϊόντα, τεχνολογία, κ.λπ.) και αποτελείται από επιχειρήσεις και συμπλέγματα επιχειρήσεων (Carayannis, Barth και Campbell, 2012).

Η βιομηχανία είναι σημαντική όσον αφορά στις καινοτομίες και πιο συγκεκριμένα την κατοχύρωση πατεντών, καθώς και όσον αφορά στην μείωση του ποσοστού ανεργίας σε τομείς εντάσεως γνώσης, σε τομείς υψηλής τεχνολογίας, σε δημιουργικές επιχειρήσεις, σε επιχειρήσεις που ασχολούνται με τις μεταφορές και τις επικοινωνίες (Gandia κ.ά., 2017). Για να εξασφαλίσει ισχυρή και διαρκή υποστήριξη, η βιομηχανία θα πρέπει να συνεργαστεί με το ευρύ κοινό και να κατευθύνεται προς τους περιορισμούς και τα οφέλη της τεχνολογίας. Για να επιτευχθεί η υιοθέτηση μιας νέας τεχνολογίας ή καινοτομίας, θα πρέπει η βιομηχανία και οι παίκτες που εμπλέκονται σε αυτή να συνεργαστούν με στόχο την υπερπήδηση των τεχνολογικών και όχι μόνο προκλήσεων.

4.4.3. Ο ρόλος των ερευνητικών φορέων - Academia

Οι ερευνητικοί φορείς μπορεί να είναι τα πανεπιστήμια, καθώς και τα κέντρα Έρευνας & Ανάπτυξης. Οι ερευνητικοί φορείς φαίνεται να έχουν ρόλο τόσο στο τεχνικό, όσο και στο μη τεχνικό κομμάτι της ανάπτυξης, ενώ επίσης είναι υπεύθυνοι για την αναζήτηση ενός μοντέλου που θα ευνοήσει και θα διευκολύνει την ανάπτυξη μιας νέας καινοτομίας/τεχνολογίας (Gandia κ.ά., 2017). Ο ρόλος της είναι κομβικός ανάμεσα στην κυβέρνηση και την βιομηχανία. Τα πανεπιστήμια από διάφορες χώρες φαίνεται να συνεργάζονται σε μεγάλα προγράμματα με τον δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα για την ανάπτυξη και την εφαρμογή διαφόρων τεχνολογικών και μη λύσεων που αναδύονται.

Στην έλικα των ερευνητικών φορέων το απαραίτητο «ανθρώπινο κεφάλαιο» μιας χώρας δημιουργείται με τη μορφή της ανάπτυξης νέας γνώσης και της διάχυσής της (Grobbelaar, 2007; Carayannis, Barth και Campbell, 2012). Τα πανεπιστήμια μπορούν να παίξουν έναν ενισχυτικό ρόλο στην καινοτομία στις ολοένα και περισσότερες κοινωνίες που βασίζονται στη γνώση (Etzkowitz και Leydesdorff, 2000). Οι ερευνητικοί φορείς αποτελούν ένα χώρο όπου εκεί μέσω μιας σειράς δραστηριοτήτων παράγεται η γνώση, διαχέεται και χρησιμοποιείται από τους δρώντες του συστήματος (Barrie, Zawdie και João, 2017).

Στην παρούσα διατριβή, θεωρούμε ότι η ανάπτυξη και παραγωγή της γνώσης/τεχνολογίας πραγματοποιείται σε υψηλότερο επίπεδο από αυτό της μελέτης μας, και δεν μπορεί να γίνει διακριτή συμπερίληψη της έλικας των ερευνητικών φορέων στο μοντέλο ΣΔ. Παρουσιάζεται στο μοντέλο με τη μορφή της ανάπτυξης της τεχνολογίας και βελτίωσης των κινητήρων των οχημάτων και με τη μορφή της ανάπτυξης νέων επιχειρηματικών μοντέλων προσφοράς υπηρεσιών μετακίνησης. Έτσι, η παρούσα έρευνα εξετάζει μόνο την πλευρά της χρήσης των τεχνουργημάτων με νέες τεχνολογίες και των νέων επιχειρηματικών μοντέλων του εξεταζόμενου ΚΤΣ και όχι της ανάπτυξης της τεχνολογίας και της γνώσης.

4.4.4. Ο ρόλος της κοινωνίας

Η τέταρτη έλικα αντιπροσωπεύει την κοινωνία των πολιτών, τους καταναλωτές, και τον τελικό χρήστη (Butler, Yigitcanlar και Paz, 2020). Οι κοινωνικές αυτές ομάδες συμμετέχουν σε ένα ΚΤΣ και μπορούν να επηρεάσουν την τροχιά του, καθώς και την

σταθερότητά του, μέσω της προσκόλλησης σε συγκεκριμένους κανόνες και καθεστώτα που συνθέτουν το ΚΤΣ (Papachristos κ.ά., 2013).

Η έλικά της κοινωνίας αποτελείται από δύο μορφές κεφαλαίου, από το «κοινωνικό κεφάλαιο» (παράδοση, αξίες, κ.λπ.) και από το «κεφάλαιο της πληροφορίας» (νέα, επικοινωνία, κοινωνικά δίκτυα) (Carayannis, Barth και Campbell, 2012). Αποτελεί ανθρωποκεντρική έλικά καθώς τα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα θα πρέπει να υπηρετούν τις ανάγκες της κοινωνίας των πολιτών ως σύνολο (Hasche, Höglund και Linton, 2020).

Η κοινωνική αποδοχή νέων λύσεων που εισέρχονται στο σύστημα είναι σημαντική για την υιοθέτησή τους. Οι διάφοροι εμπλεκόμενοι φορείς πρέπει να καταφέρουν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των πολιτών και να εξαλείψουν τις όποιες αρνητικές σκέψεις τόσο των καταναλωτών, όσο και των χαρακτών πολιτικής. Η υπερπήδηση των όποιων προκλήσεων όσον αφορά στην αποδοχή των νέων αυτών λύσεων από την κοινωνία, απαιτεί συνεργασία μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων μερών, και ιδιαίτερα μεταξύ της βιομηχανίας και της κυβέρνησης (Gandia κ.ά., 2017).

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Gandia κ.ά. (2017), η ανάπτυξη μιας τεχνολογίας χωρίς την κατανόηση όλων των ελίκων, χωρίς για παράδειγμα να ληφθούν υπόψιν οι πολιτισμικές ή οι περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «οδήγηση με το ένα μάτι κλειστό».

Ορισμένοι από τους ερευνητές υποστηρίζουν ότι η συνεργασία μεταξύ διαφόρων δρώντων είναι υπεύθυνη για το μετριασμό των επιπτώσεων από την ανάπτυξη μιας τεχνολογίας και η εμπλοκή όλων των δρώντων είναι απαραίτητη (Gandia κ.ά., 2017). Στην περίπτωση του συστήματος των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων, η οποία εξετάζεται σε αυτή τη διδακτορική διατριβή, οι τοπικές ιδιαιτερότητες φαίνεται να είναι χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψιν, θεωρώντας τις κοινωνικές και κυβερνητικές ιδιαιτερότητες ως καθοριστικούς παράγοντες για τη διάδοση των νέων τεχνολογιών, καινοτομιών και θυλάκων.

Πίνακας 4.4.4.1: Τα διάφορα μοντέλα μετακίνησης: εμπόδια και οδηγοί διάχυσης

Παραδοσιακές μορφές κινητικότητας				
	Επίπεδο	Έλικα	Εμπόδια (barriers)	Οδηγοί (drivers)
Χρήση ιδιωτικού οχήματος	Μακρο επίπεδο	Κυβέρνηση	-Ελλιπείς θέσεις πάρκινγκ -Ανεπαρκές ή κακοσυντηρημένο οδικό δίκτυο -Κανονισμοί απαγόρευσης στάθμευσης οχημάτων εντός της πόλης -Επιβολή φόρων για την κυκλοφοριακή συμφόρηση	-Ωριμο νομοθετικό πλαίσιο -Σταθερότητα του καθεστώτος -Υπαρξη επαρκούς δικτύου συμπληρωματικών υπηρεσιών (συνεργεία, σημεία ανεφοδιασμού, ανταλλακτικά, κ.λπ.)
		Βιομηχανία	-Διαθεσιμότητα ΜΜΜ και κυρίως τρένα υψηλής ταχύτητας	
		Κοινωνία	-Κυκλοφοριακή συμφόρηση -Αύξουσα περιβαλλοντική ενσυναίσθηση -Προκαλεί αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης	
	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	-Κόστος χρήσης -Αλλαγή στη συμπεριφορά χρήσης του αυτοκινήτου -Ανάγκη για θέση πάρκινγκ -Ανάγκη για κατοχή άδειας οδήγησης	-Ελευθερία κινήσεως (χρόνος, τόπος) -Δεν απαιτούνται τεχνολογικές γνώσεις -Μετακίνηση από πόρτα σε πόρτα -Μικρότερος χρόνος μετακίνησης -Εύκολη μεταφορά αποσκευών
Δημόσιες συγκοινωνίες	Μακρο επίπεδο	Βιομηχανία	-Η ποιότητα των δημοσίων συγκοινωνιών -Ανελαστικό πρόγραμμα δρομολογίων -Έλλειψη ενημέρωσης σε πραγματικό χρόνο - χαμηλός βαθμός ψηφιοποίησης υπηρεσιών -Περιορισμένοι προορισμοί	-Λιγότερο ρυπογόνος μορφή μετακίνησης σε σχέση με τα ιδιωτικά αυτοκίνητα (ανά επιβατοχιλιόμετρο)
	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	-Πρέπει να συνδυαστεί με άλλες μορφές μετακίνησης (ενεργητικές και μη) -Χαμηλή πρόσβαση σε ΜΜΜ (>5λεπτα διαδρομή) -Μεγάλος χρόνος μετακίνησης -Αίσθηση μη ανταπόκρισης στις απαιτήσεις των χρηστών -Δυσκολία στην μεταφορά αποσκευών -Μετακίνηση μονής κατεύθυνσης -Μικρή ευελιξία -Αίσθηση έλλειψης ελευθερίας -Ανάγκη συνδυασμού με άλλες μορφές κινητικότητας	-Μη αναγκαιότητα ιδιοκτησίας εξοπλισμού -Μη αναγκαιότητα κατοχής άδειας οδήγησης -Δεν υπάρχει ανάγκη για εύρεση/κατοχή θέσεως παρκινγκ -Δεν υπάρχει ανάγκη συντήρησης του οχήματος από το χρήστη
Ταξί	Μακρο επίπεδο	Κυβέρνηση	-Ελεγχόμενο από το κράτος	-Ωριμο νομοθετικό πλαίσιο
		Βιομηχανία	-Ανάγκη εξασφάλισης άδειας ταξί	-Εύκολη μεταφορά αποσκευών

	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> -Μετακίνηση μονής κατεύθυνσης -Αίσθηση έλλειψης ελευθερίας -Υψηλό κόστος 	<ul style="list-style-type: none"> -Μικρότερος χρόνος μετακίνησης (δεν χρειάζεται να γίνει ανεύρεση θέσης στάθμευσης/αναμονής ΜΜΕ) -Μη αναγκαιότητα ιδιοκτησίας εξοπλισμού -Μη αναγκαιότητα κατοχής άδειας οδήγησης -Δεν υπάρχει ανάγκη για εύρεση/κατοχή θέσεως παρκινγκ -Δεν υπάρχει ανάγκη συντήρησης του οχήματος από το χρήστη -Μετακίνηση από πόρτα σε πόρτα
Εναλλακτικές μορφές κινητικότητας				
Carsharing	Μακρο επίπεδο	Κυβέρνηση	<ul style="list-style-type: none"> -Ελλιπές νομοθετικό πλαίσιο -Υπάρχουσες πολιτικές, κανονισμοί και πιστεύω που δεν ευνοούν την ύπαρξη της 	
		Ερευνητικοί φορείς/Βιομηχανία	<ul style="list-style-type: none"> -Ανάγκη για προσαρμογή των μοντέλων εφοδιασμού (logistics) και των επιχειρηματικών μοντέλων 	
		Κυβέρνηση/Βιομηχανία	<ul style="list-style-type: none"> -Τεχνολογικοί και θεσμικοί εγκλωβισμοί -Ανάγκη για ύπαρξη δικτύου παραλαβής/επιστροφής του οχήματος 	
		Βιομηχανία	<ul style="list-style-type: none"> -Υψηλό ποσοστό ιδιοκτησία ιδιωτικών οχημάτων -Η δύναμη του ιδιωτικού οχήματος ως νοοτροπία 	
	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> -Χαμηλό επίπεδο εξοικείωσης με την τεχνολογία -Φόβος αναφορικά με την προστασία και την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων 	<ul style="list-style-type: none"> -Βοηθά στην επίλυση του προβλήματος της εξάρτησης από το πετρέλαιο (με την προϋπόθεση ότι η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από καθαρές πηγές), -Μειώνει το ποσοστό ιδιοκτησίας ιδιωτικών οχημάτων και ενθαρρύνει την χρήση ΜΜΕ και τη μετακίνηση με ποδήλατο ή με τα πόδια. -Μειώνει την ανάγκη για θέσεις πάρκινγκ μέσω της αυξημένης χρήσης του στόλου. -Βοηθά στο πρόβλημα της ρύπανσης
		Βιομηχανία	<ul style="list-style-type: none"> -Η δύναμη του καθεστώτος των ταξί 	
	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> -Αίσθηση έλλειψης ελευθερίας -Κάποιες φορές απαιτούνται ενεργητικοί τρόποι (περπάτημα, ποδήλατο) μετακίνησης για την έναρξη και την ολοκλήρωση της μετακίνησης 	<ul style="list-style-type: none"> -Αντικατάσταση του στόλου πιο γρήγορα (μείωση του μέσου όρου ηλικίας των οχημάτων) -Δυνατότητα επιλογής διαφορετικού οχήματος κάθε φορά -Μετακίνηση δύο κατευθύνσεων (OD - DO) -Οικονομική μέθοδος μετακίνησης σε σχέση με το ιδιωτικό αυτοκίνητο -Δεν υπάρχει ανάγκη για εύρεση/κατοχή θέσεως παρκινγκ -Δεν υπάρχει ανάγκη συντήρησης του οχήματος από το χρήστη

				<ul style="list-style-type: none"> -Μικρότερος χρόνος μετακίνησης σε σχέση με τις δημόσιες συγκοινωνίες -Εύκολη η μεταφορά αποσκευών
Ride-hailing	Μακρο επίπεδο	Κοινωνία	-Φόβος αναφορικά με την προστασία και την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων	
	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> -Έλλειψη γνώσης τεχνολογίας -Συμπεριφορά μετακινούμενων – έλλειψη προθυμίας για υιοθέτηση άλλων μορφών κινητικότητας 	<ul style="list-style-type: none"> -Μη αναγκαιότητα κατοχής άδειας οδήγησης -Μικρότερος χρόνος μετακίνησης (δεν χρειάζεται να γίνει ανεύρεση θέσης στάθμευσης/αναμονής ΜΜΕ) -Μη αναγκαιότητα ιδιοκτησίας εξοπλισμού -Δεν υπάρχει ανάγκη για εύρεση/κατοχή θέσεως παρκινγκ -Δεν υπάρχει ανάγκη συντήρησης του οχήματος από το χρήστη -Μετακίνηση από πόρτα σε πόρτα -Εύκολη μεταφορά αποσκευών
	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> -Η δύναμη του ιδιωτικού οχήματος ως νοοτροπία -Έλλειψη γνώσης τεχνολογίας 	<ul style="list-style-type: none"> -Μετακίνηση μονής κατεύθυνσης -Αίσθηση έλλειψης ελευθερίας -Ανάγκη συνδυασμού με άλλες μορφές κινητικότητας
Micro mobility	Μακρο επίπεδο	Κυβέρνηση	-Ελλιπές νομοθετικό πλαίσιο	<ul style="list-style-type: none"> -Μειώνει τη χρήση μηχανοκίνητων οχημάτων -Μειώνει τις εκπομπές αερίων ρύπων -Εύκολη προσβασιμότητα (σταθμοί κοντά σε δημόσιες συγκοινωνίες, δημόσια κτίρια, κλπ)
		Βιομηχανία		
		Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> -Συμπεριφορά μετακινούμενων – έλλειψη προθυμίας για υιοθέτηση άλλων μορφών κινητικότητας -Φόβος για την προστασία και την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων 	
MaaS	Μικρο επίπεδο	Κοινωνία	<ul style="list-style-type: none"> -Έλλειψη γνώσης τεχνολογίας -Δύσκολη μεταφορά αποσκευών 	<ul style="list-style-type: none"> -Μη αναγκαιότητα κατοχής άδειας οδήγησης -Ελευθερία κινήσεως (χρόνος, τόπος) -Δεν απαιτούνται ιδιαίτερες τεχνολογικές γνώσεις -Ανάγκη συνδυασμού με άλλες μορφές κινητικότητας
	Μακρο επίπεδο	Κυβέρνηση	<ul style="list-style-type: none"> -Έλλειψη πρωτοβουλιών για τη δημιουργία ενιαίας ηλεκτρονικής ταυτότητας σε εθνικό, ευρωπαϊκό ή υψηλότερο επίπεδο. -Υπάρχουσες πολιτικές, κανονισμοί και πιστεύω -Έλλειψη κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου 	-Ελλιπές νομοθετικό πλαίσιο

		Κυβέρνηση/ Ερευνητικοί φορείς	-Τεχνολογικοί και θεσμικοί εγκλωβισμοί (σε άλλες μορφές κινητικότητας) -Έλλειψη κατάλληλης τεχνολογίας -Ασυμβατότητα δικτύου	-Απαιτεί συνεργασία διαφόρων μερών (δημόσιες συγκοινωνίες, ταξί, operators, τοπικοί φορείς, επιστήμονες, κλπ.)
		Ερευνητικοί φορείς/ Βιομηχανία	-Ανάγκη για προσαρμογή των μοντέλων εφοδιασμού (logistics) και των επιχειρηματικών μοντέλων -Έλλειψη κατανόησης της συμπεριφοράς της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των αληθινών ανθρώπινων αναγκών -Έλλειψη ολοκληρωμένων λύσεων για την διεκπεραίωση της μετακίνησης	-Βοηθά στην επίλυση του προβλήματος της εξάρτησης από το πετρέλαιο (με την προϋπόθεση ότι εναλλακτικές μορφές καυσίμου που χρησιμοποιούνται προέρχονται από καθαρές πηγές), -Βοηθά στο πρόβλημα της ρύπανσης
		Βιομηχανία	-Υψηλό ποσοστό ιδιοκτησίας ιδιωτικών οχημάτων -Φόβος αναφορικά με την προστασία και την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων	-Βοηθά στο πρόβλημα της έλλειψης θέσεων πάρκινγκ μέσω της αυξημένης χρήσης του στόλου και του μειωμένου χρόνου ακινησίας.
		Κοινωνία	-Χαμηλό επίπεδο εξοικείωσης με την τεχνολογία -Συμπεριφορά μετακινούμενων – έλλειψη προθυμίας για υιοθέτηση άλλων μορφών κινητικότητας	-Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης -Μείωση των ιδιωτικών οχημάτων -Προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις μετακίνησης
Μικρο επίπεδο		Κυβέρνηση/ Βιομηχανία	-Δυσκολία συνεργασίας μεταξύ των φορέων	
		Κοινωνία	-Η δύναμη του ιδιωτικού οχήματος ως νοοτροπία -Έλλειψη γνώσης τεχνολογίας -Δύσκολη η μεταφορά αποσκευών	-Οικονομική μέθοδος μετακίνησης σε σχέση με το ιδιωτικό αυτοκίνητο -Μη απαραίτητη η κατοχή άδειας οδήγησης -Δεν υπάρχει ανάγκη αγοράς εξοπλισμού -Προσφέρει αγορά πλήρους πακέτου μετακίνησης (διατροφικού) με πολύ μικρό χρόνο -Μη απαραίτητη εύρεση/κατοχή θέσεως παρκινγκ -Δεν υπάρχει ανάγκη συντήρησης του οχήματος από το χρήστη -Πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο -Μικρότερος χρόνος μετακίνησης σε σχέση με τις δημόσιες συγκοινωνίες

Πηγή: Ίδια επεξεργασία, βασισμένο σε βιβλιογραφική ανασκόπηση

Τα τελευταία χρόνια πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η πολυπλοκότητα και η δυναμική σχετίζονται με τα συστήματα από μια θεωρητική προοπτική, εξαιτίας των συνεχόμενων ανταλλαγών μεταξύ τους και της εξέλιξης των φορέων, των οργανισμών και των θεσμών (Uriona και Grobbelaar, 2017; Niosi, 2011; Hekkert κ.ά., 2007). Πλέον όμως οι ερευνητές καλούνται να εξετάσουν λιγότερο στατικά και περιγραφικά τα συστήματα, καθώς υπάρχει η ανάγκη για υιοθέτηση πιο δυναμικών και με βλέμμα στο μέλλον προσεγγίσεων. Μια τέτοια προσέγγιση είναι η ΣΔ, μια ευρέως διαδεδομένη μεθοδολογία για την μοντελοποίηση των περίπλοκων κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων, η οποία περιγράφεται παραπάνω και με τη βοήθεια της οποίας για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας δημιουργήθηκε ένα μοντέλο προσομοίωσης. Τα βήματα της ανάπτυξης του μοντέλου αναφέρονται στην παρακάτω ενότητα.

4.5. Η διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου ΣΔ

Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα για να υπάρξει ένα σωστό μοντέλο ΣΔ θα πρέπει να αποσαφηνιστούν οι έννοιες, να τεθούν τα όρια του συστήματος και να καθοριστούν οι συσσωρεύσεις και οι ροές που θα απεικονιστούν. Θα πρέπει να καθοριστούν τα εργαλεία τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, και έτσι να εξαχθούν τα αποτελέσματα της εφαρμογής, τα οποία θα μας βοηθήσουν να επεξηγηθεί η συμπεριφορά του συστήματος που μπορεί να οδηγεί σε αλλαγές (Jifeng, Huaru και Hu, 2008; Papachristos, 2019).

Πίνακας 4.5.1: Εννοιολογικά εργαλεία της ΣΔ και αποτελέσματα εφαρμογής

Έννοιες	Όρια συστήματος, συσσωρεύσεις, ροές, στόχοι συστήματος Αποφάσεις και δράσεις των δρώντων
Εργαλεία	Διαγράμματα αιτιότητας Ποσοτικά μοντέλα προσομοίωσης
Αποτέλεσμα εφαρμογής	Ενδογενείς επεξηγήσεις της συμπεριφοράς του συστήματος που οδηγούν σε αλλαγή του συστήματος

Πηγή: Μεταφρασμένο από Papachristos (2019)

Πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε διαδικασία, θα πρέπει πρώτα να οριστεί το σύστημα και ποια είναι τα όρια του. Κανένα σύστημα δε μπορεί να λειτουργήσει σε πλήρη απομόνωση από το περιβάλλον του. Υλικά, ενέργεια και πληροφορίες συχνά υπερβαίνουν τα όρια του συστήματος και μπαίνουν στο σύστημα σαν εισροές (Blanchard και Fabrycky, 1998). Ενώ και το αντίστροφο είναι εφικτό, το ίδιο το σύστημα δηλαδή τροφοδοτεί το περιβάλλον ή τα περιβάλλοντα με τα οποία αλληλεπιδρά, με υλικά, ενέργεια, αλλά και πληροφορίες.

Ένα σύστημα αποτελείται από όλα τα συστατικά, τις συμπεριφορές και τις σχέσεις που απαιτούνται για να ολοκληρωθεί ένας στόχος (Blanchard και Fabrycky, 1998). Τα όρια ενός συστήματος ορίζονται από την ειδική συμπεριφορά του συστήματος, η οποία παράγεται από τον συνδυασμό των αλληλοεπιδρώντων συστατικών. Αυτά τα συστατικά βρίσκονται εντός των ορίων που ορίζουν και περικλείουν το σύστημα (Grobbelaar, 2007). Ο Forrester (1961) ορίζει τα όρια του συστήματος ως το μικρότερο αριθμό συστατικών εντός των οποίων παράγεται η δυναμική συμπεριφορά του συστήματος. Ενός συστήματος του οποίου η δομή είναι οργανωμένη σε επίπεδα ιεραρχίας και εντός της δομής του υπάρχουν υπο-δομές (*sub-structures*) που την συνθέτουν.

Από τεχνικής άποψης, η δημιουργία ενός μοντέλου ΣΔ συμπεριλαμβάνει διάφορα στάδια από τα οποία πρέπει να περάσει ένα μοντέλο μέχρι τη δημιουργία του, ώστε να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση ενός συγκεκριμένου σύνθετου και δυναμικού προβλήματος (Barnabè και Davidsen, 2020). Αυτά τα στάδια περιλαμβάνουν την ανάπτυξη, τον έλεγχο και την επικύρωση, ώστε στο τέλος το μοντέλο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενημέρωση αλλά και ανάλυση πολιτικών.

Εν συντομία, κάθε μοντέλο ΣΔ αντιπροσωπεύει μια αναπαράσταση του φυσικού κόσμου που σχετίζεται με το υπό ανάλυση πρόβλημα και πρέπει να απεικονίσει τη συμπεριφορά των δρώντων που αποτελούν το σύστημα, ενσωματώνοντας κατά συνέπεια τους κανόνες λήψης αποφάσεών τους. Δηλαδή, η ανάλυση της συμπεριφοράς είναι ο πυρήνας της μεθοδολογίας της ΣΔ και αντιπροσωπεύει τον απόλυτο στόχο.

Ο Forrester (1961) είναι αυτός που αρχικά δημιούργησε μια διαδικασία 6 βημάτων για τη δημιουργία ενός μοντέλου ΣΔ, την οποία διαδικασία επέκτεινε αργότερα ο Karpeier (1999), δημιουργώντας μια διαδικασία 7 βημάτων.

Σε μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης των βημάτων για τη σωστή δημιουργία ενός μοντέλου ΣΔ, δημιουργούνται τα παρακάτω 5 στάδια (Barlas, 1996; Sterman, 2000; Suryani, Chou και Chen, 2010; Xue κ.ά., 2020):

1) Διατύπωση προβλήματος (Problem articulation): σε αυτό το βήμα, εντοπίζεται το πραγματικό πρόβλημα, οι βασικές μεταβλητές και έννοιες, προσδιορίζεται ο χρονικός ορίζοντας και προσδιορίζεται το πρόβλημα δυναμικά για την κατανόηση και το σχεδιασμό πολιτικών και στρατηγικών για την επίλυσή του.

2) Διατύπωση της δυναμικής υπόθεσης (Dynamic Hypothesis): αυτός που δημιουργεί το μοντέλο θα πρέπει να αναπτύξει μια θεωρία για το πώς προέκυψε το

πρόβλημα. Αυτό θα καθοδηγήσει καλύτερα τις προσπάθειες μοντελοποίησης εστιάζοντας σε ορισμένες δομές. Σε αυτό το βήμα, πρέπει να αναπτυχθεί διάγραμμα αιτιώδους βρόχου, το οποίο εξηγεί τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό το διάγραμμα αιτιώδους βρόχου θα οδηγήσει στην δημιουργία του διαγράμματος αποθεμάτων και ροών το οποίο αποτελείται από διάφορες μεταβλητές που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους.

3) Διαμόρφωση (Formulation): για να οριστεί το μοντέλο ΣΔ, αφού μετατραπεί το διάγραμμα αιτιώδους βρόχου σε διάγραμμα αποθεμάτων και ροών, θα πρέπει να αποτυπωθεί το σύστημα χρησιμοποιώντας αποθέματα (levels), ροές (rates), χρησιμοποιώντας βοηθητικές εξισώσεις. Πρέπει να εκτιμηθούν κάποιες παράμετροι, συμπεριφορικές σχέσεις και αρχικές συνθήκες. Η σύνθεση των εξισώσεων θα αποκαλύψει κενά και ασυνέπειες που πρέπει να αντιμετωπιστούν στην αποτύπωση του μοντέλου ΣΔ.

4) Δοκιμή (Testing): ο σκοπός της δοκιμής είναι η σύγκριση της προσομοιωμένης συμπεριφοράς του μοντέλου με την πραγματική συμπεριφορά του συστήματος.

5) Διαμόρφωση και αξιολόγηση πολιτικής (Policy formulation and evaluation): Μόλις οι σχεδιαστές του μοντέλου αναπτύξουν εμπιστοσύνη στη δομή και τη συμπεριφορά του μοντέλου, τότε το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό πολιτικών, αλλά και την αξιολόγηση και βελτίωση τρεχουσών πολιτικών.

Γράφημα 4.5.1: Διαδικασία μοντελοποίησης βάσει της ΣΔ



Πηγή: Sterman (2002)

Η ΣΔ χρησιμοποιεί βρόχους αιτιότητας (*causal loops*) και αναπτύσσει ποιοτικά μοντέλα απεικόνισης ενός συστήματος με τη βοήθεια των διαγραμμάτων αιτιότητας (*causal loop diagrams - CLD*). Τα διαγράμματα αυτά στη συνέχεια χρησιμεύουν στον προσδιορισμό των δυναμικών υποθέσεων πριν αναπτυχθεί ένα ποσοτικό μοντέλο

συσσωρεύσεων – ροών (*stock & flow model – SFM*) με τη βοήθεια των διαγραμμάτων συσσωρεύσεων και ροών (*stock & flow diagrams - SFD*) (Sun, 2021).

Τα συστήματα τα οποία απεικονίζονται τόσο στα ΔΑ όσο και στα ΔΣΡ αποτελούνται από στοιχεία και σχέσεις αυτών των στοιχείων. Και τα μοντέλα που δημιουργούνται αποτελούν απλουστευμένες αναπαραστάσεις ζητημάτων ή συστημάτων και αποτελούνται από μεταβλητές και συνδέσεις μεταξύ αυτών των μεταβλητών. Η προσέγγιση της ΣΔ αποτελεί μια προσπάθεια σύνδεσης των ποιοτικών μοντέλων με αυτά των ποσοτικών (Shepherd, 2014).

Η εφαρμογή διαγραμμάτων αιτιότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναδείξει τα «νοητικά μοντέλα» (*mental models*) στα οποία βασίζονται κάποια συστήματα και να βοηθήσει στην κατανόηση του συστήματος και των αναγκών του, των φραγμών και των «οδηγών» εντός του συστήματος, αλλά και στην κατανόηση της αντίληψης (*perception*) και της συμπεριφοράς των δρώντων εντός του συστήματος (Shepherd, 2014).

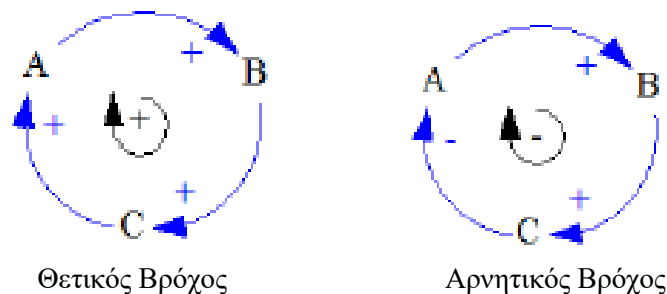
Τα διαγράμματα αιτιότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ακολούθως: (1) για να παρέχουν μια πλατφόρμα μέσα από την οποία οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να συμμετέχουν σε συζητήσεις για την ανάπτυξη πολιτικής, (2) να επισημάνουν τις σημαντικότερες σχέσεις που απαιτούν μια πιο εμπεριστατωμένη ανάλυση πριν από την εφαρμογή ποσοτικών τεχνικών ανάλυσης πολιτικής όπως η μοντελοποίηση της ΣΔ, και (3) να επεξηγήσουν και να κοινοποιήσουν τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των πολιτικών στους υπεύθυνους για τη χάραξη πολιτικής, καθώς και στα άλλα εμπλεκόμενα μέρη (Stepp κ.ά., 2009).

Τα ποιοτικά μοντέλα απεικονίζουν τις εισροές από τους σχετικούς δρώντες και εν γένει απεικονίζονται από τα ΔΑ. Η ανάπτυξη των ΔΑ αποτελεί βασικό κομμάτι της ανάπτυξης των μοντέλων, συνδέει τα διάφορα εμπλεκόμενα μέρη με σχέσεις αιτιότητας, και τέλος δημιουργεί βρόχους ανατροφοδότησης. Οι βρόχοι ανατροφοδότησης μπορούν να είναι είτε θετικοί/ενισχυτικοί (*Reinforcing - R*) είτε αρνητικοί/εξισορροπητικοί (*Balancing - B*). Ένας βρόχος ανατροφοδότησης ονομάζεται θετικός (+) ή ενισχυτικός (R) εάν μια αρχική αύξηση σε μια μεταβλητή οδηγεί μετά από κάποιο χρονικό διάστημα σε μια πρόσθετη αύξηση της αρχικής μεταβλητής ή αντίστοιχα εάν μια αρχική μείωση σε μια μεταβλητή οδηγεί σε μια επιπλέον μείωση στο στην ίδια μεταβλητή μετά από ένα χρονικό διάστημα και ούτω καθεξής (Rad κ.ά., 2015). Όταν ένα σύστημα περιέχει τόσο θετικούς/ενισχυτικούς βρόχους, όσο και αρνητικούς/εξισορροπητικούς βρόχους τότε μια δυναμική ισορροπία

μπορεί να επέλθει. Η δομή των βρόχων ανατροφοδότησης αποτελεί τη βάση για την επεξήγηση της συμπεριφοράς ενός συστήματος και ενισχύει την προσπάθεια κατανόησής του (Sterman, 1994; 2000). Ένας βρόχος ανατροφοδότησης ή ανάδρασης αποτελείται από δύο ή περισσότερες αιτιώδεις συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων που είναι συνδεδεμένα με τέτοιο τρόπο ώστε αν κάποιος ακολουθεί την αιτιότητα ξεκινώντας από οποιοδήποτε στοιχείο του βρόχου, τότε τελικά επιστρέφει στο πρώτο στοιχείο.

Μια απεικόνιση παραδειγμάτων θετικών και αρνητικών βρόχων ανατροφοδότησης παρουσιάζεται παρακάτω στο Γράφημα 4.5.2 (Richardson και Pugh, 1997; Kwakkel και Pruyt, 2013; Rad κ.ά., 2015).

Γράφημα 4.5.2 Βρόχοι Ανατροφοδότησης



Από την άλλη πλευρά το ποσοτικό κομμάτι του μοντέλου είναι αυτό που παρουσιάζει τη δομή του συστήματος, καθώς και τη δυναμική υπόθεση που αντιπροσωπεύει και είναι σημαντικό στην κατανόηση ενός συστήματος. Ένα μοντέλο ΣΔ βασίζεται στην σύνδεση διαφορετικών εξισώσεων, αλλά παρουσιάζεται στον τελικό χρήστη με τη μορφή διαγραμμάτων συσσωρεύσεων και ροών (*Stock and flow diagrams -SFDs*) τα οποία βοηθούν στην διασφάλιση της διαφάνειας του μοντέλου, καθώς και στην καλύτερη κατανόησή του. Σε αυτά τα διαγράμματα γίνονται διαγραμματικές διακρίσεις μεταξύ διαφόρων τύπων μεταβλητών, όπως αποθέματα (*stocks*), ροές (*flows*), βοηθητικές μεταβλητές (*auxiliary variables*), και παράμετροι/σταθερές (*constant*). Οι συσσωρεύσεις απεικονίζονται από ορθογώνια σύμβολα που υποδεικνύουν ένα πλαίσιο για τη συγκράτηση του περιεχομένου. Οι ροές μπορεί να είναι είτε εισροές στις συσσωρεύσεις είτε εκροές και απεικονίζονται από σωλήνες με βαλβίδες που ελέγχουν το ρυθμό ροής προς ή από μια συσσώρευση. Οι βοηθητικές μεταβλητές απεικονίζονται με κύκλους, ενώ τέλος οι σταθερές απεικονίζονται με ρόμβους. Καθώς τα αποθέματα και οι ροές συνδέονται με άλλα αποθέματα και ροές, η δομή ενός συστήματος δημιουργείται και το σύστημα περιγράφεται με τη βοήθεια σειράς συνδεδεμένων μη γραμμικών εξισώσεων.

Οι μεταβλητές αποθέματος ή συσσωρεύσης (*stock variables*) αντιπροσωπεύουν την κατάσταση του συστήματος, δίνουν αδράνεια στα συστήματα και δημιουργούν καθυστερήσεις συγκεντρώνοντας τη διαφορά μεταξύ των διαδικασιών εισροής και εκροής (Dangelico κ.ά., 2010; Meadows 2009, σ. 23). Οι μεταβλητές αυτές αποτελούν τη μνήμη του συστήματος. Μπορεί να είναι απτά (υλικά) αποθέματα, όπως εγκαταστάσεις, χρήματα, εξοπλισμός αλλά και άυλα, όπως δεξιότητες υπαλλήλων, αφοσίωση πελατών, γνώσεις κ.λπ. Μια μεταβλητή αποθέματος -που ονομάζεται επίσης μεταβλητή επιπέδου ή μεταβλητή κατάστασης- συσσωρεύεται, δηλαδή ενσωματώνει ροές με την πάροδο του χρόνου. Τα αποθέματα ξεκινούν από μια αρχική τιμή αλλά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, μια μεταβλητή αποθέματος μπορεί να αλλάξει μόνο με μεταβλητές εισερχόμενης και εξερχόμενης ροής. Οι μεταβλητές αποθεμάτων αλλάζουν γενικά αργά, ακόμα και όταν οι ροές μέσα ή έξω από αυτές αλλάζουν ξαφνικά (Pruyt, 2013).


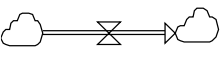



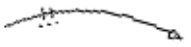
Οι μεταβλητές ροών (*flow variables*) περιγράφουν το ρυθμό αύξησης/μείωσης των αποθεμάτων. Επομένως, οι μεταβλητές ροών στοχεύουν σε στρατηγικές για τη βελτίωση της προβληματικής κατάστασης/κατάστασης των πιο αδρανών μεταβλητών αποθεμάτων (Meadows 2009, σ. 24). Υπάρχουν δύο τύποι μεταβλητών ροής: α) εισροές και β) εκροές. Οι θετικές (αρνητικές) εισροές αυξάνουν (μειώνουν) το περιεχόμενο της δεξαμενής (μεταβλητής αποθέματος) και οι θετικές (αρνητικές) εκροές μειώνουν (αυξάνουν) το περιεχόμενο της δεξαμενής (Samara κ.ά., 2012). Οι ροές μπορούν επίσης να συνδέουν δύο μεταβλητές αποθέματος, που ρέουν από ένα πρώτο απόθεμα σε ένα δεύτερο απόθεμα.

Οι βοηθητικές μεταβλητές (*auxiliary variables*) συμβάλλουν να διατηρηθούν οι εξισώσεις ροής απλές και κατανοητές. Αυτές οι μεταβλητές χρησιμοποιούνται για την καλύτερη περιγραφή της δομής του συστήματος. Ονομάζονται σκληρές μεταβλητές εάν οι σχέσεις είναι γνωστές και πλήρως προσδιορισμένες, διαφορετικά ονομάζονται μαλακές μεταβλητές (Samara κ.ά., 2012).

Όσον αφορά στις σταθερές μεταβλητές υπάρχουν μόνο λίγες πραγματικές σταθερές, όπως οι πραγματικές φυσικές σταθερές, αλλά υπάρχουν πολλές μεταβλητές που μπορούν να θεωρηθούν ότι παραμένουν σταθερές σε μια διαδικασία προσομοίωσης ενός συστήματος για ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι συντελεστές μετατροπής (π.χ. «παραγωγικότητα»), οι τιμές αναφοράς (π.χ. «κανονική καθυστέρηση παράδοσης»), οι μέσες διάρκειες ζωής ή οι χρόνοι παραμονής, οι χρόνοι προσαρμογής κ.λπ. Αυτές οι παράμετροι

συμπεριλαμβάνονται σε ένα μοντέλο μέσω εξωγενών παραμέτρων εάν δεν επηρεάζονται ή επηρεάζονται ελάχιστα από άλλες μεταβλητές μοντέλου (Samara κ.ά., 2012). Στον Πίνακα 4.5.2 παρουσιάζονται συνοπτικά οι μεταβλητές των μοντέλων ΣΔ, η περιγραφή τους και οι αντίστοιχοι συμβολισμοί τους.

Πίνακας 4.5.2: Μεταβλητές μοντέλων ΣΔ, περιγραφή και συμβολισμοί

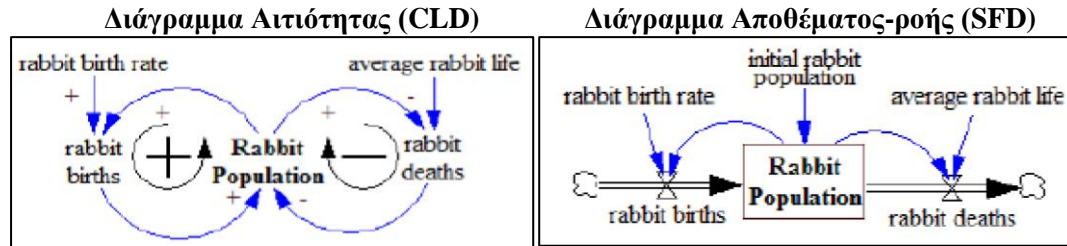
Μεταβλητές	Περιγραφή	Συμβολισμοί
Απόθεμα-Επίπεδο	Αποτυπώνει την κατάσταση του συστήματος (καταστατική μεταβλητή) Αποτελεί το ολοκλήρωμα των ροών (αθροιστικό αποτέλεσμα των εισροών και των εκροών που σημειώθηκαν μέχρι τη χρονική στιγμή t).	
Φυσική ροή (ρυθμός)	Ρυθμίζει την αύξηση/μείωση των αποθεμάτων και αντιπροσωπεύει μεταβλητή δραστηριότητα. Οι ροές συμβολίζονται με βέλη, ενώ η βαλβίδα των ροών συμβολίζει ότι απαιτείται ρύθμιση της ροής. Τα νέφη συμβολίζουν τα όρια του συστήματος. Εκφράζουν καταστάσεις που βρίσκονται εκτός των ορίων του συστήματος και αποτελούν εξωτερικές μεταβλητές.	
Βοηθητική μεταβλητή	Διαμεσολαβητική μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την καλύτερη περιγραφή της δομής του συστήματος	
Σταθερά/παράμετρος	Χρησιμοποιείται ως μεταβλητή απόφασης	
Σύνδεσμοι	Χρησιμοποιείται για να δείχνει τη σύνδεση μεταξύ των παραμέτρων	
Σύνδεσμος με υστέρηση	Χρησιμοποιείται για να δείχνει τη σύνδεση μεταξύ των παραμέτρων όπου υπάρχει χρονική υστέρηση μέχρι την εμφάνιση της επιρροής της αλλαγής	

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Κάθε μεταβλητή σε ένα μοντέλο ΣΔ πρέπει να αντιστοιχεί στενά σε μια αντίστοιχη πραγματικού κόσμου και το ίδιο το μοντέλο πρέπει να αντιστοιχεί στο πραγματικό ζήτημα/σύστημα με σημαντικούς τρόπους για το ζήτημα αυτό, ώστε αυτό να είναι αληθινό.

Στην Γράφημα 4.5.3 παρουσιάζεται σε διάγραμμα αιτιότητας (αριστερά) και σε διάγραμμα αποθέματος-ροής (δεξιά) ένα κλασικό στη ΣΔ παράδειγμα σχετικά με τον πληθυσμό των κουνελιών.

Γράφημα 4.5.3 : Παράδειγμα μοντέλου με τη χρήση διαγράμματος αιτιότητας και αποθέματος-ροής



4.6. Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύθηκε η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε στη διατριβή. Μελετήθηκε ο ρόλος των νέων επιχειρηματικών μοντέλων και το μοντέλο της τετραπλής έλικας καινοτομίας και η προσέγγιση της ΣΔ. Παρακάτω στο επόμενο Κεφάλαιο αναλύεται το μοντέλο που αναπτύχθηκε και παρατίθενται οι εξισώσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για να ελεγχθούν τα διάφορα σενάρια ανάλυσης.

5. Το μοντέλο ΣΔ της ΚΤΜ των αστικών μετακινήσεων

5.1. Εισαγωγή

Στο παρόν Κεφάλαιο αναλύεται το μοντέλο ΣΔ το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής, και παρουσιάζεται το διάγραμμα αιτιότητας και το διάγραμμα αποθεμάτων και ροών τα οποία απεικονίζουν το νοητικό μοντέλο του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων το οποίο μελετάμε. Στη συνέχεια παρατίθενται οι εξισώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο, καθώς και η λογική με την οποία έχουν επιλεγεί με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (Ενότητα 5.2.1). Έπειτα παρουσιάζονται τα τεστ τα οποία πραγματοποιήθηκαν για να διαπιστωθεί η εγκυρότητα του μοντέλου (Ενότητα 5.2.2).

5.2. Το μοντέλο ΣΔ

Η προτεινόμενη μεθοδολογία στόχο έχει να καταστήσει κατανοητή την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων κατά τη διάρκεια μιας κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης. Η μοντελοποίηση και η προσομοίωση μπορούν να ανταποκριθούν στο υψηλό επίπεδο πολυπλοκότητας και να οδηγήσουν σε μινιμαλιστικές θεωρητικές αντιλήψεις και απλότητα. Η χρήση της μοντελοποίησης και της προσομοίωσης μπορεί να λειτουργήσει σε συνέργεια με τα διαφορετικά σενάρια τα οποία τίθενται στην παρούσα ανάλυση. Αυτή η μεθοδολογία θα χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων, στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διαδικασίας συλλογής δεδομένων και έρευνας. Για την ανάπτυξη του μοντέλου, ακολουθήθηκαν τα βήματα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και τα οποία είναι (1) η διατύπωση του προβλήματος, (2) η διατύπωση της δυναμικής υπόθεσης, (3) η διαμόρφωση του μοντέλου προσομοίωσης, (4) η δοκιμή και τέλος, (5) ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση πολιτικής. Τα τέσσερα πρώτα βήματα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5, ενώ ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση της πολιτικής γίνεται στα Κεφάλαια 6 & 7.

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα το βασικό ζήτημα το οποίο εξετάζεται στην παρούσα διδακτορική διατριβή είναι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την δραστηριότητα των αστικών μετακινήσεων και πως αυτές μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της μετάβασης του κοινωνικο-τεχνικού συστήματος των αστικών μετακινήσεων. Πως η τεχνολογική αλλαγή και οι αλλαγές στη χρήση των διαφόρων μορφών μετακίνησης μπορούν να επιφέρουν μεταβολές στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι

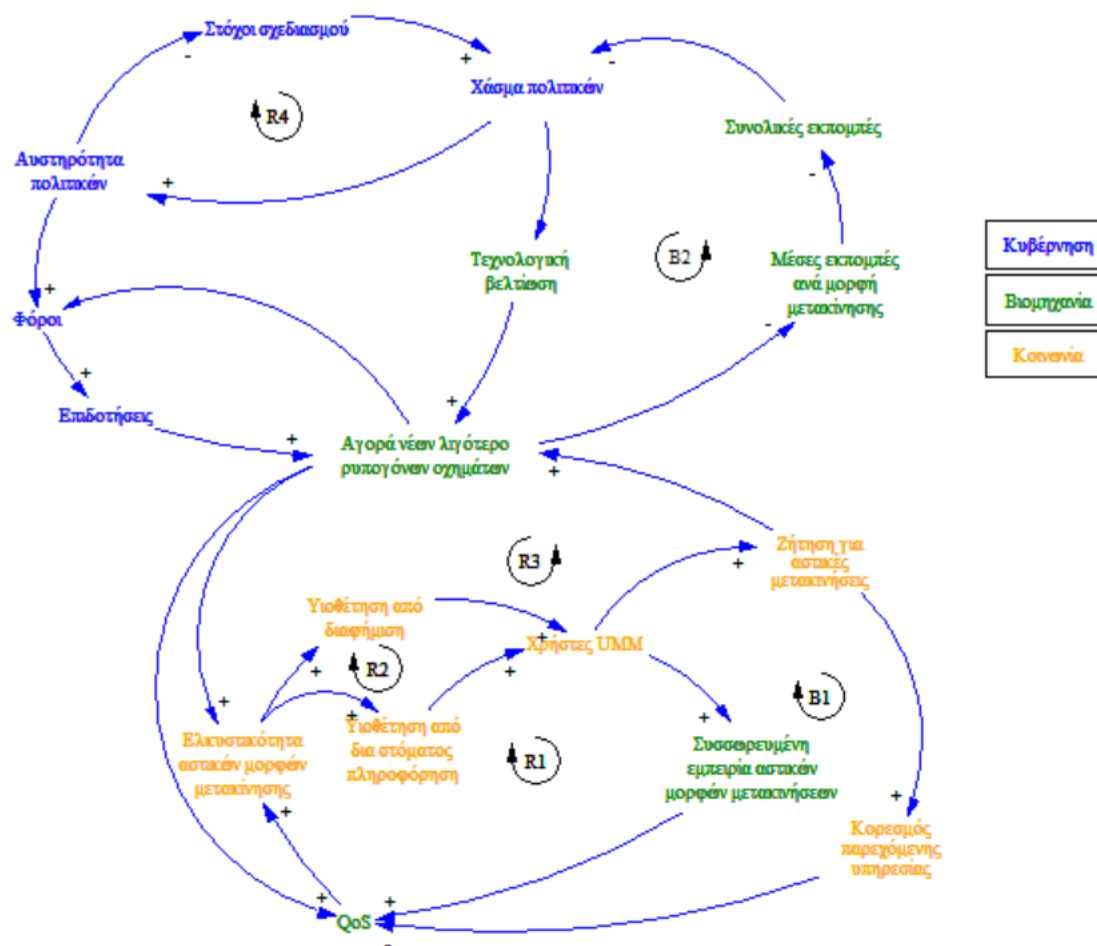
συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα οι οποίες παράγονται κατά τη δραστηριότητα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων είναι αυτές οι οποίες αποτελούν το τελικό μας στόχο και το βασικότερο εξεταζόμενο παράγοντα για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα των διαφόρων στρατηγικών που εφαρμόζονται με στόχο την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη δραστηριότητα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων.

Αρχικά, οι οδικές αστικές επιβατικές μετακινήσεις ερευνήθηκαν με στόχο να τεθεί ένας χρονικός ορίζοντας για την εξέταση του μοντέλου ώστε να προκύψει ένα μοντέλο που θα λειτουργήσει ως μοντέλο αναφοράς και ως εργαλείο λήψης αποφάσεων. Δεύτερον, μια δυναμική υπόθεση για το ζήτημα που εξετάζεται διατυπώθηκε αρχικά με βάση την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και στη συνέχεια αναπτύχθηκε σε μια επαναληπτική διαδικασία χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα αιτιότητας. **Στη δυναμική υπόθεση το ΚΤΣ μας θα καταφέρει μόνο με την ύπαρξη της τεχνολογικής βελτίωσης και χωρίς την ύπαρξη νέων μορφών κινητικότητας να επιτύχει το στόχο για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη δραστηριότητα του συστήματος στο 60% των εκπομπών CO₂ του 1990.**

Για την εξέταση της δυναμικής υπόθεσης αρχικά αναπτύχθηκε ένα διάγραμμα αιτιότητας όπου απεικονίζονται οι βασικοί αιτιώδεις βρόχοι ανατροφοδότησης που σχετίζονται με την ζήτηση για μετακινήσεις και τις εκπομπές CO₂ που παράγουν, και τη ζήτηση για νέα οχήματα. Με βάσει το διάγραμμα αιτιότητας, αναπτύχθηκε και προσομοιώθηκε ένα ΣΔΡ με τη χρήση του λογισμικού PowerSim Studio 10®. Το μοντέλο, το οποίο προσομοιώθηκε, εξετάστηκε με τη χρήση της μεθόδου Euler και χρησιμοποιήθηκε ως χρονικό βήμα (time step) το 0,33 έτη. Οι αριθμητικές τιμές που λαμβάνουν οι παράγοντες της προσομοίωσης αλλάζουν ελαφρώς όταν το χρονικό βήμα ή η μέθοδος αριθμητικής ολοκλήρωσης δεν αλλάζουν σημαντικά.

Παρακάτω στην Γράφημα 5.2.1 απεικονίζεται το διάγραμμα αιτιότητας, όπου παρουσιάζονται οι ενισχυτικοί και οι εξισορροπητικοί βρόχοι ανατροφοδότησης. Το διάγραμμα αιτιότητας παρουσιάζει το νοητικό μοντέλο του εξεταζόμενου συστήματος και εμφανίζει δύο εξισορροπητικούς βρόχους και τέσσερις ενισχυτικούς βρόχους.

Γράφημα 5.2.1: Διάγραμμα αιτιότητας



Πηγή: Ίδια Επεξεργασία

Οι ενισχυτικοί βρόχοι 1 & 2 (R1 & R2) μας δείχνουν ότι η μια αύξηση στην υιοθέτηση της κάθε μορφής κινητικότητα τόσο εξαιτίας της διαφήμισης, όσο και εξαιτίας της δια στόματος πληροφόρησης οδηγεί σε αύξηση των χρηστών της κάθε μορφής κινητικότητα. Όσο περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν μια μορφή κινητικότητα τόσο αυξάνεται η συσσωρευμένη εμπειρία που κατέχει ο φορέας παροχής της υπηρεσίας μετακίνησης και κατ' επέκταση η ποιότητα της υπηρεσίας αυξάνεται (QoS), προκαλώντας με τη σειρά της αύξηση της ελκυστικότητας της αντίστοιχης μορφής κινητικότητα. Η αύξηση της ελκυστικότητας τέλος, οδηγεί σε περαιτέρω ενίσχυση της υιοθέτησης τόσο εξαιτίας της διαφήμισης όσο και εξαιτίας της δια στόματος πληροφόρησης.

Ο ενισχυτικός βρόχος 3 (R3) μας δείχνει τη σχέση των χρηστών με την είσοδο νέων οχημάτων στην αγορά των αστικών μετακινήσεων και πως επηρεάζεται ο αριθμός των χρηστών. Μια αύξηση στους χρήστες μιας μορφής κινητικότητας οδηγεί σε αύξηση της ζήτησης της κάθε μορφής κινητικότητας, η οποία με τη σειρά της απαιτεί αύξηση στην αγορά οχημάτων για την κάλυψη της ζήτησης. Για την κάλυψη της ζήτησης αγοράζονται νέα -λιγότερο ρυπογόνα συνήθως- οχήματα τα οποία μειώνουν την μέση ποσότητα εκπομπών CO₂, αυξάνοντας έτσι την ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας. Η αύξηση της ελκυστικότητας της κάθε μορφής κινητικότητας ενισχύει το ρυθμό υιοθέτησης της κάθε μορφής κινητικότητας τόσο εξαιτίας της διαφήμισης, όσο και εξαιτίας της δια στόματος πληροφόρησης, αυξάνοντας τον συνολικό αριθμό των χρηστών.

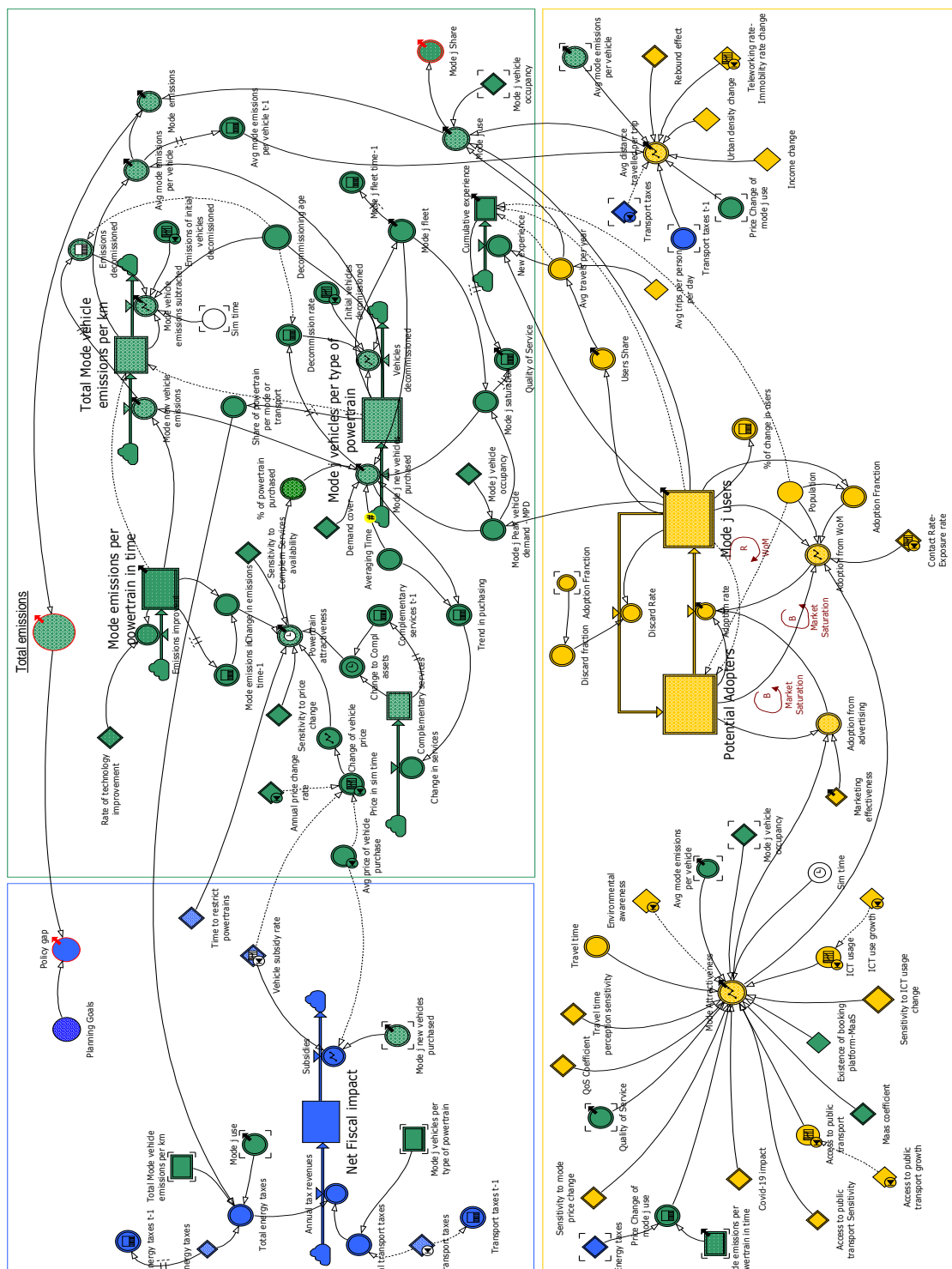
Τέλος, στον ενισχυτικό βρόχο 4 (R4), που αφορά στην έλικα της κυβέρνησης, μια αύξηση στην διαφορά μεταξύ των πολιτικών στόχων και των συνολικών εκπομπών CO₂, οδηγεί στην είσοδο επιπλέον πολιτικών και στην αυστηροποίηση τους για να τεθεί χαμηλότερος στόχος στις τελικές εκπομπές CO₂. Αυτή η αύξηση των στόχων όμως οδηγεί σε μεγαλύτερο χάσμα, οδηγώντας τους φορείς χάραξης πολιτικής στη λήψη αυστηρότερων κανονισμών και πολιτικών.

Σον εξισορροπητικό βρόχο 1 (B1) παρατηρείται ότι μια αύξηση στη ζήτηση της κινητικότητας, οδηγεί σε αύξηση του κορεσμού της μορφής κινητικότητας μειώνοντας την ποιότητα της υπηρεσίας μετακίνησης. Η μείωση της ποιότητας της υπηρεσίας προκαλεί μείωση του ρυθμού υιοθέτησης τόσο από τη διαφήμιση όσο και από τη δια στόματος πληροφόρηση, μειώνοντας τους συνολικούς χρήστες και μειώνοντας τη συνολική ζήτηση για κάθε μορφή μετακίνησης.

Στον εξισορροπητικό βρόχο 2 (B2) παρατηρείται ότι μια αύξηση της αγοράς νέων λιγότερο ρυπογόνων οχημάτων οδηγεί σε μείωση της μέσης τιμής εκπομπών CO₂ και αργότερα σε μείωση των συνολικών εκπομπών CO₂. Οι μειωμένες συνολικές εκπομπές CO₂ βοηθούν στη μείωση της ψαλίδας ανάμεσα σε αυτές και στο στόχο των πολιτικών, δίνοντας τη επιλογή στους φορείς χάραξης πολιτικών να μειώσουν τη αυστηρότητα των πολιτικών (π.χ. φόροι), κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε μείωση στην αγορά νέων λιγότερο ρυπογόνων οχημάτων.

Παρακάτω απεικονίζεται το διάγραμμα αποθεμάτων και ροών-SFD το οποίο δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και παρατίθενται οι εξισώσεις που

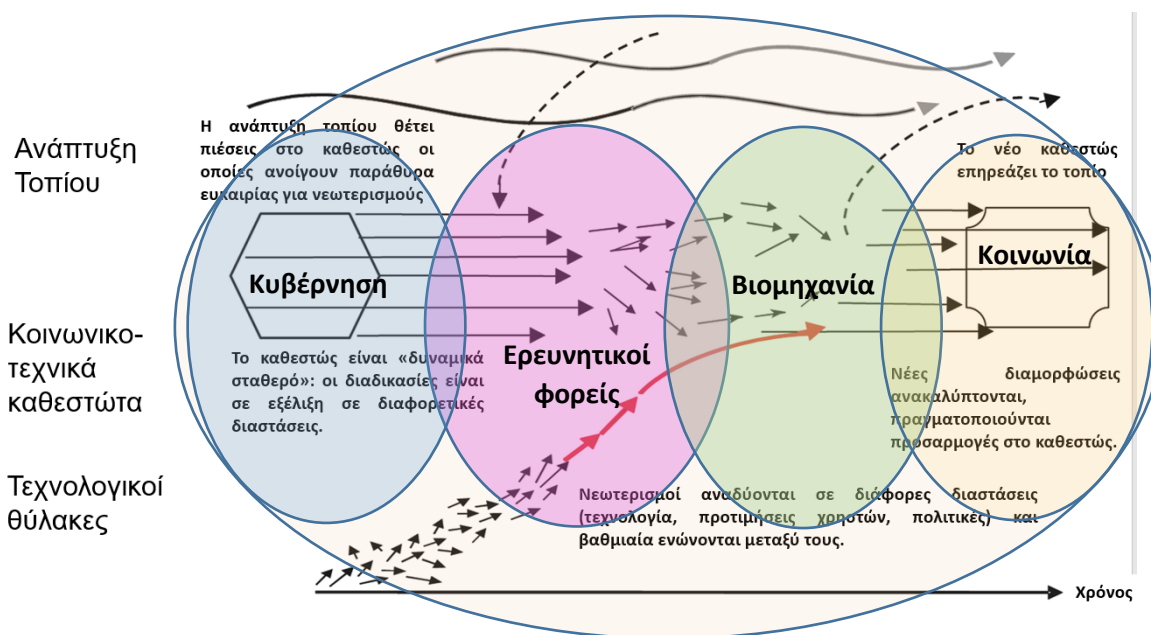
αποτελούν το μοντέλο βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκε η εξαγωγή των αποτελεσμάτων.



Γράφημα 5.2.2: Διάγραμμα αποθεμάτων και ροών (SFD)

Το μοντέλο ΣΔ το οποίο δημιουργήθηκε λειτουργεί ως εργαστηριακό περιβάλλον για τη διερεύνηση της πιθανής ανάπτυξης του συστήματος των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων. Βασίζεται στο παρακάτω σχήμα και καθορίζεται από δυνάμεις που ανήκουν στα τρία επίπεδα ανάλυσης της MLP, βάσει των τεσσάρων υποσυστημάτων τα οποία υιοθετούνται για την ανάλυση του εξεταζόμενου συστήματος.

Γράφημα 5.2.3: Σύνδεση πολυεπίπεδης προοπτικής και ΜΤΕΚ



Πηγή: Ίδια Επεξεργασία, βασισμένο στο Geels(2005)

Το μοντέλο το οποίο δημιουργήθηκε, βασίστηκε στο διευρυμένο μοντέλο του Bass (1969) για τη διάχυση της καινοτομίας το οποίο λαμβάνει υπόψη τόσο την υιοθέτηση του νέου εξαιτίας εξωγενών παραγόντων (διαφήμιση, μάρκετινγκ, παροχή επιδομάτων/ενισχύσεων), όσο και την υιοθέτηση η οποία προέρχεται από παράγοντες όπως η δια στόματος πληροφόρηση του νέου προϊόντος/υπηρεσίας. Οι συσσωρεύσεις των ατόμων που ενδέχεται να υιοθετήσουν και των υιοθετούντων υπολογίζονται ξεχωριστά, και οι εν δυνάμει υιοθετούντες μπορούν να γίνουν υιοθετήσαντες μιας από τις διαθέσιμες πλατφόρμες μετακίνησης στο μέλλον. Ο ρυθμός υιοθέτησης εξαρτάται από την αντιληπτή αξία της κάθε μορφής μετακίνησης από τους μετακινούμενους.

Στην παρούσα έρευνα όπως έχουμε αναφέρει και νωρίτερα η μελέτη περίπτωσης η οποία εξετάζεται είναι η πόλη της Αθήνας. Ο συνολικός πληθυσμός της Αθήνας ορίζεται σε 3.800.000 κατοίκους υπολογίζοντας τον πληθυσμό της μητροπολιτικής Αθήνας. Στην μητροπολιτική Αθήνα υπάρχουν τόσο ταξί, όσο και δημόσιες συγκοινωνίες (αστικά

λεωφορεία, τραμ, μετρό, τρόλεϊ), ενώ εμφανίζονται και κάποιες δειλές προσπάθειες εναλλακτικών μορφών κινητικότητας. Στην παρούσα έρευνα λαμβάνονται υπόψιν μόνο τα αστικά λεωφορεία -και όχι άλλες μορφές MMM-, για τις οποίες υπάρχουν πάνω από 360 γραμμές μετακίνησης/διαφορετικές διαδρομές (Polydoropoulou, Kamargianni και Tsirimpa, 2013).

5.2.1. Ανάλυση του μοντέλου

Η βασική δομή αποθεμάτων και ροών του μοντέλου ΣΔ που έχει αναπτυχθεί παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2.2. Στη συμβολική γλώσσα της ΣΔ, οι πόροι μοντελοποιούνται ως αποθέματα και οι διαδικασίες εισροής και εκροής πόρων παρουσιάζονται ως ροές (Morecroft, 2007). Συνήθως, οι ρυθμοί εκτέλεσης κάποιας δραστηριότητας (ή διαδικασίας) καθορίζονται από άλλες μεταβλητές, καθώς και από τα επίπεδα των αποθεμάτων των πόρων.

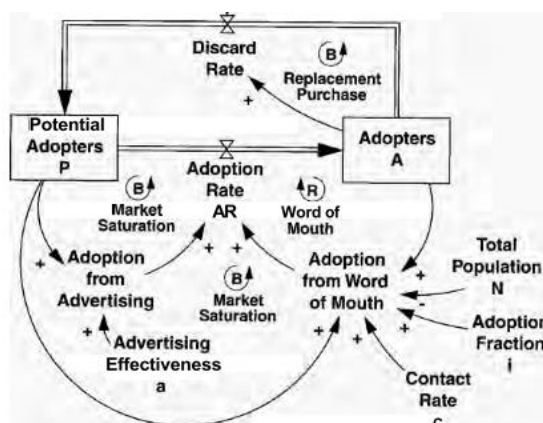
Το μοντέλο ΣΔ το οποίο δημιουργήθηκε εξετάζει την μετάβαση του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων και συγκεκριμένα των μετακινήσεων που πραγματοποιούνται μέσω των οδικών δικτύων από το ιδιωτικό αυτοκίνητο σε άλλες μορφές κινητικότητας. Το μοντέλο μας χωρίζεται σε τρία υποσυστήματα, αυτά της κοινωνίας των πολιτών, της βιομηχανίας και της κυβέρνησης και λαμβάνει υπόψιν το υποσύστημα των ερευνητικών φορέων ενσωματώνοντας τα αποτελέσματα της E&A που παράγονται στην εξέλιξη της τεχνολογίας και τα νέα ΕΜ που εισέρχονται στο σύστημα.

Οι μορφές μετακίνησης οι οποίες λαμβάνονται υπόψιν είναι πέντε και συγκεκριμένα, οι μετακινήσεις με ιδιωτικό αυτοκίνητο, με ταξί, με δημόσιες συγκοινωνίες και συγκεκριμένα με λεωφορεία, και το car-sharing και το ride-hailing, τα οποία εξετάζονται ως εναλλακτικές μορφές μετακίνησης και αντιμετωπίζονται στο μοντέλο ως μια νέα ενιαία μορφή. Οι τεχνολογίες που λαμβάνονται υπόψιν όσον αφορά τους κινητήρες των οχημάτων είναι δύο και συγκεκριμένα τα οχήματα εσωτερικής καύσης που λειτουργούν με βενζίνη και πετρέλαιο, και τα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα (BEV, HEV και PEV) τα οποία τα αντιμετωπίζονται ως μια δεύτερη κατηγορία.

5.2.1.1. Το υποσύστημα της Κοινωνίας των πολιτών

Για να υπολογιστούν οι μετακινούμενοι που χρησιμοποιούν την κάθε μία από τις πέντε μορφές μετακίνησης οι οποίες μελετώνται στην παρούσα διδακτορική διατριβή, χρησιμοποιείται το διευρυμένο μοντέλο διάχυσης του Bass (1969) όπως αυτό φαίνεται στο παρακάτω Γράφημα:

Γράφημα 5.2.1.1.1: Διευρυμένο μοντέλο διάχυσης του Bass (1969)



Η προθυμία ενός μετακινούμενου να εξετάσει τη χρήση μιας άλλης μορφής κινητικότητας για την κάλυψη της ανάγκης για μετακινήσεις, εξαρτάται από το μάρκετινγκ που διενεργείται για καθεμία από τις διαθέσιμες μορφές μετακίνησης, από την απευθείας έκθεση του μετακινούμενου σε άλλες μορφές μετακίνησης, καθώς και από την δια στόματος πληροφόρηση που μπορεί να λαμβάνει χώρα (Struben και Sterman, 2008), όπως φαίνεται και στο μοντέλο διάχυσης του Bass.

Χρησιμοποιώντας το παραπάνω μοντέλο διάχυσης διευκολύνεται η διαχείριση του αρχικού προβλήματος της διάχυσης των νέων μορφών κινητικότητας. Στην αρχική περίοδο εισαγωγής μιας καινοτόμου μορφής κινητικότητας στην αγορά, ο ρυθμός υιοθέτησης εξαιτίας της διαφήμισης δεν εξαρτάται από τον πληθυσμό που έχει ήδη υιοθετήσει το εξεταζόμενο είδος, αλλά από τους εν δυνάμει μελλοντικούς χρήστες και την αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ και της διαφήμισης. Όσο όμως η δεξαμενή των εν δυνάμει χρηστών της νέας μορφής μετακίνησης μειώνεται, καθώς ο πληθυσμός που την υιοθετεί αυξάνεται, τότε η δύναμη της διαφήμισης μειώνεται και η συνεισφορά της δια στόματος πληροφόρησης (*word of mouth*) στο ρυθμό υιοθέτησης αυξάνεται. Σύντομα η δια στόματος πληροφόρηση υπερισχύει και καθορίζει τον αριθμό των ατόμων που υιοθετούν τις διαφορετικές μορφές κινητικότητας (Sterman, 2000) και μπορεί να καθορίσει την ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται η διάχυσή τους (Zhang, Gensler και Garcia, 2011).

Στο μοντέλο που αναπτύσσεται στην παρούσα έρευνα, για τον υπολογισμό του ρυθμού υιοθέτησης (*Adoption rate*) της κάθε μορφής μετακίνησης, πέρα από τους

παράγοντες που αναφέρει ο Sterman (2000), για την υιοθέτηση εξαιτίας της διαφήμισης (*Adoption from advertising*) και την υιοθέτηση εξαιτίας της δια στόματος πληροφόρησης (*Adoption from WoM*), προστίθεται και ο παράγοντας της ελκυστικότητας της κάθε μορφής μετακίνησης (*Mode attractiveness*).

Έτσι για τον υπολογισμό των ατόμων που υιοθετούν την κάθε μορφή κινητικότητας εξαιτίας της διαφήμισης (*Adoption from advertising*), πέρα από την αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ (*Marketing effectiveness*) και τον αριθμό των εν δυνάμει χρηστών (*Potential adopters*) της κάθε μίας από τις διαθέσιμες μορφές κινητικότητας, προστίθεται άλλη μια παράμετρος η οποία μπορεί να επηρεάσει την υιοθέτησή της και αυτή είναι η αντιληπτή ελκυστικότητα που οι μετακινούμενοι έχουν για κάθε μια από τις τέσσερις εξεταζόμενες μορφές κινητικότητας.

$$\text{Adoption from advertising} = \text{'Marketing effectiveness'} * \text{'Mode Attractiveness'} * \text{'Potential Adopters'} \quad (1)$$

Αντίστοιχα για τον υπολογισμό του ρυθμού υιοθέτησης από της δια στόματος πληροφόρηση (*Adoption from WoM*), πέρα από τον πληθυσμό και την προσωπική επαφή (*Contact rate – exposure rate*) και το ποσοστό υιοθέτησης (*Adoption Fraction*) της κάθε μορφής κινητικότητας,

$$\text{Adoption fraction} = \text{'Mode j users'} / (\text{Population} - \text{'Mode j users'}) \quad (2)$$

προστίθεται επίσης η παράμετρος της ελκυστικότητας της κάθε μορφής μετακίνησης και έτσι η εξίσωση που μας δίνει το ρυθμό υιοθέτησης από την δια στόματος πληροφόρηση διαμορφώνεται ως εξής:

$$\text{Adoption from WOM} = \text{'Adoption Fraction'} * \text{'Contact Rate – Exposure rate'} * \text{'Potential Adopters'} * \text{'Mode j users'} * \text{'Mode Attractiveness'} / \text{Population} \quad (3)$$

Το σύνολο αυτών των δύο ρυθμών μας δίνει το συνολικό ρυθμό υιοθέτησης της κάθε μορφής κινητικότητας από τους μετακινούμενους κάθε έτος.

$$\text{Adoption rate} = \text{Adoption from advertising} + \text{Adoption from WOM} \quad (4)$$

Η εξίσωση, η οποία υιοθετείται για να υπολογιστεί η ελκυστικότητα της κάθε μορφής μετακίνησης (*Mode attractiveness*), επηρεάζεται από την ποιότητα της υπηρεσίας (*Quality of Service*), τον χρόνο μετακίνησης από ένα σημείο σε ένα άλλο σε σχέση με τις

άλλες μορφές μετακίνησης (*Travel time perception sensitivity*) (με χρόνο μετακίνησης ως βάση αυτόν που χρειάζεται για να μετακινηθούμε με τις δημόσιες συγκοινωνίες = 1), από την περιβαλλοντική ενσυναίσθηση των μετακινούμενων (*Environmental awareness*) και τις εκπομπές αερίων που προκαλούνται από κάθε μια από τις διαθέσιμες μορφές μετακίνησης, από το επίπεδο της τεχνολογικής εξοικείωσης του πληθυσμού (*ICT usage*), την διαθεσιμότητα ή μη πλατφορμών για την οργάνωση, την κράτηση και την πληρωμή μετακινήσεων χρησιμοποιώντας συνδυασμούς μορφών μετακίνησης (*Existence of booking platform - MaaS*), το επίπεδο πρόσβασης σε δημόσιες συγκοινωνίες, την επιρροή που είχε τα τελευταία χρόνια η πανδημία (*COVID-19 impact*), καθώς και την αλλαγή στο κόστος μετακίνησης (*Price change of mode j use*).

$$\begin{aligned} \text{Mode attractiveness} = & 1 * (('Access to public transport' * 'Access to public transport coefficient') + ('Covid - \\ & 19 impact' * 0,9^{Sim time'}) + ('Environmental awareness' * (('Avg mode emissions per vehicle' / \\ & 'Mode j vehicle occupancy') / (ARRAVERAGE('Avg mode emissions per vehicle' / \\ & 'Mode j vehicle occupancy')))) + ('Travel time' * 'Travel time perception sensitivity') + \\ & ('Price Change of mode j use' * 'Sensitivity to mode price change') + ('Sensitivity to ICT usage change' * \\ & 'ICT usage') + ('Maas coefficient' * 'Existence of booking platform - MaaS') + ('Quality of Service' * \\ & 'QoS Coefficient')) \end{aligned} \quad (5)$$

Το επίπεδο πρόσβασης στις δημόσιες συγκοινωνίες από τους πολίτες φαίνεται να είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τις άλλες μορφές κινητικότητας, καθώς όσο πιο πυκνό και εύκολα προσβάσιμο (απόσταση < 5' περπάτημα) είναι το δίκτυο των δημόσιων συγκοινωνιών, τόσο οι πολίτες τείνουν να εγκαταλείπουν τις άλλες μορφές κινητικότητας (Zhou κ.ά., 2017) και να επιλέγουν αυτή. Η υψηλή πρόσβαση στις δημόσιες συγκοινωνίες λειτουργεί ανταγωνιστικά με το ιδιωτικό αυτοκίνητο, ενώ για τις άλλες τρεις εξεταζόμενες μορφές τείνει να λειτουργεί συμπληρωματικά, καθώς μπορεί να τροφοδοτήσει τις άλλες μορφές με επιβάτες. Η Αθήνα δείχνει να έχει ένα πολύ καλό επίπεδο δημοσίων συγκοινωνιών, με τους πολίτες που έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες υψηλού επιπέδου να κυμαίνονται κοντά στο 50%²¹.

Η πανδημία η οποία εμφανίστηκε τα τελευταία δύο χρόνια φαίνεται να είχε σημαντικό αντίκτυπο στις μετακινήσεις, με σημαντικότερη μείωση να επιφέρει στις δημόσιες συγκοινωνίες (Boons κ.ά., 2021), με το φόβο της μετάδοσης του ιού λόγω του

²¹ http://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/working-papers/2015/measuring-access-to-public-transport-in-european-cities

συγχρωτισμού που επικρατεί κυρίως στις ώρες αιχμής. Αυτή η επιρροή βέβαια φαίνεται να έχει φθίνουσα τάση αλλά να έχει διάρκεια στο χρόνο, ή ακόμη και να αφήνει κατάλοιπα δια παντός. Στο μοντέλο η επιρροή του Covid-19 παίρνει τιμές από -0,4 – 0,5 με φθίνουσα τάση κατά τη διάρκεια των ετών.

Στην ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας συμβάλει επίσης και η αλλαγή της τιμής χρήσης της (*Price change of mode j use*) κάθε μορφής (Sumaedi κ.ά., 2012; Kay, Noland και Rodier, 2014; Caiati, Rasouli και Timmermans, 2020). Η άνοδος της τιμής τείνει να μειώνει και η μείωση της τιμής να αυξάνει την ελκυστικότητα μιας μορφής κινητικότητας. Η αλλαγή της τιμής εξαρτάται κυρίως από την τιμή της ενέργειας. Οι φόροι που επιβάλλονται και επηρεάζουν την τιμή της κάθε μορφής μετακίνησης φαίνεται να είναι υποστηρικτικοί προς τη μετάβαση από τα ιδιωτικά οχήματα σε άλλες μορφές μετακίνησης και κυρίως προς τις δημόσιες συγκοινωνίες (Sdoukopoulos κ.ά., 2016). Οι τιμές για την ευαισθησία στην αλλαγή της τιμής κυμαίνονται από -0,035 έως -0,01²². Με την μετακίνηση με ιδιωτικό όχημα να έχει την μικρότερη ευαισθησία απέναντι στην αλλαγή της τιμής και την μετακίνηση με ταξί ή εναλλακτικές μορφές μετακίνησης να έχουν τη μεγαλύτερη ευαισθησία απέναντι στην αλλαγή της τιμής (Kim κ.ά., 2021) παίρνοντας τιμές ακόμη και έως -0,548.

Η ποιότητα της υπηρεσίας (*QoS*) επίσης έχει αντίκτυπο στην επιλογή μιας μορφής κινητικότητας με την άνοδο της αντιληπτής ποιότητας να οδηγεί σε αύξηση της ελκυστικότητας και το αντίστροφο (Lai και Chen, 2011; Efthymiou, Antoniou και Waddell, 2013; Zhang κ.ά., 2020). Η ποιότητα της υπηρεσίας για καθεμία από τις εξεταζόμενες μορφές κινητικότητας, εξαρτάται από την σωρευτική εμπειρία που έχει δημιουργηθεί κατά τα έτη που η κάθε υπηρεσία είναι διαθέσιμη (Sterman, 2000). Η ευαισθησία της ελκυστικότητας της κάθε μορφής κινητικότητας που προέρχεται από την ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας μετακίνησης στο μοντέλο μας κυμαίνεται από 0,01 – 0,03, ενώ μπορεί να πάρει τιμές έως 0,2 (Sumaedi κ.ά., 2012).

Την ελκυστικότητα της μορφής μετακίνησης επηρεάζει επίσης ο χρόνος που απαιτείται (*Travel time*) για να πραγματοποιηθεί μια μετακίνηση (Behrendt και Teytelboym, 2010; Weckström κ.ά., 2019; Acheampong κ.ά., 2020), με τις δημόσιες συγκοινωνίες να είναι αυτές που απαιτούν τον μεγαλύτερο χρόνο για την υλοποίηση μιας

²² https://www.itf-oecd.org/transport-climate-action-directory-measures?field_theme_tax_tid%5B%5D=1

μετακίνησης, και το ιδιωτικό αυτοκίνητο, το ταξί και τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης να ακολουθούν. Οι μικρότεροι χρόνοι μετακίνησης φαίνεται να είναι ένα χαρακτηριστικό που ωθεί τους μετακινούμενους να επιλέξουν τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης σε σχέση με δημόσιες συγκοινωνίες (Lavieri και Bhat, 2019). Η ευαισθησία της ελκυστικότητας των μορφών μετακίνησης που σχετίζεται με το χρόνο μετακίνησης στο μοντέλο μας κυμαίνεται από -0,03 έως -0,01. Με τις δημόσιες συγκοινωνίες να επηρεάζονται περισσότερο και την ιδιωτική μετακίνηση λιγότερο.

Πέρα από παράγοντες όπως η τιμή, η ποιότητα, κ.α., πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι η περιβαλλοντική συμπεριφορά, η περιβαλλοντική συνείδηση, οι περιβαλλοντικές γνώσεις και η αντιληπτά από τον καταναλωτή/χρήστη αποτελεσματικότητα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση/χρήση πράσινων αγαθών (Zhao και Zhong, 2015). Η περιβαλλοντική συμπεριφορά σύμφωνα με τους Zhao και Zhong διακρίνεται σε τρεις διαστάσεις, α) την περιβαλλοντική προστασία, β) τους κυβερνητικούς κανονισμούς και γ) τις προσωπικές νόρμες, από τις οποίες τρεις, με τις δύο τελευταίες να επηρεάζουν τις καταναλωτικές συνήθειες των πολιτών. Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση (*Environmental awareness*) των πολιτών μπορεί να έχει αντίκτυπο στην επιλογή της μορφής κινητικότητας την οποία θα επιλέξει κάποιος για να πραγματοποιήσει τις μετακινήσεις τους (Behrendt και Teytelboym, 2010; Bernardino κ.ά., 2015; Köhler, Turnheim και Hodson, 2018) και μπορεί να πάρει τιμές από 0 - 100²³. Για την Ευρώπη, η περιβαλλοντική επίγνωση για τις μετακινήσεις φαίνεται να αγγίζει το 37% για το 2020²⁴, καθώς 37% του πληθυσμού έχει υποστηρίξει ότι θα στρεφόταν σε πιο φιλικές περιβαλλοντικά μορφές κινητικότητας αν αυτές ήταν αρκετά εύχρηστες/βολικές και εξυπηρετούσαν τις ανάγκες τους. Η επίπτωση που έχει η περιβαλλοντική επίγνωση σε κάθε μια από τις τέσσερις μορφές κινητικότητας που εξετάζεται φαίνεται να είναι διαφορετική. Η μεγαλύτερη επίπτωση προκαλείται στην κινητικότητα με ιδιωτικά οχήματα η οποία είναι και η πιο επιβλαβής για το περιβάλλον.

Το επίπεδο χρήσης των ΤΠΕ (*ICT usage*) έχει εισχωρήσει σε όλες τις μορφές κινητικότητας και επηρεάζει την συμπεριφορά των μετακινούμενων και τις επιλογές τους (Schwanen, 2015; Gössling, 2017). Μπορεί να επηρεάσει θετικά τη χρήση των δημόσιων

²³ <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201312142043.pdf>

²⁴ Special Eurobarometer 495: Mobility and transport, 2020

συγκοινωνιών μέσω των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, βοηθά στην κράτηση, στην πληρωμή και την χρήση με ηλεκτρονικά μέσα (*electronic keys*) όσον αφορά τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας, βοηθά στην επιλογή των βέλτιστων διαδρομών και στον υπολογισμό του χρόνου διαδρομής όσον αφορά την μετακίνηση με ιδιωτικά οχήματα, ενώ διευκολύνει και την κλήση και πληρωμή όσον αφορά στη χρήση των ταξί (Ambrosino κ.ά., 2016; Gössling, 2017; Inturri κ.ά., 2019; Moriarty και Honnery, 2008; Schwanen, 2015). Στο μοντέλο μας η ευαισθησία της ελκυστικότητας η οποία προέρχεται από την χρήση των ΤΠΕ παίρνει τιμές από 0,1 – 0,5. Με τη χρήση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών σύμφωνα με τη Eurostat να είναι περίπου στο 50%²⁵. Η χρήση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών μπορεί να επηρεάσει τη χρήση των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας έως και 0,511% σε μια αύξησή της κατά 1% (Kong, Moody και Zhao, 2020).

Τέλος, η ύπαρξη ή όχι πλατφόρμας από την οποία μπορεί ένας μετακινούμενος να αντλεί πληροφορίες, να κάνει κρατήσεις για πολλαπλά μέσα μετακίνησης, καθώς και να πληρώνει είναι ένα στοιχείο το οποίο επιφέρει αλλαγές στην επιλογή ή όχι κάποιας μορφής μετακίνησης (Ho κ.ά., 2018). Η ύπαρξη μιας πλατφόρμας κινητικότητας ως υπηρεσίας, αλλάζει το τοπίο, καθώς απομακρύνει τους μετακινούμενους από την ιδιοκτησία οχημάτων και τους στρέφει σε νέες μορφές κινητικότητας και στις δημόσιες συγκοινωνίες (Ho κ.ά., 2018; Becker κ.ά., 2020), κάτι το οποίο συμβαδίζει με τους γενικότερους στόχους, καθώς οι αλλαγές στην ιδιοκτησία οχημάτων μπορεί να επιφέρουν μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα 13-18% (Wang κ.ά., 2022). Στο μοντέλο μας η ύπαρξη μιας τέτοιας πλατφόρμας μπορεί να επηρεάσει τις μορφές κινητικότητας από -0,05 – 0,03. Με μεγαλύτερη αρνητική επιρροή να έχει στη χρήση των ιδιωτικών οχημάτων και των ταξί και με θετική επίδραση στη χρήση των δημοσίων συγκοινωνιών και στις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας (Ho κ.ά., 2018).

Παράλληλα με την εισροή νέων χρηστών σε κάθε μορφή κινητικότητας, κάθε χρόνο ένα ποσοστό των όσων έχουν υιοθετήσει την κάθε μορφή κινητικότητας θα αποχωρεί (*Discard rate*) μειώνοντας τον συνολικό αριθμό που επιλέγουν να μετακινούνται με μια μορφή κινητικότητας. Ο ρυθμός με τον οποίο κάποια άτομα αποχωρούν από την

²⁵ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_sk_cskl_i21/default/table?lang=en

κάθε μορφή μετακίνησης γίνεται παραδοχή ότι εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο νέα άτομα υιοθετούν την κάθε μορφή μετακίνησης και αποτελεί ποσοστό αυτού του ρυθμού.

Οι συνολικοί χρήστες της κάθε μορφής μετακίνησης παρουσιάζονται με τη μορφή συσσώρευσης στο μοντέλο ΣΔ (*Mode j users*), όπως και οι εν δυνάμει χρήστες της κάθε μορφής μετακίνησης (*Potential users*).

Ο μέσος αριθμός των μετακινήσεων που πραγματοποιούν καθημερινά οι πολίτες ορίζεται σε 2,7 μετακινήσεις ημερησίως (Ahern κ.ά., 2013). Το σύνολο των μετακινήσεων που πραγματοποιεί κάποιος μέσα σε ένα έτος δεν πραγματοποιείται με μια μόνο μορφή μετακίνησης, αλλά με ένα συνδυασμό μορφών μετακίνησης, έτσι ο μέσος αριθμός ταξιδιών (*Avg travels per year*) που πραγματοποιείται κάθε χρόνο ανά άτομο με την κάθε μορφή μετακίνησης προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση:

$$Avg\ trips\ per\ year = 'Avg\ trips\ per\ person\ per\ day' * 365 * 'Users\ Share' \quad (6)$$

Η μέση απόσταση την οποία διανύει κάποιος καθημερινά υπολογίζεται στα 10 χλμ. βάσει υπολογισμών που πραγματοποιήθηκαν με δεδομένα από τη βάση δεδομένων του OECD²⁶, αλλά επηρεάζεται από παράγοντες όπως είναι οι φόροι (*Transport taxes*), η αλλαγή της τιμής (*Price change of mode j use*), η αλλαγή του εισοδήματος (*Income change*), η αλλαγή της πληθυσμιακής πυκνότητας (*urban density change*) από την οποία χαρακτηρίζεται ο γεωγραφικός τόπος ο οποίος αναλύεται, η αλλαγή στο ποσοστό τηλεργασίας (*Teleworking rate*), ο συντελεστής υποτροπής (*Rebound coefficient*), καθώς και οι μέσοι ρύποι τους οποίους εκπέμπει ένα όχημα (*Avg mode emissions per vehicle*). Ορισμένοι από τους συντελεστές οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν στην εξίσωση από την οποία προκύπτει για κάθε έτος η μέση απόσταση που διανύεται ανά μετακίνηση, προέκυψαν από οικονομετρικό μοντέλο το οποίο τρέξαμε για τα έτη 1992-2019 και για 21 χώρες της Ευρώπης, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (*Ordinary Least Squares*) σε δεδομένα με μορφή πάνελ, υιοθετώντας την παρακάτω εξίσωση:

$$Avg\ distance\ travelled = \beta_0 + \beta_1\ climate\ change\ mitigation\ technologies + \beta_2\ Mode\ emissions\ per\ powertrain\ in\ time + \beta_3\ teleworking\ rate + \beta_3\ Income + \beta_4\ Urban\ density + \beta_4\ ICT\ usage + \beta_5\ Transport\ taxes$$

τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ι.

²⁶ Υπολογισμός από δεδομένα OECD για τα έτη 2000-2018.

Έτσι, η εξίσωση από την οποία προκύπτει η μέση απόσταση ανά μετακίνηση διαμορφώνεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \text{Avg distance travelled per trip} = & 10 \ll \text{km PER trip} \gg * ((1 + (-0,0015 * 'Urban density change')) * (1 + \\ & (-1,109 * 'Teleworking rate - Immobility rate change')) * (1 + 0,35 * 'Income change') * (1 + (-0,03 * \\ & 'Price Change of mode j use')) * (1 + (-2,18 * ((ARRSUM('Transport taxes') - ARRSUM('Transport taxes t - \\ & 1')) / ARRSUM('Transport taxes t - 1')))) * (1 - 'Rebound effect' * ('Avg mode emissions per vehicle' - \\ & 'Avg mode emissions per vehicle t - 1' / 'Avg mode emissions per vehicle t - 1')) \end{aligned} \quad (7)$$

Η πληθυσμιακή πυκνότητα (*Urban density*) μιας πόλης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την απόσταση που διανύει κάποιος κατά μια μετακίνησή του (Best, 2007). Όσο μεγαλύτερη είναι η πληθυσμιακή κάλυψη μιας πόλης, τόσο μικρότερη είναι η απόσταση που θα διανύσει κάποιος για να ικανοποιήσει μια καθημερινή ανάγκη του (Moriarty και Honnery, 2008; Timilsina και Dulal, 2011; Egilmez και Tatari, 2012; Xu και Lin, 2015a; Ivanova κ.ά., 2018; Sovacool κ.ά., 2019). Από παλινδρόμηση που πραγματοποιήθηκε για 21 χώρες για τα έτη 1992-2019 με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων προκύπτει ότι ο συντελεστής β της μεταβλητής Urban Density είναι -0,15, πράγμα που σημαίνει ότι για 1% αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας θα οδηγήσει σε μείωση κατά 0,15% των αποστάσεων που διανύει κάποιος.

Ο βαθμός στον οποίο μια κοινωνία έχει εντάξει την τηλεργασία (*Teleworking rate*) στην καθημερινότητά της, επηρεάζει επίσης την απόσταση που διανύουν καθημερινά οι πολίτες. Όπως και η πληθυσμιακή πυκνότητα έτσι και το ποσοστό της τηλεργασίας όσο αυξάνεται τόσο επιφέρει μείωση στην διανυθείσα απόσταση (Timilsina και Dulal, 2011; Ben-Haim, Ben-Haim και Shiftan, 2018; Kong, Moody και Zhao, 2020). Μια αύξηση 1% στο ποσοστό του πληθυσμού το οποίο πραγματοποιεί τηλεργασία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση 1,109% στην απόσταση που πραγματοποιείται για την κάλυψη των αναγκών (Elldér, 2020).

Από την άλλη πλευρά το εισόδημα (*Income*) είναι ένας παράγοντας που παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την απόσταση των μετακινήσεων. Όσο δηλαδή αυξάνεται το εισόδημα των πολιτών τόσο πιο πιθανό είναι να αυξηθεί και η απόσταση την οποία διανύουν μέσα στη μέρα τους (Krail και Schade, 2012; Department for Transport, 2014; Ivanova κ.ά., 2018; Sovacool κ.ά., 2019). Με άλλα λόγια οι μετακινήσεις φαίνεται να είναι εισοδηματικά ελαστικές (*income elastic*), με μια αύξηση του εισοδήματος κατά

1% να μπορεί να επιφέρει αύξηση στην διανυθείσα απόσταση κατά 35% (Ivanova κ.ά., 2018).

Όπως αναμένεται όσο το κόστος μετακίνησης αλλάζει (*Price Change of mode j use*) και πιο συγκεκριμένα αυξάνεται, τόσο οι πραγματοποιούμενες αποστάσεις μειώνονται (Kay κ.ά., 2014; Kim κ.ά., 2021; Scholl κ.ά., 1996). Η επιρροή της τιμής στην απόσταση που διανύει κάποιος για τις αστικές του μετακινήσεις φαίνεται να κυμαίνεται από -0,44 έως -0,03 (Metropolitan Transportation Commission with Parsons Brinckerhoff, 2013).

Οι φόροι που επιβάλλονται στα οχήματα (*Transport Taxes*) έχουν επίσης αρνητική επίδραση στη συμπεριφορά των πολιτών και μια αύξησή τους θα οδηγήσει σε μείωση των αποστάσεων που διανύει καθημερινά κάποιος για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του (Timilsina και Dulal, 2011). Από παλινδρόμηση που πραγματοποιήθηκε για 21 χώρες για τα έτη 1992-2019 με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων προέκυψε ότι ο συντελεστής β είναι -2,18, πράγμα που σημαίνει ότι για 1% αύξηση των φόρων θα μειώσει κατά 2,18% των αποστάσεων που διανύει κάποιος.

Ο συντελεστής υποτροπής (*Rebound effect*) παίρνει τιμές από 10-30% και αντιπροσωπεύει την υποτροπή που μπορεί να υπάρξει στη συμπεριφορά των μετακινούμενων εξαιτίας κάποιων μέτρων ή εξελίξεων. Για παράδειγμα, η βελτίωση της αποδοτικότητας των μηχανών των οχημάτων και οι μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις μπορεί να οδηγήσουν σε περισσότερες μετακινήσεις, καθώς με μικρότερο κόστος μπορούν να καλυφθούν μεγαλύτερες αποστάσεις (Lah, 2015; Dimitropoulos, Oueslati και Sintek, 2016; Pyddoke κ.ά., 2021), οδηγώντας μακροπρόθεσμα ακόμη και σε μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση καυσίμων. Οι βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις σύμφωνα με τον ΟΟΣΑ φαίνεται να είναι μικρότερες σε σχέση με τις μακροπρόθεσμες. Βραχυπρόθεσμα οι επιπτώσεις της υποτροπής μπορεί να είναι γύρω στο 10-12%, ενώ μακροπρόθεσμα μπορεί να φτάσουν ή ακόμη και να ξεπεράσουν το 30% (Lah, 2015).

Ο μέσος αριθμός μετακινήσεων πολλαπλασιαζόμενος με τη μέση απόσταση ανά μετακίνηση μας δίνει τον αριθμό των συνολικών χιλιομέτρων που διανύονται για να καλυφθούν οι ετήσιες ανάγκες μετακίνησης (*Mode j use*) με καθεμία μορφή μετακίνησης.

$$\text{Mode } j \text{ use} = \text{'Avg distance travelled per trip'} * (\text{'Mode } j \text{ users'}/\text{'Mode } j \text{ vehicle occupancy'})* \text{'Avg travels per year'} \quad (8)$$

Ενώ το ποσοστό των μετακινήσεων που πραγματοποιείται με κάθε μια από τις διαφορετικές εξεταζόμενες μορφές κινητικότητας εμφανίζεται στο μοντέλο με την ονομασία *Mode j share* και υπολογίζεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$Mode\ j\ share = 'Mode\ j\ use' / ARRSUM('Mode\ j\ use') \quad (9)$$

5.2.1.2. Το υποσύστημα της Βιομηχανίας

Μέσα από αυτό το υποσύστημα, στόχος είναι να παρατηρηθεί πως η εξέλιξη της τεχνολογίας μηχανών εσωτερικής καύσης, η είσοδος της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων και ο περιορισμός της πώλησης των οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης, θα βοηθήσει στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από τη χρήση των οχημάτων. Για να υπολογιστούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται, αρχικά υπολογίζεται ο αριθμός των οχημάτων που είναι απαραίτητος για να καλύψει τη ζήτηση των πολιτών για μετακινήσεις. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, ο αριθμός των επιβατών στα ιδιωτικά οχήματα είναι συνεχώς μειούμενος, με το μέσο αριθμό επιβατών να κυμαίνεται κοντά στους 1,5 επιβάτες ανά διαδρομή στην Ευρώπη²⁷. Η αξιοποιήσιμη δυναμικότητα των οχημάτων αποτελεί σημαντικό παράγοντα της ανάλυσής μας, καθώς μια αύξησή της κατά 50% μπορεί να προκαλέσει μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έως και 33% (Zhang κ.ά., 2020).

Η μέση αξιοποιήσιμη δυναμικότητα των οχημάτων που χρησιμοποιούνται σε κάθε μορφή μετακίνησης, στο μοντέλο ΣΔ, παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.2.1.3.1 παρακάτω.

Πίνακας 5.2.1.2.1: Μέση αξιοποιήσιμη δυναμικότητα κάθε οχήματος σε κάθε μορφή μετακίνησης

Μορφή μετακίνησης		Δυναμικότητα	Αξιοποιήσιμη δυναμικότητα ανά μετακίνηση
Ιδιωτική μετακίνηση		5-7 άτομα	1,2 άτομα
Ταξί		4-6 άτομα	1,5 άτομα
Δημόσιες συγκοινωνίες		~100 άτομα	70 άτομα
AMUM	Car sharing	4-7 άτομα	1,5 άτομα
	Ride hailing	4-7 άτομα	1,5 άτομα

Πηγή: Ίδια επεξεργασία βασισμένη σε προσωπική αναζήτηση

Ο μέσος αριθμός επιβατών βοηθά να υπολογιστεί η μέγιστη αναγκαία ζήτηση οχημάτων (*Mode j Peak vehicle demand*) η οποία απαιτείται, για να καλύψει την απαιτούμενη ζήτηση των χρηστών για μετακίνηση. Το *Mode j Peak vehicle demand*

²⁷ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/occupancy-rates-of-passenger-vehicles/occupancy-rates-of-passenger-vehicles>

αντιπροσωπεύει το ύψος των αναγκαίων οχημάτων που απαιτούνται για να εξυπηρετήσουν τη ζήτηση σε ώρες αιχμής για κάθε μορφή κινητικότητας. Γίνεται η υπόθεση ότι η μέγιστη ζήτηση αφορά στο 60% των συνολικών χρηστών της κάθε μορφής κινητικότητας την ίδια στιγμή για τις 3 μορφές κινητικότητας (ταξί, δημόσιες συγκοινωνίες, AMUM), και για το ιδιωτικό αυτοκίνητο λαμβάνεται υπόψιν ο αριθμός των χρηστών ιδιωτικού οχήματος στην Αθήνα δια την μέση αξιοποιήσιμη δυναμικότητα του οχήματος και υπολογίζεται από τις παρακάτω εξισώσεις.

Για τα ιδιωτικά οχήματα:

$$Mode\ j\ Peak\ vehicle\ demand[PrivateCar] = \frac{Mode\ j\ users[PrivateCar]}{Mode\ j\ vehicle\ capacity[PrivateCar]} \quad (10)$$

Για τις άλλες τρεις μορφές κινητικότητας:

$$Mode\ j\ Peak\ vehicle\ demand = \frac{Mode\ j\ users \times 0.60}{Mode\ j\ vehicle\ capacity} \quad (11)$$

Η κάθε μορφή κινητικότητας κατέχει το δικό της στόλο οχημάτων, ο οποίος για κάθε περίοδο της προσομοίωσης που εκτελείται παρουσιάζεται από την παράμετρο *Mode j Fleet*. Ενώ, η ροή *Mode j new vehicles purchased*, δίνει τη δυνατότητα να υπολογιστούν τα νέα οχήματα τα οποία είναι αναγκαία σε κάθε επόμενη περίοδο της προσομοίωσης, να αγοραστούν ώστε να μπορούν να καλύψουν την υπάρχουσα ζήτηση, ανά τύπο κινητήρα. Έτσι εάν η ζήτηση για οχήματα είναι μεγαλύτερη από τα διαθέσιμα, δεχόμαστε ότι το επόμενο έτος το 20% της πλεονάζουσας ζήτησης από τους χρήστες ιδιωτικών οχημάτων θα αγοράσει ιδιωτικό όχημα, κατά 1% θα αυξηθούν τα διαθέσιμα ταξί, κατά 2,5% θα αυξηθούν τα διαθέσιμα λεωφορεία, ενώ κατά 30% θα αυξήσουν το στόλο τους οι εταιρείες παροχής εναλλακτικών μορφών μετακίνησης για να καλύψουν τη ζήτηση. Έτσι η βασική εξίσωση η οποία προκύπτει είναι η εξής:

$$Mode\ j\ new\ vehicles\ purchased = 'Mode\ j\ Peak\ vehicle\ demand' - (ARRSUM('Mode\ j\ fleet'['Modes\ of\ transport'])) * 'Percentage\ of\ type\ of\ powertrain\ purchased' \quad (12)$$

Πέρα από την κάλυψη της μέγιστης αναγκαίας ζήτησης οχημάτων μας ενδιαφέρει και ο κορεσμός που υφίσταται η κάθε μορφή κινητικότητας (*Mode j saturation*) ο οποίος υπολογίζεται με βάση το λόγο της μέγιστης αναγκαίας ζήτησης για οχήματα με το στόλο της κάθε μορφής κινητικότητας. Ο κορεσμός δείχνει αν χρειάζονται περισσότερα οχήματα στους στόλους ή όχι.

$$\text{Mode } j \text{ saturation} = \text{'Mode } j \text{ Peak vehicle demand} - \text{MPD'} / \text{'Mode } j \text{ fleet'} \quad (13)$$

Παράλληλα με τις αγορές των νέων οχημάτων σε κάθε περίοδο της προσομοίωσης αφαιρούνται τα οχήματα τα οποία έχουν ξεπεράσει έναν ηλικιακό όριο (*Decommissioning age*), προσπαθώντας έτσι να εξασφαλιστεί η ποιότητα και η ασφάλεια της κάθε μετακίνησης. Τα ανώτερα έτη τα οποία ένα όχημα παραμένει και εξυπηρετεί τις ανάγκες των χρηστών ορίζονται σε 10 για το ιδιωτικό αυτοκίνητο, σε 5 χρόνια για τα ταξί και για τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης και σε 7-13 έτη για τα οχήματα των δημοσίων συγκοινωνιών. Έτσι, στην προσομοίωση που εκτελείται γίνεται δεκτό ότι αφαιρούνται οχήματα (*Vehicles decommissioned*) από το απόθεμα του στόλου της κάθε μορφής κινητικότητας όταν έχουν συμπληρώσει τα ανώτερα έτη χρήσης τους. Με βάση τα στατιστικά στοιχεία της Eurostat κάθε έτος αποσύρονται περίπου το 3% των οχημάτων, οπότε δεχόμαστε αυτό το ποσοστό για τα αρχικά οχήματα τα οποία απαρτίζουν το στόλο μας, ενώ αργότερα δεχόμαστε ότι φεύγουν όλα τα οχήματα που έχουν φτάσει το ηλικιακό όριο συν το 3% των αρχικών οχημάτων μας μέχρι αυτά να εξαλειφθούν.

$$\text{Vehicles decommissioned} = \text{'Decommission rate'} + \text{'Initial vehicles decommissioned'} * 0,03 \quad (14)$$

Τα νέα οχήματα τα οποία αγοράζονται για να καλύψουν τις ανάγκες για μετακινήσεις μπορεί να είναι είτε συμβατικά με μηχανές εσωτερικής καύσης, είτε ηλεκτρικά. Η επιλογή του κινητήρα, εξαρτάται τόσο από την τιμή του κάθε είδους οχήματος (*Avg price of vehicle purchase*), από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγει (*Change in emissions*), αλλά και από τους διαθέσιμους συμπληρωματικούς πόρους (*Change to Compl assets*) για τον κάθε τύπο κινητήρα, όπως είναι τα διαθέσιμα συνεργεία επισκευής των οχημάτων. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψιν αυτούς τους παράγοντες υπολογίζεται η ελκυστικότητα του κάθε τύπου οχήματος (*Powertrain attractiveness*):

$$\text{Powertrain attractiveness} = (1 * (1 - \text{'Change of vehicle price'} * \text{'Sensitivity to price change'}) * (1 - \text{'Change in emissions'}) * (1 + (\text{'Change to Compl assets'} * \text{'Sensitivity to Complem Services availability'}))) \quad (15)$$

και κατ' επέκταση το ποσοστό επιλογής τους τόσο από τους ιδιώτες, όσο και από τις επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών μετακίνησης:

$$\% \text{ of powertrain purchased} = \text{'Powertrain attractiveness'} / \text{ARRSUM}(\text{'Powertrain attractiveness'}[\text{PrivateCar}]) \quad (16)$$

Βέβαια, η μετάβαση σε οχήματα τα οποία θεωρούνται λιγότερο επιβαρυντικά για το περιβάλλον εξαρτάται και από την τιμή των οχημάτων κατά την περίοδο της απόφασης αγοράς. Τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης ορυκτών καυσίμων φαίνεται να είναι αρκετά πιο φτηνά από εκείνα τα οποία λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια. Η τιμή των ηλεκτρικών οχημάτων φαίνεται να είναι ένα από τα βασικότερα εμπόδια στη διάχυση τους (Sierzychula κ.ά., 2014). Ενδεικτικές μέσες τιμές αγοράς οχημάτων (*Avg price of vehicle purchase*) παρουσιάζονται παρακάτω στον Πίνακα 5.2.1.3.2. Με την ευαισθησία στην αλλαγή της τιμής να κυμαίνεται από 0,10 — 0,35 στο μοντέλο μας, ανάλογα τον τύπο του κινητήρα.

Πίνακας 5.2.1.2.2: Ενδεικτικές τιμές αγορά οχημάτων ανά τύπο κινητήρα (€)

Μορφές μετακίνησης	Τύποι κινητήρα	
	Εσωτερικής καύσης	Ηλεκτρικό (BEV & HEV)
Ιδιωτικό αυτοκίνητο	12000	21000
MMM(Λεωφορεία)	400000	550000
Ταξί	12000	21000
Car sharing	12000	21000
Ridehailing	12000	21000

Πηγή: Ίδια Επεξεργασία βασισμένη σε προσωπική αναζήτηση

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώνονται με τη βελτίωση της τεχνολογίας (*Rate of technology improvement*) κατά περίπου 1,5-2% ανά έτος με στόχο να φτάσουν τις ευρωπαϊκές οδηγίες και να αγγίξουν τα 95gCO₂/km - και ακόμη μικρότερο ποσό - τα επόμενα χρόνια. Όσο οι κανονισμοί για τις μεταφορές γίνονται πιο αυστηροί τόσο η τεχνολογία της αυτοκινητοβιομηχανίας τείνει να βελτιώνεται για να μπορέσει να φτάσει τους στόχους που έχουν τεθεί (Lanoie κ.ά., 2011; Pyddoke κ.ά., 2021; Xu και Lin, 2015).

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούνται από τη χρήση οχημάτων για την κάλυψη των αναγκών των οδικών επιβατικών αστικών μετακίνησης, ποικίλουν ανάλογα τον τρόπο μετακίνησης και κυρίως τον τύπο κινητήρα που χρησιμοποιείται. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (*Avg emissions per km*) ανά διανυθέν χιλιόμετρο ανά τύπο μετακίνησης και κινητήρα οχήματος (Πίνακας 5.2.1.3.2).

Πίνακας 5.2.1.2.3: Μέσες τιμές εκπομπών CO₂ (g/km)

Μορφές μετακίνησης	Τύποι κινητήρα	
	Εσωτερικής καύσης	Ηλεκτρικό (Πλήρως & Υβριδικό)
Ιδιωτικό αυτοκίνητο	120	50

Δημόσιες συγκοινωνίες (Λεωφορεία)	1200	680
Ταξί	120	50
Car sharing	120	50
Ridehailing	120	50

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Οι συμπληρωματικοί πόροι, ακολουθούν την τάση της αγοράς των οχημάτων, καθώς εξαρτώνται από αυτά. Έτσι όσο αυξάνεται η αγορά των οχημάτων ενός τύπου τόσο μεγαλύτερη γίνεται η ανάγκη για ύπαρξη συμπληρωματικών πόρων, και επακόλουθα τόσο αυξάνεται και η ύπαρξή τους (Geels, 2002; Sorrell, 2018). Με την ύπαρξη καλών δικτύων συντήρησης και επισκευής των οχημάτων επιτυγχάνεται και η μείωση του κόστους συντήρησής τους, το οποίο σε υψηλά επίπεδα θα μπορούσε να αποτελέσει εμπόδιο στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών (Egbue και Long, 2012; Kwon, 2012; Pasaoglu κ.ά., 2016; Liu κ.ά., 2019).

Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που θα μπορούσαν να παραχθούν κατά τη διάνυση ενός χιλιομέτρου από όλα τα οχήματα (*Total Mode vehicle emissions per km*) κάθε τύπου κινητήρα για κάθε μορφή κινητικότητας, προκύπτει από το συνολικό αριθμό οχημάτων σε μια δεδομένη στιγμή πολλαπλασιάζοντάς τον με το ποσό των εκπομπών που παράγεται από ένα όχημα κατά τη διάνυση ενός χιλιομέτρου.

$$\text{Total Mode vehicle emissions per km} = \text{'Mode } j \text{ vehicles per type of powertrain'} * \text{'Mode emissions per powertrain in time'} \quad (17)$$

Από τις συνολικές εκπομπές που υπολογίστηκαν στην παραπάνω εξίσωση, για κάθε έτος αφαιρούνται οι εκπομπές που αντιστοιχούν στα οχήματα τα οποία αποσύρονται. Και εδώ υιοθετείται ότι αποσύρεται το 3% των εκπομπών όπως και στον αριθμό των οχημάτων που αποσύρονται κάθε έτος.

Καθώς δε μπορούν να υπολογιστούν τα χιλιόμετρα που διανύονται από τον κάθε τύπο κινητήρα, μπορούν να υπολογιστούν οι μέσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για τη διάνυση απόστασης ενός χιλιομέτρου με την κάθε μορφή κινητικότητας.

$$\text{Avg mode emissions per vehicle} = \text{ARRSUM}(\text{'Total Mode vehicle emissions per km'}) / \text{ARRSUM}(\text{'Mode } j \text{ vehicles per type of powertrain'}) \quad (18)$$

Αφού έχουν υπολογιστεί οι μέσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται για κάθε χιλιόμετρο μετακίνησης με κάθε μορφή μετακίνησης και γνωρίζοντας

τα χιλιόμετρα που διανύονται συνολικά με κάθε μορφή μετακίνησης (*Mode j Use*), υπολογίζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από το σύνολο της δραστηριότητας της κάθε μορφής μετακίνησης (*Mode emissions*):

$$\text{Mode emissions} = \text{'Avg mode emissions per vehicle'} * \text{'Mode j use'} \quad (19)$$

Τέλος, προσθέτοντας τις εκπομπές διοξειδίου που παράγονται από τη δραστηριότητα της κάθε μορφής κινητικότητας υπολογίζεται το σύνολο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από τη δραστηριότητα όλου του εξεταζόμενου συστήματος στην προσπάθεια κάλυψης των αναγκών μετακίνησης των πολιτών:

$$\text{Total emissions} = \text{ARRSUM}(\text{'Mode emissions'}) \quad (20)$$

Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα οι οποίες παράγονται κατά τη δραστηριότητα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων είναι αυτές οι οποίες αποτελούν το τελικό μας στόχο και το βασικότερο εξεταζόμενο παράγοντα για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα των διαφόρων κινήσεων που διενεργούνται με στόχο την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη δραστηριότητα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων.

5.2.1.3. Το υποσύστημα της Κυβέρνησης

Σε αυτό το υποσύστημα, υπάρχουν παράγοντες που αφορούν στην επιρροή που έχει η κυβέρνηση στις άλλες δύο εξεταζόμενες έλικες της δραστηριότητας του συστήματος των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων. Η κυβέρνηση αποτελεί την έλικα που θα καθορίσει τη δραστηριότητα των άλλων δύο ελίκων, πάντα βέβαια σε συνεργασία μαζί τους και λαμβάνοντας υπόψιν τις ανάγκες που προκύπτουν. Η εφαρμογή ορίων για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο για την μείωση της αέριας ρύπανσης. Αυτά τα όρια δεν είναι εύκολο να ικανοποιηθούν αν δεν υπάρξουν οικονομικά ή άλλα εργαλεία ενίσχυσης αυτής της προσπάθειας. Τα όρια των εκπομπών ρύπων έχουν αρχίσει να εισέρχονται σε αρκετές χώρες από τη δεκαετία του 1970 (Timilsina and Dulal, 2011).

Έτσι, η κυβέρνηση θέτει στόχους (*Planning goals*) οι οποίοι βασίζονται σε ευρωπαϊκές οδηγίες και στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο 55% των εκπομπών του 1990 για το 2030 και στο 60% των εκπομπών του 1990 για το

2050^{28,29}. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προερχόμενες από τις μετακινήσεις στην Ελλάδα το 1990 φαίνεται να ήταν 11.742.000.000.000 gCO₂³⁰. Το 70% αυτών των εκπομπών φαίνεται να προέρχεται από τις οδικές μετακινήσεις και το περίπου 50% να προέρχεται από τις μετακινήσεις στην Αθήνα. Υποθέτοντας ότι το 40% των εκπομπών που αντιστοιχούν στην Αθήνα προέρχεται από τις αστικές μετακινήσεις και υπολογίζοντας το 60% που τίθεται από τις ευρωπαϊκές οδηγίες, ο στόχος για το 2050 καθορίζεται στις 657.552.000.000 gCO₂.

Με βάση αυτό το στόχο υπολογίζεται το χάσμα το οποίο υπάρχει ανάμεσα στο στόχο και το ποσό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται και ελέγχεται κατά πόσο είναι αποτελεσματικές οι κινήσεις που πραγματοποιούνται και στα τρία υποσυστήματα για την επίτευξη του στόχου.

Από την πλευρά της κυβέρνησης τίθενται φόροι τόσο στα οχήματα (*Transport taxes*) (συμπεριλαμβάνεται το τέλος ταξινόμησης και τα τέλη κυκλοφορίας) όσο και στην κατανάλωση ενέργειας (*Energy Taxes*) (φόρος που προκύπτει μέσω της κατανάλωσης καυσίμων), οι οποίοι επηρεάζουν τόσο τη χρήση αλλά και την αγορά των οχημάτων. Το ύψος του ποσοστού των φόρων επί των καυσίμων διαφέρει ανάλογα με το είδος καυσίμου και καθορίζεται κατά μέσο όρο στο 67% επί της τιμής για την βενζίνη, 60% για το πετρέλαιο και 40% για το ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα συνολικά έσοδα του κράτους από τους φόρους στα οχήματα υπολογίζονται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Total Transport Taxes} = \text{'Mode } j \text{ vehicles per type of powertrain'} * \text{'Transport taxes'} \quad (21)$$

Ενώ τα συνολικά έσοδα από την κατανάλωση ενέργειας για τις μετακινήσεις προκύπτει από την εξής εξίσωση:

$$\text{Total energy taxes} = \text{'Energy taxes'} * \text{'Total Mode vehicle emissions per km'} * \text{'Share of powertrain per mode or transport'} * \text{'Mode } j \text{ use'} \quad (22)$$

Το σύνολο των φόρων που περιγράφηκαν παραπάνω δημιουργείται ένα αποθεματικό το οποίο μπορεί να χρηματοδοτήσει διάφορες δραστηριότητες και ανάγκες που σχετίζονται με τις μετακινήσεις, μια από αυτές συμπεριλαμβάνεται στην παρούσα

²⁸ https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/2030-climate-target-plan_en

²⁹ https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ActionPlan/Greece_AP_En.pdf

³⁰ ένθ. ανωτ.

ανάλυση είναι η επιδότηση για την αγορά νέων οχημάτων (*Subsidies*). Οι επιδοτήσεις για περισσότερο «πράσινα» οχήματα ενισχύουν την διάχυση των ηλεκτρικών οχημάτων, και στηρίζονται στους φόρους που επιβάλλονται κυρίως στην ενέργεια και απωθούν τους πολίτες να αγοράσουν συμβατικά οχήματα (Geels, 2012; Song κ.ά., 2020).

Η επιδότηση για κάθε όχημα είναι ένα ποσοστό της συνολικής αξίας του οχήματος (*Vehicle subsidy rate*):

$$\text{Subsidies} = \text{'Avg price of vehicle purchase'} * \text{'Vehicle subsidy rate'} * \text{'Mode j new vehicles purchased'}$$

(23)

5.2.2. Δοκιμή του μοντέλου προσομοίωσης

Το μοντέλο βαθμονομήθηκε χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν από βάσεις δεδομένων, όπως η Eurostat, European Environment Agency (EEA), OECD, Odysse-Mure project, ΟΑΣΑ και η Europa (Πίνακας 5.2.1).

Το μοντέλο ελέγχθηκε χρησιμοποιώντας πέντε (5) τέστ: ιστορική συμπεριφορά (μοντέλο αναφοράς - reference model), ακραίες τιμές και ανάλυση ευαισθησίας. Αρχικά ελέγχθηκε η εγκυρότητα της δομής του μοντέλου, και ειδικότερα η συνέπεια των διαστάσεων του. Όλες οι εξισώσεις ελέγχθηκαν για να διαπιστωθεί ότι οι διαστάσεις στο αριστερό μέρος είναι οι ίδιες με αυτές στο δεξί μέρος του μοντέλου, αλλά και ότι οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι κατάλληλες. Πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι ακραίων τιμών, για να διαπιστωθεί ότι το μοντέλο συμπεριφέρεται ρεαλιστικά ανεξάρτητα από το πόσο ακραίες είναι οι πολιτικές που μπορεί να προταθούν.

Κατά τον έλεγχο της ιστορικής συμπεριφοράς, συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, για τα έτη 2000-2012 για τρεις μεταβλητές, για τα έτη 2000-2011 για δύο μεταβλητές και για τα έτη 2000-2008 για δύο μεταβλητές, με ιστορικά δεδομένα με τη χρήση στατιστικών μέσων. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβλητές για τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι και τα αποτελέσματα των ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν.

Πίνακας 5.2.2.1: Αρχικές τιμές, μονάδες μέτρησης και πηγές δεδομένων με βάση τα οποία έγινε η βαθμονόμηση

Παράγοντας- Δείκτης	Ερμηνεία	Μονάδα Μέτρησης	Αρχική κατάσταση (2000)	Πηγή δεδομένων
Average CO2 emissions per km from new passenger cars	Μέση εκπομπή CO2 ανά χιλιόμετρο για τα νέα οχήματα που μπαίνουν στην αγορά	gCO2/km	168	EEA
Mode j fleet [PrivateCar]	Αριθμός επιβατικών ιδιωτικών οχημάτων	Οχήματα	1669693	Eurostat
Number of buses public transport	Αριθμός λεωφορείων που εκτελούν δρομολόγια αστικών μετακινήσεων	Οχήματα	1830	OASA
Number of public use passenger cars	Αριθμός επιβατικών οχημάτων δημοσίας χρήσης	Οχήματα	16923	Eurostat
Share of passenger transport by passenger car in total road passenger transport	Ποσοστό επιβατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται με ιδιωτικά οχήματα	%	85,2	OECD
70% of Share of Motor coaches, buses and trolleybuses in total passenger transport (0,3=trolley)	Ποσοστό επιβατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται με λεωφορεία	%	22,6	OECD
Total inland passenger transport per person per day	Συνολική μετακίνηση ανά άτομο ανά ημέρα σε χιλιόμετρα.	km	10,7	Υπολογισμός με βάση δεδομένα από τον OECD

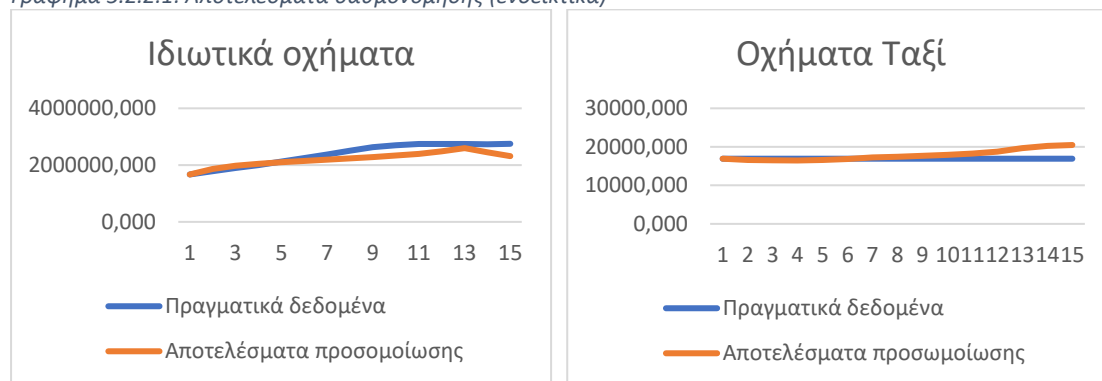
Πίνακας 5.2.2.2: Ιστορικά δεδομένα και αποτελέσματα προσομοίωσης

	Average CO2 emissions per km from new passenger cars			Mode j fleet [PrivateCar]			Mode j fleet [PublicTransport]		
Έτος	Ιστορικά δεδομένα	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Σχετικό Λάθος (%)	Ιστορικά δεδομένα	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Σχετικό Λάθος (%)	Ιστορικά δεδομένα	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Σχετικό Λάθος (%)
2000	168,000	168,000	0,000	1669693	1669693,000	0,000	1830,000	1830,000	0,000
2001	166,500	169,021	1,514	1786226	1878177,536	4,596	1852,000	1853,101	0,052
2002	167,800	165,313	1,482	1898147	2016876,761	4,097	1841,000	1878,362	2,000
2003	168,900	162,922	3,539	2000941	2146345,157	2,194	1839,000	1904,459	3,506
2004	168,800	161,042	4,596	2122931	2286999,296	1,205	2001,000	1932,381	3,502
2005	167,400	159,352	4,808	2243921	2422181,650	4,483	2093,000	1961,079	6,398
2006	166,500	157,715	5,277	2373947	2554067,273	7,859	2093,000	1991,534	4,970
2007	165,300	156,059	5,590	2510151	2673330,240	11,074	2091,000	2022,695	3,418
2008	160,800	154,337	4,019	2629158	2782378,398	13,290	2091,000	2055,052	1,902
2009	157,400	152,495	3,116	2695909	2893292,608	13,481	2150,000	2050,193	4,852
2010	143,700	150,427	4,682	2739129	2990873,549	12,557	2152,000	2048,260	5,016
2011	132,700	131,266	1,081	2745727	3110169,966	9,634	2145,000	2049,682	4,625
2012	121,100	127,689	5,441	2740537	3127934,186	5,227	2139,000	2054,492	4,108

Πίνακας 5.2.2.2: Ιστορικά δεδομένα και αποτελέσματα προσομοίωσης (συνέχεια)

Έτος	Mode j fleet [Taxi]			Users share [PublicTransport]			Total inland passenger transport per person per day (km)			Users share [PrivateCar]		
	Ιστορικά δεδομένα	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Σχετικό Λάθος (%)	Ιστορικά δεδομένα	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Σχετικό Λάθος (%)	Ιστορικά δεδομένα	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Σχετικό Λάθος (%)	Ιστορικά δεδομένα	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	Σχετικό Λάθος (%)
2000	16923	16923,000	0,000	22,590	15,797	4,945	10,67057	10,12029	8,04287	85,200	82,418	3,266
2001	16923	16589,392	1,773	21,420	15,331	3,061	10,81551	10,08828	9,24034	85,400	82,785	3,446
2002	16923	16382,829	2,679	20,700	14,860	1,979	10,96868	10,05581	11,23467	85,700	83,163	3,748
2003	16923	16297,492	2,749	19,890	14,135	0,571	10,93151	10,04459	10,86666	85,600	83,840	3,614
2004	16923	16330,739	1,998	18,810	13,575	1,686	11,07005	10,03210	12,01804	85,500	84,340	3,486
2005	16923	16477,477	0,450	18,000	13,096	3,417	11,05584	10,02093	11,98218	85,300	84,757	3,247
2006	16923	16734,179	1,886	17,280	12,682	5,009	10,96848	10,00853	11,37747	85,700	85,108	3,682
2007	16923	16817,195	3,047	16,650	12,408	6,390	11,03655	9,99741	12,02955	85,300	85,302	3,201
2008	16923	16909,643	4,375	16,110	12,075	7,479	10,84208	9,98194	10,56610	85,100	85,573	2,926
2009	16923	17016,098	5,961	15,210	11,823	9,832						
2010	16923	17139,967	7,962	15,570	11,682	7,124						
2011	16923	17292,900	10,683	15,840	10,880	3,545						

Γράφημα 5.2.2.1: Αποτελέσματα βαθμονόμησης (ενδεικτικά)



Αρχικά υπολογίσαμε το σχετικό λάθος για επτά μεταβλητές οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο. Το σχετικό λάθος στις τιμές που εξετάζονται βρίσκεται για την πλειοψηφία των μεταβλητών και των ετών κάτω από το 10%, κάτι το οποίο καθιστά το μοντέλο μας αξιόπιστο (Xue κ.ά., 2017).

Έπειτα, υπολογίστηκε το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο λάθος (Mean absolute percentage error- MAPE),

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \right) \times \sum \left(\frac{|\text{πραγματικά δεδομένα} - \text{αποτελέσματα προσομοίωσης}|}{|\text{πραγματικά δεδομένα}|} \right) * 100$$

το οποίο επιτρέπει την ερμηνεία και την επεξήγηση των αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα όπως φαίνεται στον πίνακα παρακάτω, η τιμή MAPE 7,7208% για τα επιβατικά ιδιωτικά οχήματα μας δείχνει ότι ο μέσος όρος της διαφοράς μεταξύ των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και των πραγματικών δεδομένων είναι 7,7208%. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του MAPE, τόσο πιο ασφαλή είναι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Πίνακας 5.2.2.3 Υπολογισμός του δείκτη MAPE

Average CO2 emissions per km from new passenger cars	Mode j fleet [PrivateCar]	Mode j fleet [Public Transport]	Mode j fleet [Taxi]	Users share [Public Transport]	Total inland passenger transport per person per day (km)	Users share [PrivateCar]
5,7598	7,7208	3,2571	6,6914	5,3585	10,8175	3,4017

Οπότε σύμφωνα με τις κριτικές τιμές του Lewis (1982, p.40), εφόσον οι τιμές που μας δίνει η ανάλυσή μας για το δείκτη MAPE είναι μικρότερες του 10% αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο το οποίο αναπτύχθηκε χαρακτηρίζεται από υψηλή ακρίβεια στα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση.

MAPE	Ερμηνεία
<10%	Υψηλή ακρίβεια
10-20%	Καλή πρόβλεψη

20-50%	Λογική πρόβλεψη
>50%	Μη ακριβής πρόβλεψη

Πηγή: Lewis (1982, σελ. 40)

Επιπρόσθετα υπολογίστηκε ο δείκτης MAE/Mean, ο οποίος προτείνεται από τον Sterman (2000, σελ. 875). Και αυτός ο δείκτης μας δίνει πολύ μικρές τιμές όσον αφορά το εν δυνάμει λάθος το οποίο μπορεί να προκύψει από το μοντέλο προσομοίωσης στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.2.24: Υπολογισμός του δείκτη MAE/Mean

Average CO2 emissions per km from new passenger cars	Mode j fleet [PrivateCar]	Mode j fleet [Public Transport]	Mode j fleet [Taxi]	Users share [Public Transport]	Total inland passenger transport per person per day (km)	Users share [Private Car]
0,066384	0,0838624	0,031874	-0,0285	0,011608	0,088661223	0,0310285

Παρακάτω στον Πίνακα 5.2.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για 4 μεταβλητές, για τις οποίες πραγματοποιήθηκε συσχέτιση των πραγματικών δεδομένων που αντλήθηκαν από πηγές δεδομένων και των αποτελεσμάτων από την προσομοίωση και πήραμε τα r & R^2 . Για κάθε μια από τις τέσσερις αυτές μεταβλητές υπάρχει θετικό αποτέλεσμα, κάτι το οποίο μας δείχνει ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των τιμών και ότι τείνουν να αυξάνονται ταυτόχρονα. Οι τιμές του r και για τις τέσσερις μεταβλητές είναι μεγαλύτερη του 0,90 κάτι που μας δείχνει ότι υπάρχει δυνατή σχέση μεταξύ των πραγματικών δεδομένων και των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Επίσης τα R^2 και για τις τέσσερις μεταβλητές είναι υψηλότερα από 0,80, κάτι το οποίο μας δείχνει ότι η συμπεριφορά των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης εξηγείται σε ποσοστό υψηλότερο από 80% από τη συμπεριφορά των πραγματικών δεδομένων.

Πίνακας 5.2.2.5: r & R^2 της συσχέτισης των ιστορικών δεδομένων με τα αποτελέσματα προσομοίωσης

	Average CO2 emissions per km from new passenger cars	Mode j fleet [PrivateCar]	Mode j fleet [Public Transport]	Users share [Public Transport]
r	0,938662722	0,964974478	0,9134626	0,990751
R^2	0,881087706	0,931175743	0,8344139	0,9815882

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν τεστ ακραίων τιμών, ελέγχοντας τη συμπεριφορά του μοντέλου σε ακραίες τιμές. Η δοκιμή ακραίων συνθηκών εξετάζει το μοντέλο όσον αφορά στην ευρωστία του υπό ακραίες συνθήκες για να διαπιστωθεί εάν ανταποκρίνεται ρεαλιστικά.

5.3. Συμπεράσματα

Συνδέοντας την προσέγγιση της πολυεπίπεδης προοπτικής (*MLP*) και το θεωρητικό πλαίσιο του μοντέλου καινοτομίας τετραπλής έλικας (*Quadruple Helix Innovation Model*) στόχος είναι να καλυφθούν αρχικά τα κενά για τα οποία ασκείται κριτική στη *MLP*, όπως ότι δε δίνει σημασία στην δομή της αγοράς (Bergek, 2018) και ότι διακατέχεται από ασάφεια όσον αφορά στο πλαίσιο ανάλυσης (Lachman, 2013). Με την ανάλυση μέσω της δοκιμής σεναρίων με τη βοήθεια της ΣΔ γίνεται προσπάθεια προσπέλασης του γεγονότος ότι η *MLP* δεν παρέχει κατάλληλες, και εύκολα παραμετροποιήσιμες μετρήσεις οι οποίες να μπορούν να μας υποδείξουν κάτι για τις μεταβάσεις (Papachristos, 2018b).

Σε κάθε σύστημα, κάποιοι βρόχοι ανατροφοδότησης μπορεί να έχουν μεγαλύτερη επιρροή ενώ κάποιοι άλλοι να έχουν πολύ μικρή ή και καθόλου επίδραση στο σύστημα. Η αναγνώριση αυτών των παραμέτρων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της ΣΔ και να οδηγήσει σε κατανόηση της δυναμικής της κάθε παραμέτρου μέσα στο εξεταζόμενο σύστημα.

Η συμπερίληψη των διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων επιτρέπει την περαιτέρω έρευνα των μεταβάσεων αναλύοντας τη δυναμική του ανταγωνισμού ή/και της συνεργασίας μεταξύ των υφιστάμενων και των νεοεισελθέντων επιχειρηματικών μοντέλων και των επιπτώσεων ως προς τη μετάβαση χαμηλού άνθρακα (Papachristos, 2019). Το ερώτημα πια γίνεται:

“πότε και πόσο μεγάλη είναι η επίπτωση και πόσο γρήγορη θα είναι η μετάβαση?”

(μεταφρασμένο από Kleindorfer κ.ά., 2005, σελ. 489)

6. Αποτελέσματα προσομοίωσης - Ανάλυση σεναρίων

6.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου που εξετάστηκε. Τα οχτώ σενάρια που εξετάστηκαν είναι το σενάριο αναφοράς (Σενάριο 0 – Base case) (ενότητα 6.2.1), το αισιόδοξο σενάριο (Σενάριο 1 – Αισιόδοξο σενάριο) (ενότητα 6.2.2), το σενάριο μερικής παρέμβασης (Σενάριο 2 - Μερική παρέμβαση) στην ενότητα 6.2.3, το αισιόδοξο σενάριο χωρίς όμως την ύπαρξη πλατφόρμας παροχής ολοκληρωμένων κρατήσεων μετακίνησης (Σενάριο 3 – Αισιόδοξο Σενάριο χωρίς την ύπαρξη MaaS) στην ενότητα 6.2.4, το σενάριο αυξημένης αξιοποιήσιμης χωρητικότητας των οχημάτων (Σενάριο 4 – Αυξημένη αξιοποιήσιμη χωρητικότητα οχημάτων) στην ενότητα 6.2.5, το σενάριο όπου δεν υπάρχει πλατφόρμας παροχής ολοκληρωμένων κρατήσεων μετακίνησης αλλά έχουμε αύξηση των φόρων μετακίνησης (Σενάριο 5 – Αύξηση φόρων χωρίς την ύπαρξη MaaS) στην ενότητα 6.2.6, το σενάριο όπου υπάρχει αλλαγή στη συμπεριφορά των μετακινούμενων και πλατφόρμα παροχής ολοκληρωμένων κρατήσεων μετακίνησης (Σενάριο 6 – Αλλαγή συμπεριφοράς και ύπαρξη MaaS) στην ενότητα 6.2.7 και τέλος το Σενάριο 7 (Σενάριο 7 - Αύξηση τεχνολογικής βελτίωσης ηλεκτρικών οχημάτων), όπου υπάρχει υψηλή αύξηση της ετήσιας βελτίωσης της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων στην ενότητα 6.2.8.

6.2. Προσομοίωση Μοντέλου

Με βάση το μοντέλο που δημιουργήθηκε, εξετάστηκαν οκτώ σενάρια, αλλάζοντας ορισμένες σημαντικές παραμέτρους για να ελεγχθεί η συμπεριφορά του συστήματος και ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζεται το ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων από αυτές τις αλλαγές. Για τα σενάρια αυτά πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για την οποία υλοποιήθηκαν 100 «τρεξίματα» για να αξιολογηθεί η εξάρτηση των συμπεριφορών του μοντέλου στις μεταβολές κάποιων παραμέτρων (Παράρτημα II: Ανάλυση Ευαισθησίας), όπου ακολουθήθηκε η στρατηγική ότι όλες οι παράμετροι που εξετάστηκαν είναι κανονικοποιημένες και η τυπική τους απόκλιση είναι στο 25%. Αυτή η στρατηγική ενισχύει την απλότητα με την οποία το μοντέλο μπορεί να γίνει διαστασιακά συνεπές.

Οι επόμενες ενότητες περιγράφουν τα σενάρια τα οποία εξετάστηκαν, καθώς και τα αποτελέσματά τους, αλλά και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση ευαισθησίας του κάθε σεναρίου.

Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν να τροποποιηθούν στα διάφορα σενάρια για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση είναι:

- i. Existence of Booking Platform – MaaS (ύπαρξη πλατφόρμας ολοκληρωμένων κρατήσεων/οργάνωσης μετακινήσεων)
- ii. Marketing Effectiveness (η αποδοτικότητα του μάρκετινγκ στην υιοθέτηση κάθε μορφής κινητικότητας)
- iii. Rate of technology improvement (επίπεδο τεχνολογικής εξέλιξης)
- iv. Teleworking rate change (αλλαγή επιπέδου τηλεργασίας)
- v. Urban density change (αλλαγή πληθυσμιακής πυκνότητας)
- vi. Subsidy rate (επίπεδο επιδοτήσεων)
- vii. Time to restrict powertrain (χρόνος για απαγόρευση τεχνολογίας κινητήρων)
- viii. ICT usage growth (η αύξηση της χρήσης ΤΠΕ από τους πολίτες)
- ix. Vehicle occupancy (αξιοποιήσιμη χωρητικότητα οχημάτων)
- x. Contact rate – Exposure rate (προσωπική επαφή με κάθε μορφή μετακίνησης)

Μετά την λήψη των αποτελεσμάτων του κάθε σεναρίου και την ανάλυσή τους το τελικό βήμα αποτελεί η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των πολιτικών στην μετάβαση του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων σε ένα βιώσιμο ΚΤΣ που λαμβάνει υπόψιν το περιβάλλον και ταυτόχρονα σέβεται τις ανάγκες των πολιτών.

6.2.1. Σενάριο 0 - Base case σενάριο

Το βασικό σενάριο της προσομοίωσης, αρχικά προσομοιώνει την συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου σεναρίου, όπου υλοποιούνται όσο λιγότερες αλλαγές γίνεται. Στο βασικό σενάριο προσομοίωσης χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τιμές στις βασικές μεταβλητές.

Πίνακας 6.2.1.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 0

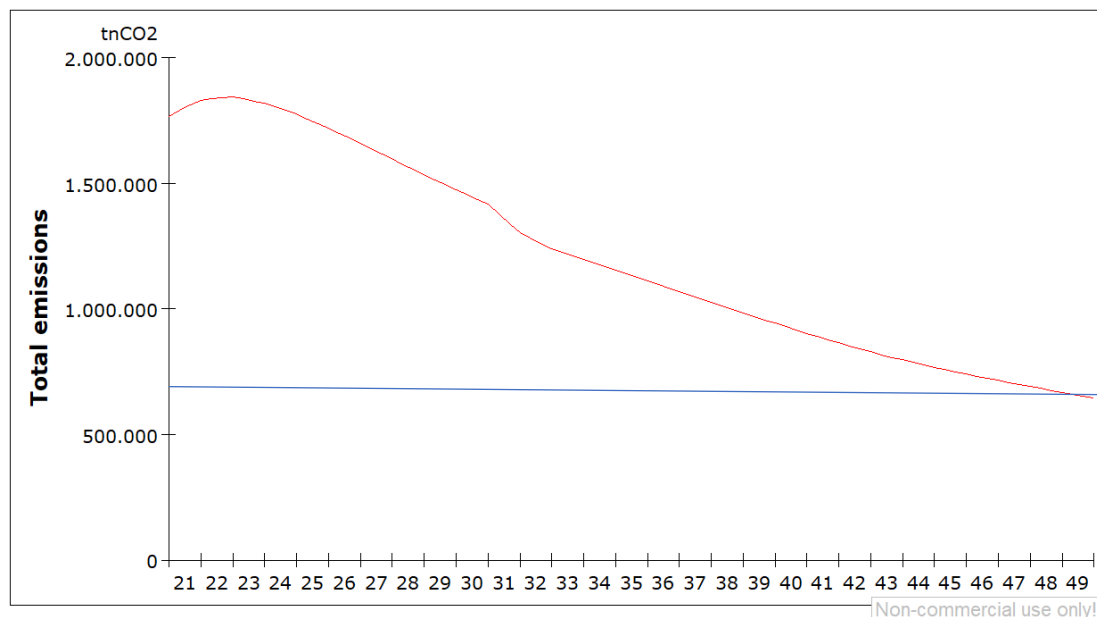
Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	0
Marketing Effectiveness	{0,01;0,01;0,015;0}
Rate of technology improvement	{1,5;2}%
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	0 %
Time to restrict powertrain	2100
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{1,2; 1,5; 70; 1,5} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0})%

Στο Σενάριο 0 ακόμη δεν έχει γίνει γνωστή η ύπαρξη των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας και η αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ για αυτή τη μορφή κινητικότητας είναι ακόμη αναποτελεσματική. Ταυτόχρονα, δεν υπάρχει πλατφόρμα ολοκληρωμένων κρατήσεων - MaaS. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας για τις δύο μορφές κινητήρων – εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικών – γίνεται με ρυθμό 1,5 και 2% αντίστοιχα. Η αύξηση της τηλεργασίας του πληθυσμού γίνεται με 0,5% το έτος και η αστική πυκνότητα αυξάνεται με 1% το έτος. Οι πολιτικές που επηρεάζουν την επιλογή αγοράς οχημάτων είναι ανύπαρκτες, με τις επιδοτήσεις για αγορά οχημάτων εναλλακτικών τεχνολογιών και για απαγόρευση πώλησης οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης να είναι μηδενικές. Η χρήση της ΤΠΕ από τους μετακινούμενους αυξάνεται με 1% το έτος και η αξιοποίηση της επιβατικής χωρητικότητας των οχημάτων βρίσκεται στα 1,2 άτομα για το ιδιωτικό αυτοκίνητο, στα 1,5 άτομα για το ταξί και στα 70 άτομα για τα λεωφορεία των αστικών μετακινήσεων. Ενώ ταυτόχρονα οι φόροι μετακίνησης δεν μεταβάλλονται στο χρόνο. Τέλος, η προσωπική επαφή των μετακινούμενων με την κάθε μορφή μετακίνησης, τείνει να μειώνεται κατά 0,1 % για τα ιδιωτικά αυτοκίνητα, ενώ να αυξάνεται για τις άλλες τρεις εξεταζόμενες μορφές μετακίνησης κατά 0,1% για τα ταξί, κατά 0,1% για τις δημόσιες συγκοινωνίες, ενώ για τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας η επαφή είναι 0 και δεν αυξάνεται στο χρόνο.

6.2.1.1. Αποτελέσματα Σεναρίου 0

Η μη επιβολή πολιτικών τόσο για την ενίσχυση μιας νέας μορφής κινητήρα όσο και για την αποθάρρυνση χρήσης μιας άλλης τεχνολογίας, οδηγεί στην μη επίτευξη του στόχου για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο 60% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα του 1990 παρά μόνο προς το τέλος του 2050. Το χάσμα μεταξύ του στόχου και των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καλύπτεται μόνο κατά το έτος 2050 κατά ένα μικρό ποσό εκπομπών. Αυτό δείχνει την επιτακτική ανάγκη που υπάρχει για την θέσπιση πολιτικών που θα οδηγήσουν σε περαιτέρω μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, από αυτή που προκαλεί η ανάπτυξη της τεχνολογίας από μόνη της.

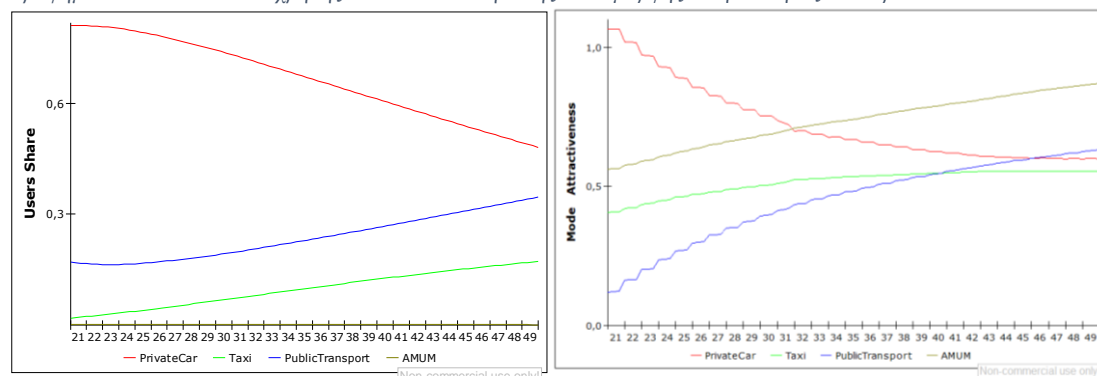
Γράφημα 6.2.1.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα Σενάριο 0



Κατά τη διάρκεια των ετών που πραγματοποιείται η ανάλυση, η **ελκυστικότητα της μετακίνησης** με ιδιωτικό όχημα μειώνεται επηρεάζοντας έτσι την υιοθέτηση της από τους μετακινούμενους (τόσο εξαιτίας της διαφήμισης, όσο και εξαιτίας της δια στόματος πληροφόρησης) αρνητικά. Ταυτόχρονα, αυξάνεται η ελκυστικότητα των άλλων δύο μορφών κινητικότητας, του ταξί και των ΜΜΜ.

Όσο βέβαια μειώνεται ο **ρυθμός υιοθέτηση της μετακίνησης** με τα ιδιωτικά αυτοκίνητα, τόσο μειώνεται και η προσωπική επαφή/έκθεση των μετακινούμενων στα ιδιωτικά αυτοκίνητα μειώνοντας κατ' επέκταση και το ρυθμό υιοθέτησης που στηρίζεται στην δια στόματος πληροφόρηση. Έτσι, το **ποσοστό χρηστών** ιδιωτικών οχημάτων μειώνεται ενώ αυξάνεται το ποσοστό χρηστών ταξί και δημόσιων συγκοινωνιών, καθώς για αυτές τις μορφές μετακίνησης αυξάνεται η προσωπική επαφή-έκθεση και ο ρυθμός υιοθέτησης τους που οφείλεται στην υιοθέτηση που στηρίζεται στη δια στόματος πληροφόρηση.

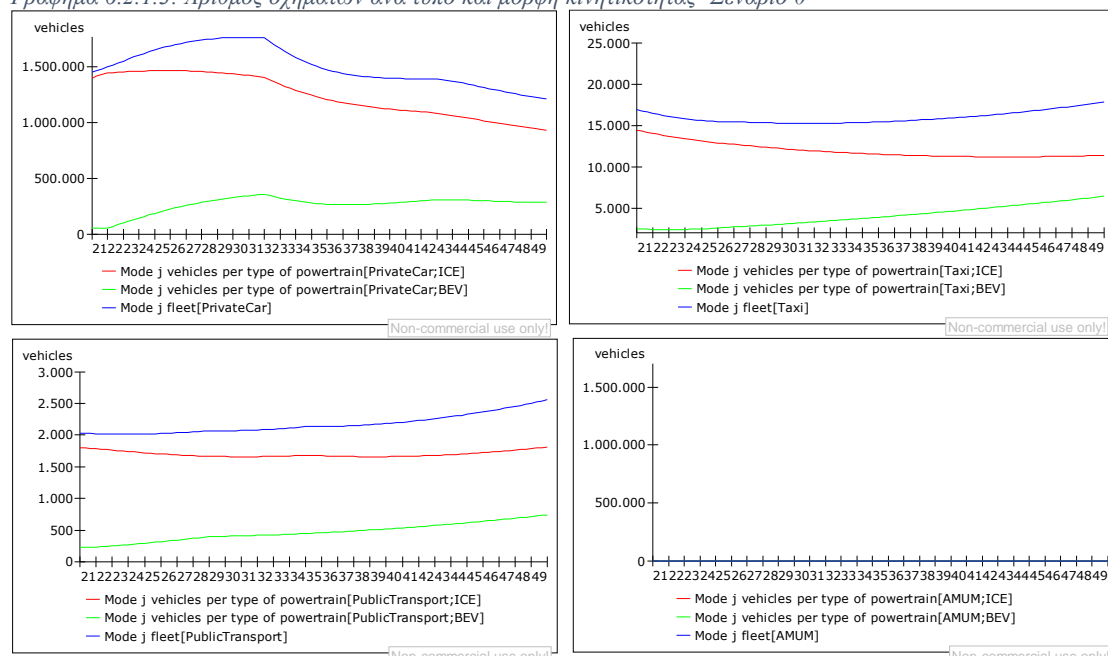
Γράφημα 6.2.1.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας- Σενάριο 0



Ο συνολικός ρυθμός υιοθέτησης του ιδιωτικού αυτοκινήτου ως μορφή μετακίνησης μειώνεται, καθώς η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση αυξάνεται, αλλά και η κυκλοφοριακή συμφόρηση τείνει να μειώνει την ποιότητα της μετακίνησης με ιδιωτικά αυτοκίνητα. Ταυτόχρονα, ο ρυθμός υιοθέτησης του ταξί και των δημοσίων συγκοινωνιών αυξάνεται τόσο εξαιτίας του γεγονότος ότι η αύξηση της χρήσης των τεχνολογιών ΤΠΕ διευκολύνει την πληροφόρηση αλλά και την πληρωμή αυτών των μορφών μετακίνησης. Ο ρυθμός υιοθέτησης των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης παραμένει στο μηδέν, καθώς τόσο το μάρκετινγκ όσο και η προσωπική επαφή δεν έχουν ακόμη αποτέλεσμα στην υιοθέτηση των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης, αφήνοντας αυτή τη μορφή μετακίνησης σχεδόν άγνωστη για το ευρύ κοινό.

Καθώς ο ρυθμός υιοθέτησης του ιδιωτικού αυτοκινήτου ως μορφή μετακίνησης, αλλά και το ποσοστό των χρηστών της συγκεκριμένης μορφής μετακίνησης μειώνεται, τα οχήματα τα οποία είναι αναγκαία για να καλύψουν τις ανάγκες μετακίνησης με ιδιωτικά αυτοκίνητα είναι λιγότερα και έτσι ο **συνολικός αριθμός** ιδιωτικών οχημάτων στην πόλη για την κάλυψη ιδιωτικών μετακινήσεων μειώνεται στο χρόνο. Ταυτόχρονα, η ανάγκη για περισσότερα οχήματα στις άλλες δύο μορφές μετακίνησης αυξάνεται.

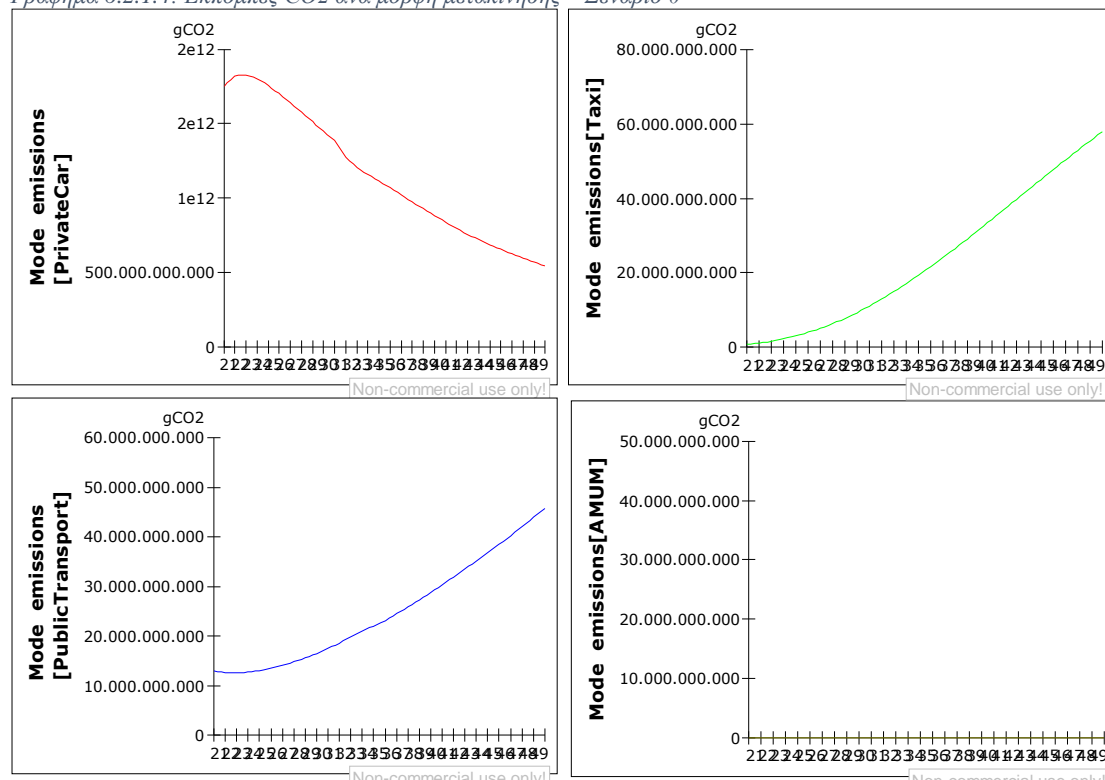
Γράφημα 6.2.1.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 0



Η αλλαγή στο σύνολο των χρηστών ανά μορφή μετακίνησης επιφέρει αλλαγές και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την κάθε μορφή μετακίνησης με τις εκπομπές του ιδιωτικού αυτοκινήτου να μειώνονται σημαντικά και

αυτές των άλλων μορφών να αυξάνονται, κρατώντας όμως το σύνολο των εκπομπών σε μικρότερα επίπεδα όπως αναφέραμε παραπάνω.

Γράφημα 6.2.1.4: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 0



Τέλος, καθώς η πληθυσμιακή πυκνότητα αυξάνεται κατά 1% κάθε έτος σε συνδυασμό με την αύξηση της τηλεργασίας κατά 0,5% ανά έτος, μειώνουν τη μέση απόσταση που χρειάζεται να διανύσει κάποιος για την κάλυψη αναγκών για όλες τις μορφές μετακίνησης, παρόλη την τεχνολογική εξέλιξη και τη βελτίωση της απόδοσης των οχημάτων που μπορεί να επιφέρουν υποτροπή (rebound effect) στις συνήθειες των μετακινούμενων.

6.2.1.2. Ανάλυση ευαισθησίας Σεναρίου 0

Όσον αφορά στο Σενάριο 0, η παράμετρος η οποία φαίνεται να επηρεάζεται από την αλλαγή του μέσου αριθμού μετακινήσεων που πραγματοποιούνται καθημερινά από τους πολίτες, είναι οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των μετακινήσεων αυξάνεται και η συνολική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται και αντίστροφα.

Από την μεταβολή της **περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης** φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερες παράμετροι. Ο αριθμός των οχημάτων ανά τύπο κινητήρα που αγοράζονται για να εξυπηρετήσουν τη ζήτηση της κάθε μορφής μετακίνησης, ο συνολικός αριθμός χρηστών ανά μορφή μετακίνησης, ο συνολικός στόλος που αποδίδεται σε κάθε μορφή μετακίνησης, καθώς και οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου

του άνθρακα που παράγονται από τις μετακινήσεις των πολιτών φαίνεται να επηρεάζονται από αλλαγές της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των πολιτών.

Η **αλλαγή στο ποσοστό των πολιτών που κάνουν χρήση ΤΠΕ** φαίνεται να επηρεάζει τον αριθμό νέων οχημάτων από κάθε τύπο κινητήρα που εισέρχονται στο στόλο των δημόσιων συγκοινωνιών και των ταξί.

Η **αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ** μπορεί να επηρεάσει τον αριθμό των νέων οχημάτων που εισέρχονται στο στόλο των ταξί και των δημόσιων συγκοινωνιών ενώ δε φαίνεται να έχει κάποια επιρροή στον αριθμό των οχημάτων που εισέρχονται στην αγορά των ιδιωτικών αυτοκινήτων. Ενώ φαίνεται να έχει επιρροή και στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από τη δραστηριότητα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων, αλλά και στο συνολικό στόλο της κάθε μορφής μετακίνησης - των ταξί, των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης - και στο ποσοστό των χρηστών των παραπάνω μορφών μετακίνησης.

Ο **συντελεστής υποτροπής** δε φαίνεται να έχει κάποια επιρροή σε κάποια από τις εξεταζόμενες παραμέτρους για το Σενάριο 0, όπως και οι **φόροι που επιβάλλονται** για την χρήση οχημάτων μετακίνησης, αλλά και η **πληθυσμιακή πυκνότητα** της πόλης όπου πραγματοποιούνται οι μετακινήσεις.

6.2.2. Σενάριο 1 - Αισιόδοξο σενάριο

Το Σενάριο 1, αποτελεί το αισιόδοξο σενάριο της ανάλυσής μας, όπου οι εναλλακτικές μορφές μετακίνησης, car-sharing και ride-sharing έχουν γίνει γνωστές και αποκτούν μερίδιο ανάμεσα στις άλλες μορφές μετακίνησης, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν και πλατφόρμες οι οποίες επιτρέπουν την οργάνωση, τις κρατήσεις, αλλά και την πληρωμή ναύλων για ένα ταξίδι. Επίσης, κατά το σενάριο αυτό, λαμβάνονται πολιτικές για την προώθηση λιγότερο ρυπογόνων οχημάτων - οχήματα με ηλεκτρικό κινητήρα – όπως οι επιδοτήσεις για την αγορά τους, αλλά και η απαγόρευση της πώλησης οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης από το 2030 και έπειτα. Η επιδότηση για την αγορά οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης είναι 0%, ενώ η επιδότηση για αγορά οχημάτων με ηλεκτρικούς κινητήρες είναι αρχικά 30% ενώ μειώνεται κατά 0,2% κάθε έτος. Οι τιμές που υιοθετούνται στις βασικές μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας 6.2.2.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 1

Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	1
Marketing Effectiveness	{-0,01;0,01;0,015;0,02}
Rate of technology improvement	{1,5;2}%
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	COMPOSITESERIES({{0;0,30};{0;0,30};{0;0,30};{0;0,30}}; IF(PREV()>0;PREV() -{{0;2};{0;2};{0;2};{0;2}}%;0))
Time to restrict powertrain	{2030 ; 2100}
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{1,2; 1,5; 70; 1,5} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25; 0,2; 0,2; 0,05}; PREV() +{-0,1; 0,1; 0,1; 0,5}%)

Σε αυτό το σενάριο αλλάζει και ο βαθμός στον οποίο οι μετακινούμενοι έρχονται σε επαφή, συναντούν, ακούνε ή βλέπουν την κάθε μορφή μετακίνησης να χρησιμοποιείται για την υλοποίηση μετακινήσεων, με το contact rate για τις AMUM να είναι 0,05 και να αυξάνεται με ρυθμό 0,5% το έτος.

6.2.2.1. Αποτελέσματα Σεναρίου 1

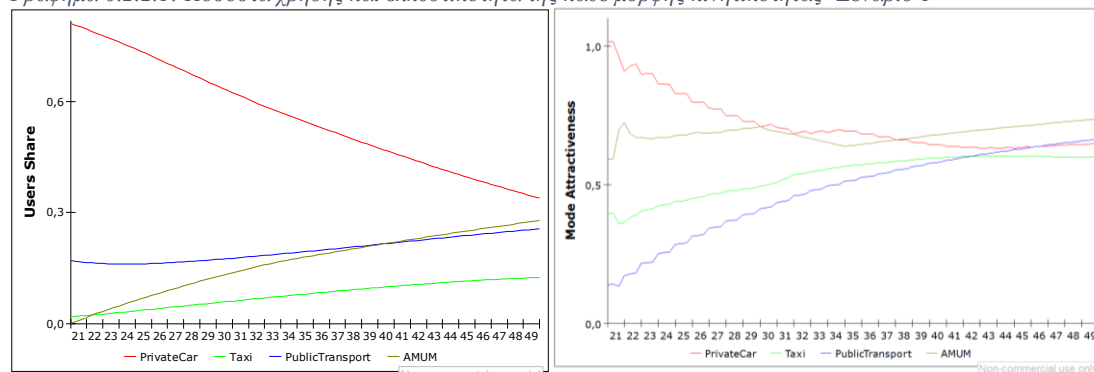
Με την εφαρμογή του Σεναρίου 1 φαίνεται ότι ο στόχος για εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα λιγότερες από το 60% αυτών του 1990 επιτυγχάνεται. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την δραστηριότητα του τομέα μειώνονται σημαντικά και αυξάνουν την περιβαλλοντική βιωσιμότητά του.

Σε αυτό συμβάλει τόσο η τεχνολογική ανάπτυξη και η βελτίωση της τεχνολογίας των οχημάτων κατά 1,5-2% ετησίως, όσο και το γεγονός ότι οι μετακινούμενοι πολίτες απομακρύνονται από την επιλογή του ιδιωτικού αυτοκινήτου και στρέφονται προς τα ταξί και τις δημόσιες συγκοινωνίες, αλλά επιλέγουν και σε μεγάλο βαθμό τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης των οποίων η ελκυστικότητα αυξάνεται όλο και περισσότερο στο χρόνο.

Η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου πέφτει από το ~81% το 2021 στο ~34% στο τέλος της εξεταζόμενης περιόδου το 2050, ενώ για τις άλλες τρεις μορφές κινητικότητας αυξάνεται για τα ταξί ~11% για τις δημόσιες συγκοινωνίες ~9% και για τις AMUM ~28%. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο αυξάνεται η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών τείνουν να μην επιλέγουν το ιδιωτικό αυτοκίνητο για τις μετακινήσεις τους, καθώς οι υπόλοιπες μορφές μετακίνησης τις περισσότερες φορές είναι λιγότερο ρυπογόνες, τόσο εξαιτίας της τεχνολογίας που χρησιμοποιούν (ηλεκτρικά οχήματα έναντι οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης), όσο και εξαιτίας του γεγονότος ότι οι εναλλακτικές μορφές μετακίνησης πολλές φορές κατορθώνουν να μειώσουν το συνολικό χρόνο μετακίνησης, καθώς ο χρόνος εύρεσης

θέσης πάρκινγκ συνήθως είναι μικρότερος έως ανύπαρκτος (όταν υπάρχουν καθορισμένες θέσεις πάρκινγκ από την εταιρεία παροχής υπηρεσιών μετακίνησης).

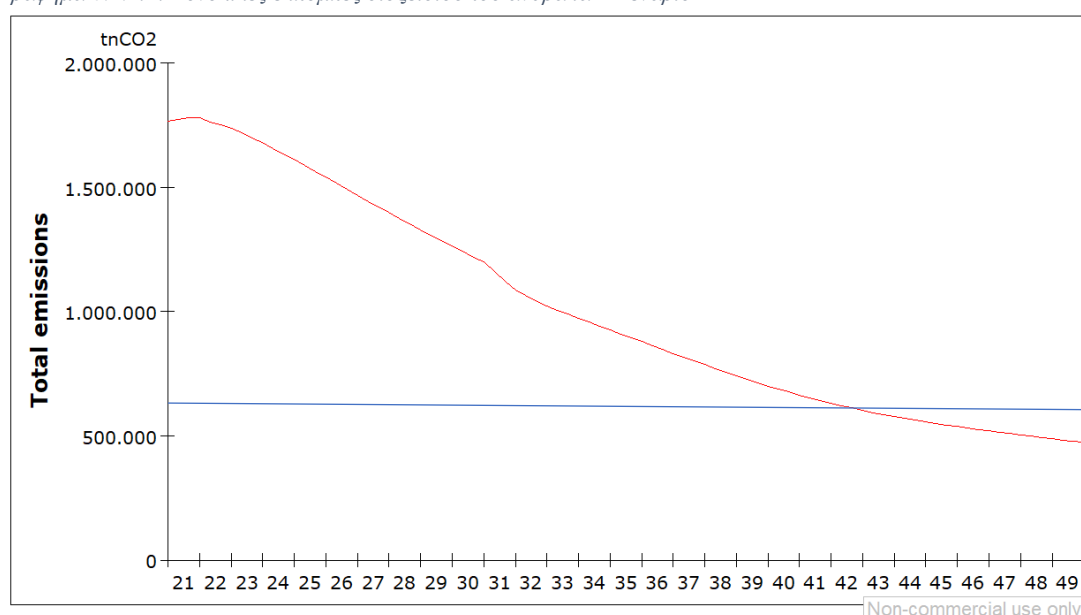
Γράφημα 6.2.2.1: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας- Σενάριο 1



Η μείωση του ποσοστού των μετακινούμενων που επιλέγουν τα ιδιωτικά αυτοκίνητα, καθώς και η βελτίωση της τεχνολογίας των οχημάτων όπως είναι αναμενόμενο επιφέρουν μείωση στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από την πραγματοποίηση μετακινήσεων με ιδιωτικά αυτοκίνητα ανά έτος.

Η βελτίωση της τεχνολογίας επιφέρει μείωση των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και στη χρήση των ταξί παρά την αύξηση του ποσοστού των μετακινούμενων που επιλέγουν το ταξί ως μέσο μετακίνησης. Από την άλλη η αύξηση του ποσοστού των πολιτών που επιλέγουν τη χρήση των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας επιφέρει αύξηση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα για αυτές τις δυο μορφές μετακίνησης.

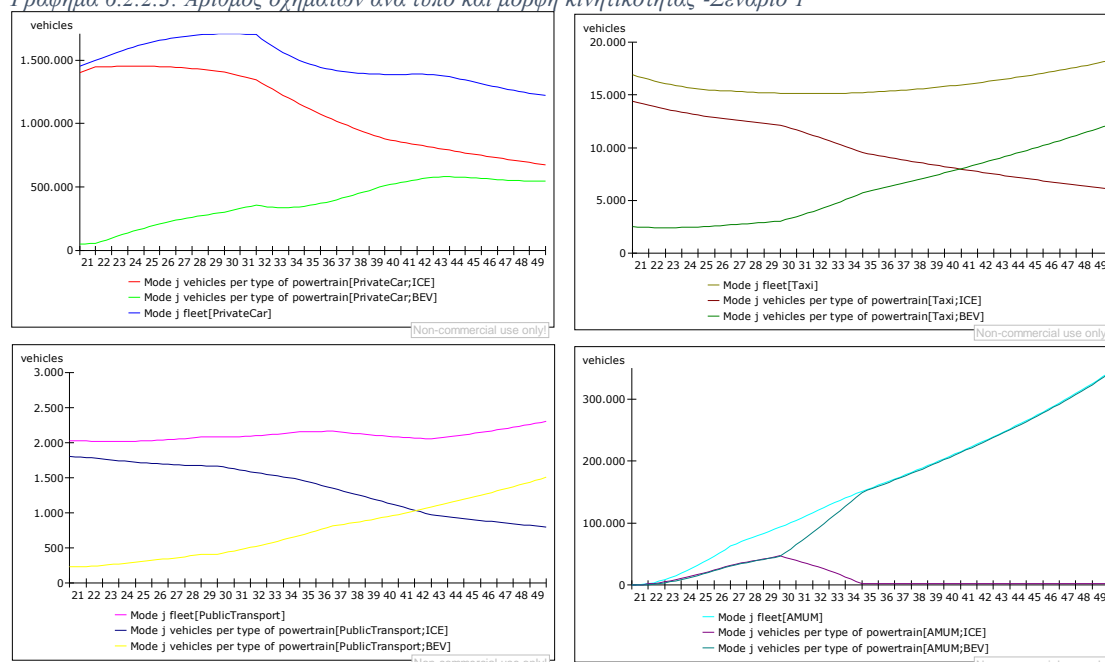
Γράφημα 6.2.2.2: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 1



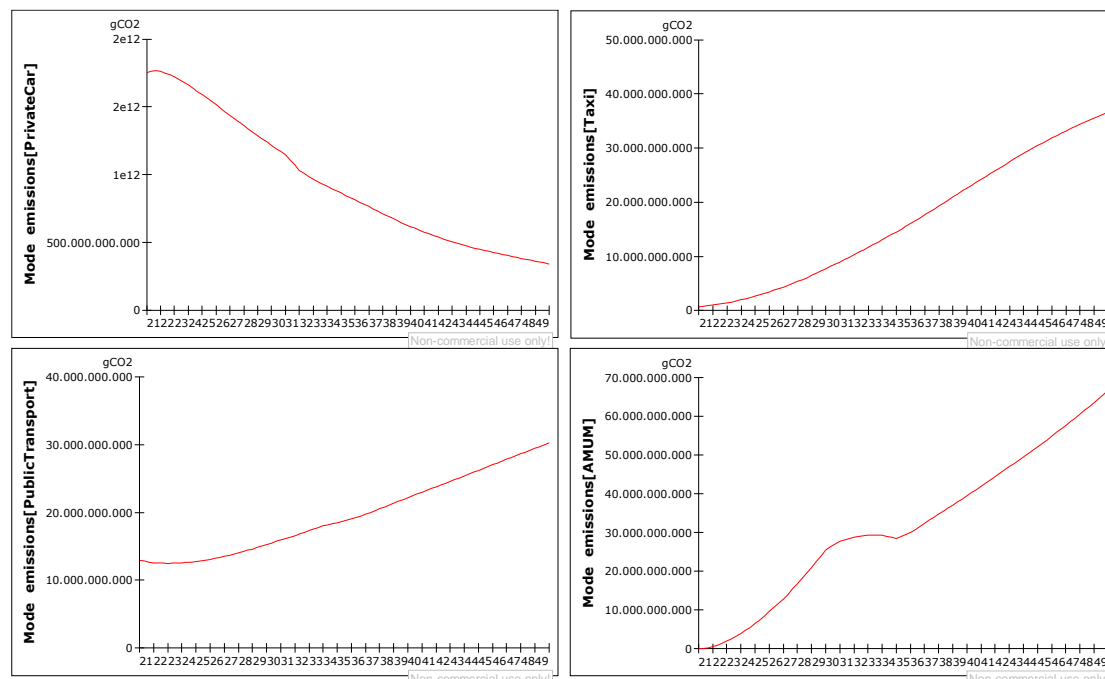
Το γεγονός ότι αλλάζουν τα ποσοστά των χρηστών που επιλέγουν την κάθε μορφή μετακίνησης για τις καθημερινές του μετακινήσεις, επηρεάζει όπως είναι

αναμενόμενο και τον αριθμό των οχημάτων που απαιτούνται για να καλύψουν τις ανάγκες των πολιτών για μετακίνηση. Έτσι, καθώς το ποσοστό των ατόμων που επιλέγουν την μετακίνηση με ιδιωτικά αυτοκίνητα μειώνεται, μειώνεται και ο αριθμός των οχημάτων που αποτελούν τον «στόλο» των ιδιωτικών οχημάτων στην πόλη. Αντίστοιχα στις άλλες μορφές μετακίνησης τα οχήματα αυξάνονται προκειμένου να καλύψουν την αυξανόμενη ζήτηση.

Γράφημα 6.2.2.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 1



Πέρα από τον αριθμό των οχημάτων επηρεάζεται και ο συνολικός αριθμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από την κάθε μορφή μετακίνησης, με το ιδιωτικό αυτοκίνητο να παρουσιάζει μείωση και τις άλλες μορφές να έχουν αυξήσεις, χωρίς όμως αυτό να επηρεάζει αρνητικά τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όπως φαίνεται και στην Γράφημα 6.2.2.3 παραπάνω, καθώς η μείωση που επιφέρεται από την απομάκρυνση από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα είναι πολύ μεγαλύτερη από την αύξηση στις εκπομπές των άλλων τριών μορφών μετακίνησης.

Γράφημα 6.2.2.4: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 1

Τέλος, και σε αυτό το σενάριο παρατηρείται ότι η μέση διανυθείσα απόσταση ανά μετακίνηση να μειώνεται εξαιτίας της αύξησης της πληθυσμιακής πυκνότητας και της αύξησης της τηλεργασίας.

6.2.2.2. Ανάλυση ευαισθησίας Σεναρίου 1

Από την ανάλυση ευαισθησίας του Σεναρίου 1, φαίνεται ότι ο μέσος αριθμός μετακινήσεων που πραγματοποιεί κάποιος επηρεάζει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του συστήματος μας.

Η περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών φαίνεται να επηρεάζει τον αριθμό των οχημάτων τα οποία αγοράζονται ανά έτος από την κάθε μορφή μετακίνησης για την κάλυψη των ημερήσιων αναγκών των πολιτών κυρίως των ιδιωτικών αυτοκινήτων και των ταξί όσον αφορά στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και στις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης και για τους δύο τύπους κινητήρα. Ταυτόχρονα επηρεάζει τον αριθμό των χρηστών και για τις τέσσερις μορφές μετακίνησης που εξετάζονται στην έρευνά μας και κατ' επέκταση το συνολικό αριθμό οχημάτων από τον οποίο αποτελείται ο στόλος της κάθε μορφής μετακίνησης. Επηρεάζει επίσης τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την δραστηριότητα του συστήματος, ενώ δε φαίνεται να έχει αντίκτυπο στη μέση απόσταση που διανύεται από του πολίτες σε κάθε μετακίνησή τους.

Η αλλαγή στο ποσοστό χρήσης ΤΠΕ φαίνεται να μην έχει ιδιαίτερη επιρροή στις μεταβλητές που εξετάζονται, παρά μόνο κάποια μικρή επιρροή στα ηλεκτρικά

οχήματα που αγοράζονται ανά έτος από τις δημόσιες συγκοινωνίες και από τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης, καθώς και στον συνολικό αριθμό του στόλου αυτών των δύο μορφών μετακίνησης.

Η **αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ**, φαίνεται να έχει επιρροή σχεδόν και στις τέσσερις από τις πέντε μεταβλητές οι οποίες εξετάζονται. Στην αγορά οχημάτων κάθε έτος από την κάθε μορφή μετακίνησης, φαίνεται να έχει επιρροή σε όλες τις μορφές μετακίνησης εκτός από τη χρήση ιδιωτικού αυτοκινήτου και κυρίως όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα. Έχει επίσης επιρροή στο συνολικό αριθμό των χρηστών ανά μορφή μετακίνησης, εκτός από την χρήση ιδιωτικού αυτοκινήτου, ενώ επηρεάζει επίσης το εύρος των τιμών για το συνολικό στόλο των αντίστοιχων μορφών μετακίνησης. Η επιρροή που έχει στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερα αισθητή. Τέλος, δε φαίνεται να έχει αντίκτυπο στη μέση απόσταση που διανύεται από τους πολίτες σε κάθε μετακίνησή τους.

Ο **συντελεστής υποτροπής**, φαίνεται να μην έχει ιδιαίτερη επιρροή σε καμία από τις μεταβλητές που εξετάζονται, πέρα από μια μικρή επιρροή στον μέσο όρο της απόστασης που διανύεται σε κάθε μετακίνηση από τους χρήστες εναλλακτικών μορφών μετακίνησης. Τέλος, η **αλλαγή στους φόρους** που επιβάλλονται και η **πληθυσμιακή πυκνότητα** της πόλης επίσης δε φαίνεται να έχει κάποια επιρροή σε κάποια από τις εξεταζόμενες μεταβλητές.

6.2.3. Σενάριο 2 – Μερική παρέμβαση

Το σενάριο 2 αποτελεί το σενάριο όπου το κράτος εφαρμόζει πολιτικές υπέρ των ηλεκτρικών οχημάτων, δίνοντας επιδοτήσεις για την αγορά τους και απαγορεύοντας την πώληση των οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης. Αντίθετα όμως με το Σενάριο 1 όπου πέρα από τις πολιτικές υπέρ των ηλεκτρικών οχημάτων η αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ είναι υπαρκτή για τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης και ο ρυθμός επαφής αυτής της μορφής μετακίνησης αυξάνεται, στο Σενάριο 2 η αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ για τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης παραμένει μηδέν, όπως και ο ρυθμός επαφής των πολιτών. Οι τιμές που υιοθετούνται στις βασικές μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

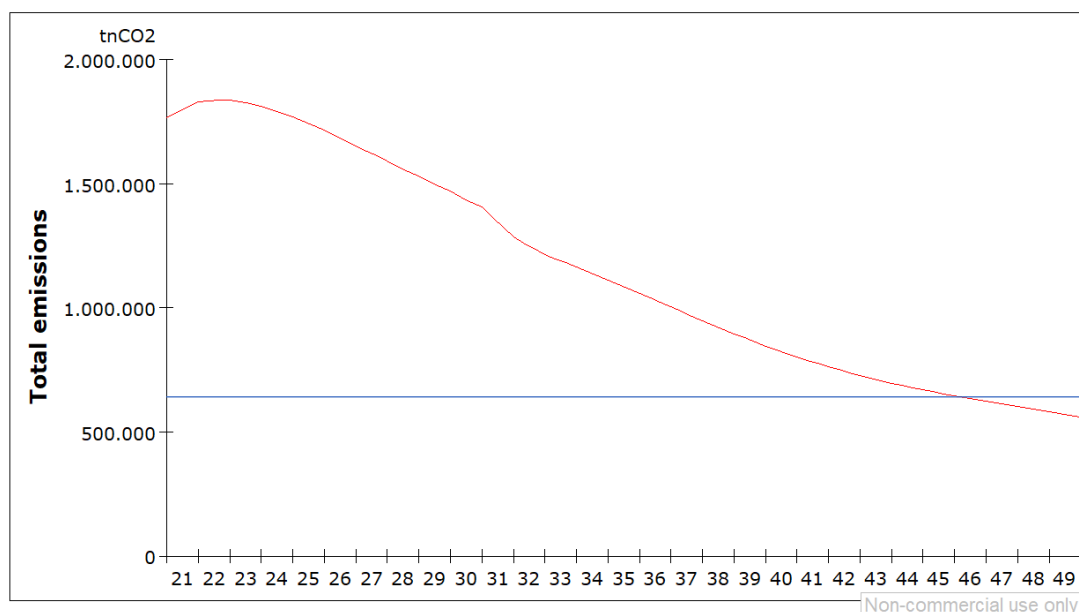
Πίνακας 6.2.3.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 2

Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	0
Marketing Effectiveness	{0,01;0,01;0,015;0}
Rate of technology improvement	{1,5; 2}%
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	{0 ; 30}%
Time to restrict powertrain	{2030 ; 2100}
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{1,2; 1,5; 70; 1,5} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0,5})%

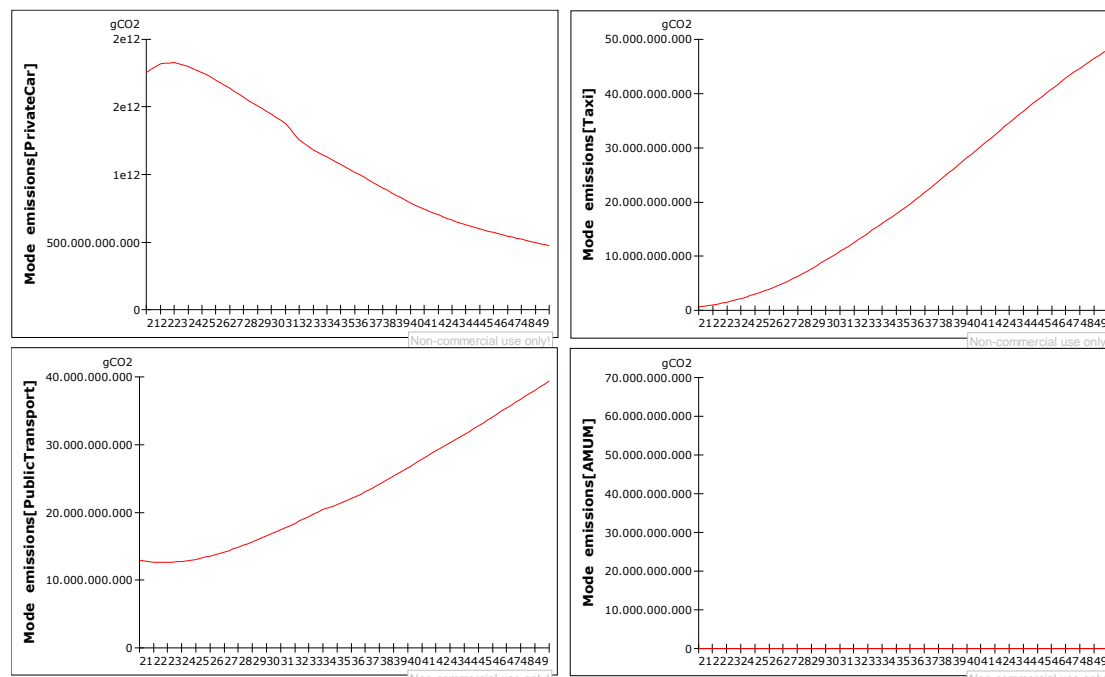
6.2.3.1. Αποτελέσματα σεναρίου 2

Το Σενάριο 2 φαίνεται και αυτό να έχει καλά αποτελέσματα και να καταφέρνει να φτάσει το στόχο της ΕΕ για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο 60% των εκπομπών του 1990. Βέβαια, τα αποτελέσματά του δεν είναι τόσο ισχυρά όσο αυτά του Σεναρίου 1, όπου ο στόχος επιτυγχάνεται πέντε χρόνια τουλάχιστον νωρίτερα. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι μεγαλύτερες σε κάθε έτος σε σχέση με το Σενάριο 1, αλλά μικρότερες σε σχέση με το Σενάριο 0.

Γράφημα 6.2.3.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα - Σενάριο 2



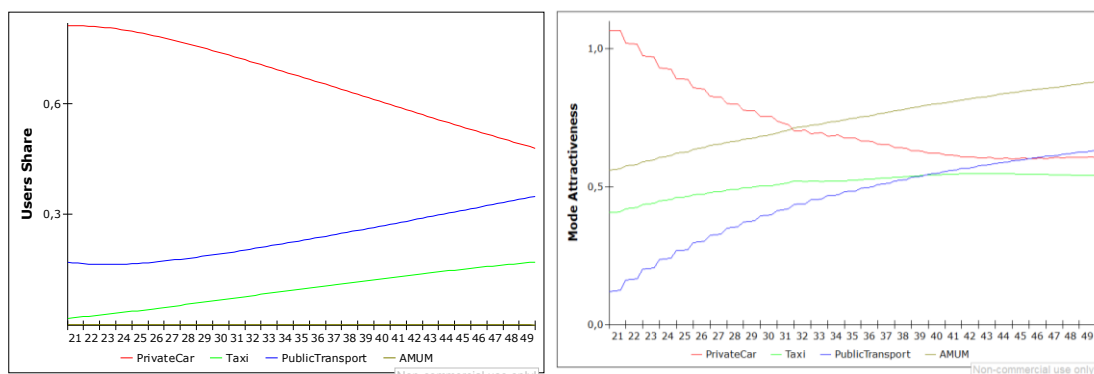
Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από κάθε μορφή μετακίνησης, όπως είναι αναμενόμενο επηρεάζονται και αυτές, με το ιδιωτικό αυτοκίνητο να παρουσιάζει μικρότερα ποσά και τις άλλες μορφές να παρουσιάζουν μεγαλύτερη παραγωγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, εκτός από τις AMUM οι οποίες δεν έχουν ακόμη ενταχθεί στην αγορά.

Γράφημα 6.2.3.2: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 2

Το επίπεδο του ποσοστού των χρηστών ιδιωτικού αυτοκινήτου μειώνεται στο 48% από 81% αρχικά, καθώς η ελκυστικότητα του ιδιωτικού αυτοκινήτου μειώνεται και η αποδοτικότητα του μάρκετινγκ βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Το ποσοστό χρηστών ταξί αυξάνεται από ~2% σε 17%, καθώς η ελκυστικότητα του αυξάνεται και τόσο η υιοθέτηση εξαιτίας της διαφήμισης όσο και εξαιτίας της δια στόματος πληροφόρησης αυξάνεται.

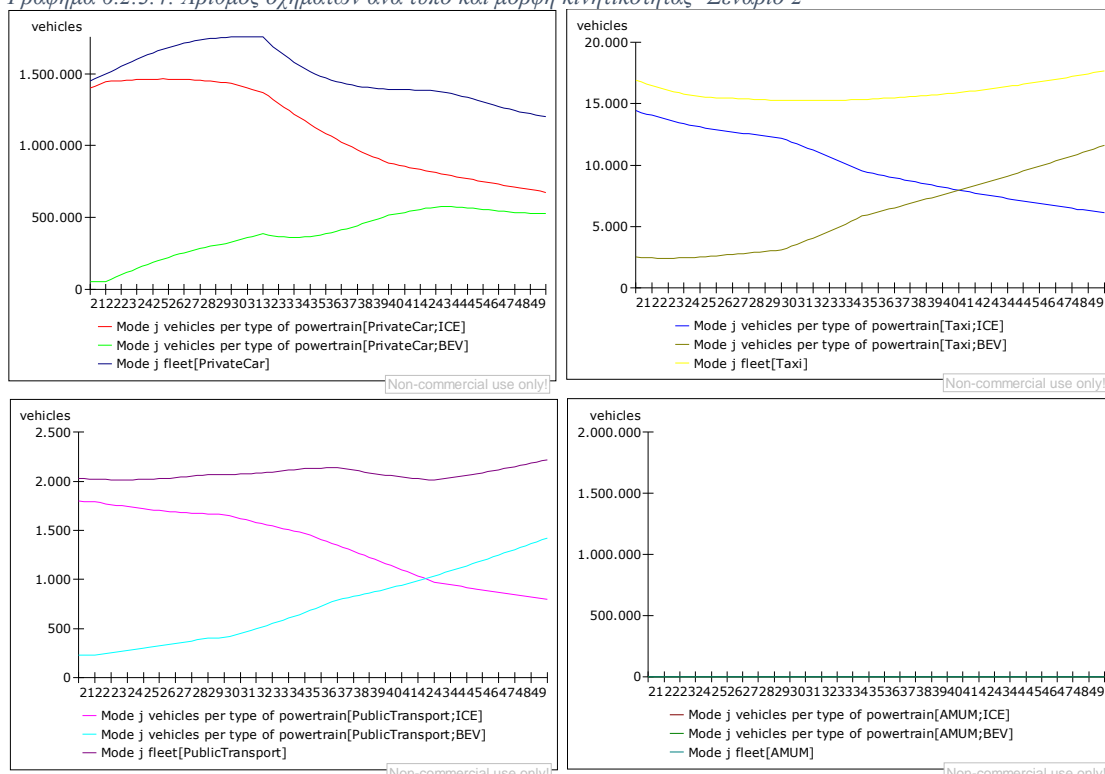
Οι δημόσιες συγκοινωνίες παρουσιάζουν και αυτές αύξηση στο ποσοστό των χρηστών που τις υιοθετεί με το ποσοστό τους να αυξάνεται από ~17% το 2021 σε ~35% το 2050. Το ποσοστό των χρηστών των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας, καθώς η αποδοτικότητα του μάρκετινγκ και ο ρυθμός προσωπικής επαφής παραμένουν στο μηδέν, δεν αυξάνεται στο χρόνο αλλά βρίσκεται στο 0%. Παράλληλα με το ποσοστό των χρηστών το οποίο βαίνει μειούμενο στο χρόνο για τα ιδιωτικά αυτοκίνητα, μειούμενος βαίνει και ο ρυθμός υιοθέτησης κάθε έτος, σε αντίθεση με το ρυθμό υιοθέτησης για τα ταξί και τις δημόσιες συγκοινωνίες όπου υπάρχει αυξανόμενος ρυθμός υιοθέτησης και το ρυθμό υιοθέτησης των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης ο οποίος είναι 0.

Γράφημα 6.2.3.3: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας- Σενάριο 2



Όσον αφορά τους στόλους της κάθε μορφής μετακίνησης, αυτός των ιδιωτικών οχημάτων μειώνεται με το χρόνο, καθώς όλο και λιγότερα άτομα τείνουν να επιλέγουν τα ιδιωτικά οχήματα ως μορφή μετακίνησης στην καθημερινότητά τους, οπότε δεν αγοράζουν αυτοκίνητα. Σε αντίθεση για τα ταξί και για τις δημόσιες συγκοινωνίες η αύξηση του στόλου είναι απαραίτητη για να μπορέσει να ικανοποιηθεί η τρέχουσα ζήτηση κάθε στιγμή.

Γράφημα 6.2.3.4: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 2



Τέλος, όσον αφορά στην μέση χιλιομετρική απόσταση η οποία διανύεται σε κάθε μετακίνηση από τους πολίτες αυτή φαίνεται να είναι μικρότερη το 2050 σε σχέση με το 2021 για όλες τις μορφές μετακίνησης. Αυτό βέβαια οφείλεται στο γεγονός ότι αυξάνεται η τηλεργασία και η πληθυσμιακή πυκνότητα, καθιστώντας έτσι την ανάγκη

μετακίνησης μικρότερη και καλύπτοντας βασικές ανάγκες διανύοντας μικρότερες αποστάσεις.

6.2.3.2. *Ανάλυση ευαισθησίας σεναρίου 2*

Στην Ανάλυση ευαισθησίας του Σεναρίου 2 φαίνεται ότι η **αλλαγή στο μέσο αριθμό μετακινήσεων** που πραγματοποιεί κάποιος ανά ημέρα επηρεάζει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και καμία από τις υπόλοιπες μεταβλητές που εξετάζονται.

Η **περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση** των πολιτών επηρεάζει τα νέα οχήματα ανά τύπο κινητήρα που αγοράζονται για την κάλυψη των αναγκών κάθε μορφής κινητικότητας με μικρότερη επιρροή να έχει στα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης που αγοράζονται από τις δημόσιες συγκοινωνίες και τη μεγαλύτερη να παρουσιάζεται στα ιδιωτικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα που αγοράζονται. Επιρροή έχει επίσης στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και στον αριθμό των χρηστών που χρησιμοποιούν την κάθε μορφή μετακίνησης, κάτι που συνεπάγεται και την επιρροή της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης στον αριθμό των οχημάτων που αποτελούν τον συνολικό στόλο της κάθε μορφής μετακίνησης.

Η **αλλαγή στην χρήση ΤΠΕ** από τους πολίτες δεν φαίνεται να επιφέρει σημαντικές επιρροές σε κάποια από τις μεταβλητές που εξετάζονται. Έχει όμως κάποιες μικρές επιρροές στον αριθμό των χρηστών των δημοσίων συγκοινωνιών και στον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων που αγοράζονται από τις δημόσιες συγκοινωνίες.

Η **αποδοτικότητα του μάρκετινγκ** επηρεάζει τόσο το ποσοστό των χρηστών για όλες τις μορφές κινητικότητας εκτός από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα, όσο και τον αριθμό των οχημάτων που αγοράζονται από τις τρεις αυτές μορφές κινητικότητας για την κάλυψη των αναγκών των πολιτών, αλλά και τον συνολικό αριθμό οχημάτων των στόλων τους. Ενώ έχει μια μικρή επιρροή στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κυρίως στα πρώτα χρόνια της ανάλυσής μας.

Ο **συντελεστής υποτροπής**, δεν φαίνεται να παρουσιάζει κάποια επιρροή σε κάποια από τις μεταβλητές που εξετάζονται, όπως και οι **φόροι που επιβάλλονται** και η **πληθυσμιακή πυκνότητα** της πόλης.

6.2.4. *Σενάριο 3 – Αισιόδοξο σενάριο χωρίς την ύπαρξη MaaS*

Το Σενάριο 3 ταυτίζεται πολύ με το Σενάριο 1, αλλά διαφοροποιείται ως προς την ύπαρξη ολοκληρωμένης πλατφόρμας, οργάνωσης, κράτησης και πληρωμής

ναύλων για τις μετακινήσεις των πολιτών. Σε αυτό το σενάριο υπάρχουν πολιτικές κατά των οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης και υπέρ των ηλεκτρικών οχημάτων με την επιδότηση για την αγορά οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης να είναι 0%, ενώ για τη αγορά οχημάτων με ηλεκτρικό κινητήρα να είναι 30%. Ταυτόχρονα οι νέες εναλλακτικές μορφές κινητικότητας είναι παρούσες και ο ρυθμός έκθεσης των πολιτών σε αυτές είναι αυξανόμενος. Οι τιμές που υιοθετούνται στις βασικές μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

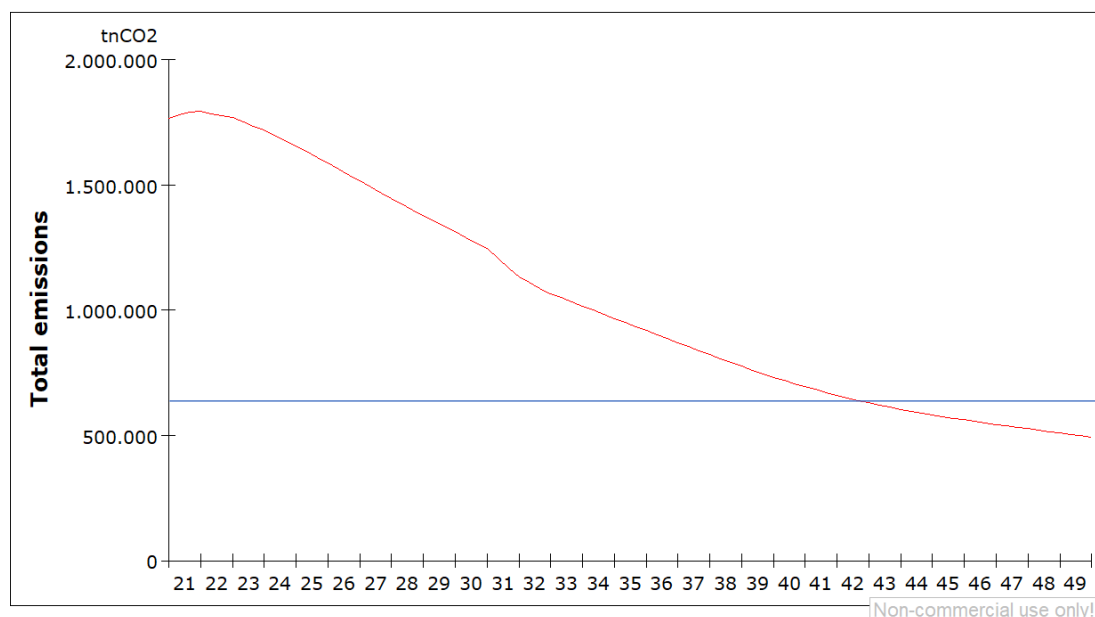
Πίνακας 6.2.4.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 3

Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	0
Marketing Effectiveness	{-0,01;0,01;0,015;0,02}
Rate of technology improvement	{1,5; 2}%
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	{0; 30} %
Time to restrict powertrain	{2030; 2100}
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{1,2; 1,5; 70; 1,5} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0,05}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0,5})%

6.2.4.1. Αποτελέσματα σεναρίου 3

Το Σενάριο 3 φαίνεται να είναι και αυτό ένα από τα σενάρια που υπόσχεται να επιτύχει τον ευρωπαϊκό στόχο για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις μετακινήσεις στο 60% αυτών του 1990. Ακόμη και χωρίς την ύπαρξη ολοκληρωμένης πλατφόρμα διαχείρισης των μετακινήσεων, ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί ακολουθώντας αυτό το σενάριο, μη έχοντας βέβαια ισόποση μείωση σε σχέση με το Σενάριο 1. Το Σενάριο 3 καταφέρνει να καλύψει το κενό ανάμεσα στους στόχους των πολιτικών και στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ένα χρόνο αργότερα από το Σενάριο 1, καταλήγοντας το 2050 να έχει καλύψει τους στόχους των πολιτικών. Όσον αφορά στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυτές είναι μειωμένες κάθε έτος σε σχέση με το Σενάριο 0, αλλά υψηλότερες από το Σενάριο 1.

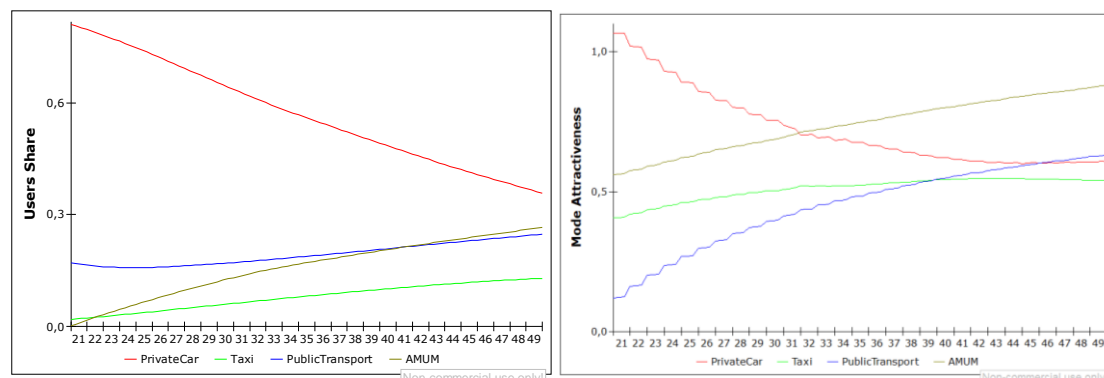
Γράφημα 6.2.4.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα Σενάριο 3



Το ποσοστό των μετακινούμενων που επιλέγουν το ιδιωτικό αυτοκίνητο ως μορφή μετακίνησης είναι σαφώς μικρότερο από αυτό του Σεναρίου 0, αλλά μεγαλύτερο του Σεναρίου 1, καθώς η ελκυστικότητα του ιδιωτικού αυτοκινήτου είναι μεγαλύτερη στο Σενάριο 3 σε σχέση με το Σενάριο 1 λόγω της έλλειψης πλατφόρμας ολοκληρωμένων κρατήσεων, η οποία ενθαρρύνει την επιλογή άλλων μορφών κινητικότητας όπως οι δημόσιες συγκοινωνίες και οι εναλλακτικές μορφές κινητικότητας και αποθαρρύνει την χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου.

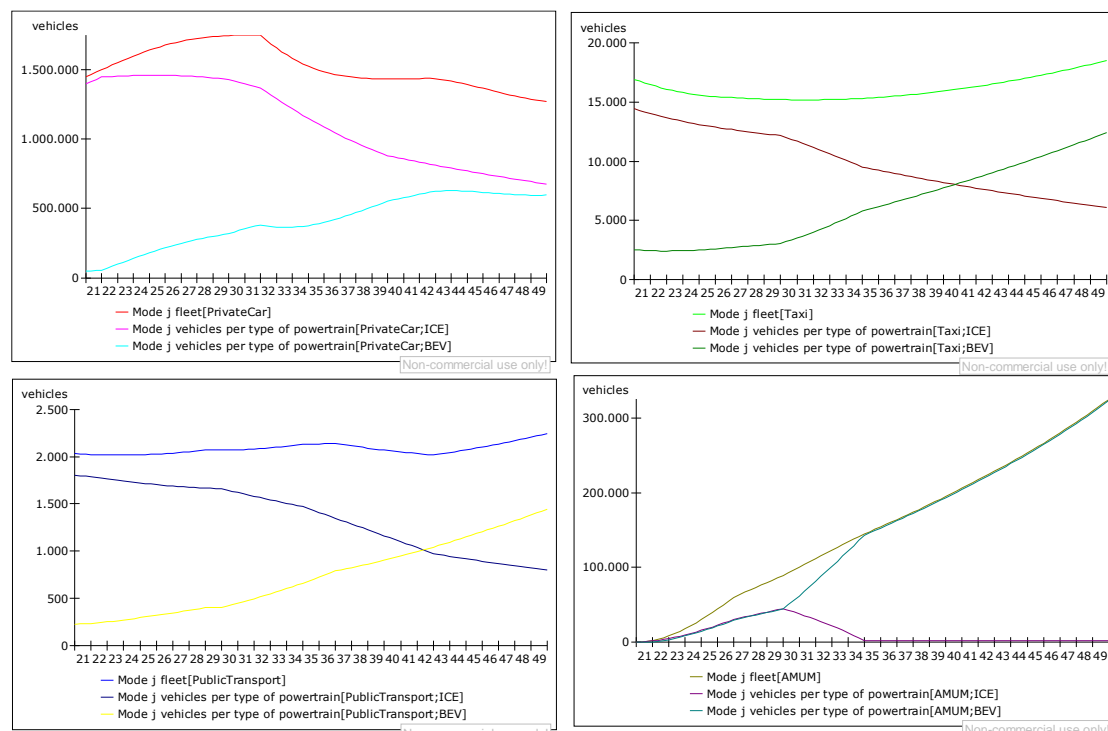
Ταυτόχρονα, καθώς η επιρροή της ύπαρξης πλατφόρμας MaaS δεν έχει τόσο μεγάλη θετική επίδραση και στην ενθάρρυνση της χρήσης ταξί, το ποσοστό επιλογής τους είναι και εδώ μεγαλύτερο σε σχέση με το Σενάριο 1, αλλά μικρότερο σε σχέση με το Σενάριο 0. Αντιστρόφως αντίστοιχα, όσον αφορά στα ποσοστά χρήσης των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας, παρατηρείται ότι τα ποσοστά χρήσης στο Σενάριο 3 είναι μικρότερα σε σχέση με το Σενάριο 1.

Γράφημα 6.2.4.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας- Σενάριο 3

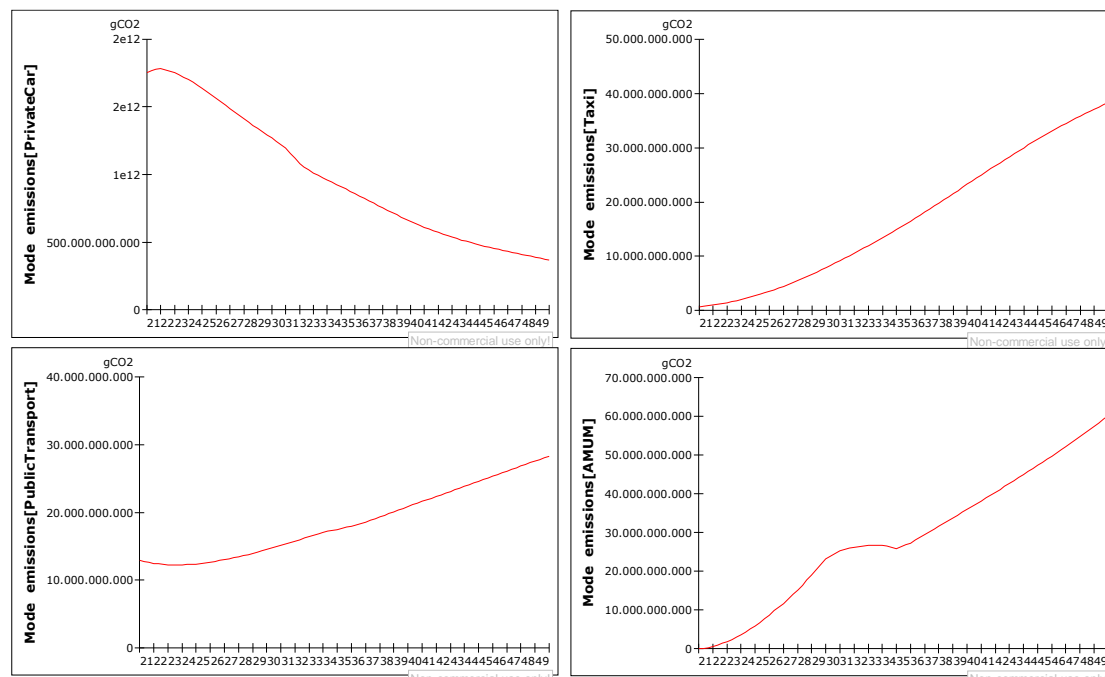


Οι αντίστοιχες με τα ποσοστά χρήσης μεταβολές συμβαίνουν και στους ρυθμούς υιοθέτησης της κάθε μορφής κινητικότητας, αλλά και στον αριθμό των συνολικών οχημάτων από τα οποία αποτελείται ο στόλος της κάθε μορφής κινητικότητας.

Γράφημα 6.2.4.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 3



Οι αλλαγές στη χρήση της κάθε μορφής μετακίνησης, επηρεάζουν το ποσό με το οποίο η κάθε μορφή μετακίνησης συνεισφέρει στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Και σε αυτό το σενάριο η μείωση της χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου και η αύξηση της χρήσης των άλλων μορφών μετακίνησης επιφέρει και τις αντίστοιχες αλλαγές στις παραγόμενες εκπομπές της εκάστοτε μορφής μετακίνησης.

Γράφημα 6.2.4.4: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 3

Τέλος, όσον αφορά στη χιλιομετρική απόσταση που διανύεται ανά μετακίνηση από τους πολίτες, αυτή μειώνεται για όλες της μορφές μετακίνησης εξαιτίας τόσο της αύξησης της πληθυσμιακής πυκνότητας, όσο και της τηλεργασίας, με την μετακίνηση με ιδιωτικά οχήματα να έχει τη μεγαλύτερη μείωση (φτάνοντας στα 8,22χλμ έναντι των 8,24 χλμ ή 8,25χλμ των άλλων μορφών κινητικότητας) πιθανότατα εξαιτίας της υψηλότερης ρύπανσης που προκαλεί σε σχέση με τις άλλες μορφές μετακίνησης. Οι ετήσιοι ρύποι μειώνονται για τα ιδιωτικά αυτοκίνητα, ενώ αυξάνονται για τις άλλες τρεις μορφές κινητικότητας, καθώς αυξάνεται η χρήση τους από τους πολίτες σε σχέση με το Σενάριο 0. Ενώ σε σχέση με το Σενάριο 1, οι ετήσιοι ρύποι για τις δύο πρώτες μορφές κινητικότητας είναι υψηλότεροι καθώς τα ποσοστά χρήσης τους είναι μεγαλύτερα στο Σενάριο 3, ενώ το αντίθετο συμβαίνει για τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης.

6.2.4.2. Ανάλυση ευαισθησίας σεναρίου 3

Από την ανάλυση ευαισθησίας του Σεναρίου 3 προκύπτει ότι η **αλλαγή του μέσου αριθμού μετακινήσεων** καθημερινά από τους μετακινούμενους, μπορεί να επηρεάσει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Η **περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση** των πολιτών επηρεάζει τόσο το συνολικό αριθμό των μετακινούμενων που επιλέγουν την κάθε μορφή μετακίνησης, όσο και τα οχήματα που αγοράζονται από κάθε μορφή για την κάλυψη των αναγκών τους, εκτός από τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης των δημοσίων

συγκοινωνιών. Κατ' επέκταση επηρεάζει και τον αριθμό των οχημάτων από τον οποίο αποτελείται ο συνολικός στόλος της κάθε μορφής μετακίνησης. Τέλος, επηρεάζει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα οι οποίες παράγονται κατά την δραστηριότητα του συστήματος για την κάλυψη των ημερήσιων αναγκών μετακίνησης των πολιτών.

Η **αλλαγή της χρήσης ΤΠΕ** φαίνεται να επηρεάζει ελαφρώς την αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων από τους φορείς δημοσίων συγκοινωνιών και από τις επιχειρήσεις που προσφέρουν εναλλακτικές μορφές μετακίνησης. Επίσης, επηρεάζει τον αριθμό των χρηστών που επιλέγουν τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης, καθώς και τον συνολικό αριθμό από τον οποίο αποτελείται ο στόλος των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης.

Η **αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ** επηρεάζει την αγορά οχημάτων από τις τρεις μορφές κινητικότητας και για τους δύο τύπους κινητήρα, εκτός από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα. Επίσης επηρεάζει το συνολικό αριθμό των χρηστών για αυτές τις τρεις μορφές κινητικότητας, αλλά και τον συνολικό αριθμό οχημάτων από τον οποίο αποτελείται η καθεμία. Ενώ τέλος φαίνεται να υπάρχει μια μικρή επιρροή και στο συνολική ποσότητα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται στην προσπάθεια κάλυψης των καθημερινών αναγκών των πολιτών.

Ο **συντελεστής υποτροπής** δε φαίνεται να έχει κάποια επιρροή σε κάποια από τις παραμέτρους που μελετώνται, ούτε οι **φόροι** που επιβάλλονται, ούτε μια αλλαγή της **πληθυσμιακής πυκνότητας**.

6.2.5. Σενάριο 4 – Αυξημένη αξιοποιήσιμη χωρητικότητα οχημάτων

Το Σενάριο 4 είναι πολύ κοντά στο Σενάριο 3 όσον αφορά στις βασικές παραμέτρους και διαφοροποιείται από αυτό ως προς τη συμπεριφορά των μετακινούμενων σχετικά με την πληρότητα των οχημάτων των διαφορετικών μορφών ατομικής κινητικότητας κατά τη διάρκεια μιας μετακίνησης. Σε αυτό το σενάριο υπάρχουν πολιτικές στήριξης της τεχνολογίας των ηλεκτρικών κινητήρων και πολιτικές αποθάρρυνσης αγοράς οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Έχουν γίνει γνωστές και υπάρχουν οι εναλλακτικές μορφές κινητικότητας αλλά δεν υπάρχει πλατφόρμα ολοκληρωμένων κρατήσεων για την διευκόλυνση των μετακινούμενων. Σε αυτό το σενάριο δεχόμαστε ότι υπάρχει αλλαγή στη συμπεριφορά των πολιτών, οι οποίοι πραγματοποιούν τις μετακινήσεις τους όντας περισσότερα άτομα ως επιβάτες των οχημάτων σε κάθε μετακίνηση. Πιο συγκεκριμένα, στη μετακίνηση με ιδιωτικό

αυτοκίνητο ο μέσος όρος επιβατών γίνεται 2 από 1,2 άτομα και στα ταξί και στις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης 2 από 1,5 άτομα ανά μετακίνηση.

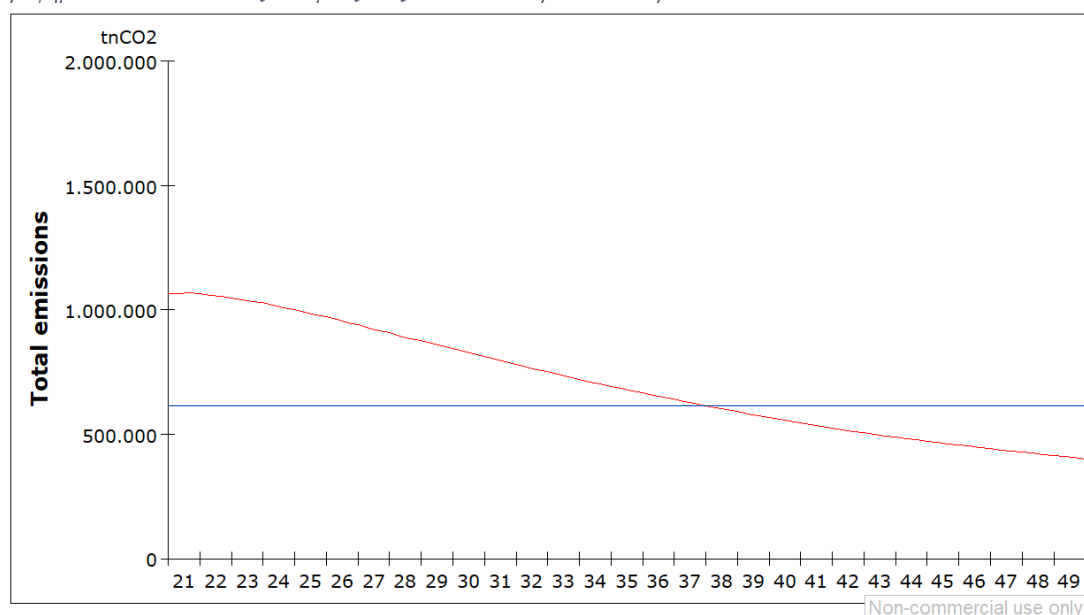
Πίνακας 6.2.5.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 4

Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	0
Marketing Effectiveness	{-0,01;0,01;0,015;0,02}
Rate of technology improvement	{1,5; 2}%
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	{0; 30} %
Time to restrict powertrain	{2030; 2100}
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{2; 2; 70; 2} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0,05}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0,5})%

6.2.5.1. Αποτελέσματα Σεναρίου 4

Σε αυτό το σενάριο απαιτείται η αλλαγή στη σκέψη και τη δράση των μετακινούμενων, έτσι ώστε να μην πραγματοποιούν μετακινήσεις με λιγότερα από δύο άτομα. Έτσι στο Σενάριο 4 παρατηρείται ότι ο στόχος για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καλύπτεται ήδη από το 2038, τουλάχιστον μια πενταετία νωρίτερα από ότι ακολουθώντας το Σενάριο 1 και έξι έτη νωρίτερα από ότι αν υιοθετηθεί το Σενάριο 3, καθώς οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώνονται σημαντικά κάθε έτος. Γίνεται κατανοητό, από αυτό το αποτέλεσμα πόσο σημαντικό είναι να αλλάξει η συμπεριφορά των μετακινούμενων και να περιοριστεί η ατομική μετακίνηση.

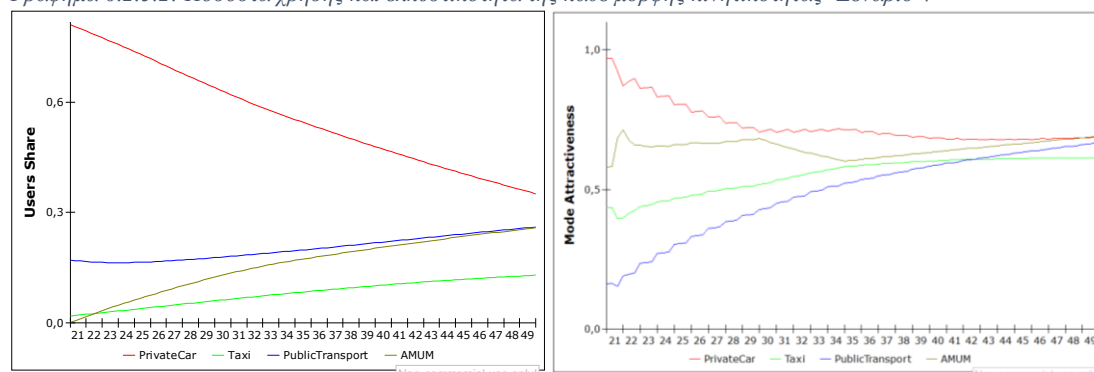
Γράφημα 6.2.5.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα - Σενάριο 4



Ακολουθώντας αυτό το σενάριο, το ποσοστό των χρηστών ιδιωτικών αυτοκινήτων μειώνεται από 81% το 2021 σε 35% το 2050, καθώς η ελκυστικότητα της υλοποίησης μιας μετακίνησης με ιδιωτικό αυτοκίνητο μειώνεται, τόσο εξαιτίας των αυξημένων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τις άλλες μορφές μετακίνησης, όσο εξαιτίας της αυξανόμενης πρόσβασης στις δημόσιες συγκοινωνίες. Ταυτόχρονα, το ποσοστό χρήσης των ταξί αυξάνεται από ~2% σε ~13% το 2050, το ποσοστό χρήσης των δημόσιων συγκοινωνιών αυξάνεται από ~17% σε ~26%, και το ποσοστό χρήσης των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας αυξάνεται σε ~26%.

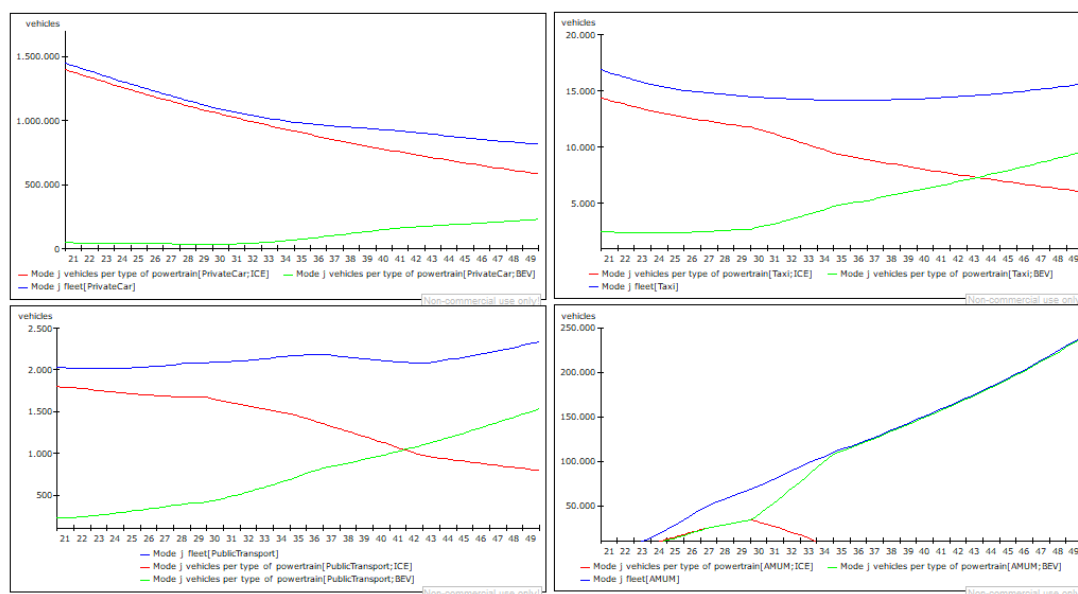
Ταυτόχρονα με τα ποσοστά χρήσης της κάθε μορφής μετακίνησης μεταβάλλονται και οι ρυθμοί υιοθέτησης κάθε έτος, με το ρυθμό υιοθέτησης των ιδιωτικών αυτοκινήτων να μειώνεται στο χρόνο και τους ρυθμούς των τριών άλλων μορφών μετακίνησης να αυξάνονται, καθώς αυξάνεται η ελκυστικότητά τους, και η αποδοτικότητα του μάρκετινγκ και της δια στόματος πληροφόρησης.

Γράφημα 6.2.5.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας- Σενάριο 4

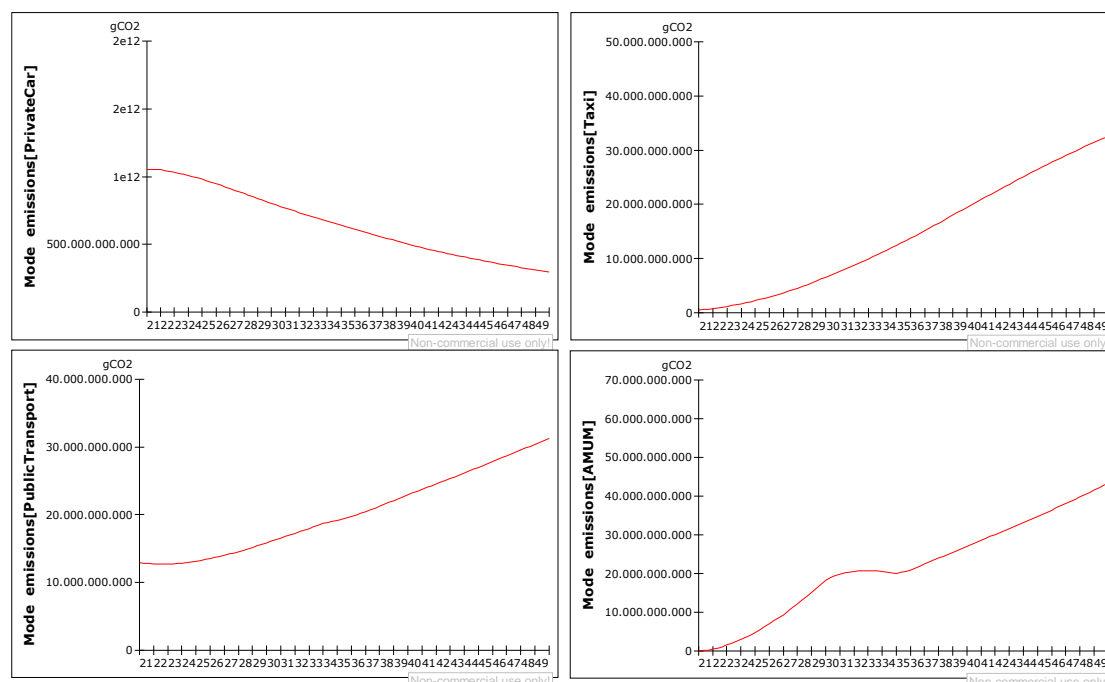


Άλλη μια παράμετρος η οποία μεταβάλλεται είναι **ο αριθμός οχημάτων του συνολικού στόλου της κάθε μορφής μετακίνησης**. Ο αριθμός των οχημάτων τα οποία βρίσκονται στην κατοχή ιδιωτών μειώνεται με το χρόνο. Ελαφρώς μειώνεται ο συνολικός αριθμός του στόλου των ταξί εξαιτίας της αυξημένης πληρότητας των οχημάτων που οδηγεί σε μικρότερο αριθμό οχημάτων για την κάλυψη της ζήτησης παρόλο που είναι αυξημένη, καθώς πραγματοποιούνται λιγότερες μετακινήσεις. Ενώ ο αριθμός των λεωφορείων και των οχημάτων που χρησιμοποιούνται από τους φορείς παροχής εναλλακτικών μορφών μετακίνησης αυξάνονται.

Γράφημα 6.2.5.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας - Σενάριο 4



Οι παραπάνω παράγοντες οι οποίες επιφέρουν αλλαγές τόσο στο ρυθμό υιοθέτησης όσο και στον αριθμό των χρηστών της κάθε μορφής μετακίνησης, οδηγούν σε ανάλογες μεταβολές και στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, όπως φαίνεται και παρακάτω στην Γράφημα 6.2.5.4.

Γράφημα 6.2.5.4: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 4

Η μέση διανυόμενη χιλιομετρική απόσταση ανά μετακίνηση μειώνεται για όλες τις μορφές μετακίνησης, με τη μετακίνηση με ιδιωτικό αυτοκίνητο να έχει την μεγαλύτερη μείωση, εξαιτίας των αυξημένων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που συνεχίζει να παράγει η μετακίνηση με αυτή την μορφή σε σχέση με τις άλλες μορφές

μετακίνησης (8,22 χλμ-Ιδιωτικό αυτοκίνητο; 8,24 χλμ- Ταξί; 8,25χλμ-Δημόσιες συγκοινωνίες; 8,24χλμ-Εναλλακτικές μορφές αστικής μετακίνησης). Τέλος, όσον αφορά στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που δημιουργούνται συνολικά από την δραστηριότητα της κάθε μορφής μετακίνησης, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την χρήση των ιδιωτικών αυτοκινήτων μειώνεται στο χρόνο καθώς μειώνεται το ποσοστό των χρηστών που την επιλέγουν ως μορφή μετακίνησης, αλλά και καθώς μειώνεται η χιλιομετρική απόσταση που διανύεται από τους χρήστες της σε κάθε μετακίνηση. Για τα ταξί επίσης η συνολική παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα είναι μειούμενη στο χρόνο, καθώς όπως αναφέρθηκε και παραπάνω μειώνονται τα συνολικά οχήματα που κατέχει για την εξυπηρέτηση των πελατών της. Για τις δημόσιες συγκοινωνίες οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται, πιθανότατα γιατί θα πρέπει να αυξηθούν τα δρομολόγια τα οποία θα πραγματοποιηθούν για να καλύψουν τη ζήτηση των μετακινούμενων. Αυξανόμενη είναι επίσης η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και για τις εναλλακτικές μορφές μετακίνησης, καθώς η ζήτηση για υλοποίηση των μετακινήσεων μέσω αυτής της μορφής αυξάνεται με αποτέλεσμα να παράγει περισσότερους ρύπους. Παρόλη τη μείωση στη χρήση των ιδιωτικών οχημάτων και την ενσυναίσθηση για αποφυγή ατομικών μετακινήσεων, η ιδιωτική μετακίνηση συνεχίζει να κατέχει τα πρωτεία στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και να είναι η μορφή μετακίνησης η οποία συμβάλλει με το μεγαλύτερο ποσοστό ρύπων στις συνολικές εκπομπές που παράγονται στο πλαίσιο της κάλυψης των καθημερινών αναγκών των πολιτών.

6.2.5.2. *Ανάλυση ευαισθησίας Σεναρίου 4*

Και σε αυτό το σενάριο παρατηρείται ότι ο **μέσος αριθμός ημερήσιων μετακινήσεων** επηρεάζει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του εξεταζόμενου συστήματος, ενώ δεν έχει κάποια επιρροή στις άλλες παραμέτρους, των οποίων εξετάζεται η ευαισθησία στις αλλαγές αυτού του αριθμού.

Μια μεταβολή στην **περιβαλλοντική ευαισθησία** των πολιτών, μπορεί να επιφέρει αλλαγές σχεδόν σε όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους, εκτός από την μέση διανυόμενη απόσταση σε κάθε μετακίνηση. Μπορεί να επηρεάσει τα οχήματα με κάθε τύπο κινητήρα που αγοράζονται κάθε έτος για να καλύψουν τις ανάγκες της κάθε μορφής μετακίνησης. Επίσης, επηρεάζει τον αριθμό των χρηστών που θα επιλέξουν την κάθε μορφή μετακίνησης και ως ακολούθου θα επηρεάσει και τον συνολικό στόλο των οχημάτων που θα υπάρχει σε κάθε μορφή μετακίνησης για την κάλυψη των αντίστοιχων αναγκών μετακίνησης. Τέλος, με την αλλαγή στην περιβαλλοντική

ευαισθησία επιφέρεται ευαισθησία των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την όλη δραστηριότητα του εξεταζόμενου συστήματος.

Η **αλλαγή στο ποσοστό χρήσης των ΤΠΕ** από τον πληθυσμό της πόλης που εξετάζεται δεν φαίνεται να έχει μεγάλη επίδραση σε κάποια από τις εξεταζόμενες παραμέτρους, έχει όμως μια μικρή επίδραση στον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων που αγοράζονται από τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας κυρίως από το 2040 και έπειτα και κατ' επέκταση και τον συνολικό αριθμό οχημάτων αυτών των δύο μορφών κινητικότητας. Ακόμη έχει μια μικρή επίδραση στον αριθμό των χρηστών των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας.

Η **αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ** στο Σενάριο 5, μπορεί να επιφέρει αλλαγή στα οχήματα που αγοράζονται στις τρεις από τις τέσσερις μορφές κινητικότητας -πέρα από την μετακίνηση με ιδιωτικά οχήματα. Εμφανίζει μια μικρή επιρροή στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Έχει επιρροή στα ποσοστά των χρηστών που επιλέγουν τα ταξί, τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας και κατ' επέκταση στον συνολικό αριθμό οχημάτων που θα κατέχει κάθε μια από τις μορφές μετακίνησης για την κάλυψη των αναγκών των πολιτών.

Ο **συντελεστής υποτροπής**, οι **επιβαλλόμενοι φόροι** και η **πληθυσμιακή πυκνότητα** δε φαίνεται να προκαλούν ευαισθησία σε κάποια από τις παραμέτρους τις οποίες εξετάζονται.

6.2.6. Σενάριο 5 – Αύξηση φόρων χωρίς την ύπαρξη MaaS

Στο Σενάριο 5 γίνεται η παραδοχή ότι δεν υπάρχει ακόμα πλατφόρμα ολοκληρωμένων κρατήσεων και ότι οι φόροι που επιβάλλονται στα οχήματα αυξάνονται κατά 1% κάθε έτος. Η τεχνολογία των οχημάτων συνεχίζει να βελτιώνεται κατά 1,5 και 2% για τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης και για τα οχήματα με ηλεκτρικούς κινητήρες αντίστοιχα. Υπάρχουν πολιτικές που ενισχύουν την αγορά οχημάτων με ηλεκτρικούς κινητήρες, επιχορήγηση 30% του ποσού αγοράς σταθερό για όλα τα έτη και απαγόρευση της πώλησης οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης το 2030. Οι τιμές που υιοθετούνται στις βασικές μεταβλητές παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα και είναι οι ακόλουθες:

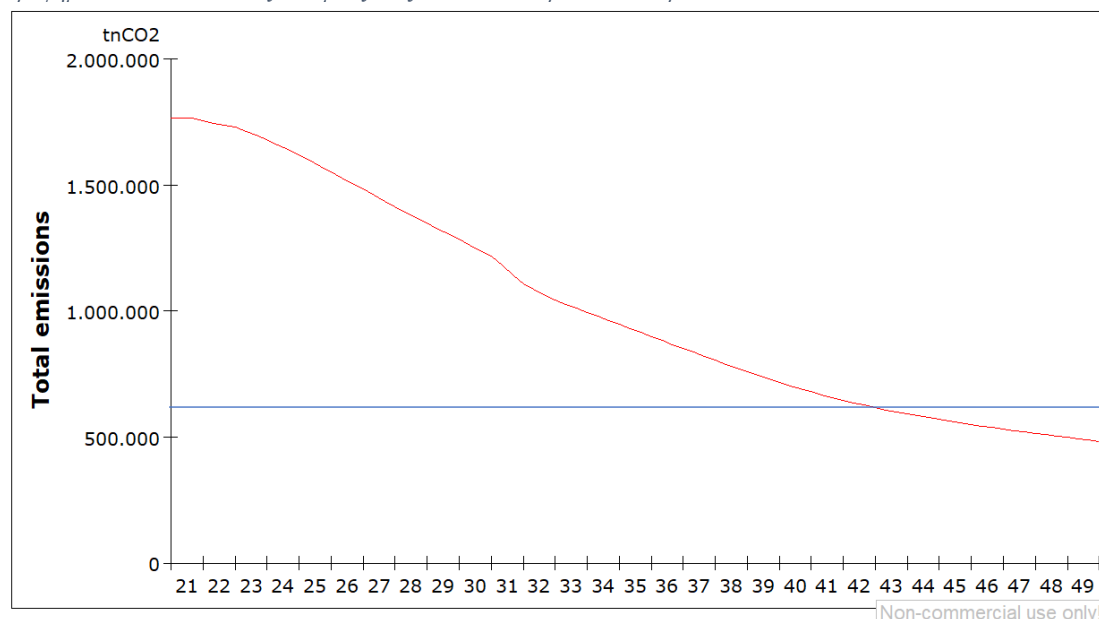
Πίνακας 6.2.6.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 5

Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	0
Marketing Effectiveness	{-0,01;0,01;0,015;0,02}
Rate of technology improvement	{1,5; 2} %
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	{0; 30} %
Time to restrict powertrain	{2030; 2100}
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{1,2; 1,5; 70; 1,5} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0,05}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0,5}) %

6.2.6.1. Αποτελέσματα σεναρίου 5

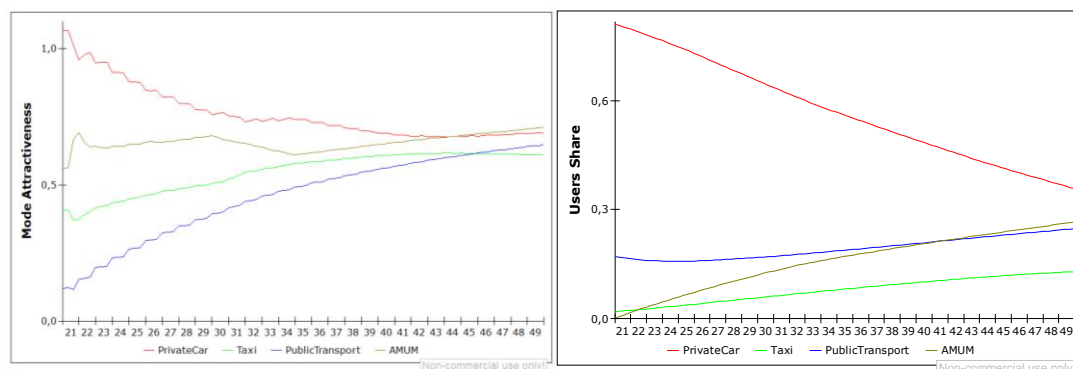
Υιοθετώντας το Σενάριο 5 επιτυγχάνεται ο στόχος για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο 60% αυτών του 1990, στον ίδιο χρόνο που θα γινόταν με το Σενάριο 1, έχοντας πιο χαμηλή απόδοση, καθώς με το Σενάριο 1 επιτυγχάνονται πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από τις μετακινήσεις για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών μετακίνησης των πολιτών είναι μειούμενες στο χρόνο και η μείωση τους αρκετή για να καλύψουν το στόχο της ΕΕ από το 2043, 7 χρόνια νωρίτερα από το στόχο.

Γράφημα 6.2.6.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 5



Υιοθετώντας αυτό το σενάριο αυτό η εγκατάλειψη του ιδιωτικού αυτοκινήτου είναι κατά τι μικρότερη σε σχέση με το Σενάριο 1, αλλά συνεχίζει να είναι πολύ σημαντική, από ~81% το 2021 σε ~36% το 2050 με τον ρυθμό υιοθέτησης να πέφτει κάθε έτος. Τον αριθμό των χρηστών ταξί επίσης να αυξάνεται σημαντικά, καθώς η ελκυστικότητά του αυξάνεται και φαίνεται να παρέχει μια ποιοτική υπηρεσία στους μετακινούμενους, κάτι το οποίο φαίνεται από τον αυξανόμενο ρυθμό υιοθέτησης.

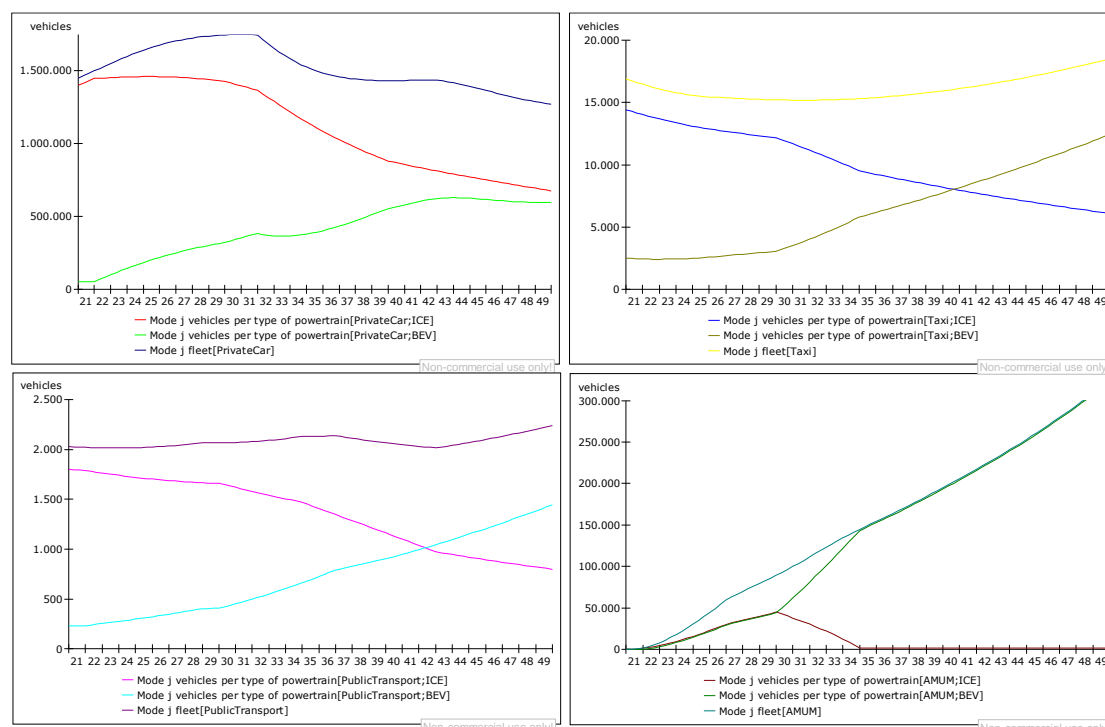
Γράφημα 6.2.6.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας - Σενάριο 5



Η χρήση των δημοσίων συγκοινωνιών επίσης αυξάνεται κάθε έτος, και φτάνει να ξεπερνά το 24% το 2050, ακολουθώντας την αυξητική πορεία του ρυθμού υιοθέτησης από τους πολίτες, ενώ ταυτόχρονα ευνοείται και η χρήση των AMUM οι οποίες καταφέρνουν να κερδίσουν το 26% των μετακινούμενων.

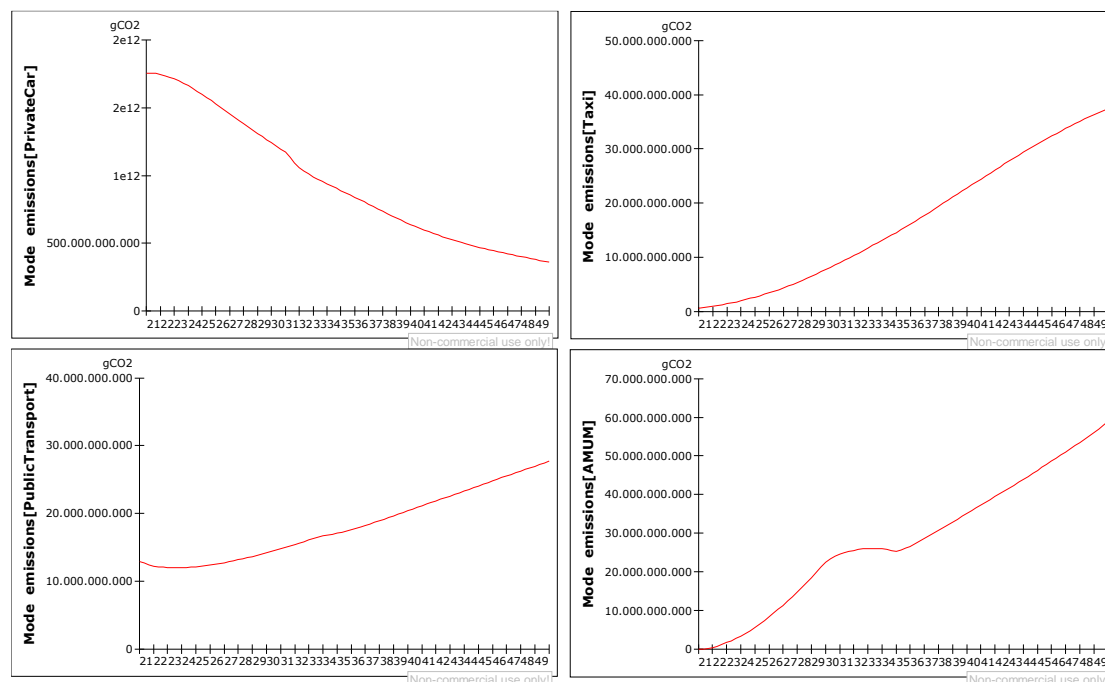
Όσον αφορά στο συνολικό αριθμό οχημάτων του στόλου της κάθε μορφής κινητικότητας όπως είναι αναμενόμενο, αυτός μειώνεται σε βάθος χρόνου για τα ιδιωτικά αυτοκίνητα και αυξάνεται για τα ταξί, τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις AMUM. Ο λόγος που μειώνονται τα ιδιωτικά αυτοκίνητα είναι γιατί η ελκυστικότητά τους σαν μορφή κινητικότητας μειώνεται και οι πολίτες τείνουν να επιλέγουν άλλες μορφές κινητικότητας για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες μετακίνησής τους, προκαλώντας έτσι την αύξηση του αριθμού οχημάτων στους στόλους των τριών άλλων εξεταζόμενων μορφών κινητικότητας.

Γράφημα 6.2.6.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας - Σενάριο 5



Σε αυτό το σενάριο επίσης το ποσό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από κάθε μορφή μετακίνησης, ακολουθεί ανάλογη πορεία με αυτή του ποσοστού των χρηστών της κάθε μορφής μετακίνησης στο χρόνο. Έτσι οι συνολικές εκπομπές που παράγονται από τη χρήση ιδιωτικού αυτοκινήτου είναι μειούμενες, ενώ οι εκπομπές που παράγονται από τις άλλες τρεις μορφές μετακίνησης έχουν ανοδική πορεία στο χρόνο.

Γράφημα 6.2.6.4: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 5



Η μέση απόσταση που διανύεται σε κάθε μετακίνηση πολιτών έχει τη μεγαλύτερη μείωση υιοθετώντας αυτό το σενάριο, με το ιδιωτικό αυτοκίνητο να έχει πάλι τη μεγαλύτερη μείωση ανάμεσα στις τέσσερις μορφές κινητικότητας που εξετάζονται, κάτι που μας δείχνει ότι επηρεάζεται περισσότερο από τις αλλαγές στις παραμέτρους που καθορίζουν τη μέση διανυθείσα απόσταση ανά μετακίνηση.

6.2.6.2. Ανάλυση ευαισθησίας Σεναρίου 5

Σε αυτό το σενάριο ο μέσος αριθμός ημερήσιων μετακινήσεων δεν διακρίνεται να μπορεί να επιφέρει κάποιο αποτέλεσμα στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του εξεταζόμενου συστήματος και στη μέση διανυθείσα απόσταση ανά μετακίνηση, ενώ δεν έχει κάποια επιρροή στις άλλες παραμέτρους των οποίων εξετάζεται η ευαισθησία στις αλλαγές αυτού του αριθμού.

Μια μεταβολή στην **περιβαλλοντική ευαισθησία** των πολιτών, μπορεί να επιφέρει αλλαγές σχεδόν σε όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους, εκτός από την μέση διανυόμενη απόσταση σε κάθε μετακίνηση. Μπορεί να επηρεάσει τα οχήματα με κάθε

τύπο κινητήρα που αγοράζονται κάθε έτος για να καλύψουν τις ανάγκες μετακίνησης εκτός από τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης των δημοσίων συγκοινωνιών. Επίσης, επηρεάζει τον αριθμό των χρηστών που θα επιλέξουν την κάθε μορφή μετακίνησης και ως ακόλουθο επηρεάζει και τον συνολικό στόλο των οχημάτων που υπάρχει σε κάθε μορφή μετακίνησης για την κάλυψη των αντίστοιχων αναγκών μετακίνησης. Τέλος, με την αλλαγή στην περιβαλλοντική ευαισθησία επιφέρεται ευαισθησία των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την όλη δραστηριότητα του εξεταζόμενου συστήματος.

Η αλλαγή στο ποσοστό χρήσης των ΤΠΕ από τον πληθυσμό της πόλης που εξετάζεται δεν φαίνεται να έχει μεγάλη επίδραση σε κάποια από τις εξεταζόμενες παραμέτρους, έχει όμως μια μικρή επίδραση στον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων που αγοράζονται από τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας κυρίως από το 2040 και έπειτα και τον συνολικό αριθμό οχημάτων αυτών των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας. Ακόμη έχει μια μικρή επίδραση στον αριθμό των χρηστών των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας.

Η αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ στο Σενάριο 5, μπορεί να επιφέρει αλλαγή στα οχήματα που αγοράζονται στις τρεις από τις τέσσερις μορφές κινητικότητας -πέρα από την μετακίνηση με ιδιωτικά οχήματα. Εμφανίζει μια μικρή επιρροή στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Έχει επιρροή στα ποσοστά των χρηστών που επιλέγουν τα ταξί, τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας και κατ' επέκταση στον συνολικό αριθμό οχημάτων που θα κατέχει κάθε μια από αυτές τις μορφές μετακίνησης για την κάλυψη των αναγκών των πολιτών.

Ο συντελεστής υποτροπής, οι επιβαλλόμενοι φόροι και η πληθυσμιακή πυκνότητα δε φαίνεται να προκαλούν ευαισθησία σε κάποια από τις παραμέτρους τις οποίες εξετάζονται.

6.2.7. Σενάριο 6 – Αλλαγή συμπεριφοράς και ύπαρξη MaaS

Το Σενάριο 6 αποτελεί ένα σενάριο το οποίο μοιάζει πολύ με το Σενάριο 4, αλλά διαφοροποιείται ως προς την ύπαρξη πλατφόρμας ολοκληρωμένων κρατήσεων. Σε αυτό το σενάριο, όπως και στο Σενάριο 4, αυξάνεται η πληρότητα των οχημάτων σε δύο άτομα ανά μετακίνηση να επιβαίνουν στα οχήματα, για τις μετακινήσεις με ιδιωτικά αυτοκίνητα, με τα ταξί και με τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας, ενώ

παραμένει σταθερός ο αριθμός των επιβατών στις δημόσιες συγκοινωνίες. Το Σενάριο 6 αποτελεί το σενάριο που φέρει όλες τις πολιτικές οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε θετικά για το περιβάλλον αποτελέσματα. Υπάρχει βελτίωση της τεχνολογίας και για τους δύο τύπους κινητήρα, με την πώληση οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης να απαγορεύεται μετά το 2030. Οι φόροι είναι σταθεροί και η αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ είναι αρνητική για τη μετακίνηση με ιδιωτικά αυτοκίνητα ενώ είναι θετική για τις άλλες τρεις μορφές κινητικότητας, ενώ η έκθεση των πολιτών στις μορφές κινητικότητας μειώνεται σταδιακά στο χρόνο για τη μετακίνηση με ιδιωτικά αυτοκίνητα ενώ αυξάνεται για τις άλλες τρεις μορφές κινητικότητας. Οι τιμές που υιοθετούνται στις βασικές μεταβλητές παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα και είναι οι ακόλουθες:

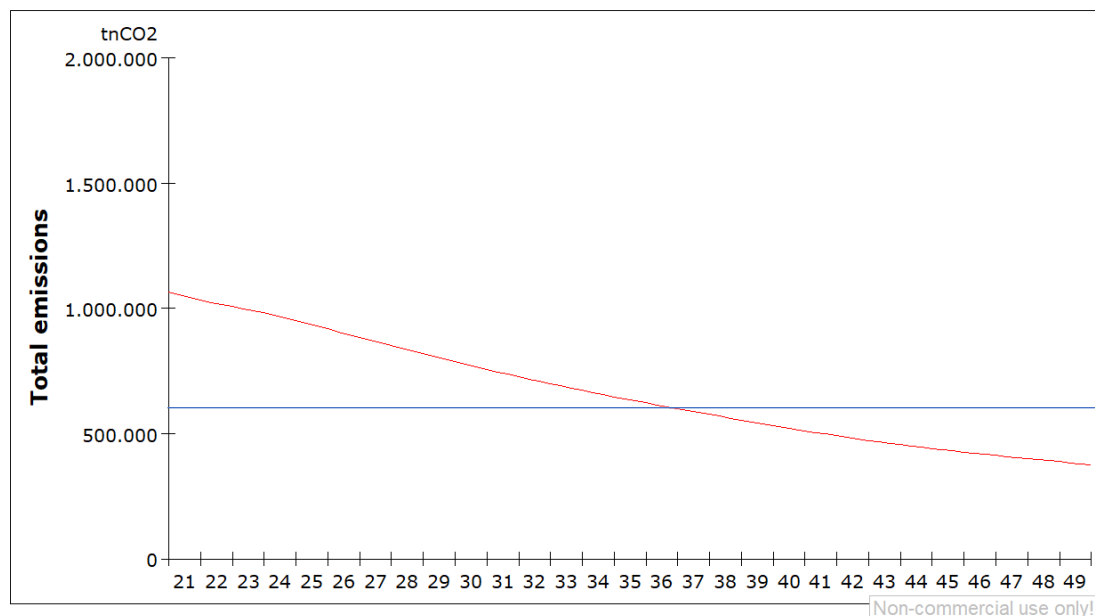
Πίνακας 6.2.7.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 6

Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	1
Marketing Effectiveness	{-0,01;0,01;0,015;0,02}
Rate of technology improvement	{1,5; 2} %
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	{0; 30} %
Time to restrict powertrain	{2030; 2100}
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{2; 2; 70; 2} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0,05}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0,5}%)

6.2.7.1. Αποτελέσματα Σεναρίου 6

Υιοθετώντας το Σενάριο 6, ο στόχος για τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα επιτυγχάνεται από το 2037, έξι χρόνια νωρίτερα από ότι με την υιοθέτηση του Σεναρίου 1. Με την υιοθέτηση αυτού του σεναρίου οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται είναι μειωμένες συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κάθε έτος φτάνοντας το χαμηλότερο ποσό το έτος 2050.

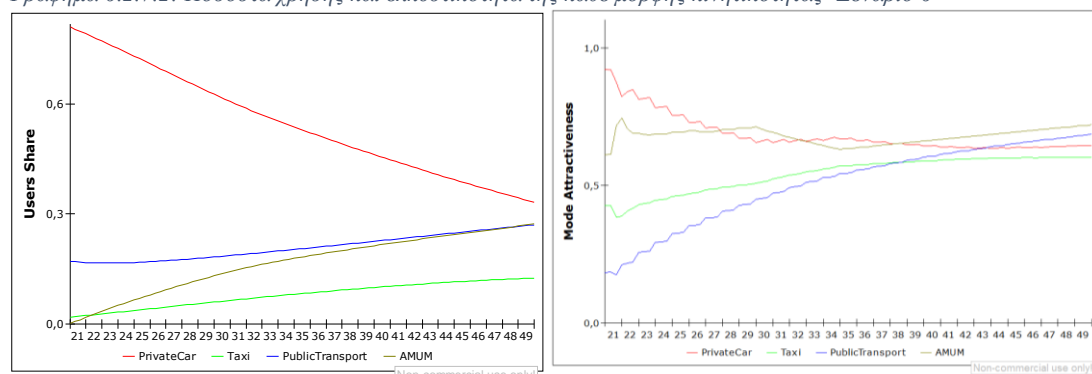
Γράφημα 6.2.7.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 6



Το ποσοστό των μετακινούμενων που επιλέγει σαν μορφή μετακίνησης το ιδιωτικό αυτοκίνητο μειώνεται στο χρόνο και φτάνει το ~33% του συνολικού αριθμού μετακινούμενων. Το ποσοστό των μετακινούμενων που επιλέγουν το ταξί για τις μετακινήσεις τους είναι ~12% στο έτος 2050, ενώ το ποσοστό των δημοσίων συγκοινωνιών αυξάνεται και αυτό σε ~27% το έτος 2050 και το ~27% για τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας το 2050.

Ο ρυθμός υιοθέτησης της μετακίνησης με ιδιωτικό αυτοκίνητο μειώνεται κάθε χρόνο, καθώς μειώνεται η ελκυστικότητά της, επηρεάζοντας την υιοθέτηση εξαιτίας της αποτελεσματικότητας του μάρκετινγκ και της δια στόματος πληροφόρησης. Ταυτόχρονα αυξάνεται η ελκυστικότητα των άλλων τριών μορφών μετακίνησης ελκύοντας έτσι περισσότερους μετακινούμενους σε αυτές τις τρεις μορφές κινητικότητας.

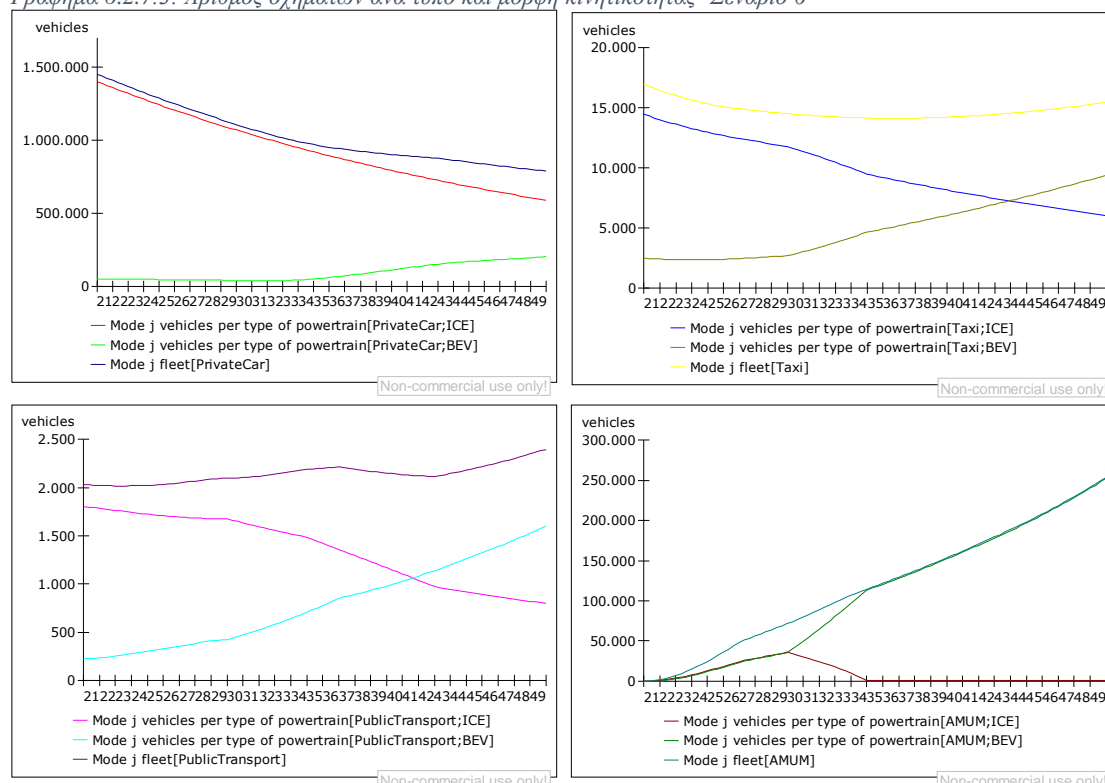
Γράφημα 6.2.7.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας- Σενάριο 6



Με το ποσοστό των πολιτών να εγκαταλείπει την επιλογή του ιδιωτικού αυτοκινήτου ως μορφή μετακίνησης και να στρέφεται στις άλλες τρεις μορφές

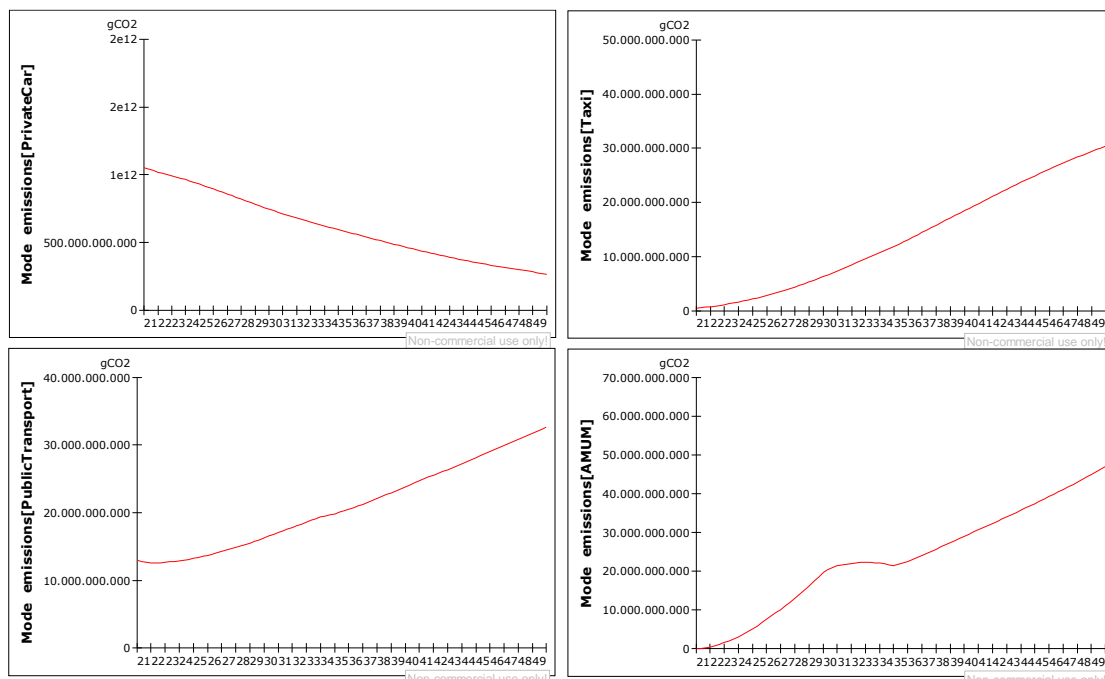
μετακίνησης, ο συνολικός αριθμός του στόλου των δύο μορφών μετακίνησης αυξάνεται για να μπορέσει να καλύψει ικανοποιητικά τη ζήτηση που προκύπτει, με τον αριθμό των οχημάτων στις δημόσιες συγκοινωνίες να είναι αυξημένος σε σχέση με το Σενάριο 1, ενώ ο αριθμός των οχημάτων για τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας εμφανίζεται μικρότερος. Αυτό συμβαίνει γιατί τα ποσοστά των πολιτών που επιλέγουν δημόσιες μετακινήσεις ανάμεσα στα δύο σενάρια διαφέρει περισσότερο για τις δημόσιες συγκοινωνίες (μεγαλύτερο στο Σενάριο 6) από ότι για τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας είναι σχεδόν το ίδιο για τα δύο σενάρια.

Γράφημα 6.2.7.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 6



Τα ιδιωτικά αυτοκίνητα μειώνονται καθώς μειώνεται ο αριθμός των πολιτών που τα επιλέγει ως μορφή πραγματοποίησης των μετακινήσεών τους, ενώ παρατηρείται ότι υπάρχει μια μείωση και στον συνολικό αριθμό των ταξί εξαιτίας της αυξημένης πληρότητας των οχημάτων το οποίο οδηγεί σε λιγότερες μετακινήσεις ανά όχημα άρα σε λιγότερα απαραίτητα οχήματα για την ικανοποίηση της ζήτησης.

Έτσι, οδηγούμαστε και σε αλλαγές στις συνολικές εκπομπές που παράγονται από την κάθε μορφή μετακίνησης. Το ιδιωτικό αυτοκίνητο τείνει να έχει χαμηλότερες συνολικές εκπομπές κάθε έτος ενώ οι άλλες μορφές μετακίνησης οι οποίες κερδίζουν μερίδιο αγοράς, τείνουν να έχουν αυξημένα ποσά συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, όπως φαίνεται και παρακάτω στην Γράφημα 6.2.7.4.

Γράφημα 6.2.7.4: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 6

6.2.7.2. Ανάλυση ευαισθησίας Σεναρίου 6

Και σε αυτό το σενάριο παρατηρείται ότι ο μέσος αριθμός ημερήσιων μετακινήσεων επηρεάζει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του εξεταζόμενου συστήματος, ενώ δεν έχει κάποια επιρροή στις υπόλοιπες παραμέτρους των οποίων εξετάζεται η ευαισθησία στις αλλαγές αυτού του αριθμού.

Μια μεταβολή στην **περιβαλλοντική ευαισθησία** των πολιτών, μπορεί να επιφέρει αλλαγές σχεδόν σε όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους, εκτός από την μέση διανυόμενη απόσταση σε κάθε μετακίνηση. Μπορεί να επηρεάσει τα οχήματα με κάθε τύπο κινητήρα που αγοράζονται κάθε έτος για να καλύψουν τις ανάγκες της κάθε μορφής μετακίνησης και κυρίως των οχημάτων με ηλεκτρικούς κινητήρες. Επίσης, επηρεάζει τον αριθμό των χρηστών που θα επιλέξουν την κάθε μορφή μετακίνησης και ως ακόλουθο θα επηρεάσει και τον συνολικό στόλο των οχημάτων που θα υπάρχει σε κάθε μορφή μετακίνησης για την κάλυψη των αντίστοιχων αναγκών μετακίνησης και κυρίως των ιδιωτικών αυτοκινήτων και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας. Τέλος, με την αλλαγή στην περιβαλλοντική ευαισθησία επιφέρεται ευαισθησία στην ποσότητα των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την όλη δραστηριότητα του εξεταζόμενου συστήματος.

Η **αλλαγή στο ποσοστό χρήσης των ΤΠΕ** από τον πληθυσμό της πόλης που εξετάζεται δεν φαίνεται να έχει μεγάλη επίδραση σε κάποια από τις εξεταζόμενες παραμέτρους, έχει όμως μια μικρή επίδραση στον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων

που αγοράζονται από τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας κυρίως από το 2040 και έπειτα και κατ' επέκταση και τον συνολικό αριθμό οχημάτων των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας. Ακόμη έχει μια μικρή επίδραση στον αριθμό των χρηστών των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας.

Η **αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ** στο Σενάριο 6, μπορεί να επιφέρει αλλαγή στα οχήματα που αγοράζονται στις τρεις από τις τέσσερις μορφές κινητικότητας -πέρα από την μετακίνηση με ιδιωτικά οχήματα. Δεν διακρίνεται κάποιο αποτέλεσμα στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του εξεταζόμενου συστήματος και στη μέση διανυθείσα απόσταση ανά μετακίνηση των πολιτών. Ενώ έχει επιρροή στον αριθμό των χρηστών που επιλέγουν τα ταξί, τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας και κατ' επέκταση στον συνολικό αριθμό οχημάτων που θα κατέχει κάθε μια από τις μορφές μετακίνησης για την κάλυψη των αναγκών των πολιτών.

Ο **συντελεστής υποτροπής**, οι **επιβαλλόμενοι φόροι** και η **πληθυσμιακή πυκνότητα** δε φαίνεται να προκαλούν ευαισθησία σε κάποια από τις παραμέτρους τις οποίες εξετάζονται.

6.2.8. Σενάριο 7 - Αύξηση τεχνολογικής βελτίωσης ηλεκτρικών οχημάτων

Στο Σενάριο 7, αποτελεί ένα σενάριο όπου υπάρχει πλατφόρμα ολοκληρωμένων κρατήσεων, καθώς και εναλλακτικές μορφές μετακίνησης. Σε αυτό το σενάριο, η τεχνολογική βελτίωση για τα ηλεκτρικά οχήματα ανέρχεται σε 12% ανά έτος και σε 1,5 για τα οχήματα εσωτερικής καύσης τα οποία μετά το 2030 παύουν να είναι διαθέσιμα προς πώληση. Το Σενάριο 7 αποτελεί σενάριο το οποίο φέρει όλες τις πολιτικές που μπορούν να οδηγήσουν σε θετικά για το περιβάλλον αποτελέσματα. Υπάρχει βελτίωση της τεχνολογίας και για τους δύο τύπους κινητήρα, με την πώληση οχημάτων με μηχανές εσωτερικής καύσης να απαγορεύεται μετά το 2030, όπως αναφέραμε και παραπάνω. Οι φόροι είναι σταθεροί και η αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ είναι αρνητική για τη μετακίνηση με ιδιωτικά αυτοκίνητα ενώ είναι θετική για τις άλλες τρεις μορφές κινητικότητας, ενώ η έκθεση των πολιτών στις μορφές κινητικότητας μειώνεται σταδιακά στο χρόνο για τη μετακίνηση με ιδιωτικά αυτοκίνητα ενώ αυξάνεται για τις άλλες τρεις μορφές κινητικότητας. Οι τιμές που υιοθετούνται στις βασικές μεταβλητές παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα και είναι οι ακόλουθες:

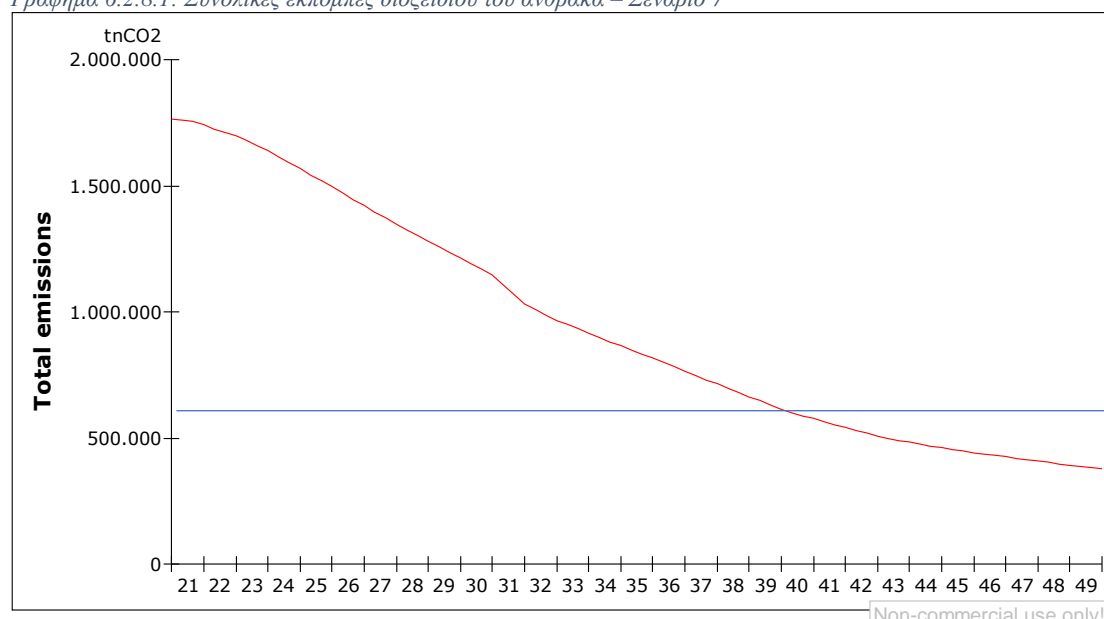
Πίνακας 6.2.8.1: Τιμές παραμέτρων Σεναρίου 7

Παράμετρος	Τιμή
Existence of Booking Platform – MaaS	1
Marketing Effectiveness	{-0,01;0,01;0,015;0,02}
Rate of technology improvement	{1,5; 12} %
Teleworking rate change	0,5%
Urban density change	1%
Subsidy rate	{0; 30} %
Time to restrict powertrain	{2030; 2100}
ICT usage growth	1%
Vehicle occupancy	{1,2; 1,5; 70; 1,5} άτομα ανά όχημα
Contact rate – Exposure rate	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0,05}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0,5}%)

6.2.8.1. Αποτελέσματα Σεναρίου 7

Υιοθετώντας το Σενάριο 7, ο στόχος για τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα επιτυγχάνεται από το 2040, τρία χρόνια νωρίτερα από ότι με την υιοθέτηση του Σεναρίου 1. Με την υιοθέτηση αυτού του σεναρίου οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται είναι μειωμένες συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κάθε έτος φτάνοντας το χαμηλότερο ποσό το έτος 2050.

Γράφημα 6.2.8.1: Συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα – Σενάριο 7

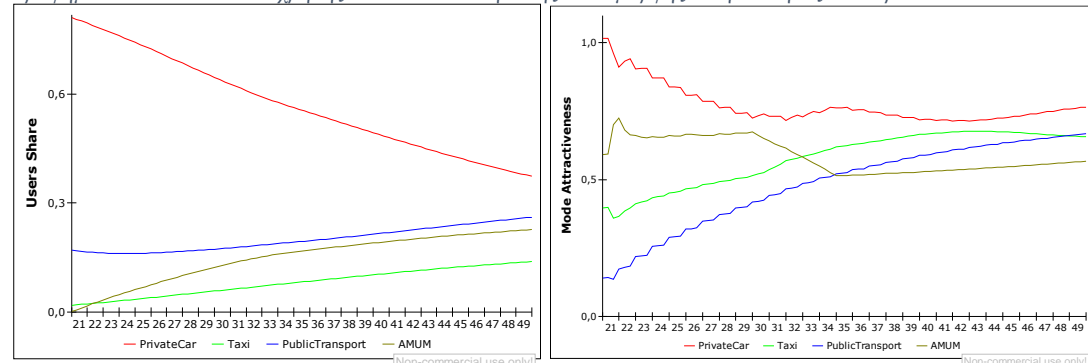


Το ποσοστό των μετακινούμενων που επιλέγει σαν μορφή μετακίνησης το ιδιωτικό αυτοκίνητο μειώνεται στο χρόνο και φτάνει το ~33% του συνολικού αριθμού μετακινούμενων. Το ποσοστό των μετακινούμενων που επιλέγουν το ταξί για τις μετακινήσεις τους είναι ~14% στο έτος 2050, ενώ το ποσοστό των δημοσίων συγκοινωνιών αυξάνεται και αυτό σε ~26% το έτος 2050 και το ~22% για τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας το 2050.

Ο ρυθμός υιοθέτησης της μετακίνησης με ιδιωτικό αυτοκίνητο μειώνεται κάθε χρόνο, καθώς μειώνεται η ελκυστικότητά της, επηρεάζοντας την υιοθέτηση εξαιτίας

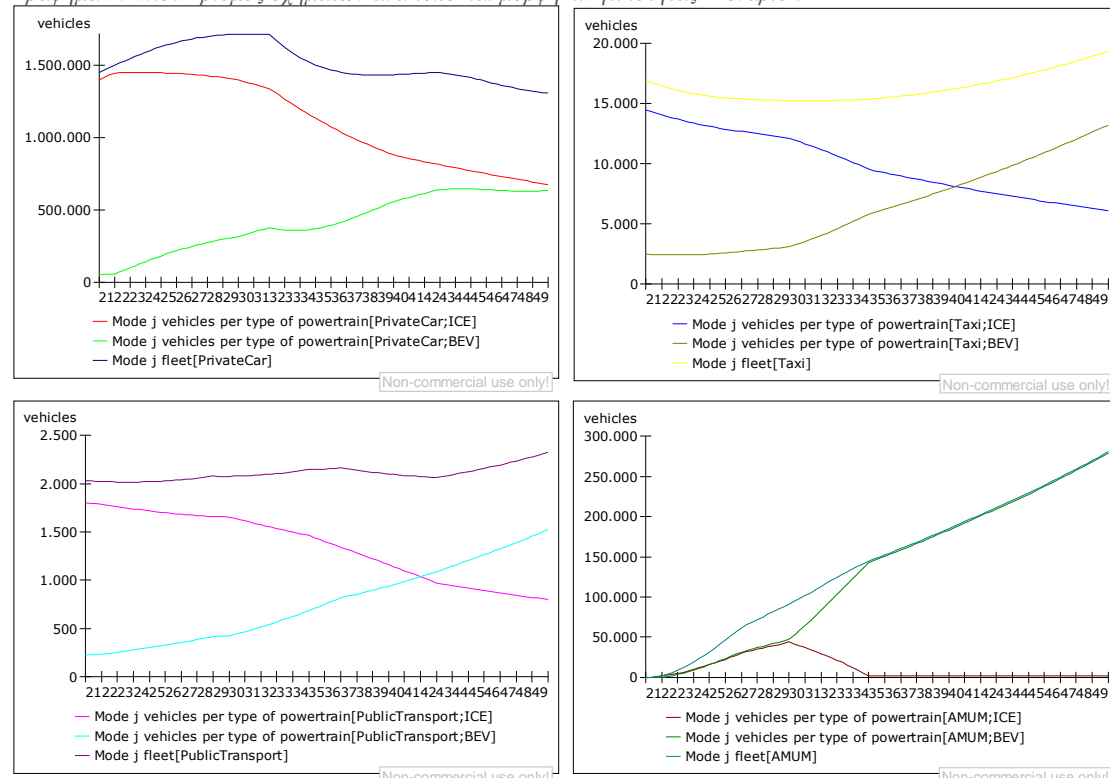
της αποτελεσματικότητας του μάρκετινγκ και της δια στόματος πληροφόρησης. Ταυτόχρονα αυξάνεται η ελκυστικότητα των άλλων τριών μορφών μετακίνησης ελκύνοντας έτσι περισσότερους μετακινούμενους σε αυτές τις τρεις μορφές κινητικότητας.

Γράφημα 6.2.8.2: Ποσοστά χρήσης και ελκυστικότητα της κάθε μορφής κινητικότητας- Σενάριο 7



Με το ποσοστό των πολιτών να εγκαταλείπει την επιλογή του ιδιωτικού αυτοκινήτου ως μορφή μετακίνησης και να στρέφεται στις άλλες τρεις μορφές μετακίνησης, ο συνολικός αριθμός του στόλου και των τριών μορφών μετακίνησης αυξάνεται για να μπορέσει να καλύψει ικανοποιητικά τη ζήτηση που προκύπτει, με τον αριθμό των οχημάτων στις δημόσιες συγκοινωνίες να είναι αυξημένος σε σχέση με το Σενάριο 1, ενώ ο αριθμός των οχημάτων για τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας εμφανίζεται μικρότερος.

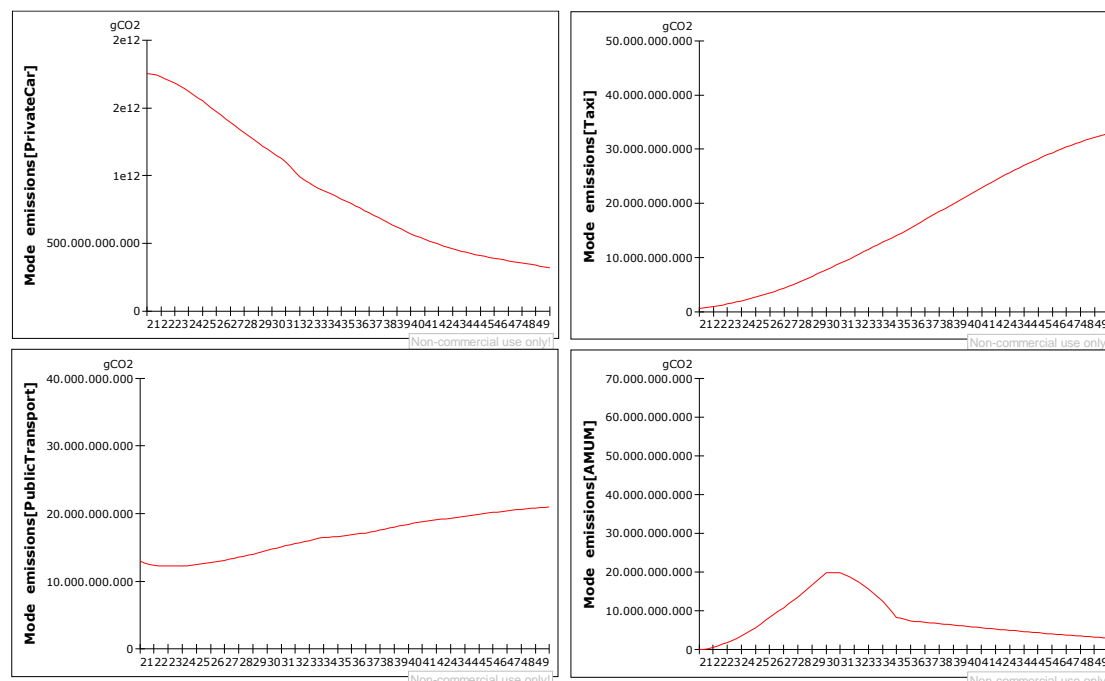
Γράφημα 6.2.8.3: Αριθμός οχημάτων ανά τύπο και μορφή κινητικότητας -Σενάριο 7



Τα ιδιωτικά αυτοκίνητα μειώνονται καθώς μειώνεται ο αριθμός των πολιτών που τα επιλέγει ως μορφή πραγματοποίησης των μετακινήσεών τους, ενώ παρατηρείται ότι υπάρχει αύξηση στον συνολικό αριθμό των ταξί εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης για μετακίνηση με ταξί. Ενώ αυξάνεται και ο συνολικός αριθμός των οχημάτων που χρειάζονται για την υλοποίηση των μετακινήσεων μέσω των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης.

Έτσι, οδηγούμαστε και σε αλλαγές στις συνολικές εκπομπές που παράγονται από την κάθε μορφή μετακίνησης. Το ιδιωτικό αυτοκίνητο τείνει να έχει χαμηλότερες συνολικές εκπομπές κάθε έτος, ιδιαίτερα μετά το 2030 που τα νέα οχήματα που εισέρχονται στο στόλο είναι αποκλειστικά ηλεκτρικά. Ενώ οι άλλες μορφές μετακίνησης όπως τα ταξί και οι δημόσιες συγκοινωνίες, οι οποίες κερδίζουν μερίδιο αγοράς, τείνουν να έχουν αυξημένα ποσά συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, όπως φαίνεται και παρακάτω στην Γράφημα 6.2.8.4. Οι εναλλακτικές μορφές μετακίνησης έχουν αυξητική τάση τα πρώτα χρόνια, ενώ μετά το 2030 ακολουθούν φθίνουσα τάση, παρά το γεγονός ότι αυξάνεται το ποσοστό των μετακινούμενων που τις επιλέγουν. Αυτό οφείλεται στον υψηλό ρυθμό βελτίωσης της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων που αποτελούν την βασική τεχνολογία των οχημάτων μετά το 2030.

Γράφημα 6.2.8.4: Εκπομπές CO₂ ανά μορφή μετακίνησης – Σενάριο 7



6.2.8.2. *Ανάλυση ευαισθησίας Σεναρίου 7*

Και σε αυτό το σενάριο παρατηρείται ότι ο **μέσος αριθμός ημερήσιων μετακινήσεων** επηρεάζει τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του εξεταζόμενου συστήματος ιδιαίτερα τα πρώτα χρόνια, ενώ δεν έχει κάποια επιρροή στις υπόλοιπες παραμέτρους των οποίων εξετάζεται η ευαισθησία στις αλλαγές αυτού του αριθμού.

Μια μεταβολή στην **περιβαλλοντική ευαισθησία** των πολιτών, μπορεί να επιφέρει αλλαγές σχεδόν σε όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους, εκτός από την μέση διανυόμενη απόσταση σε κάθε μετακίνηση. Μπορεί να επηρεάσει τα οχήματα με κάθε τύπο κινητήρα που αγοράζονται κάθε έτος για να καλύψουν τις ανάγκες της κάθε μορφής μετακίνησης και κυρίως των οχημάτων με ηλεκτρικούς κινητήρες. Επίσης, επηρεάζει τον αριθμό των χρηστών που θα επιλέξουν την κάθε μορφή μετακίνησης και ως ακόλουθο θα επηρεάσει και τον συνολικό στόλο των οχημάτων που θα υπάρχει σε κάθε μορφή μετακίνησης για την κάλυψη των αντίστοιχων αναγκών μετακίνησης και κυρίως των ιδιωτικών αυτοκινήτων και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας. Τέλος, με την αλλαγή στην περιβαλλοντική ευαισθησία επιφέρεται ευαισθησία στην ποσότητα των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από την όλη δραστηριότητα του εξεταζόμενου συστήματος.

Η **αλλαγή στο ποσοστό χρήσης των ΤΠΕ** από τον πληθυσμό της πόλης που εξετάζεται δεν φαίνεται να έχει μεγάλη επίδραση σε κάποια από τις εξεταζόμενες παραμέτρους, έχει όμως μια μικρή επίδραση στον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων που αγοράζονται από τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας κυρίως από το 2040 και έπειτα και κατ' επέκταση και τον συνολικό αριθμό οχημάτων των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας. Ακόμη έχει μια μικρή επίδραση στον αριθμό των χρηστών των δημοσίων συγκοινωνιών και των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας.

Η **αποτελεσματικότητα του μάρκετινγκ** στο Σενάριο 7, μπορεί να επιφέρει αλλαγή στα οχήματα που αγοράζονται στις τρεις από τις τέσσερις μορφές κινητικότητας -πέρα από την μετακίνηση με ιδιωτικά οχήματα, και ιδιαίτερα στα ηλεκτρικά οχήματα της κάθε μορφής μετακίνησης. Δεν διακρίνεται κάποιο αποτέλεσμα στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του εξεταζόμενου συστήματος και στη μέση διανυθείσα απόσταση ανά μετακίνηση των πολιτών. Ενώ έχει επιρροή στον αριθμό των χρηστών που επιλέγουν τα ταξί, τις δημόσιες συγκοινωνίες και τις εναλλακτικές μορφές κινητικότητας και κατ' επέκταση στον

συνολικό αριθμό οχημάτων που θα κατέχει κάθε μια από τις μορφές μετακίνησης για την κάλυψη των αναγκών των πολιτών.

Ο **συντελεστής υποτροπής φαίνεται** φαίνεται να έχει μια μικρή επιρροή στη μέση διανυθείσα απόσταση ανά διαδρομή για τις εναλλακτικές μόνο μορφές μετακίνησης, ενώ οι **επιβαλλόμενοι φόροι** και η **πληθυσμιακή πυκνότητα** δε φαίνεται να προκαλούν ευαισθησία σε κάποια από τις παραμέτρους τις οποίες εξετάζονται.

6.3. Συμπεράσματα

Ένας αριθμός σημαντικών συμπερασμάτων μπορεί να εξαχθεί από τα αποτελέσματα των σεναρίων που εξετάστηκαν. Αρχικά, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκαν ακολουθώντας όλα τα σενάρια, αλλά η μεγαλύτερη μείωση παρουσιάστηκε στο Σενάριο 6 και στο Σενάριο 7. Στο Σενάριο 6 έχουμε αύξηση στην αξιοποιήσιμη χωρητικότητα των οχημάτων, ενώ στο Σενάριο 7 έχουμε σημαντική αύξηση της ετήσιας βελτίωσης της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων (12% ανά έτος), και ταυτόχρονα υπάρχει πλατφόρμα ολοκληρωμένων κρατήσεων η οποία εξυπηρετεί τις μετακινήσεις των πολιτών και στα δύο σενάρια.

Ο παράγοντας ο οποίος μπορεί να επιφέρει τις μεγαλύτερες αλλαγές τόσο στο σύνολο των εκπομπών που παράγονται όσο και στον αριθμό των οχημάτων ο οποίος είναι απαραίτητος για την κάλυψη των αναγκών μετακίνησης, είναι η αλλαγή στη συμπεριφορά των μετακινούμενων. Αρχικά η καλύτερη αξιοποίηση της χωρητικότητας των οχημάτων και η αύξηση των επιβατών, και έπειτα η στροφή σε νέες μορφές κινητικότητας οι οποίες υλοποιούν τις μετακινήσεις με οχήματα νέων τεχνολογιών, αλλά και στα MMM μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση των προαναφερθέντων παραγόντων. Η ύπαρξη πλατφόρμας ολοκληρωμένων κρατήσεων (MaaS) μπορεί να ενισχύσει περισσότερο τα θετικά αποτελέσματα και να μειώσει ακόμη περισσότερο τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Η βελτίωση της τεχνολογίας από μόνη της δε φαίνεται να είναι ικανή να επιφέρει τις απαραίτητες μειώσεις στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Αυτή την κατάσταση έρχεται να βοηθήσει τόσο η διαφήμιση και η δια στόματος πληροφόρηση και η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, οδηγώντας σε μείωση της χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου. Η αύξηση των φόρων που επιβάλλονται στα οχήματα τόσο για την αγορά τους όσο και για την κυκλοφορία τους, μπορούν να οδηγήσουν σε περαιτέρω μείωση των ρυπογόνων αέριων εκπομπών. Αυτό σημαίνει ότι η τεχνική επιδιόρθωση

δεν αρκεί και ότι η πολιτικές παίζουν τεράστιο ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα (Georgatzi, Stamboulis και Vetsikas, 2020).

Βασικό τέλος παράγοντα για να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αποτελεί η απομάκρυνση από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα και η υιοθέτηση άλλων μορφών μετακίνησης, οι οποίες είναι λιγότερα περιβαλλοντικά επιζήμιες.

7. Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο, συνοψίζονται τα βασικά σημεία της γνώσης μας για τη μετάβαση στις αστικές μετακινήσεις όπως προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, και επισημαίνεται το ερευνητικό κενό το οποίο έγινε προσπάθεια να καλυφθεί μέσα από την παρούσα διδακτορική διατριβή (ενότητα 7.1). Αξιολογείται η μεθοδολογική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε ως προς τα θετικά και τα αρνητικά της χαρακτηριστικά (ενότητα 7.2), αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου το οποίο αναπτύχθηκε και τα βασικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του μοντέλου συστημικής δυναμικής και η σημασία τους (ενότητα 7.3). Έπειτα, αναλύεται η συνεισφορά της παρούσας έρευνας στην επιστήμη (ενότητα 7.4), και ακολουθούν οι πολιτικές επιπτώσεις που προέκυψαν από την ανάλυση της παρούσας διατριβής (ενότητα 7.5). Τέλος, στις ενότητες 7.6 & 7.7 περιγράφονται οι περιορισμοί οι οποίοι προέκυψαν κατά την πραγματοποίησης της παρούσας έρευνας, και ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα αντίστοιχα.

7.1. Αποτίμηση βιβλιογραφίας

Το σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα στην παρούσα διδακτορική διατριβή αντιμετωπίζεται ως ένα ΚΤΣ το οποίο βρίσκεται σε μετάβαση προς τη βιωσιμότητα, στοχεύοντας σε μια οικονομία χαμηλού άνθρακα. Ο όρος ΚΤΣ αναφέρεται στους δεσμούς που αναπτύσσονται εντός του συστήματος ανάμεσα στα απαραίτητα μέρη για την ικανοποίηση μιας κοινωνικής λειτουργίας/ανάγκης, όπως αυτή των μετακινήσεων που εξετάζεται εδώ. Για την ικανοποίηση των κοινωνικών αναγκών, οι βασικοί πόροι που απαιτούνται είναι τα απαραίτητα τεχνουργήματα, η γνώση, τα κεφάλαια, το ανθρώπινο δυναμικό, η πολιτιστική σημασία (cultural meaning), κλπ.

Η αναδιαμόρφωση ενός ολόκληρου συστήματος φαίνεται να ξεπερνά τον (Σουμπετεριανό) διαχωρισμό ανάμεσα σε ριζικές και σταδιακές αλλαγές και να η εξερεύνηση της αναδιαμόρφωσής του να «δημιουργεί ευκαιρίες για ανάπτυξη ενός ευρύτερου φάσματος μηχανισμών αλλαγής» Geels (2018).

Σε μια ΚΤΜ, η ανάπτυξη θυλάκων καινοτομίας αποτελεί παράγοντα που προωθεί ένα συνδυασμό αλλαγών, τόσο τεχνολογικών όσο και συμπεριφορικών. Και στις δυο περιπτώσεις η μετάβαση αποτελείται από δύο διαδικασίες (van Rijnsouwer και Leendertse, 2020), αρχικά την αποσταθεροποίηση του εγκαθιδρυμένου συστήματος η οποία μπορεί να επιταχυνθεί από την διατάραξη των αλληλεπιδράσεων από τις οποίες

το σύστημα αντλεί την σταθερότητά του, και στη συνέχεια την ανάπτυξη ενός ή περισσότερων θυλάκων που διευκολύνουν την απαιτούμενη αλλαγή.

Οι δυνάμεις οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν την αποσταθεροποίηση προέρχονται από ποικίλα υποσυστήματα του συστήματος, όπως την ερευνητικούς φορείς, την κοινωνία των πολιτών, την κυβέρνηση, την βιομηχανία. Η αποσταθεροποίηση μπορεί να οδηγήσει σε μετάβαση. Οι μεταβάσεις αποτελούν εμφανείς αλλαγές του συστήματος, είναι πολυκεντρικές, ενώ συμπεριλαμβάνουν πολλούς δρώντες, και παράγοντες, διαδραματίζονται σε πολλαπλά επίπεδα και χαρακτηρίζονται από εξαρτήσεις διαδρομής. Περιλαμβάνουν αλλαγές που παρουσιάζονται τόσο σε επίπεδο δρώντων, πρακτικών, θεσμών, παραγωγής και χρήσης τεχνολογίας, επιχειρηματικών μοντέλων, οργανισμών και προϊόντων/υπηρεσιών. Η φύση, ο χρόνος και η ένταση των αλληλεπιδράσεων αυτών των αλλαγών των διαφόρων παραγόντων καθορίζει και το αν θα επιταχυνθεί ή θα επιβραδυνθεί η μετάβαση.

Οι φάσεις από τις οποίες χαρακτηρίζονται οι μεταβάσεις είναι η προαναπτυξιακή (predevelopment) όπου δε παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη αλλαγή, η φάση της “απογείωσης” (take-off phase), όπου η διαδικασία αλλαγής βρίσκεται σε εξέλιξη, η ρηξικέλευθη φάση (breakthrough phase) ή φάση επιτάχυνσης (acceleration phase), όπου ορατές διαρθρωτικές αλλαγές πραγματοποιούνται μέσω συσσώρευσης κοινωνικο-πολιτιστικών, οικονομικών, οικολογικών και θεσμικών αλλαγών και τέλος η φάση της σταθεροποίησης (stabilization phase), όπου η ταχύτητα της κοινωνικής αλλαγής μειώνεται και επιτυγχάνεται μια νέα δυναμική ισορροπία.

Ως τώρα έχει γίνει προσπάθεια ανάλυσης των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων χρησιμοποιώντας ποικίλες προσεγγίσεις, τόσο εννοιολογικές (Διαχείριση μεταβάσεων, διαχείριση στρατηγικών θυλάκων, κοινωνικο-μεταβολικές μεταβάσεις), όσο και μεθοδολογικές - ποιοτικές (πολυεπίπεδη προοπτική, συστήματα καινοτομίας, τεchnο-οικονομικά παραδείγματα), και - ποσοτικές (ABM, ΣΔ, οικονομετρία). Οι παραπάνω προσεγγίσεις έχουν χρησιμοποιηθεί κατά διαστήματα και για την ανάλυση διαφόρων αλλαγών στον κλάδο των μεταφορών (π.χ είσοδος ηλεκτρικών οχημάτων, νέες μορφές κινητικότητας). Όμως εκτός από το γεγονός ότι οι περισσότερες μελετάνε την αλλαγή της τεχνολογίας ή της μορφής κινητικότητας μεμονωμένα χωρίς να τη θέτουν στο πλαίσιο του συστήματος, αυτές οι προσπάθειες αγνοούν συχνά την πλευρά της ζήτησης και της χρήσης, ενώ συνήθως αποτελούν αναλύσεις οι οποίες γίνονται εκ των υστέρων (ex post analysis).

Η προσέγγιση των κοινωνικο-τεχνικών μεταβάσεων υπογραμμίζει την συν-εξέλιξη και τις πολυδιάστατες αλληλεπιδράσεις μεταξύ της βιομηχανίας, της τεχνολογίας, των αγορών, της πολιτικής, του πολιτισμού και της κοινωνίας των πολιτών. Προτρέπει τους αναλυτές να υιοθετούν συστημικές προσεγγίσεις, όπου οι αλλαγές δεν εξετάζονται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με τα ευρύτερα κοινωνικά, οικονομικά, και πολιτικά μοτίβα, τους θεσμούς και τα τοπία στα οποία συμβαίνουν.

Το κενό το οποίο διαπιστώνεται στη βιβλιογραφία, είναι το γεγονός ότι οι προσπάθειες που έχουν γίνει ως τώρα εξετάζουν μεμονωμένες αλλαγές (τεχνολογίες, μορφές κινητικότητας) που συμβαίνουν χωρίς να τις τοποθετούν στο σύστημα μέσα στο οποίο συμβαίνουν και να εξετάζουν ως σύνολο τις αλλαγές που προκαλούν σε αυτό. Ενώ, ταυτόχρονα οι περισσότερες έρευνες δεν λαμβάνουν υπόψιν την πλευρά της ζήτησης και της χρήσης και περιορίζονται στην ποιοτική έρευνα. Στην παρούσα διδακτορική διατριβή γίνεται προσπάθεια να καλυφθεί αυτό το κενό, μελετώντας τις αστικές μετακινήσεις ως ΚΤΣ και αναπτύσσοντας ένα μοντέλο ΣΜ το οποίο είναι διαμορφωμένο σε υποσυστήματα.

7.2. Αξιολόγηση Μεθοδολογικής προσέγγισης

Σύμφωνα με τη μεθοδολογική προσέγγιση της ΣΔ αρχικά διατυπώθηκε η δυναμική υπόθεση και έπειτα βαθμονομήθηκε και ελέγχθηκε το μοντέλο ΣΔ που δημιουργήθηκε με βάση ιστορικά δεδομένα για να επιβεβαιωθεί η εγκυρότητά του. Προκειμένου να ελεγχθεί η δυναμική υπόθεση, αν το ΚΤΣ μας θα καταφέρει να επιτύχει το στόχο για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη δραστηριότητα του συστήματος στο 60% των εκπομπών του 1990, και να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στο Κεφάλαιο 1, εξετάστηκαν οκτώ σενάρια. Αυτό το μοντέλο ΣΔ επέτρεψε να εξεταστούν διάφορα σενάρια και να γίνει κατανοητό ποιες παράμετροι έχουν μεγαλύτερη επίδραση ώστε να προκαλέσουν αλλαγές τόσο στη συμπεριφορά των μετακινούμενων, όσο και στο σύστημα στο σύνολό του.

Η ανάλυση των αστικών οδικών επιβατικών μετακινήσεων έγινε αντιμετωπίζοντάς τις ως ένα ΚΤΣ σε μετάβαση και όχι εξετάζοντας μεμονωμένα στοιχεία αυτού του συστήματος. Λήφθηκαν υπόψιν τα τέσσερα υποσυστήματα/έλικες τα οποία προτείνονται από το ΜΤΕΚ, που συμμετέχουν στο σύστημα και εξετάστηκαν παράμετροι από όλες τις έλικες (ερευνητικοί φορείς, κυβέρνηση, κοινωνία, βιομηχανία) και όλα τα επίπεδα ανάλυσης της MLP (κοινωνικο-τεχνικό τοπίο, καθεστώς και θύλακες).

Τη μελέτη περίπτωσης που επιλέχθηκε προς εξέταση αποτέλεσαν οι οδικές αστικές επιβατικές μετακινήσεις στην πόλη της Αθήνας. Το σύστημα των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα, το οποίο προσπαθεί να ικανοποιήσει την κοινωνική ανάγκη των πολιτών για μετακίνηση. Για την ικανοποίηση αυτής της κοινωνικής ανάγκης, οι βασικοί πόροι που απαιτούνται είναι τα απαραίτητα τεχνουργήματα (οχήματα, δίκτυα - δρόμοι, γραμμές κλπ -, σταθμοί εφοδιασμού, κοκ), η γνώση, το ανθρώπινο δυναμικό, η πολιτιστική σημασία (cultural meaning), κλπ. Όλοι αυτοί οι πόροι καθιστούν την ανάλυση της μετάβασής του σε ένα νέο βιώσιμο ΚΤΣ αρκετά περίπλοκη, καθώς ένα σύνθετο σύμπλεγμα εμποδίων και φραγμών πρέπει να ξεπεραστεί.

Σε αντίθεση με τις μέχρι τώρα αναλύσεις, οι οποίες επικεντρώνονται σε κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία ή συγκεκριμένη αλλαγή στο σύστημα, στην παρούσα έρευνα εξετάζεται η συμπεριφορά του συστήματος στο σύνολό του απέναντι σε αλλαγές. Συμπεριλαμβάνονται ζητήματα όπως τα επιχειρηματικά μοντέλα, τα οποία στις μέχρι σήμερα μελέτες τείνουν να παραλείπονται. Εξετάζονται και αναλύονται οι αλληλεπιδράσεις που μπορεί να επιφέρει μια μεταβολή σε παραμέτρους του κάθε υποσυστήματος, αλλά και στο εξεταζόμενο σύστημα στο σύνολό του, δίνοντας έμφαση στις ανατροφοδοτήσεις του συστήματος και στις συνέργειες που μπορεί να δημιουργούνται. Όλο αυτό γίνεται *ex ante* με τη βοήθεια των υπολογιστικών προσομοιώσεων, σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες οι οποίες αναλύουν *ex post* τι έχει συμβεί κατά τη διάρκεια μιας μετάβασης. Τέλος, η παρούσα διδακτορική διατριβή, αποτελεί μια από τις ελάχιστες δουλειές, όπου χρησιμοποιείται συνδυασμός ποιοτικής και ποσοτικής μεθοδολογικής προσέγγισης για την ανάλυση ενός συστήματος σε κοινωνικο-τεχνική μετάβαση.

Χρησιμοποιήθηκε μια προσέγγιση η οποία «παντρεύει» την εννοιολογική θεωρία της μετάβασης και τη θεωρία της καινοτομίας επιχειρηματικών μοντέλων με το MTEK για να εξετάσει την αναδιαμόρφωση του ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων, μέσα από τη δημιουργία ενός μοντέλου υπολογιστικής προσομοίωσης με βάση την ΣΔ. Στο μοντέλο ΣΔ οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατάσταση του συστήματος είναι κατηγοριοποιημένοι στα υποσυστήματα του MTEK. Σε κάθε υποσύστημα που αναλύεται με τη χρήση ΣΔ, ορισμένοι βρόχοι ανατροφοδότησης μπορεί να έχουν μεγαλύτερη επιρροή ενώ κάποιοι άλλοι να έχουν πολύ μικρή ή και καθόλου επίδραση στο σύστημα. Η αναγνώριση αυτών των παραμέτρων μπορεί να

πραγματοποιηθεί μέσω της ΣΔ και να οδηγήσει σε κατανόηση της δυναμικής της κάθε παραμέτρου μέσα στο εξεταζόμενο σύστημα.

Η κοινωνικο-τεχνική μετάβαση του προαναφερόμενου ΚΤΣ θεωρήθηκε ως διαδικασία συν-εξέλιξης διαφορετικών υπό-συστημάτων (της βιομηχανίας, της τεχνολογίας, των αγορών, της πολιτικής, του πολιτισμού και της κοινωνίας των πολιτών), με στόχο την επίτευξη της αξιολόγησης των επιπτώσεων διαφορετικών στρατηγικών για περισσότερο βιώσιμες μετακινήσεις. Η συν-εξέλιξη διαφόρων διαστάσεων η οποία λαμβάνει χώρα εντός ενός ΚΤΣ προτρέπει τους αναλυτές να υιοθετούν συστημικές προσεγγίσεις, όπου οι μεταβάσεις δεν εξετάζονται μεμονωμένα, αλλά σε συνδυασμό με τα ευρύτερα κοινωνικά, οικονομικά, και πολιτικά μοτίβα, τους θεσμούς και τα τοπία στα οποία συμβαίνουν. Ταυτόχρονα, γίνεται αποστασιοποίηση από την έννοια της «μοναδικής αναταραχής – singular disruption» και υιοθετείται αυτή της «αναδιαμόρφωσης του συστήματος – system reconfiguration», όπου τα στοιχεία του συστήματος μπορούν να βελτιωθούν σταδιακά, να αντικατασταθούν ή να τροποποιηθούν όσον αφορά την μορφή των σχέσεων.

Συνδέοντας την προσέγγιση της MLP και το θεωρητικό πλαίσιο του MTEK στόχος είναι να καλυφθούν οι αδυναμίες που χρεώνονται στην MLP, όπως ότι δε δίνει σημασία στην δομή της αγοράς και ότι διακατέχεται από ασάφεια όσον αφορά στο πλαίσιο ανάλυσης. Ενώ, μέσω της δοκιμής σεναρίων με τη βοήθεια της ΣΔ γίνεται προσπάθεια υπέρβασης του γεγονότος ότι η MLP δεν παρέχει κατάλληλες, και εύκολα παραμετροποιήσιμες μετρήσεις. Τέλος, η σύνθεση των παραπάνω επιτρέπει την ανάλυση μιας πολυδιάστατης μετάβασης, η οποία περιλαμβάνει πολλαπλές επιμέρους μικρές μεταβάσεις (ψηφιακή μετάβαση, τεχνολογική μετάβαση, συμπεριφορική μετάβαση).

Η συμπερίληψη των διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων επιτρέπει την περαιτέρω έρευνα των μεταβάσεων αναλύοντας τη δυναμική του ανταγωνισμού ή/και της συνεργασίας μεταξύ των υφιστάμενων και των νεοεισελθέντων επιχειρηματικών μοντέλων και των επιπτώσεων ως προς τη μετάβαση χαμηλού άνθρακα.

7.3. Σύνοψη αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Μέσα από την παρούσα ανάλυση διαπιστώνεται πώς οι αλλαγές στις επιλογές των μετακινούμενων και οι τεχνολογικές εξελίξεις μπορούν να συμβάλλουν στη βιωσιμότητα του τομέα και στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Πιο συγκεκριμένα από την ανάλυση των σεναρίων που εξετάστηκαν προέκυψε ένας σημαντικός αριθμός συμπερασμάτων. Αρχικά, οι εκπομπές CO₂ μειώθηκαν ακολουθώντας όλα τα σενάρια και επιτεύχθηκε ο στόχος του 60% των εκπομπών του 1990. Στο Σενάριο 0, όπου υπάρχει μόνο η τεχνολογική βελτίωση, και μειώνεται σταδιακά η επαφή με άτομα τα οποία πραγματοποιούν τις μετακινήσεις τους με ιδιωτικά οχήματα, ενώ δεν υπάρχουν ακόμη οι εναλλακτικές μορφές μετακίνησης, αλλά αυξάνεται η περιβαλλοντική ευαισθησία, η επίτευξη του στόχου γίνεται κατά το τελευταίο έτος (2050).

Η μεγαλύτερη μείωση εκπομπών παρουσιάστηκε στα Σενάρια 6 και 7. Στο Σενάριο 6 οι εναλλακτικές μορφές κινητικότητας και ένα ολοκληρωμένο σύστημα κρατήσεων για τις μετακινήσεις έχουν εμφανιστεί στο σύστημά μας, αλλά η μεγαλύτερη συνεισφορά στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από την αύξηση της αξιοποιήσιμης χωρητικότητας των οχημάτων. Τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η τεχνολογική βελτίωση αποτελεί παράγοντα ο οποίος από μόνος του δε μπορεί να επιφέρει άμεσα και ραγδαία αποτελέσματα. Στο Σενάριο 7, όπου η αξιοποιήσιμη χωρητικότητα των οχημάτων δεν αυξάνεται, παρατηρούμε ότι απαιτείται πολύ μεγάλη αύξηση της βελτίωσης της τεχνολογίας για να υπάρξει η αντίστοιχη μείωση με το Σενάριο 6.

Η βελτίωση της τεχνολογίας από μόνη της δε φαίνεται να είναι ικανή να επιφέρει τις απαραίτητες μειώσεις στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα όταν πραγματοποιείται με ρυθμό 1,5-2% το χρόνο, ιδίως αν η χρήση ιδιωτικού αυτοκινήτου δε μειωθεί σε σημαντικό βαθμό. Αυτή την κατάσταση έρχεται να βοηθήσει τόσο η διαφήμιση και η δια στόματος πληροφόρηση και η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, οδηγώντας σε μείωση της χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου και σε υιοθέτηση άλλων μορφών μετακίνησης, οι οποίες είναι λιγότερα περιβαλλοντικά επιζήμιες. Η αύξηση των φόρων που επιβάλλονται στα οχήματα τόσο για την αγορά τους, όσο και για την κυκλοφορία τους, μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση των ρυπογόνων αέριων εκπομπών μέσω του ελέγχου του αριθμού των μετακινήσεων και των αποστάσεων.

Η απομάκρυνση από το ιδιωτικό αυτοκίνητο φαίνεται να μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση των εκπομπών και να μπορεί να φέρει σημαντικές αλλαγές στον κλάδο των αστικών μετακινήσεων. Επίσης, ένα πολυτροπικό μίγμα μετακίνησης μπορεί να μειώσει τις επιδράσεις αναπήδησης, καθώς η αντιληπτή μείωση κόστους μετακίνησης αυξάνεται και οδηγεί τόσο σε μείωση των μετακινήσεων όσο και των αποστάσεων που διανύονται.

Η μείωση των οχημάτων που απαιτούνται για την κάλυψη των μετακινήσεων και κατ' επέκταση η μείωση των οχημάτων που κυκλοφορούν και που υπάρχουν στους δρόμους, μπορούν πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη να επιφέρουν επίσης χωροταξικές αλλαγές, καθώς η ποσότητα των αναγκαίων χώρων στάθμευσης μειώνεται και δίνεται η δυνατότητα καλύτερη αξιοποίηση των χώρων (δημιουργώντας πράσινο, πάρκα, πεζοδρόμια κλπ.), αλλά και η κυκλοφοριακή συμφόρηση μειώνεται στα αστικά κέντρα, αναβαθμίζοντας την ποιότητα ζωής των πολιτών.

Από την ανάλυση των σεναρίων προκύπτει ότι η αύξηση της αξιοποιήσιμης χωρητικότητας των οχημάτων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και του συνολικού στόλου οχημάτων στους δρόμους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την υιοθέτηση των εναλλακτικών μορφών κινητικότητας και της απομάκρυνσης από τις ιδιωτικές μετακινήσεις με ιδιωτικά οχήματα. Έτσι οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι πολιτικές για υποστήριξη και ενίσχυση της διάχυσης των εναλλακτικών μορφών μετακίνησης είναι απαραίτητες, όπως και πολιτικές οι οποίες να αφορούν την αξιοποιήσιμη χωρητικότητα των οχημάτων – οι ΗΠΑ και το ΗΒ έχουν προχωρήσει σε θέσπιση πολιτικών που προσφέρουν προνόμια σε οχήματα τα οποία χρησιμοποιούνται από περισσότερα από 1 άτομα ανά μετακίνηση. Ενώ η ενίσχυση από κρατικές πολιτικές για την ύπαρξη πλατφόρμας ολοκληρωμένων κρατήσεων (MaaS) σε συνδυασμό με τη στροφή σε εναλλακτικές μορφές κινητικότητας μπορεί να ενισχύσει περισσότερο τα θετικά αποτελέσματα και να μειώσει ακόμη περισσότερο τις εκπομπές CO₂.

Συνεπώς, τα αποτελέσματα μάς επισημαίνουν τη σημαντικότητα της συμπεριφορικής αλλαγής του πληθυσμού, καθώς όπως διαπιστώνεται αν ο πληθυσμός δεν σταματήσει να κάνει χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου, δε στραφεί σε άλλες μορφές μετακίνησης και δεν σταματήσει να κάνει κατάχρηση της ιδιωτικής μετακίνησης οι μειώσεις των ρυπογόνων εκπομπών δεν θα είναι οι απαιτούμενες.

Αυτό που μας διδάσκει η ανάλυση αυτής της διδακτορικής διατριβής είναι ότι πέρα από την βελτίωση της τεχνολογίας, θα πρέπει να στραφούμε και σε προσπάθειες με στόχευση την αλλαγή της συμπεριφοράς των πολιτών. Καμπάνιες οι οποίες να δείχνουν τις αρνητικές επιπτώσεις της μετακίνησης με ιδιωτικά οχήματα και τις θετικές επιπτώσεις της μετακίνησης με άλλες μορφές κινητικότητας, καθώς και τη δύναμη της αύξησης της αξιοποιήσιμης χωρητικότητας των οχημάτων, είναι απαραίτητο να οργανωθούν. Ενώ, τέλος πολιτικές που να ενισχύουν τόσο την τεχνολογική και τη συμπεριφορική αλλαγή, αλλά και την διάχυση και την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών

μοντέλων, είναι απαραίτητες, καθώς όπως γίνεται σαφές από τα αποτελέσματα της υπολογιστικής προσομοίωσης, μόνο η τεχνολογική αλλαγή δε φτάνει. Ένας συνδυασμός αλλαγών είναι απαραίτητος, ο οποίος χρειάζεται την ύπαρξη των κατάλληλων συνθηκών για να ευδοκιμήσει.

Τέλος, εν γένει τα αποτελέσματα τα οποία εξήχθησαν από την παρούσα έρευνα είναι σε ένα βαθμό γενικεύσιμα, αλλά για να διαμορφωθεί ασφαλής άποψη και να σχεδιαστούν κατάλληλες πολιτικές θα πρέπει να προσαρμοστεί το μοντέλο που έχει αναπτυχθεί με βάση τα χαρακτηριστικά τα χαρακτηριστικά της κάθε μελέτης περίπτωσης.

7.4. Συνεισφορά

Με αυτή τη μελέτη, στόχος είναι η συνεισφορά στην προσέγγιση της κοινωνικο-τεχνικής μετάβασης, η οποία δημιουργήθηκε για την κατανόηση των συστημάτων καινοτομίας. Η κοινωνικο-τεχνική μετάβαση ως τώρα έχει δείξει ότι οι συστημικές αλλαγές δεν περιλαμβάνουν μόνο τεχνολογικές αλλαγές, αλλά περιλαμβάνουν επίσης μεταβολές όσον αφορά τις πρακτικές και τις προτιμήσεις των καταναλωτών, τις πολιτικές, την πολιτιστική σημασία (cultural meaning), τα επιχειρηματικά μοντέλα και τις υποδομές (Geels, 2004). Αυτές οι αλλαγές πυροδοτούνται από διάφορες κοινωνικές ομάδες (επιχειρήσεις, καταναλωτές, φορείς λήψης αποφάσεων, κοινωνία πολιτών, κοινωνικούς οργανισμούς, κα.) με διαφορετικές προτιμήσεις, στρατηγικές, πόρους και εμπλέκονται σε οργανισμούς διαφορετικών μορφών (π.χ. μάθησης, έρευνας, συνεργασίας, επενδυτικούς, κλπ.). Για το λόγο αυτό το ΚΤΣ των οδικών αστικών επιβατικών μετακινήσεων μελετήθηκε ως σύστημα και λήφθηκαν υπόψιν παράγοντες από σχεδόν όλες τις κατηγορίες.

Το γεγονός ότι επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί η παρούσα έρευνα με αυτή τη δομή, καθώς και ότι δεν περιορίστηκε στο επίπεδο της ποιοτικής ανάλυσης, αλλά προχώρησε σε ποσοτική ανάλυση του εξεταζόμενου ΚΤΣ μέσω της δημιουργίας μοντέλου προσομοίωσης στηριζόμενο στη ΣΔ, αποτελεί σημαντική διαφοροποίηση από τις μέχρι τώρα έρευνες και δημιουργεί μια νέα ολιστική προσέγγιση ανάλυσης του συγκεκριμένου ΚΤΣ. Η ποιοτική μεθοδολογική προσέγγιση της MLP ενισχύεται με τα ποσοτικά εργαλεία της ΣΔ για την ανάλυση του ΚΤΣ των αστικών μετακινήσεων, κάτι το οποίο γίνεται για πρώτη φορά. Η ανάπτυξη και η χρήση του μοντέλου προσομοίωσης διακρίνει την παρούσα διατριβή από τις μέχρι τώρα έρευνες που περιορίζονταν στην μελέτη ιστορικών μεταβάσεων κάνοντας εκ των υστέρων

αναλύσεις. Το μοντέλο προσομοίωσης το οποίο αναπτύχθηκε επιτρέπει την ανάλυση ενός κοινωνικο-τεχνικού συστήματος και την *ex ante* επιλογή κατάλληλων πολιτικών ώστε να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Το μοντέλο ΣΔ το οποίο αναπτύχθηκε αποτελεί επίσης σημαντικό κομμάτι της διδακτορικής διατριβής και επιστημονική συνεισφορά, καθώς αποτελεί ένα δυναμικό μοντέλο που ανεξάρτητα από τη μελέτη περίπτωσης που εξετάστηκε εδώ (οδικές επιβατικές αστικές μετακινήσεις της Αθήνας), μπορεί να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις και να παραμετροποιηθεί με βάση τα δεδομένα άλλων περιοχών και να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση άλλων μελετών περίπτωσης και να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων.

Το μοντέλο ΣΔ αποτελεί ένα δυναμικό μοντέλο όπως προαναφέραμε το οποίο ο κάθε μελετητής μπορεί να χρησιμοποιήσει ως βάση και να το προσαρμόσει στις ανάγκες της κάθε μελέτης περίπτωσης, δημιουργώντας σενάρια που θα εξετάσουν την επιρροή διαφορετικών πολιτικών. Το μοντέλο και τα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να εξαχθούν από αυτό, αποτελούν εργαλείο επιλογής πολιτικών και καθοδήγησης προς τους δρώντες του συστήματος των αστικών μετακινήσεων.

7.5. Επιπτώσεις στον πολιτικό σχεδιασμό

Το σύστημα των αστικών μετακινήσεων πρέπει να περιορίσει τις αρνητικές επιπτώσεις που προκαλεί στο περιβάλλον και προς αυτή την κατεύθυνση μπορεί να βοηθήσει η χρήση ενός ευρύτερου φάσματος πολιτικών μέτρων. Συνεπώς, οι πολιτικές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τις δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά του κάθε τρόπου μετακίνησης, ούτως ώστε να βοηθήσουν στην ενίσχυση ή όχι της χρήσης τους με στόχο την επίτευξη των στόχων για συστήματα καθαρών και αποδοτικών μεταφορών. Ωστόσο, το μέγεθος και το εύρος των πολιτικών καθορίζονται από τις κυβερνήσεις, αλλά λόγω της ατελούς γνώσης τους για την αγορά, πολλές φορές δεν έχουν το προσδοκώμενο αποτέλεσμα (Santos κ.ά., 2010).

Για παράδειγμα, μια μετάβαση από την ατομική στην κοινή/διαμοιραζόμενη κινητικότητα θα μπορούσε να δημιουργήσει χωρικούς, πολιτιστικούς και συμπεριφορικούς μετασχηματισμούς που προσπαθούν να αντιμετωπίσουν ταυτόχρονα τα επίμονα οικολογικά, χωρικά και κοινωνικά προβλήματα και αδικίες στα συστήματα αστικής κινητικότητας.

Βέβαια, όπως αναφέραμε και νωρίτερα ο ρόλος της κρατικής πολιτικής για όλες αυτές τις αλλαγές είναι πάντα καθοριστικός, καθώς χωρίς την υποστήριξη για την

ανάπτυξη τεχνολογικών θυλάκων, την ενημέρωση για κοινωνικά ζητήματα που αφορούν την κοινωνία και την ανάγκη για μετάβαση σε νέα περισσότερο βιώσιμα μοντέλα, δε μπορεί να υπάρξει θετικό και μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα. Με άλλα λόγια η δημιουργία τεχνολογικών θυλάκων από μόνη της δεν είναι αρκετή για να επιφέρει τις απαιτούμενες αλλαγές και αποτελέσματα. Ένα μίγμα πολιτικών και συνεργασιών είναι απαραίτητο για να καταφέρουμε να απεγκλωβιστούμε από τους τεχνολογικούς και άλλους εγκλωβισμούς που υφιστάμεθα και να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στην υιοθέτηση και εγκαθίδρυση νέων τρόπων μετακίνησης στην καθημερινότητά μας, για να καταφέρουμε να οδηγηθούμε σε ένα βιώσιμο σύστημα αστικών μετακινήσεων. Στην προ-αναπτυξιακή φάση της μετάβασης οι περισσότερο αυστηρές προς τη χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου και οι περισσότερο ενθαρρυντικές/υποστηρικτικές πολιτικές είναι απαραίτητες για τη δημιουργία στρατηγικών θυλάκων. Κατά τη φάση της απογείωσης πολιτικές υποστήριξης για τις νέες τεχνολογίες (π.χ. επιδοτήσεις αγοράς) και τις νέες μορφές κινητικότητας (π.χ. υποστήριξης επιχειρήσεων παροχής υπηρεσιών μετακίνησης) είναι απαραίτητες για την εγκαθίδρυση τους. Στη φάση της επιτάχυνσης όπου οι αποδόσεις είναι αυξανόμενες παρουσιάζεται συσσώρευση κοινωνικο-οικονομικών, πολιτιστικών και θεσμικών αλλαγών, οι οποίες χρειάζονται κατάλληλες πολιτικές για να μπορούν να υιοθετηθούν από τους πολίτες και να εναρμονιστούν στο κοινωνικο-τεχνικό σύστημα. Στη φάση της σταθεροποίησης, όπου η νέα δυναμική σταθερότητα έχει προκύψει, απαραίτητη είναι η ύπαρξη πολιτικών για τη διατήρηση της νέας βιώσιμης ισορροπίας.

Συμπερασματικά, όσον αφορά στο υποσύστημα της κυβέρνησης θα πρέπει να υπάρξουν τόσο πολιτικές ενίσχυσης των νέων μορφών κινητικότητας και αποθάρρυνσης της μετακίνησης με ιδιωτικά οχήματα, αλλά και ενίσχυσης των ΜΜΜ και των ταξί, ώστε να καταστούν πιο ελκυστικές μορφές μετακίνησης για τους πολίτες. Θα πρέπει επίσης να δοθούν κίνητρα για αγορά οχημάτων νέας τεχνολογίας (ηλεκτρικά), αλλά και να προωθηθεί με κίνητρα η μετακίνηση με περισσότερους από έναν επιβάτες σε κάθε όχημα.

Αναφορικά με την βιομηχανία, θα πρέπει να συνεχιστεί η βελτίωση της τεχνολογίας και η αύξηση των συμπληρωματικών πόρων που είναι απαραίτητοι ώστε να ξεπεραστεί η διστακτικότητα απέναντι στην αγορά οχημάτων νέας τεχνολογίας (π.χ. συνεργεία, σταθμοί ανεφοδιασμού). Ενώ, παράλληλα η κυβέρνηση θα πρέπει να ακολουθήσει πολιτικές απαγόρευσης πώλησης ρυπογόνων οχημάτων ή οχημάτων που χρησιμοποιούν καύσιμα που προέρχονται από «καφέ ενέργεια -brown energy».

Από την πλευρά της κοινωνίας θα πρέπει να υπάρξουν καμπάνιες και δράσεις με στόχο την αύξηση της περιβαλλοντικής ευαισθησίας των πολιτών. Ταυτόχρονα θα πρέπει να υπάρξει συμπεριφορική αλλαγή η οποία να αποτρέπει τη χρήση οχημάτων από έναν και μόνο επιβάτη, αλλά και στροφή τόσο στις νέες εναλλακτικές μορφές κινητικότητας – carsharing και ride-hailing, όσο και στις παλαιότερες μορφές - MMM και ταξί.

7.6. Περιορισμοί

Βασικό περιορισμό στην έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε αποτελεί το γεγονός ότι το επίπεδο ανάλυσης δεν επέτρεψε την προσθήκη παραγόντων από την έλικά των ερευνητικών φορέων με σαφή τρόπο. Η προσπάθεια που γίνεται από την ερευνητικούς φορείς συμπεριλήφθηκε με την μορφή της βελτίωσης της τεχνολογίας και την ενσωμάτωση της έρευνας από τη βιομηχανία.

Στο μοντέλο δεν συμπεριλήφθηκαν επιπλέον μορφές MMM όπως είναι το τραμ και το μετρό, καθώς αυτές χρησιμοποιούν υποδομές αποκλειστικής χρήσης και η τεχνολογία και ο τρόπος χρήσης τους διαφέρει από τις μορφές που συμπεριλήφθηκαν.

Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα δεδομένα τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα δε μας επέτρεψαν να βαθμονομήσουμε το μοντέλο σε πιο πρόσφατη χρονική περίοδο, αλλά και να χρησιμοποιήσουμε περισσότερες παραμέτρους για τη βαθμονόμηση του.

Άλλος ένας περιορισμός είναι η μη συμπερίληψη στο μοντέλο ανάλυσης της παρούσας διδακτορικής διατριβής, της πηγής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας την οποία χρησιμοποιούν και πρόκειται να χρησιμοποιήσουν στο μέλλον σε μεγαλύτερους όγκους τα οχήματα των στόλων μετακίνησης. Αυτός ο περιορισμός δε μας επιτρέπει να δούμε τις επιπτώσεις της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων γενικότερα στην οικονομία και το περιβάλλον. Η έρευνα ελέγχει μόνο την εξυγίανση του κλάδου από την αποσύνδεση από τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά τα οχήματα με μηχανές εσωτερικής καύσης, χωρίς να εξετάζει τις επιπτώσεις της αλλαγής μορφής ενέργειας των κινητήρων σε άλλους κλάδους όπως αυτός της ενέργειας (π.χ μετακύλιση της παραγωγής ρυπογόνων εκπομπών στον κλάδο της παραγωγής ενέργειας).

Τέλος το γεγονός ότι πραγματοποιήθηκε ανάλυση μιας μόνο μελέτης περίπτωσης δε επιτρέπει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων σε μεγάλο βαθμό, αλλά επιτρέπει με αλλαγές στις αρχικές τιμές και στους συντελεστές των παραγόντων να εξετάσουμε και άλλες μελέτες περίπτωσης.

7.7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Χτίζοντας στην παρούσα διδακτορική διατριβή, η προοπτική της έρευνας αποτελείται από μια σειρά από ιδέες που μπορούν να υλοποιηθούν σχετικά εύκολα και να συμπληρώσουν το έργο της τρέχουσας διατριβής, και άλλα που αποτελούν πιο μακροπρόθεσμους στόχους. Μια πρόταση για μελλοντική έρευνα αποτελεί η μελέτη του αντικτύπου της υποκατάστασης των μετακινήσεων που πραγματοποιούνται με ιδιωτικά οχήματα από οχήματα που ανήκουν σε επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών μετακίνησης. Πώς αυτή η αλλαγή θα επιφέρει μεταβολές στον συνολικό αριθμό των οχημάτων, πώς αυτό θα επηρεάσει τη συνολική ζήτηση για οχήματα και τί αντίκτυπο θα έχει στην παραγωγική διαδικασία και τα επιχειρηματικά μοντέλα της αυτοκινητοβιομηχανίας τόσο βραχυπρόθεσμα, όσο και μακροπρόθεσμα.

Επίσης, σημαντικό θα ήταν να μελετηθούν οι χωρικές, πολιτιστικές επιπτώσεις που θα επιφέρει η υιοθέτηση εναλλακτικών μορφών μετακίνησης. Για παράδειγμα, η μετάβαση σε εναλλακτικές μορφές μετακίνησης θα επιφέρουν τόσο μείωση στα συνολικά αναγκαία οχήματα, όσο και στους αναγκαίους χώρους για στάθμευση, κάτι το οποίο θα αλλάξει τις χρήσεις γης και θα δώσει τη δυνατότητα για δημιουργία/αξιοποίηση των χώρων με τρόπο που θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής των πολιτών και κυρίως σε μεγάλες αστικές πόλεις.

Η μελέτη και άλλων πόλεων (παραδείγματα καλών και κακών πρακτικών, π.χ. πόλεις της Νορβηγίας και πόλεις της Κίνας αντίστοιχα) ή χωρών στο σύνολό τους και η ανάλυση των αλλαγών που μπορεί να προκαλέσει η μετάβαση σε εναλλακτικές μορφές μετακίνησης στον κλάδο των μετακινήσεων συνολικά στην οικονομία μιας χώρας, θα μπορούσε να προσφέρει σημαντικά συμπεράσματα για τις ασκούμενες πολιτικές. Η περαιτέρω μελέτη θα επιτρέψει να δημιουργηθούν καλύτερες πολιτικές που θα στοχεύουν στην διαμόρφωση του μίγματος των μορφών κινητικότητας ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής ανάλυσης και με στόχο την μείωση των εκπομπών του συστήματος.

Ένα μοντέλο το οποίο να περιλαμβάνει την έλικα των ερευνητικών φορέων ως ξεκάθαρη έλικα θα μπορούσε επίσης να συνεισφέρει πολλά σε μια μελλοντική ανάλυση, και ίσως ένα μοντέλο το οποίο θα ανέλυε το σύστημα χρησιμοποιώντας την πενταπλή έλικα καινοτομίας, το οποίο εμπεριέχει την έλικα του περιβάλλοντος.

Ιδιαίτερη σημασία θα είχε επίσης μια ανάλυση σε επίπεδο βαθιάς μετάβασης (deep transition) όπου θα εξεταστεί το συγκεκριμένο κοινωνικο-τεχνικό σύστημα σε

συνδυασμό με άλλα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα (π.χ. το κοινωνικο-τεχνικό σύστημα της αυτοκινητοβιομηχανίας) τα οποία επιδέχονται θεμελιώδεις μετασχηματισμούς με στόχο τον μετριασμό του περιβαλλοντικού αντικτύπου και τη βιωσιμότητα των κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων.

Βιβλιογραφία

- Acheampong, R. A. κ.ά. (2020) 'Mobility-on-demand: An empirical study of internet-based ride-hailing adoption factors, travel characteristics and mode substitution effects', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 115, σ 102638. doi: 10.1016/j.trc.2020.102638.
- Adamides, E. D. (2018). Activity-based analysis of socio-technical systems innovations. Διαθέσιμο στο: <http://www.confercare.manchester.ac.uk/events/ist2018/papers/http://documents.manchester.ac.uk/display.aspx?DocID=37343>.
- Adamides, E. D., & Mouzakis, Y. (2009). Industrial ecosystems as technological niches. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 172-180. doi: 10.1016/j.jclepro.2008.04.003.
- Adeniyi, I., Cooper, J. και Swan, W. (2019) 'Barriers to low carbon transitions and energy system innovations', στο 14th INTERNATIONAL POSTGRADUATE RESEARCH CONFERENCE 2019: Contemporary and Future Directions in the Built Environment, σσ 548–558.
- Ahern, A., Weyman, G., Redelbach, M., Schulz, A., Akkermans, L., Vannacci, L., ... & Van Grinsven, A. (2013). Analysis of national travel surveys in Europe-OPTIMISM WP2: Harmonisation of national travel statistics in Europe. Akyelken, N., Banister, D., & Givoni, M. (2018). The sustainability of shared mobility in London: The dilemma for governance. *Sustainability*, 10(2), 420. <https://doi.org/10.3390/su10020420>.
- Alonso-González, M. J. κ.ά. (2020). Drivers and barriers in adopting Mobility as a Service (MaaS) – A latent class cluster analysis of attitudes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, σσ 378–401. doi: 10.1016/j.tra.2019.11.022.
- Ambrosino, G. κ.ά. (2016). Enabling intermodal urban transport through complementary services: From Flexible Mobility Services to the Shared Use Mobility Agency: Workshop 4. Developing inter-modal transport systems. *Research in Transportation Economics*, 59, σσ 179–184. doi: 10.1016/j.retrec.2016.07.015.
- Ansari, S. S., Garud, R. και Kumaraswamy, A. (2016). The disruptor's dilemma: TiVo and the U.S. television ecosystem. *Strategic Management Journal*, 37(9), σσ 1829–1853. doi: 10.1002/smj.2442.
- Arapostathis, S., Carlsson-Hyslop, A., Pearson, P. J., Thornton, J., Gradillas, M., Laczay, S., & Wallis, S. (2013). Governing transitions: Cases and insights from two periods in the history of the UK gas industry. *Energy Policy*, 52, 25-44.
- Arias-Molinares, D. και García-Palomares, J. C. (2020a). The Ws of MaaS: Understanding mobility as a service from a literature review. *IATSS Research*. doi: 10.1016/j.iatssr.2020.02.001.
- Arias-Molinares, D., & Palomares-García, J. C. (2020b). Shared mobility development as key for prompting Mobility as a Service (MaaS) in urban areas: the case of Madrid. *Case Studies on Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.05.017>.
- Auvinen, H. και Tuominen, A. (2014). Future transport systems: Long-term visions and socio-technical transitions. *European Transport Research Review*, 6(3), σσ 343–354. doi: 10.1007/s12544-014-0135-3.
- Avelino, F., & Wittmayer, J. M. (2016). Shifting power relations in sustainability transitions: a multi-actor perspective. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 18(5), 628-649.
- Bakker, S., Leguijt, P., & Van Lente, H. (2015). Niche accumulation and standardization—the case of electric vehicle recharging plugs. *Journal of Cleaner Production*, 94, 155-164.
- Barisa, A., & Rosa, M. (2018). A system dynamics model for CO2 emission mitigation policy design in road transport sector. *Energy Procedia*, 147, pp. 419-427. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.112>.

- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 12(3), 183-210.
- Barnabè, F., & Davidsen, P. I. (2019). Exploring the potentials of behavioral system dynamics: insights from the field. *Journal of Modelling in Management*. <https://doi.org/10.1108/JM2-03-2019-0081>.
- Barrie, J., Zawdie, G., João, E. (2017). Leveraging triple helix and system intermediaries to enhance effectiveness of protected spaces and strategic niche management for transitioning to circular economy. *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*.
- Barton, B. και Schütte, P. (2017). Electric vehicle law and policy: a comparative analysis. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 35(2), σσ 147–170. doi: 10.1080/02646811.2017.1262087.
- Bass, F. (1969). A new product growth model for consumer durables, *Management Science* 15,215-227.
- Becker, H., Balac, M., Ciari, F., & Axhausen, K. W. (2020). Assessing the welfare impacts of Shared Mobility and Mobility as a Service (MaaS). *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 228-243. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.027.
- Ben-Haim, R., Ben-Haim, G., & Shiftan, Y. (2018). Penetration and impact of advanced car technologies. *MOJ Civil Eng*, 4(4), 175-184. doi: 10.15406/mojce.2018.04.00117.
- Benvenuti, L. M. M., Ribeiro, A. B., & Uriona, M. (2017). Long term diffusion dynamics of alternative fuel vehicles in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 164, 1571-1585. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.051>.
- Bergek, A., Bjorgum, O., Hansen, T., Hanson, J. & Steen, M. (2018). Towards a sustainability transition in the maritime shipping sector: The role of market segment characteristics. In *Proceedings of the 9th International Sustainability Transitions Conference 2018*, Manchester, UK, 11–14 June 2018.
- Bernardino, J., Aggelakakis, A., Reichenbach, M., Vieira, J., Boile, M., Schippl, J., ... & Krail, M. (2015). Transport demand evolution in Europe—factors of change, scenarios and challenges. *European Journal of Futures Research*, 3(1), 1-13. doi: 10.1007/s40309-015-0072-y.
- Best, A., Görlach, B., van Essen, H., Schroten, A., Becker, U., & Gerike, R. (2007). Size, structure and distribution of transport subsidies in Europe. B. Huckestein (Ed.), 2007, 36. EEA Technical report No 3/2007.
- Bidmon, C. M., & Knab, S. F. (2018). The three roles of business models in societal transitions: New linkages between business model and transition research. *Journal of Cleaner Production*, 178, 903-916. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.198.
- Bisbe, J., & Malagueño, R. (2012). Using strategic performance measurement systems for strategy formulation: Does it work in dynamic environments? *Management Accounting Research*, 23(4), 296-311. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2012.05.002>
- Blanchard, B., Fabrycky, W., 1998. *Systems engineering and analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- Bohnsack, R., Pinkse, J., & Kolk, A. (2014). Business models for sustainable technologies: Exploring business model evolution in the case of electric vehicles. *Research Policy*, 43(2), 284-300. doi: 10.1016/j.respol.2013.10.014.
- Bolton, R., & Hannon, M. (2016). Governing sustainability transitions through business model innovation: Towards a systems understanding. *Research Policy*, 45(9), 1731-1742. doi: 10.1016/j.respol.2016.05.003.
- Boons, F., Montalvo, C., Quist, J., & Wagner, M. (2013). Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. *Journal of cleaner production*, 45, 1-8. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.08.013.

- Boons, F. και Lüdeke-Freund, F. (2013) 'Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda', *Journal of Cleaner Production*, 45, σσ 9–19. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.07.007.
- Boons, F., & Lüdeke-Freund, F. (2013). Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner production*, 45, 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.04.003>.
- Burkhardt, J. E., & Millard-Ball, A. (2006). Who is attracted to carsharing?. *Transportation research record*, 1986(1), 98-105.
- Butler, L., Yigitcanlar, T., & Paz, A. (2021). Barriers and risks of Mobility-as-a-Service (MaaS) adoption in cities: A systematic review of the literature. *Cities*, 109, 103036. doi: 10.1016/j.cities.2020.103036.
- Caiati, V., Rasouli, S., & Timmermans, H.J. (2020). Bundling, pricing schemes and extra features preferences for mobility as a service: Sequential portfolio choice experiment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.029.
- Carayannis, E. G. & Campbell, D. F. J. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46:201-234. doi: 10.1504/IJTM.2009.023374 <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>.
- Carayannis, E. G. & Campbell, D.F.J. (2019). *Smart Quintuple Helix Innovation Systems*, Springer, Switzerland.
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other?: a proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, 1(1), 41-69. <https://doi.org/10.4018/jsesd.2010010105>.
- Carayannis, E. G., Barth, T. D. & Campbell, D. F. J. (2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation, *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol. 1 No. 1, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- Carayannis, E. G., Campbell, D. F. J. & Rehman, S. S. (2016). Mode 3 knowledge production: Systems and systems theory, clusters and networks, *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol. 5 No. 17, pp. 1–24. <https://doi.org/10.1186/s13731-016-0045-9>.
- Carlos, M., Martins, M., Rodrigues Da Silva, N., Pinto, N. (2019). An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 77, 352-363.
- Chasey, A. D., De La Garza, J. M., & Drew, D. R. (2002). Using simulation to understand the impact of deferred maintenance. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17(4), pp. 269-279. <https://doi.org/10.1111/1467-8667.00275>.
- Chen, J., Li, W., Zhang, H., Cai, Z., Sui, Y., Long, Y., Song, H. & Shibasaki, R. (2021). GPS data in urban online ride-hailing: A simulation method to evaluate impact of user scale on emission performance of system. *Journal of Cleaner Production*, 287. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125567.
- Cherp, A., Vinichenko, V., Jewell, J., Brutschin, E. & Sovacool, B. (2018). Integrating techno-economic, socio-technical and political perspectives on national energy transitions: A meta-theoretical framework *Energy Research and Social Science*. doi: 10.1016/j.erss.2017.09.015.
- Clauss, T. (2017). Measuring business model innovation: conceptualization, scale development, and proof of performance. *R&D Management*, 47(3), 385–403. doi: 10.1111/radm.12062.
- Cornago, E., A. Dimitropoulos and W. Oueslati (2019), "Evaluating the Impact of Urban Road Pricing on the Use of Green Transport Modes: The Case of Milan", *OECD Environment*

- Working Papers, No. 143, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ddaa6b25-en>.
- Cosenz, F. & Noto, G. (2018). A dynamic business modelling approach to design and experiment new business venture strategies. *Long Range Planning*, 51(1), pp. 127-140. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.07.001>.
- Dangelico, R.M., Pujari, D. (2010). Mainstreaming Green Product Innovation: Why and How Companies Integrate Environmental Sustainability. *J Bus Ethics* 95, 471–486. <https://doi.org/10.1007/s10551-010-0434-0>.
- Davis, J.P., Eisenhardt, K.M., Bingham, C.B., 2007. Developing theory through simulation methods. *Academy of Management Review*. 32 (2), pp. 480-499. <https://doi.org/10.5465%2FAMR.2007.24351453>.
- de Coninck, H., Puig, D. Assessing climate change mitigation technology interventions by international institutions. *Climatic Change* 131, 417–433 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1344-z>.
- De Haan, H. και Rotmans, J. (2011). Patterns in transitions: Understanding complex chains of change. *Technological Forecasting & Social Change*, 78, 90–102. doi: 10.1016/j.techfore.2010.10.008.
- Department for Transport (2014) Road Investment Strategy: Strategic Vision. Διαθέσιμο στο: www.gov.uk/dft (Ημερομηνία πρόσβασης: 17 Ιανουάριος 2019).
- Dimitropoulos, A., W. Oueslati and C. Sintek (2016), "The Rebound Effect in Road Transport: A Meta-analysis of Empirical Studies", OECD Environment Working Papers, No. 113, OECD Publishing, Paris.
- Ding, Z., Gong, W., Li, S. & Wu, Z. (2018). System Dynamics versus Agent-Based Modeling: A Review of Complexity Simulation in Construction Waste Management. *Sustainability*. 10(7): 2484. <https://doi.org/10.3390/su10072484>.
- Durand, A., Harms, L., Hoogendoorn-Lanser, S., & Zijlstra, T. (2018). Mobility-as-a-Service and changes in travel preferences and travel behaviour: a literature review. KiM| Netherlands Institute for Transport Policy Analysis.
- EC European Commission. (2011). WHITE PAPER roadmap to a single European transport area towards a competitive and resource efficient transport system. COM (2011), 144. Διαθέσιμο στο: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144&from=EN>.
- Efthymiou, D., Antoniou, C. και Waddell, P. (2013) .Factors affecting the adoption of vehicle sharing systems by young drivers. *Transport Policy*, 29, σσ 64–73. doi: 10.1016/j.tranpol.2013.04.009.
- Egbue, O. και Long, S. (2012). Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions. *Energy Policy*, 48(2012), σσ 717–729. doi: 10.1016/j.enpol.2012.06.009.
- Egilmez, G. και Tatari, O. (2012). A dynamic modeling approach to highway sustainability: Strategies to reduce overall impact. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(7), σσ 1086–1096. doi: 10.1016/j.tra.2012.04.011.
- Elldér, E. (2020). Telework and daily travel: New evidence from Sweden. *Journal of Transport Geography*, 86, σ 102777. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102777.
- Elmustapha, H. και Hoppe, T. (2020). Challenges and Opportunities of Business Models in Sustainable Transitions: Evidence from Solar Energy Niche Development in Lebanon. *Energies*, 13(3), σ 670. doi: 10.3390/en13030670.
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations, *Research Policy*, Vol. 29, pp. 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4).
- European Commission, 2020a. Special Eurobarometer 495: Mobility and transport.

- Feneri, A. M., Rasouli, S., & Timmermans, H. J. (2022). Modeling the effect of Mobility-as-a-Service on mode choice decisions. *Transportation Letters*, 14(4), 324-331. doi: 10.1080/19427867.2020.1730025.
- Fiorello, D., Martino, A., Zani, L., Christidis, P., & Navajas-Cawood, E. (2016). Mobility data across the EU 28 member states: results from an extensive CAWI survey. *Transportation Research Procedia*, 14, 1104-1113. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.181.
- Fischer, L. B., & Newig, J. (2016). Importance of actors and agency in sustainability transitions: a systematic exploration of the literature. *Sustainability*, 8(5), 476. doi: 10.3390/su8050476.
- Ford, A., & Flynn, H. (2005). Statistical screening of system dynamics models. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 21(4), 273-303.
- Forrester J. W., 1961. *Industrial dynamics*. John Wiley & Sons: New York.
- Foxon, T. J. (2011). A coevolutionary framework for analysing a transition to a sustainable low carbon economy. *Ecological Economics*, 70(12), 2258-2267. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.07.014>.
- Franckx, L., & Mayeres, I. (2015). Future trends in mobility: challenges for transport planning tools and related decision-making on mobility product and service development. *MIND-sets*.
- Frantzeskaki, N., & De Haan, H. (2009). Transitions: Two steps from theory to policy. *Futures*, 41(9), 593-606. doi: 10.1016/j.futures.2009.04.009.
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of economics*, 19(1), 5-24.
- Freeman, C., & Perez, C. (1988). Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour. Dosi, G. et al. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London.
- Gaziulusoy, I., & Twomey, P. (2014). Review of System Innovation and Transitions Theories: Concepts and frameworks for understanding and enabling transitions to a low carbon built environment.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research policy*, 31(8-9), 1257-1274.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6-7), 897-920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>.
- Geels, F. W. (2005). The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860–1930). *Technology analysis & strategic management*, 17(4), 445-476.
- Geels, F. W. (2012). A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. *Journal of transport geography*, 24, 471-482. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2012.01.021.
- Geels, F. W., Sovacool, B. K., Schwanen, T., & Sorrell, S. (2017). The socio-technical dynamics of low-carbon transitions. *Joule*, 1(3), 463-479. doi: 10.1016/j.joule.2017.09.018.
- Geels, F. W., Schwanen, T., Sorrell, S., Jenkins, K., & Sovacool, B. K. (2018). Reducing energy demand through low carbon innovation: A sociotechnical transitions perspective and thirteen research debates. *Energy research & social science*, 40, 23-35. doi: 10.1016/J.ERSS.2017.11.003.
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research policy*, 36(3), 399-417. doi: 10.1016/j.respol.2007.01.003.
- Geels, F. W., & Kemp, R. (2006). Transitions, transformations and reproduction : dynamics in socio-technical systems. In M. McKelvey, & M. Holmén (Eds.), *Flexibility and stability in the innovating economy* (pp. 227-256). Oxford University Press.

- Geels, F. W., McMeekin, A., & Pfluger, B. (2020). Socio-technical scenarios as a methodological tool to explore social and political feasibility in low-carbon transitions: Bridging computer models and the multi-level perspective in UK electricity generation (2010–2050). *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119258. doi: 10.1016/j.techfore.2018.04.001.
- Geels, F. W., Sovacool, B. K., Schwanen, T., & Sorrell, S. (2017). Sociotechnical transitions for deep decarbonization. *Science*, 357(6357), 1242-1244. doi: 10.1126/science.aao3760.
- Geels, F. W. (2005). *Technological transitions and system innovations: a co-evolutionary and socio-technical analysis*. Edward Elgar Publishing.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research policy*, 33(6-7), 897-920.
- Geels, F. W. (2012). A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. *Journal of transport geography*, 24, 471-482.
- Geels, F. W. (2018a). Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). *Energy research & social science*, 46, 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.07.008>.
- Geels, F.W. (2018b). Disruption and low-carbon system transformation: progress and new challenges in socio-technical transitions research and the Multi-Level Perspective, *Energy Research and Social Science*, 37, 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.010>.
- Geels, F.W., Schwanen, T., Sorrell, S., Jenkins, K., Sovacool, B.K. (2018). Reducing energy demand through low carbon innovation: a sociotechnical transitions perspective and thirteen research debates, *Energy Research and Social Science*, 40, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.11.003>.
- Geels, F. W., Kemp, R., Dudley, G., & Lyons, G. G. (2012). *Automobility in transition?: A socio-technical analysis of sustainable transport*.
- Geissdoerfer, M., Vladimirova, D., & Evans, S. (2018). Sustainable business model innovation: A review. *Journal of cleaner production*, 198, 401-416. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.240.
- Georgatzi, V. V., & Stamboulis, Y. (2020). Urban Mobility Transition to Sustainability: A System Dynamics Approach. In *Conference on Sustainable Urban Mobility* (pp. 525-538). Springer, Cham.
- Georgatzi, V. V., Stamboulis, Y., & Vetsikas, A. (2020). Examining the determinants of CO2 emissions caused by the transport sector: empirical evidence from 12 European countries. *Economic Analysis and Policy*, 65, 11-20.
- George, C., & Julsrud, T. E. (2018). The development of organised car sharing in Norway: 1995–2018. *TØI Report*, 1663, 2018.
- Gilibert, M., Ribas, I., Rosen, C., & Siebeneich, A. (2020). On-demand shared ride-hailing for commuting purposes: comparison of Barcelona and Hanover case studies. *Transportation Research Procedia*, 47, 323-330. doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.105.
- Golalikhani, M., Oliveira, B. B., Carravilla, M. A., Oliveira, J. F., & Antunes, A. P. (2021). Carsharing: A review of academic literature and business practices toward an integrated decision-support framework. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 149, 102280. doi: 10.1016/j.tre.2021.102280.
- Gössling, S. (2018). ICT and transport behavior: A conceptual review. *International journal of sustainable transportation*, 12(3), 153-164. doi: 10.1080/15568318.2017.1338318.
- Grobbelaar, S.S. (2007). (Doctoral dissertation, University of Pretoria).

- Hall, J. D., Palsson, C., & Price, J. (2018). Is Uber a substitute or complement for public transit?. *Journal of urban economics*, 108, 36-50. doi: 10.1016/j.jue.2018.09.003.
- Han, J., & Hayashi, Y. (2008). A system dynamics model of CO2 mitigation in China's inter-city passenger transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 13(5), 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.03.005>.
- Hasche, N., Höglund, L., & Linton, G. (2020). Quadruple helix as a network of relationships: creating value within a Swedish regional innovation system. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, 32(6), 523-544. <https://doi.org/10.1080/08276331.2019.1643134>.
- He, Y., & Csiszár, C. (2018). Quality assessment method for mobility-as-a-service based on autonomous vehicles.
- Heiskala, M., Jokinen, J. P., & Tinnilä, M. (2016). Crowdsensing-based transportation services—An analysis from business model and sustainability viewpoints. *Research in Transportation Business & Management*, 18, 38-48.
- Hekkert, M. P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological forecasting and social change*, 76(4), 584-594. doi: 10.1016/j.techfore.2008.04.013.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological forecasting and social change*, 74(4), 413-432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>.
- Hirschhorn, F., Paulsson, A., Sørensen, C. H., & Veeneman, W. (2019). Public transport regimes and mobility as a service: Governance approaches in Amsterdam, Birmingham, and Helsinki. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 130, 178-191. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.016>.
- Ho, C. Q., Hensher, D. A., Mulley, C., & Wong, Y. Z. (2018). Potential uptake and willingness-to-pay for Mobility as a Service (MaaS): A stated choice study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 117, 302-318. doi: 10.1016/j.tra.2018.08.025.
- Hölscher, K., Wittmayer, J. M., & Loorbach, D. (2018). Transition versus transformation: What's the difference?. *Environmental innovation and societal transitions*, 27, 1-3. doi: 10.1016/J.EIST.2017.10.007.
- Holtz, G. (2011). Modelling transitions: An appraisal of experiences and suggestions for research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(2), 167-186. doi: 10.1016/j.eist.2011.08.003.
- Holtz, G., Alkemade, F., De Haan, F., Köhler, J., Trutnevyte, E., Luthe, T., ... & Ruutu, S. (2015). Prospects of modelling societal transitions: Position paper of an emerging community. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 17, 41-58. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.05.006>.
- Hughes, T. P. (1993). *Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930*. JHU press. <https://doi.org/10.2307/3104214>.
- Inturri, G., Le Pira, M., Giuffrida, N., Ignaccolo, M., Pluchino, A., Rapisarda, A., & D'Angelo, R. (2019). Multi-agent simulation for planning and designing new shared mobility services. *Research in Transportation Economics*, 73, 34-44. doi: 10.1016/j.retrec.2018.11.009.
- ITF/OECD. (2017). *Transition to Shared Mobility: How large cities can deliver inclusive transport services*. Available from: <https://www.itf-oecd.org/transition-shared-mobility>. Accessed 20/01/2021.
- Ivanova, D., Vita, G., Wood, R., Lausset, C., Dumitru, A., Krause, K., ... & Hertwich, E. G. (2018). Carbon mitigation in domains of high consumer lock-in. *Global Environmental Change*, 52, 117-130. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2018.06.006.

- Jacobsson, S., Bergek, A. (2004). Transforming the energy sector. The evolution of technological systems in renewable energy. *Industrial and Corporate Change* 13 (5), pp. 815–849.
- Janssen, A., Lienin, S. F., Gassmann, F., & Wokaun, A. (2006). Model aided policy development for the market penetration of natural gas vehicles in Switzerland. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(4), pp. 316-333. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.06.006>.
- Jenn, A., Springel, K., & Gopal, A. R. (2018). Effectiveness of electric vehicle incentives in the United States. *Energy policy*, 119, 349-356. doi: 10.1016/j.enpol.2018.04.065.
- Jifeng, W., Huapu, Lu & Hu, P. (2008). System dynamics model of urban transportation system and its application. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology* 8, pp. 83–89. [https://doi.org/10.1016/S1570-6672\(08\)60027-6](https://doi.org/10.1016/S1570-6672(08)60027-6).
- Jin, F., Ding, J., Wang, J. E., Liu, D., & Wang, C. (2012). Transportation development transition in China. *Chinese Geographical Science*, 22(3), 319-333. doi: 10.1007/s11769-012-0538-9.
- Jittrapirom, P., Marchau, V., van der Heijden, R., & Meurs, H. (2020). Future implementation of mobility as a service (MaaS): Results of an international Delphi study. *Travel Behaviour and Society*, 21, 281-294. doi: 10.1016/j.tbs.2018.12.004.
- Kallis, G., Norgaard, R. (2010). Coevolutionary ecological economics. *Ecological Economics* 69, 690–699.
- Kamargianni, M., Li, W., Matyas, M., & Schäfer, A. (2016). A critical review of new mobility services for urban transport. *Transportation Research Procedia*, 14, 3294-3303. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.277.
- Kamargianni, M., & Matyas, M. (2017). The business ecosystem of mobility-as-a-service. In *transportation research board* (Vol. 96). Transportation Research Board.
- Kanger, L., Sovacool, B. K., & Noorkõiv, M. (2020). Six policy intervention points for sustainability transitions: A conceptual framework and a systematic literature review. *Research policy*, 49(7), 104072. doi: 10.1016/j.respol.2020.104072.
- Kapmeier, F. (1999). *Vom systemischen Denken zur Methode System Dynamics* (Master's thesis).
- Karlsen, R., Papachristos, G., & Rehmatulla, N. (2018). The diffusion of wind propulsion technologies in shipping: an agent-based model. *Sustainability Transitions Research Network (STRN)*.
- Karlsson, I. C. M., Mukhtar-Landgren, D., Smith, G., Koglin, T., Kronsell, A., Lund, E., ... & Sochor, J. (2020). Development and implementation of Mobility-as-a-Service—A qualitative study of barriers and enabling factors. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 283-295. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.028.
- Kasseris, E. P., & Heywood, J. B. (2007). Comparative analysis of automotive powertrain choices for the next 25 years. *SAE Transactions*, 626-647.
- Kay, A. I., Noland, R. B., & Rodier, C. J. (2014). Achieving reductions in greenhouse gases in the US road transportation sector. *Energy Policy*, 69, 536-545. doi: 10.1016/j.enpol.2014.02.012.
- Kemp, R., Avelino, F., & Bressers, N. (2011). Transition management as a model for sustainable mobility. *European Transport/Trasporti Europei*, 47(47), 26-46.
- Kemp, R., Schot, J., & Hoogma, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. *Technology analysis & strategic management*, 10(2), 175-198. doi: 10.1080/09537329808524310.
- Kenworthy, J. R., & Laube, F. B. (1996). Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transport and land use patterns with implications for

- sustainability. *Environmental impact assessment review*, 16(4-6), 279-308. doi: 10.1016/S0195-9255(96)00023-6.
- Kim, K. (2015). Can carsharing meet the mobility needs for the low-income neighborhoods? Lessons from carsharing usage patterns in New York City. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 249-260. doi: 10.1016/j.tra.2015.04.020.
- Kim, Y., Kim, E. J., Jang, S., & Kim, D. K. (2021). A comparative analysis of the users of private cars and public transportation for intermodal options under Mobility-as-a-Service in Seoul. *Travel Behaviour and Society*, 24, 68-80. doi: 10.1016/j.tbs.2021.03.001.
- Kivimaa, P., Hyysalo, S., Boon, W., Klerkx, L., Martiskainen, M., & Schot, J. (2019). Passing the baton: How intermediaries advance sustainability transitions in different phases. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 110-125.
- Kleijnen, J. P. (1995). Sensitivity analysis and optimization of system dynamics models: regression analysis and statistical design of experiments. *System Dynamics Review*, 11(4), 275-288.
- Kleindorfer, P. R., Singhal, K., & Van Wassenhove, L. N. (2005). Sustainable operations management. *Production and operations management*, 14(4), 482-492. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2005.tb00235.x>.
- Kley, F., Lerch, C., & Dallinger, D. (2011). New business models for electric cars—A holistic approach. *Energy policy*, 39(6), 3392-3403. doi: 10.1016/j.enpol.2011.03.036.
- Köhler, J., De Haan, F., Holtz, G., Kubeczko, K., Moallemi, E., Papachristos, G., & Chappin, E. (2018). Modelling sustainability transitions: An assessment of approaches and challenges. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 21(1). doi: 10.18564/jasss.3629.
- Köhler, J., Turnheim, B., & Hodson, M. (2020). Low carbon transitions pathways in mobility: Applying the MLP in a combined case study and simulation bridging analysis of passenger transport in the Netherlands. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119314. doi: 10.1016/j.techfore.2018.06.003.
- Köhler, J., Whitmarsh, L., Nykvist, B., Schilperoord, M., Bergman, N., & Haxeltine, A. (2009). A transitions model for sustainable mobility. *Ecological economics*, 68(12), 2985-2995. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.06.027>.
- Kong, H., Moody, J., & Zhao, J. (2020). ICT's impacts on ride-hailing use and individual travel. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 141, 1-15. doi: 10.1016/j.tra.2020.08.012.
- Krail, M., & Schade, W. (2012). Reducing the Climate Impact of Transport—Technologies and Policies for Road Transport. In 30th International Conference of SDS, St. Gallen, Switzerland.
- Kwakkel, J. H., & Pruyt, E. (2013). Exploratory Modeling and Analysis, an approach for model-based foresight under deep uncertainty. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(3), 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.10.005>.
- Kwon, T. H. (2012). Strategic niche management of alternative fuel vehicles: A system dynamics model of the policy effect. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(9), 1672-1680. doi: 10.1016/j.techfore.2012.05.015.
- Lachman, D. A. (2013). A survey and review of approaches to study transitions. *Energy Policy*. Elsevier, 58, pp. 269–276. doi: 10.1016/j.enpol.2013.03.013.
- Lah, O. (2015). The barriers to low-carbon land-transport and policies to overcome them. *European Transport Research Review*, 7(1), 1-11. doi: 10.1007/s12544-014-0151-3.
- Lai, W. T., & Chen, C. F. (2011). Behavioral intentions of public transit passengers—The roles of service quality, perceived value, satisfaction and involvement. *Transport policy*, 18(2), 318-325. doi: 10.1016/J.TRANPOL.2010.09.003.

- Langbroek, J. H., Franklin, J. P., & Susilo, Y. O. (2016). The effect of policy incentives on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 94, 94-103. doi: 10.1016/j.enpol.2016.03.050.
- Lanoie, P., Laurent-Lucchetti, J., Johnstone, N., & Ambec, S. (2011). Environmental policy, innovation and performance: new insights on the Porter hypothesis. *Journal of Economics & Management Strategy*, 20(3), 803-842. doi: 10.1111/j.1530-9134.2011.00301.x.
- Lavieri, P. S., & Bhat, C. R. (2019). Investigating objective and subjective factors influencing the adoption, frequency, and characteristics of ride-hailing trips. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 105, 100-125. doi: 10.1016/j.trc.2019.05.037.
- Lawhon, M., & Murphy, J. T. (2012). Socio-technical regimes and sustainability transitions: Insights from political ecology. *Progress in human geography*, 36(3), 354-378. doi: 10.1177/0309132511427960.
- Le Vine, S. & Polak, J. (2015). Introduction to special issue: new directions in shared-mobility research. *Transportation*, 42, σσ 407–411. doi: 10.1007/s11116-015-9603-4.
- Leach, F., Kalghatgi, G., Stone, R., & Miles, P. (2020). The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines. *Transportation Engineering*, 1, 100005. doi: 10.1016/j.treng.2020.100005.
- Lei, X., Zhang, J., & Li, J. (2012). A system dynamics model for urban low-carbon transport and simulation in the city of Shanghai, China. *AISS: Advances in Information Sciences and Service Sciences*, 4(1), 239-246. <https://doi.org/10.4156/aiss.vol4.issue1.31>.
- Lesteven, G., & Samadzad, M. (2021). Ride-hailing, a new mode to commute? Evidence from Tehran, Iran. *Travel Behaviour and Society*, 22, 175-185. doi: 10.1016/j.tbs.2020.09.006.
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A radical guide to exponential smoothing and curve fitting*. London, Boston: Butterworth Scientific
- Li, B., & Szeto, W. Y. (2021). Modeling and analyzing a taxi market with a monopsony taxi owner and multiple rentee-drivers. *Transportation Research Part B: Methodological*, 143, 1-22. doi: 10.1016/j.trb.2020.10.008.
- Li, F. G., & Strachan, N. (2017). Modelling energy transitions for climate targets under landscape and actor inertia. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24, 106-129. doi: 10.1016/j.EIST.2016.08.002.
- Lin, X., Wells, P., & Sovacool, B. K. (2017). Benign mobility? Electric bicycles, sustainable transport consumption behaviour and socio-technical transitions in Nanjing, China. *Transportation research part A: policy and practice*, 103, 223-234. doi: 10.1016/j.tra.2017.06.014.
- Lin, X., Wells, P., & Sovacool, B. K. (2018). The death of a transport regime? The future of electric bicycles and transportation pathways for sustainable mobility in China. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 255-267. doi: 10.1016/j.techfore.2018.02.008.
- Liu, J., Khattak, A. J., Li, X., & Fu, X. (2019). A spatial analysis of the ownership of alternative fuel and hybrid vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 77, 106-119. doi: 10.1016/j.trd.2019.10.018.
- Liu, Y., Wang, F., Xiao, Y., & Gao, S. (2012). Urban land uses and traffic 'source-sink areas': Evidence from GPS-enabled taxi data in Shanghai. *Landscape and Urban Planning*, 106(1), 73-87. doi: 10.1016/j.landurbplan.2012.02.012.
- Loubser, J., Marnewick, A. L., & Joseph, N. (2021). Framework for the potential userbase of mobility as a service. *Research in Transportation Business & Management*, 39, 100583. doi: 10.1016/j.rtbm.2020.100583.

- Lüdeke-Freund, F. (2020). Sustainable entrepreneurship, innovation, and business models: Integrative framework and propositions for future research. *Business Strategy and the Environment*, 29(2), 665-681. doi: 10.1002/bse.2396.
- Lyons, G., Hammond, P., & Mackay, K. (2019). The importance of user perspective in the evolution of MaaS. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 121, 22-36. doi: 10.1016/j.tra.2018.12.010.
- Gandia, R. M., Braga, R., Antonialli, F., Cavazza, B. H., Sugano, J. Y., Castro, C., ... & Nicolai, I. (2017, June). The quintuple helix model and the future of mobility: The case of autonomous vehicles. In 25th International Colloquium of Gerpisa-R/Evolutions. New technologies and services in the automotive industry.
- Markard, J., & Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research policy*, 37(4), 596-615. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.004>.
- Markides, C. C. (2013). Business model innovation: what can the ambidexterity literature teach us?. *Academy of Management Perspectives*, 27(4), 313-323. doi: 10.5465/amp.2012.0172.
- Maruccia, Y., Solazzo, G., Passiante, G., & Del Vecchio, P. (2019, September). Systems of innovation and Quintuple Helix: preliminary results of a system dynamic approach. In 12th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business.
- May, A. D., Kelly, C., & Shepherd, S. (2006). The principles of integration in urban transport strategies. *Transport policy*, 13(4), 319-327. doi: 10.1016/J.TRANPOL.2005.12.005.
- Mazur, C., Contestabile, M., Offer, G. J., & Brandon, N. P. (2015). Understanding the drivers of fleet emission reduction activities of the German car manufacturers. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 3-21.
- Mazzucato, M. (2015). From market fixing to market-creating: A new framework for economic policy.
- Meadows, D., Randers, J., & Meadows, D. (2004). A synopsis: Limits to growth: The 30-year update. Estados Unidos: Chelsea Green Publishing Company, 381.
- Metropolitan Transportation Commission with Parsons Brinckerhoff, I. (2013) Travel Model Development: Sensitivity Testing.
- Minnich, E. K., & Patton, M. Q. (Eds.). (2019). *Thought work: Thinking, action, and the fate of the world*. Rowman & Littlefield.
- Mishan, E. J., & Mishan, E. J. (1967). *The costs of economic growth* (Vol. 9). London: Staples Press.
- Mitra, S. K., Bae, Y., & Ritchie, S. G. (2019). Use of ride-hailing services among older adults in the United States. *Transportation research record*, 2673(3), 700-710. doi: 10.1177/0361198119835511.
- Monzon, A., Lopez-Carreiro, I., & Lopez, E. (2019, October). Evaluating citizens' willingness to uptake a MaaS tool for metropolitan multimodal trips. In 2019 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2) (pp. 258-261). IEEE.
- Moody, J., Farr, E., Papagelis, M., & Keith, D. R. (2021). The value of car ownership and use in the United States. *Nature Sustainability*, 4(9), 769-774. doi: 10.1038/s41893-021-00731-5.
- Moradi, A., & Vagnoni, E. (2018). A multi-level perspective analysis of urban mobility system dynamics: what are the future transition pathways?. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 231-243.
- Morecroft, J. D. (1988). System dynamics and microworlds for policymakers. *European journal of operational research*, 35(3), 301-320.
- Morecroft, J. D. (2015). *Strategic modelling and business dynamics: A feedback systems approach*. John Wiley & Sons.

- Moriarty, P., & Honnery, D. (2008). The prospects for global green car mobility. *Journal of cleaner production*, 16(16), 1717-1726. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.10.025>.
- Mulley, C. (2017). Mobility As a Services (MaaS) – Does it Have Critical Mass? *Transport Reviews*, Vol. 37, No. 3, 247–251. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1280932>.
- Mulley, C., Nelson, J. D., & Wright, S. (2018). Community transport meets mobility as a service: On the road to a new a flexible future. *Research in Transportation Economics*, 69, 583-591. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.02.004>.
- Münzel, K., Piscicelli, L., Boon, W., & Frenken, K. (2019). Different business models—different users? Uncovering the motives and characteristics of business-to-consumer and peer-to-peer carsharing adopters in The Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 73, 276-306. doi: 10.1016/j.trd.2019.07.001.
- Nykqvist, B., & Whitmarsh, L. (2008). A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: Niche development in the UK and Sweden. *Technological forecasting and social change*, 75(9), 1373-1387. doi: 10.1016/J.TECHFORE.2008.05.006.
- Oliveira, G. D., Roth, R., & Dias, L. C. (2019). Diffusion of alternative fuel vehicles considering dynamic preferences. *Technological Forecasting and Social Change*, 147, 83-99. doi: 10.1016/j.techfore.2019.06.002.
- Pangbourne, K., Mladenović, M. N., Stead, D., & Milakis, D. (2020). Questioning mobility as a service: Unanticipated implications for society and governance. *Transportation research part A: policy and practice*, 131, 35-49. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.033.
- Papachristos G. & Struben, J. (2019). System dynamics modelling and research: opportunitites for transition research. In Moallemi, E. A., & de Haan, F. J. (Eds.). *Modelling Transitions: Virtues, Vices, Visions of the Future*. Routledge.
- Papachristos, G. (2014). Towards multi-system sociotechnical transitions: why simulate. *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(9), 1037-1055. <https://doi.org/10.1080/09537325.2014.944148>.
- Papachristos, G. (2018a). A mechanism based transition research methodology: Bridging analytical approaches. *Futures*, 98, 57–71. doi: 10.1016/j.futures.2018.02.006.
- Papachristos, G. (2018b). Analytical sociology for socio-technical transition research: Bridging case study and system dynamics. *System Dynamics Society*.
- Papachristos, G. (2019). System dynamics modelling and simulation for sociotechnical transitions research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 248-261.
- Papachristos, G., & Struben, J. (2019). System dynamics methodology and research: Opportunities for transitions research. In *Modelling Transitions* (pp. 119-138). Routledge.
- Papachristos, G. (2011). A system dynamics model of socio-technical regime transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(2), 202-233.
- Papachristos, G. (2014). Towards multi-system sociotechnical transitions: why simulate. *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(9), 1037-1055.
- Papachristos, G., & Adamides, E. (2016). A retroductive systems-based methodology for socio-technical transitions research. *Technological forecasting and social change*, 108, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.007>.
- Papachristos, G., Sofianos, A., & Adamides, E. (2013). System interactions in socio-technical transitions: Extending the multi-level perspective. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 7, 53-69. <https://doi.org/10.1016/J.EIST.2013.03.002>.
- Pasaoglu, G., Harrison, G., Jones, L., Hill, A., Beaudet, A., & Thiel, C. (2016). A system dynamics based market agent model simulating future powertrain technology transition: Scenarios in the EU light duty vehicle road transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 104, 133-146. doi: 10.1016/j.techfore.2015.11.028.

- Pavone, M. (2015). Autonomous mobility-on-demand systems for future urban mobility. In *Autonomes Fahren* (pp. 399-416). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-45854-9_19.
- Polydoropoulou, A., Pagoni, I., Tsirimpa, A., Roumboutsos, A., Kamargianni, M., & Tsouros, I. (2020). Prototype business models for Mobility-as-a-Service. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 149-162. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.035.
- Polydoropoulou, A., Tsouros, I., Pagoni, I., & Tsirimpa, A. (2020). Exploring individual preferences and willingness to pay for mobility as a service. *Transportation research record*, 2674(11), 152-164. doi: 10.1177/0361198120938054.
- Polydoropoulou, A., Kamargianni, M., & Tsirimpa, A. (2013). Car use addiction vs. ecological consciousness: Which one prevails on mode choice behavior. book: *Travel behaviour research (IATBR)*, editors: Roorda, M., and E. miller, 128-139.
- Pruyt, E. (2013). Small system dynamics models for big issues: Triple jump towards real-world complexity.
- Pyddoke, R., Swärdh, J. E., Algers, S., Habibi, S., & Zadeh, N. S. (2021). Distributional effects from policies for reduced CO₂-emissions from car use in 2030. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 101, 103077. doi: 10.1016/J.TRD.2021.103077.
- Quarles, N., Kockelman, K. M., & Mohamed, M. (2020). Costs and benefits of electrifying and automating bus transit fleets. *Sustainability*, 12(10), 3977. doi: 10.3390/su12103977.
- Rad, M.F., Seyedesfahani, M.M., & Jalilvand, M.R. (2015). An effective collaboration model between industry and university based on the theory of self organization: A system dynamics model. *Journal of Science & Technology Policy Management*.
- Rantasila, K. (2015, November). The impact of Mobility as a Service concept to land use in Finnish context. In *2015 International Conference on Sustainable Mobility Applications, Renewables and Technology (SMART)* (pp. 1-7). IEEE. doi: 10.1109/SMART.2015.7399229.
- Richardson, G. P., & Pugh III, A. L. (1997). Introduction to system dynamics modeling with DYNAMO. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1146-1146.
- Rodrigue, J. P., Comtois, C., & Slack, B. (2016). *The geography of transport systems*. Routledge.
- Rogge, K. S., Kern, F., & Howlett, M. (2017). Conceptual and empirical advances in analysing policy mixes for energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 33, 1-10. doi: 10.1016/J.ERSS.2017.09.025.
- Rotmans, J., Kemp, R. & Marjolein, van A. (2001). More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight*, 3(1), 15–31.
- Safarzyńska, K., Frenken, K., & Van Den Bergh, J. C. (2012). Evolutionary theorizing and modeling of sustainability transitions. *Research policy*, 41(6), 1011-1024. doi: 10.1016/j.respol.2011.10.014.
- Samara, E., Georgiadis, P., & Bakouros, I. (2012). The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis. *Technovation*, 32(11), 624-638.
- Santos, G., Behrendt, H., & Teytelboym, A. (2010). Part II: Policy instruments for sustainable road transport. *Research in transportation economics*, 28(1), 46-91. doi: 10.1016/J.RETREC.2010.03.002.
- Santos, G., Behrendt, H., Maconi, L., Shirvani, T., & Teytelboym, A. (2010). Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Research in transportation economics*, 28(1), 2-45. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.11.002>.
- Sarasini, S., Diener, D., Sochor, J., & Vanacore, E. (2018). *Stimulating a Transition to Sustainable Urban Mobility*. JPI Urban Europe: Gothenburg, Sweden.

- Sarasini, S., & Linder, M. (2018). Integrating a business model perspective into transition theory: The example of new mobility services. *Environmental innovation and societal transitions*, 27, 16-31. doi: 10.1016/j.eist.2017.09.004.
- Sarasini, S., & Langeland, O. (2021). Business model innovation as a process for transforming user mobility practices. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 39, 229-248.
- Sarasini, S., & Langeland, O. (2017). Business model innovation for carsharing and sustainable urban mobility. In *The 8th International Sustainability Transitions Conference*. Gothenburg, Sweden.
- Sastry, M. A. (1997). Problems and paradoxes in a model of punctuated organizational change. *Administrative Science Quarterly*, 237-275.
- Sawyer, R. K. (2004). Social explanation and computational simulation. *Philosophical explorations*, 7(3), 219-231.
- Schikofsky, J., Dannewald, T., & Kowald, M. (2020). Exploring motivational mechanisms behind the intention to adopt mobility as a service (MaaS): Insights from Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 296-312. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.022.
- Scholl, L., Schipper, L., & Kiang, N. (1996). CO2 emissions from passenger transport: a comparison of international trends from 1973 to 1992. *Energy Policy*, 24(1), 17-30. doi: 10.1016/0301-4215(95)00148-4.
- Schot, J., & Geels, F. W. (2008). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technology analysis & strategic management*, 20(5), 537-554. doi: 10.1080/09537320802292651.
- Schot, J., Kanger, L., & Verbong, G. (2016). The roles of users in shaping transitions to new energy systems. *Nature energy*, 1(5), 1-7. doi: 10.1038/nenergy.2016.54.
- Schulz, T., Böhm, M., Gewalt, H., Celik, Z., & Krcmar, H. (2020). The negative effects of institutional logic multiplicity on service platforms in intermodal mobility ecosystems. *Business & Information Systems Engineering*, 62(5), 417-433. doi: 10.1007/s12599-020-00654-z.
- Schumpeter, J.A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row, New York, NK.
- Schwanen, T. (2015). Beyond instrument: Smartphone app and sustainable mobility. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*.
- Sdoukopoulos, E., Kose, P., Gal-Tzur, A., Mezghani, M., Boile, M., Sheety, E., & Mitropoulos, L. (2016). Assessment of urban mobility needs, gaps and priorities in Mediterranean partner countries. *Transportation Research Procedia*, 14, 1211-1220. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.192.
- Shaheen, S., & Cohen, A. (2018). Impacts of shared mobility. *ITS Berkeley Policy Briefs*, 2018 (02). doi: 10.7922/G20K26QT.
- Shaheen, S., & Cohen, A. (2019). Shared ride services in North America: definitions, impacts, and the future of pooling. *Transport reviews*, 39(4), 427-442. doi: 10.1080/01441647.2018.1497728.
- Shepherd, S. P. (2014). A review of system dynamics models applied in transportation. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 2(2), 83-105.
- Shepherd, S., Bonsall, P., & Harrison, G. (2012). Factors affecting future demand for electric vehicles: A model based study. *Transport Policy*, 20, 62-74. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.006>.
- Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & Van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy policy*, 68, 183-194. doi: 10.1016/j.enpol.2014.01.043.

- Simsekoglu, Ö. (2018). Socio-demographic characteristics, psychological factors and knowledge related to electric car use: A comparison between electric and conventional car drivers. *Transport Policy*, 72, 180-186. doi: 10.1016/j.tranpol.2018.03.009.
- Smith, A., Stirling, A., & Berkhout, F. (2005). The governance of sustainable socio-technical transitions. *Research policy*, 34(10), 1491-1510. doi: 10.1016/j.respol.2005.07.005.
- Smith, G., Sochor, J., & Karlsson, I. M. (2019). Public-private innovation: barriers in the case of mobility as a service in West Sweden. *Public Management Review*, 21(1), 116-137. doi: 10.1080/14719037.2018.1462399.
- Smith, G., Sochor, J., & Karlsson, I. M. (2020). Intermediary MaaS Integrators: A case study on hopes and fears. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 163-177. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.024.
- Smith, G., Sochor, J., & Karlsson, I. M. (2018). Mobility as a Service: Development scenarios and implications for public transport. *Research in Transportation Economics*, 69, 592-599. doi: 10.1016/j.retrec.2018.04.001.
- Song, Y., Li, G., Wang, Q., Meng, X., & Wang, H. (2020). Scenario analysis on subsidy policies for the uptake of electric vehicles industry in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104927. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104927.
- Sorrell, S. (2018). Explaining sociotechnical transitions: A critical realist perspective. *Research Policy*, 47(7), 1267-1282. doi: 10.1016/j.respol.2018.04.008.
- Sovacool, B. K., Kester, J., Noel, L., & de Rubens, G. Z. (2019). Income, political affiliation, urbanism and geography in stated preferences for electric vehicles (EVs) and vehicle-to-grid (V2G) technologies in Northern Europe. *Journal of Transport Geography*, 78, 214-229. doi: 10.1016/J.JTRANGE.2019.06.006.
- Stephenson, J., Hopkins, D., & Doering, A. (2015). Conceptualizing transport transitions: Energy Cultures as an organizing framework. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 4(4), 354-364.
- Stepp, M. D., Winebrake, J. J., Hawker, J. S., & Skerlos, S. J. (2009). Greenhouse gas mitigation policies and the transportation sector: The role of feedback effects on policy effectiveness. *Energy Policy*, 37(7), pp. 2774-2787. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.013>.
- Sterman, J. D. (1994). Learning in and about complex systems. *System dynamics review*, 10(2-3), pp. 291-330. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100214>.
- Sterman, J. D. (2000) *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-HillGraw-Hill. doi: 10.1108/13673270210417646.
- Sterman, J. D. (2002). All Models are Wrong: Reflections on Becoming a Systems Scientist. *System Dynamics Review* 18 (4), pp. 501-531.
- Struben, J., & Sterman, J. D. (2008). Transition challenges for alternative fuel vehicle and transportation systems. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(6), pp. 1070-1097.
- Sumaedi, S., Bakti, I. G. M. Y., & Yarmen, M. (2012). THE EMPIRICAL STUDY OF PUBLIC TRANSPORT PASSENGERS'BEHAVIORAL INTENTIONS: THE ROLES OF SERVICE QUALITY, PERCEIVED SACRIFICE, PERCEIVED VALUE, AND SATISFACTION (CASE STUDY: PARATRANSIT PASSENGERS IN JAKARTA, INDONESIA). *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 2(1).
- Sun, S. (2021). How Does the Collaborative Economy Advance Better Product Lifetimes? A Case Study of Free-Floating Bike Sharing. *Sustainability* 13, 1434. <https://doi.org/10.3390/su13031434>.
- Surakka, T., Härri, F., Haahtela, T., Horila, A., & Michl, T. (2018). Regulation and governance supporting systemic MaaS innovations. *Research in Transportation Business & Management*, 27, 56-66. doi: 10.1016/j.rtbm.2018.12.001.

- Suryani, E., Chou, S. Y., & Chen, C. H. (2010). Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework. *Expert Systems with Applications*, 37(3), 2324-2339. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.07.041>.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6), 285-305.
- Teece, D. J. (2010) 'Business Models, Business Strategy and Innovation', *Long Range Planning*, 43, σσ 172–194. doi: 10.1016/j.lrp.2009.07.003.
- Teece, D. J. (2018). Tesla and the reshaping of the auto industry. *Management and Organization Review*, 14(3), 501-512. doi: 10.1017/mor.2018.33.
- Thaller, C., Niemann, F., Dahmen, B., Clausen, U., & Leerkamp, B. (2017). Describing and explaining urban freight transport by System Dynamics. *Transportation research procedia*, 25, 1075-1094. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.480>.
- Timilsina, G. R., & Dulal, H. B. (2011). Urban road transportation externalities: costs and choice of policy instruments. *The World Bank Research Observer*, 26(1), 162-191. doi: 10.1093/wbro/lkq005.
- Tongur, S., & Engwall, M. (2014). The business model dilemma of technology shifts. *Technovation*, 34(9), 525-535. doi: 10.1016/j.technovation.2014.02.006.
- Towoju, O. A., & Ishola, F. A. (2020). A case for the internal combustion engine powered vehicle. *Energy Reports*, 6, 315-321. doi: 10.1016/j.egyr.2019.11.082.
- Tsoutsos, T. D., & Stamboulis, Y. A. (2005). The sustainable diffusion of renewable energy technologies as an example of an innovation-focused policy. *Technovation*, 25(7), 753-761. doi: 10.1016/J.TECHNOVATION.2003.12.003.
- Turnheim, B., & Geels, F. W. (2013). The destabilisation of existing regimes: Confronting a multi-dimensional framework with a case study of the British coal industry (1913–1967). *Research Policy*, 42(10), 1749-1767. doi: 10.1016/j.respol.2013.04.009.
- Twomey, P., & Gaziulusoy, A. I. (2014). Review of System Innovation and Transitions Theories: Concepts and frameworks for understanding and enabling transitions to a low carbon built environment. Visions and Pathways Project.
- Ulak, M. B., Yazici, A., & Aljarrah, M. (2020). Value of convenience for taxi trips in New York City. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 142, 85-100. doi: 10.1016/j.tra.2020.10.016.
- Ulli-Beer, S., Bosshardt, M., Dietrich, P., & Wokaun, A. (2009). What Alternative Drive-train Technologies and Policies are Needed to Meet a 50% CO2 Reduction Target?: The Case of the EU-Fleet. *SAE International*. doi: 10.4271/2009-01-0319.
- Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy policy*, 28(12), 817-830. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7).
- Unruh, G. C. (2002). Escaping carbon lock-in. *Energy policy*, 30(4), 317-325. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00098-2](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00098-2).
- Upham, P., Virkamäki, V., Kivimaa, P., Hildén, M., & Wadud, Z. (2015). Socio-technical transition governance and public opinion: the case of passenger transport in Finland. *Journal of transport geography*, 46, 210-219. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2015.06.024.
- Urban, J., Sarasini, S., Diener, D.L., & Sochor, J. (2018). Stimulating a Transition to Sustainable Urban Mobility.
- Uriona, M. M. & Grobbelaar, S. S. (2017). System Dynamics modelling in the Innovation Systems literature. Paper presented at the 15th Globelics International Conference – Athens, Greece.
- Utriainen, R., & Pöllänen, M. (2018). Review on mobility as a service in scientific publications. *Research in Transportation Business & Management*, 27, 15-23. doi: 10.1016/j.rtbm.2018.10.005.

- van Rijnsoever, F. J., & Leendertse, J. (2020). A practical tool for analyzing socio-technical transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 37, 225-237. doi: 10.1016/j.eist.2020.08.004.
- van Waes, A., Farla, J., Frenken, K., de Jong, J. P., & Raven, R. (2018). Business model innovation and socio-technical transitions. A new prospective framework with an application to bike sharing. *Journal of Cleaner Production*, 195, 1300-1312. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.223.
- Vehicle Technologies Office: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/internal-combustion-engine-basics>. Last accessed: 08/01/2022.
- Vij, A., Ryan, S., Sampson, S., & Harris, S. (2020). Consumer preferences for Mobility-as-a-Service (MaaS) in Australia. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 117, 102699. doi: 10.1016/j.trc.2020.102699.
- Wainstein, M. E., & Bumpus, A. G. (2016). Business models as drivers of the low carbon power system transition: a multi-level perspective. *Journal of Cleaner Production*, 126, 572-585. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.02.095.
- Walther, G., Wansart, J., Kieckhäfer, K., Schnieder, E., & Spengler, T. S. (2010). Impact assessment in the automotive industry: mandatory market introduction of alternative powertrain technologies. *System Dynamics Review*, 26(3), pp. 239-261. <https://doi.org/10.1002/sdr.453>.
- Wang, K., Liu, H., Cheng, L., Bian, Z., & Circella, G. (2022). Assessing the role of shared mobility services in reducing travel-related greenhouse gases (GHGs) emissions: Focusing on America's young adults. *Travel Behaviour and Society*, 26, 301-311. doi: 10.1016/J.TBS.2021.10.005.
- Ward, C. (1991). *Freedom to Go: After the Motor Age*. Freedom Press.
- Wasserbaur, R., Sakao, T., & Lindahl, M. (2019). System analysis including aspects of governmental policies, business models and product/service design. *Procedia CIRP*, 83, 32-37. doi: 10.1016/j.procir.2019.02.136.
- Weckström, C., Kujala, R., Mladenović, M. N., & Saramäki, J. (2019). Assessment of large-scale transitions in public transport networks using open timetable data: case of Helsinki metro extension. *Journal of Transport Geography*, 79, 102470. doi: 10.1016/J.JTRANGE.2019.102470.
- Wells, P., Wang, X., Wang, L., Liu, H., & Orsato, R. (2020). More friends than foes? The impact of automobility-as-a-service on the incumbent automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119975. doi: 10.1016/j.techfore.2020.119975.
- Wells, P. 2013. Sustainable business models and the automotive industry: a commentary. *IIMB Management Review* 25, 228-239.
- Wilson, A., & Mason, B. (2020). The coming disruption—The rise of mobility as a service and the implications for government. *Research in transportation economics*, 83, 100898. doi: 10.1016/j.retrec.2020.100898.
- Wilson, M. C. (2007). The impact of transportation disruptions on supply chain performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(4), pp. 295-320. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2005.09.008>.
- Wittmayer, J. M., Avelino, F., van Steenberg, F., & Loorbach, D. (2017). Actor roles in transition: Insights from sociological perspectives. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24, 45-56. doi: 10.1016/j.eist.2016.10.003.
- Xiong, Z., Li, J., & Wu, H. (2021). Understanding operation patterns of urban online ride-hailing services: A case study of Xiamen. *Transport Policy*, 101, 100-118. doi: 10.1016/j.tranpol.2020.12.008.

- Xu, B., & Lin, B. (2015). Carbon dioxide emissions reduction in China's transport sector: a dynamic VAR (vector autoregression) approach. *Energy*, 83, 486-495. doi: 10.1016/j.energy.2015.02.052.
- Xu, B., & Lin, B. (2015). Factors affecting carbon dioxide (CO₂) emissions in China's transport sector: a dynamic nonparametric additive regression model. *Journal of Cleaner Production*, 101, 311-322. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.03.088.
- Xue, Y., Cheng, L., Wang, K., An, J., & Guan, H. (2020). System dynamics analysis of the relationship between transit metropolis construction and sustainable development of urban transportation—case study of Nanchang City, China. *Sustainability*, 12(7), 3028. <https://doi.org/10.3390/SU12073028>.
- Yang, M., Evans, S., Vladimirova, D., & Rana, P. (2017). Value uncaptured perspective for sustainable business model innovation. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1794-1804. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.102.
- Young, M., & Farber, S. (2019). The who, why, and when of Uber and other ride-hailing trips: An examination of a large sample household travel survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 383-392. doi: 10.1016/j.tra.2018.11.018.
- Zachmann, G., Holtermann, M., Radeke, J., Tam, M., Huberty, M., Naumenko, D., & Faye, A. N. (2012). The great transformation: decarbonising Europe's energy and transport systems. *Bruegel Blueprint* 16, February 2012.
- Zailani, S., Iranmanesh, M., Masron, T. A., & Chan, T. H. (2016). Is the intention to use public transport for different travel purposes determined by different factors?. *Transportation research part D: transport and environment*, 49, 18-24. doi: 10.1016/j.trd.2016.08.038.
- Zhang, H., Chen, J., Li, W., Song, X., & Shibasaki, R. (2020). Mobile phone GPS data in urban ride-sharing: An assessment method for emission reduction potential. *Applied energy*, 269, 115038. doi: 10.1016/j.apenergy.2020.115038.
- Zhang, T., Gensler, S., & Garcia, R. (2011). A study of the diffusion of alternative fuel vehicles: An agent-based modeling approach. *Journal of Product Innovation Management*, 28(2), 152-168. doi: 10.1111/j.1540-5885.2011.00789.x.
- Zhao, R., & Zhong, S. (2015). Carbon labelling influences on consumers' behaviour: A system dynamics approach. *Ecological indicators*, 51, 98-106. doi: 10.1016/J.ECOLIND.2014.08.030.
- Zhou, F., Zheng, Z., Whitehead, J., Perrons, R., Page, L., & Washington, S. (2017). Projected prevalence of car-sharing in four Asian-Pacific countries in 2030: What the experts think. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 84, 158-177. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.08.023>.
- Zijlstra, T., Durand, A., Hoogendoorn-Lanser, S., & Harms, L. (2020). Early adopters of Mobility-as-a-Service in the Netherlands. *Transport Policy*, 97, 197-209. doi: 10.1016/j.tranpol.2020.07.019.

Παράρτημα Ι: Οικονομετρικό μοντέλο για την εξαγωγή των β στην εξίσωση του AVG distance travelled

Avg distance travelled = $\beta_0 + \beta_1$ climate change mitigation technologies + β_2 Mode emissions per powertrain in time + β_3 teleworking rate + β_4 Income + β_5 Urban density + β_6 ICT usage + β_7 Transport taxes

Dependent Variable: TOTAL_INLAND_PASSENGER_T

Method: Panel Least Squares

Date: 02/15/22 Time: 15:27

Sample (adjusted): 2003 2018

Periods included: 16

Cross-sections included: 21

Total panel (unbalanced) observations: 250

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	29.49626	4.868995	6.057976	0.0000
CLIMATE_CHANGE_MITIGATIO	0.011006	0.005436	2.024872	0.0440
CO2_EMISSIONS_FROM_TRANS	-0.088690	0.036906	-2.403173	0.0170
EMPLOYED_PERSONS_WORKING	0.278181	0.040338	6.896320	0.0000
GDP_PER_CAPITA	0.000248	4.64E-05	5.333608	0.0000
POPULATION_DENSITY	-0.015485	0.005274	-2.936017	0.0036
SHARE_OF_HOUSEHOLDS_WITH	-0.018404	0.024938	-0.737975	0.4612
TRANSPORT_TAXES	-2.187654	1.617689	-1.352333	0.1775
R-squared	0.596742	Mean dependent var		37.17613
Adjusted R-squared	0.585077	S.D. dependent var		12.26285
S.E. of regression	7.899051	Akaike info criterion		7.002839
Sum squared resid	15099.59	Schwarz criterion		7.115526
Log likelihood	-867.3549	Hannan-Quinn criter.		7.048192
F-statistic	51.15886	Durbin-Watson stat		0.041662
Prob(F-statistic)	0.000000			

Παράρτημα II: Περιγραφή εξισώσεων μοντέλου προσομοίωσης συστημικής δυναμικής ανά έλικα (οι τιμές αφορούν στο Σενάριο 1)

Έλικα	Παράγοντας	Τύπος	Εξίσωση / Αρχική τιμή	Μονάδα μέτρησης	Περιγραφή
Κυβέρνηση	Total transport taxes	Βοηθητική μεταβλητή	'Mode j vehicles per type of powertrain' * 'Transport taxes'	€	Το σύνολο των φόρων που αντιστοιχούν στην ιδιοκτησία οχήματος, για όλα τα οχήματα στην εξεταζόμενη πόλη
	Transport taxes	Μεταβλητή απόφασης	{{500;250}; {500;250}; {2000;1000}; {500;250}}	€ / όχημα / έτος	Οι φόροι που προέρχονται από την αγορά (τέλη ταξινόμησης) οχημάτων και από τα τέλη κυκλοφορίας κάθε έτος
	Total energy taxes	Βοηθητική μεταβλητή	'Energy taxes' * 'Total Mode vehicle emissions per km' * ('Share of powertrain per mode or transport' * 'Mode j use')	€	Οι φόροι που προέρχονται από την αγορά καυσίμων
	Energy taxes	Μεταβλητή απόφασης	{{0,49;0,09} ; {0,49;0,09} ; {0,49;0,09} ; {0,49;0,09}}	€ / 1000 gCO ₂	Οι φόροι που επιβάλλονται για την αγορά καυσίμων ανά 1000gCO ₂
	Annual tax revenues	Ροή εισόδου	ARRSUM('Total energy taxes per powertrain') + ARRSUM('Total transport taxes')	€	Το σύνολο των φόρων που προέρχονται από την δραστηριότητα των οχημάτων
	Subsidies	Ροή εξόδου	'Avg price of vehicle purchase' * 'Vehicle subsidy rate' * 'Mode j new vehicles purchased'	€ / έτος	Το συνολικό ποσό επιδοτήσεων που δίνεται για την αγορά νέων οχημάτων
	Vehicle subsidy rate	Μεταβλητή απόφασης	30	%	Ποσοστό επιδότησης για την αγορά νέου οχήματος

	Planning goal	Βοηθητική μεταβλητή	657552	tnCO2	Ο στόχος των εκπομπών CO ₂ για το 2050 για την εξεταζόμενη πόλη
	Policy gap	Βοηθητική μεταβλητή	'Total emmissions' - 'Planning Goals'	tnCO2	Η διαφορά των παραγόμενων εκπομπών από τον στόχο που έχει τεθεί.
	Time to restrict powertrains	Μεταβλητή απόφασης	{2030; 2100}	-	Το 2030 η ΕΕ σκοπεύει να απαγορεύσει την πώληση των ΜΕΚ ³¹
Βιομηχανία	% of powertrain purchased	Βοηθητική μεταβλητή	'Powertrain attractiveness' / ARRSUM('Powertrain attractiveness')	%	Ποσοστό επί των συνολικών νέων οχημάτων που αγοράζονται από κάθε τύπο κινητήρα
	Mode j vehicle occupancy	Μεταβλητή απόφασης	{1,2;1,5;70;1,5}	Άτομα / όχημα	Αξιοποίηση των διαθέσιμων θέσεων σε κάθε όχημα σε κάθε μετακίνηση
	Mode j Peak vehicle demand	Βοηθητική μεταβλητή	'Mode j users' / 'Mode j vehicle occupancy'	οχήματα	Θεωρούμε ότι κατά τις ώρες αιχμής περίπου το 60% των χρηστών μετακινούνται ταυτόχρονα και προσδιορίζουν τον απαραίτητο αριθμό οχημάτων (εκτός από το ιδιωτικό όχημα)
	Mode j saturation	Βοηθητική μεταβλητή	'Mode j Peak vehicle demand - MPD' / 'Mode j fleet'	-	Ο κορεσμός της κάθε μορφής μετακίνησης σύμφωνα με τη ζήτηση και τα διαθέσιμα οχήματα
	New experience	Ροή εισόδου	Mode j users' * 'Avg travels per year'	μετακινήσεις	Η εμπειρία που προστίθεται σε κάθε μορφή μετακίνησης όσο αυξάνεται η χρήση της από τους μετακινούμενους

³¹ Μηχανές εσωτερικής καύσης

	Cumulative experience	Απόθεμα	('Mode j users' * 'Avg travels per year' + (years of existence) * Population * 'Avg travels per year')	μετακινήσεις	Η συνολική εμπειρία εξαρτάται από το συνολικό αριθμό των συναλλαγών, τον αριθμό των χρηστών και τις συναλλαγές που ο κάθε χρήστης πραγματοποιεί σε κάθε περίοδο (Sternan, 2000)
	Quality of Service	Βοηθητική μεταβλητή	DELAYPPL('Mode j saturation' * ('Cumulative experience' / ARRSUM('Cumulative experience'))); 1<<yr>>)	-	Η ποιότητα της κάθε μορφής μετακίνησης η οποία στηρίζεται στη συσσωρευμένη εμπειρία της κάθε μορφής μετακίνησης
	Mode j fleet	Βοηθητική μεταβλητή	ARRSUM('Mode j vehicles per type of powertrain')	οχήματα	Ο συνολικός αριθμός οχημάτων που αποδίδεται σε κάθε μορφή μετακίνησης σε κάθε έτος
	Mode j fleet t-1	Βοηθητική μεταβλητή	DELAYPPL('Mode j fleet'[PrivateCar]; 1<<yr>>); DELAYPPL('Mode j fleet'[Taxi]; 1<<yr>>)	οχήματα	Ο συνολικός αριθμός οχημάτων που αποδίδεται σε κάθε μορφή μετακίνησης για το προηγούμενο έτος από το έτος προσομοίωσης
	Mode j use	Βοηθητική μεταβλητή	'Avg distance travelled per trip' * ('Mode j users' / ('Mode j vehicle occupancy')) * 'Avg travels per year'	km	Τα χιλιόμετρα που διανύονται κάνοντας χρήση καθεμίας από τις διαφορετικές μορφές μετακίνησης σε κάθε έτος
	Mode share	Βοηθητική μεταβλητή	Mode j use' / ARRSUM('Mode j use')	%	Το ποσοστό των χιλιομέτρων που διανύονται με κάθε μια από τις διαφορετικές μορφές μετακίνησης
	Mode j new vehicles purchased	Ροή εισόδου	IF('Mode j saturation'>1; (DemandCover * ('Mode j Peak vehicle demand - MPD' - 'Mode j fleet')) * '% of powertrain purchased'; 0<<vehicles>>)	οχήματα / έτος	Τα νέα οχήματα που αγοράζονται για να καλύψουν την μέγιστη ζήτηση

	Mode j vehicles per type of powertrain	Απόθεμα	{{1400000;50000}; {14423;2500}; {1800;230}; {50;100}}	οχήματα	Τα οχήματα που υπάρχουν στο στόλο της κάθε μορφής μετακίνησης για κάθε τύπο κινητήρα
	Decommission rate	Βοηθητική μεταβλητή	DELAYPPL('Mode j new vehicles purchased'; 'Decommissioning age')	οχήματα	Ο αριθμός των οχημάτων που αποσύρεται κάθε έτος από τα οχήματα που εισέρχονται στην προσομοίωσή μας από το 2021 και μετά
	Initial vehicles decommissioned	Βοηθητική μεταβλητή	COMPOSITESERIES({1400000;50000}; {14423;2500}; {1800;230}; {50;100}); PREV()*(97%))	οχήματα	~3% των αρχικών οχημάτων αποσύρονται κάθε έτος με βάση την ΕΛΣΤΑΤ
	Vehicles decommissioned	Ροή εξόδου	IF ((YEAR(TIME) - YEAR(STARTTIME)) >'Decommissioning age' AND 'Mode j vehicles per type of powertrain' > 0 <<vehicles>>; ROUND('Decommission rate' + 'Initial vehicles decommissioned'*0,03); ROUND('Initial vehicles decommissioned'*0,03); 0 <<vehicles/period>>))	οχήματα	Συνολικός αριθμός των οχημάτων που αποσύρονται κάθε έτος.
	Decommissioning age	Βοηθητική μεταβλητή	{{10;10};{5;5}; {13;7}; {5;5}}	έτη	Τα έτη κατά τα οποία τα οχήματα παραμένουν στο σύστημά μας
	Change in services	Ροή εισόδου	IF(AVERAGE('Trend in purchasing')>0; AVERAGE('Trend in purchasing';0)	έτη ⁻¹	Αλλαγή στα διαθέσιμα συνεργεία συντήρησης οχημάτων
	Complementary services	Απόθεμα	{{1000;10}; {1000;10}; {100;5}; {1000;10}}	-	Αριθμός συνεργείων για την συντήρηση των οχημάτων

	Sensitivity to Complem Services availability	Μεταβλητή απόφασης	{{10;35}; {10;35}; {10;35}; {10;35}}	%	Ευαισθησία της ελκυστικότητας του κάθε τύπου κινητήρα εξαιτίας της αλλαγής των συμπληρωματικών πόρων
	Annual price change rate	Μεταβλητή απόφασης	{{2;-2};{2;-2};{2;-2};{2;-2}}	%	Ετήσια αλλαγή της τιμής αγοράς των οχημάτων
	Avg price of vehicle purchase	Βοηθητική μεταβλητή	{{12000;21000}; {400000;550000}; {12000;21000}; {12000;21000}}	€ / όχημα	Μέση τιμή αγοράς ενός οχήματος για κάθε ένα από τους τύπους κινητήρων
	Price in sim time	Βοηθητική μεταβλητή	COMPOSITESERIES('Avg price of vehicle purchase' * (1 - 'Vehicle subsidy rate'); (PREV() + ('Avg price of vehicle purchase' * 'Annual price change rate')))	€ / όχημα	Η τιμή αγοράς μετά από την αφαίρεση τυχόν επιδότησης
	Change of vehicle price	Βοηθητική μεταβλητή	'Price in sim time' - DELAYPPL('Price in sim time';1<<yr>>)) / DELAYPPL('Price in sim time';1<<yr>>))	-	Διαφορά τιμής αγοράς οχημάτων τα τελευταία δύο έτη
	Sensitivity to price change	Μεταβλητή απόφασης	{{0,10;0,35}; {0,10;0,35}; {0,10;0,35}; {0,10;0,35}}	-	Ευαισθησία αλλαγής της ελκυστικότητας κάθε τύπου κινητήρα εξαιτίας της αλλαγής της τιμής αγοράς των οχημάτων
	Powertrain attractiveness	Βοηθητική μεταβλητή	(IF('Time to restrict powertrains'>TIME; (1 * (1-'Change of vehicle price' * 'Sensitivity to price change')) * (1 - 'Change in emissions') * (1 + ('Change to Compl assets' * 'Sensitivity to Complem Services availability'))); 0))	-	Ελκυστικότητα του κάθε τύπου κινητήρα

	Share of powertrain per mode or transport	Βοηθητική μεταβλητή	'Mode j vehicles per type of powertrain' / ARRSUM('Mode j vehicles per type of powertrain')	%	Ποσοστό κάθε τύπου κινητήρα που θα αγοραστεί από το σύνολο των νέων οχημάτων
	Change in emissions	Βοηθητική μεταβλητή	('Mode emissions per powertrain in time' - 'Mode emissions in time - 1') / 'Mode emissions in time-1'	-	Διαφορά των εκπομπών ανάμεσα στα δύο τελευταία έτη
	Mode emissions per powertrain in time	Απόθεμα	{{120;50}; {120;50}; {1200;680}; {120;50}}	gCO ₂ / km / vehicle	Εκπομπές CO ₂ ανά όχημα
	Emissions improvement	Ροή εισόδου	"-'Rate of technology improvement' * 'Mode emissions per powertrain in time'	gCO ₂ / km	Βελτίωση των εκπομπών CO ₂ ανά έτος
	Rate of technology improvement	Μεταβλητή απόφασης	{{0,015;0,02};{0,015;0,02};{0,015;0,02};{0,015;0,02}}	%	Ο ρυθμός βελτίωσης της τεχνολογίας των οχημάτων (IEA, 2021).
	Mode new vehicle emissions	Ροή εισόδου	IF ('Mode j new vehicles purchased'>0<<vehicles>>; 'Mode emissions per powertrain in time' * 'Mode j new vehicles purchased'; 0<<gCO ₂ / (period*km)>>)	gCO ₂ / km * vehicle / έτος	Οι εκπομπές που δυνητικά παράγουν όλα τα οχήματα της κάθε μορφής μετακίνησης για τη διάνυση απόστασης ενός χιλιομέτρου
	Total Mode vehicle emissions per km	Απόθεμα	Mode j vehicles per type of powertrain' * 'Mode emissions per powertrain in time'	gCO ₂ / km	Συνολικές εκπομπές CO ₂ κάθε μορφής μετακίνησης για την πραγματοποίηση των συνολικών χιλιομέτρων
	Mode vehicle emissions subtracted	Ροή εξόδου	IF ('Sim time'>'Decommissioning age' AND 'Total Mode vehicle emissions per km'>0 <<gCO ₂ /km>> ; 'Emissions decommissioned' + 'Emissions of initial	gCO ₂ / km / όχημα	Συνολικές εκπομπές CO ₂ που αφαιρούνται από το σύστημα κάθε έτος

			vehicles'*0,025; 'Emissions of initial vehicles'*0,025)		
	Emissions decommissioned	Βοηθητική μεταβλητή	DELAYPPL('Mode new vehicle emissions'; 'Decommissioning age')	gCO ₂ / km * όχημα / έτος	Εκπομπές CO ₂ οι οποίες αφαιρούνται από το σύστημα με την απόσυρση των οχημάτων που συμπληρώνουν τα έτη παραμονής στο σύστημα
	Emissions of initial vehicles decommissioned	Βοηθητική μεταβλητή	COMPOSITESERIES({ { 168000000;250000 0}; { 1260000;125000 }; { 2160000;156400 }; { 6 000;5000 } }; PREV()*(97,5%))	gCO ₂ / km * όχημα / έτος	Εκπομπές CO ₂ οι οποίες αποσύρονται από το σύστημα με την απόσυρση των αρχικών οχημάτων κατά 2,5% / έτος
	Price Change of mode j use	Βοηθητική μεταβλητή	((((('Mode emissions per powertrain in time'[PrivateCar][ICE] * 'Energy taxes'[PrivateCar][ICE]) - DELAYPPL('Mode emissions per powertrain in time'[PrivateCar][ICE] * 'Energy taxes'[PrivateCar][ICE]; 1<<yr>>))) / DELAYPPL('Mode emissions per powertrain in time'[PrivateCar][ICE] * 'Energy taxes'[PrivateCar][ICE]; 1<<yr>>))) + ((('Mode emissions per powertrain in time'[PrivateCar][BEV] * 'Energy taxes'[PrivateCar][BEV]) - DELAYPPL('Mode emissions per powertrain in time'[PrivateCar][BEV] * 'Energy taxes'[PrivateCar][BEV]; 1<<yr>>))) / DELAYPPL('Mode emissions per powertrain in time'[PrivateCar][BEV] * 'Energy taxes'[PrivateCar][BEV]; 1<<yr>>))) / 2	€ / km	Μέσος όρος της αλλαγής της τιμής χρήσης της κάθε μορφής κινητικότητας

	Sensitivity to mode price change	Μεταβλητή απόφασης	{-0,01; -0,035; -0,02; -0,035}	-	Ευαισθησία απέναντι στην ελκυστικότητα των μορφών κινητικότητας που προέρχεται από την αλλαγή της τιμής χρήσης της κάθε μορφής κινητικότητας
	Avg mode emissions per vehicle	Βοηθητική μεταβλητή	IF(ARRSUM('Mode j vehicles per type of powertrain')>0 <<vehicles>> AND ARRSUM('Total Mode vehicle emissions per km')> 0 <<gCO2/km>>; ARRSUM('Total Mode vehicle emissions per km') / ARRSUM('Mode j vehicles per type of powertrain'); 0 <<gCO2/(vehicle*km)>>))	gCO2 / km	Μέσες εκπομπές CO2 ανά μορφή μετακίνησης
	Mode emissions	Βοηθητική μεταβλητή	Avg mode emissions per vehicle' * 'Mode j use' * 1<<vehicle>>	gCO2 / km	Οι εκπομπές CO2 που προκύπτουν από τη χρήση της κάθε μορφής κινητικότητας
	Total Emissions	Βοηθητική μεταβλητή	ARRSUM('Mode emissions')	tnCO2	Συνολικές εκπομπές CO2 ανά έτος
Κοινωνία των πολιτών	Potential Adopters	Απόθεμα	IF (Population-'Mode j users'> 0<<persons>>; ROUND(Population-'Mode j users'); 0<<persons>>))	άτομα	Εν δυνάμει χρήστες της κάθε μορφής μετακίνησης
	Mode j users	Απόθεμα	{2280000;49400;480000;300}	άτομα	Χρήστες της κάθε μορφής μετακίνησης ανά έτος
	Discard Fraction	Βοηθητική μεταβλητή	{0,04-0,08} * 'Adoption Franction'	-	Ο ρυθμός με τον οποίο οι χρήστες της κάθε μορφής μετακίνησης την εγκαταλείπουν

	Discard Rate	Ροή εισόδου / Ροή εξόδου	ROUND('Discard fraction'*'Mode j users')	άτομα /έτος	Ο αριθμός των χρηστών που εγκαταλείπουν κάθε έτος την κάθε μορφή μετακίνησης
	Adoption rate	Ροή εισόδου / Ροή εξόδου	IF ('Potential Adopters'> 0<<persons>>; ROUND('Adoption from WoM' + 'Adoption from advertising'); 0<<persons>>)	άτομα /έτος	Ο αριθμός νέων χρηστών που εισέρχονται κάθε έτος σε κάθε μορφή μετακίνησης (Sterman, 2000)
	Adoption from advertising	Βοηθητική μεταβλητή	IF ('Potential Adopters'> 0<<persons>>; ROUND('Marketing effectiveness' * 'Mode Attractiveness' * 'Potential Adopters'); 0<<persons>>)	άτομα /έτος	Ο αριθμός των νέων χρηστών που εισέρχονται εξαιτίας της διαφήμισης
	Marketing effectiveness	Μεταβλητή απόφασης	{-0,001;0,01;0,015;0,02}	-	Η αποτελεσματικότητα του marketing για τις νέες μορφές κινητικότητας. Υιοθετούμε ότι η αποτελεσματικότητα του κυμαίνεται από 0-0,02 (Struben και Sterman, 2008)
	Adoption from WoM	Βοηθητική μεταβλητή	IF('Potential Adopters'>0<<persons>>; ROUND(('Adoption Frantion' * 'Contact Rate-Exposure rate' * 'Potential Adopters' * 'Mode j users' * 'Mode Attractiveness') / (Population)); 0<<persons>>)	άτομα /έτος	Ο αριθμός των νέων χρηστών που εισέρχονται εξαιτίας της δια στόματος πληροφόρησης
	Adoption fraction	Βοηθητική μεταβλητή	IF(Population-'Mode j users'> 0<<persons>>; 'Mode j users'/(Population-'Mode j users');0)	-	Ο ρυθμός με τον οποίο οι νέοι χρήστες της κάθε μορφής μετακίνησης την υιοθετούν (Sterman, 2000)
	Contact rate- exposure rate	Μεταβλητή απόφασης	COMPOSITESERIES({0,25;0,2;0,2;0,05}; PREV()+{-0,1;0,1;0,1;0,5}%)	-	Η αποτελεσματικότητα της έκθεσης σε κάθε μια από τις μορφές μετακίνησης παροτρύνει εν δυνάμει χρήστες να υιοθετήσουν μια μορφή μετακίνησης.

					Υιοθετούμε ότι η αποτελεσματικότητα της έκθεσης κυμαίνεται από 0,0 – 0,3 (Struben και Sterman, 2008)
	Population	Βοηθητική μεταβλητή	3800000	άτομα	Ο πληθυσμός της εξεταζόμενης πόλης
	Users share	Βοηθητική μεταβλητή	'Mode j users' / ARRSUM('Mode j users')	%	Ποσοστό των μετακινούμενων που αντιστοιχούν σε κάθε μια μορφή μετακίνησης
	ICT usage	Βοηθητική μεταβλητή	COMPOSITESERIES(0,50; PREV() + 'ICT use growth')	%	Ποσοστό του πληθυσμού της εξεταζόμενης χώρας που χρησιμοποιεί ψηφιακά μέσα
	ICT use growth	Μεταβλητή απόφασης	1	%	Ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται η χρήση των ψηφιακών μέσων
	Sensitivity to ICT usage change	Μεταβλητή απόφασης	{0,1;0,20;0,4;0,5}	-	Η ευαισθησία της ελκυστικότητας της κάθε μορφής κινητικότητας απέναντι στην αλλαγή της χρήσης ψηφιακών μέσων
	Existence of booking platform-MaaS	Μεταβλητή απόφασης	1 or 0	-	Η ύπαρξη ή μη πλατφόρμας ψηφιακής οργάνωσης, κράτησης και πληρωμής μια μετακίνησης
	MaaS Coefficient	Μεταβλητή απόφασης	{-0,05; -0,01; 0,02; 0,03}	-	Η ύπαρξη πλατφόρμας MaaS μπορεί να επηρεάσει τη χρήση της κάθε μορφής μετακίνησης. -15 – -5 (Matyas και Kamargianni, 2019; Brög 2002; Brog κ.ά. 2009; Hall, Palsson και Price, 2018).

	Access to Public transport	Βοηθητική μεταβλητή	COMPOSITESERIES(0,50; PREV() + 'Access to public transport growth')	-	Το ποσοστό του πληθυσμού στην εξεταζόμενη πόλη το οποίο έχει πρόσβαση σε υψηλού επιπέδου υπηρεσίες MMM (Europa, 2015)
	Access to public transport growth	Μεταβλητή απόφασης	0,50	%	Δεχόμαστε ότι το ποσοστό του πληθυσμού στην εξεταζόμενη πόλη το οποίο έχει πρόσβαση σε υψηλού επιπέδου υπηρεσίες MMM αυξάνεται κατά 0,5%το χρόνο
	Access to public transport coefficient	Μεταβλητή απόφασης	{-0,1; -0,1; 0,4; 0,2}	-	Η πρόσβαση σε υψηλού επιπέδου υπηρεσίες MMM μπορεί να επηρεάσει την ελκυστικότητα των μορφών μετακίνησης θετικά ή αρνητικά
	Covid-19 impact	Μεταβλητή απόφασης	{0,5; -0,1; -0,4; -0,1}	-	Η Covid-19 επίσης έχει επηρεάσει την επιλεγόμενη μορφή μετακίνησης. Με την ευαισθησία να κυμαίνεται από -0,5 – 0,5 (Abdullah, M., Dias, C., Muley, D., και Shahin, M., 2020; Kwok κ.ά., 2020; Bucsky, 2020; Yildirim κ.ά., 2020; Wang, W., Miao, W., Liu, Y., Deng, Y., και Cao, Y., 2021)
	Sensitivity to mode price change	Μεταβλητή απόφασης	{-0,01; -0,035; -0,02; -0,035}	-	Ευαισθησία της ελκυστικότητας που οφείλεται στην αλλαγή της τιμής της κάθε μορφής μετακίνησης. Με την ευαισθησία να κυμαίνεται από -0,035 - - 0,01 (Europa, 2002; ITF, 2021) σε μια αύξηση της τιμής

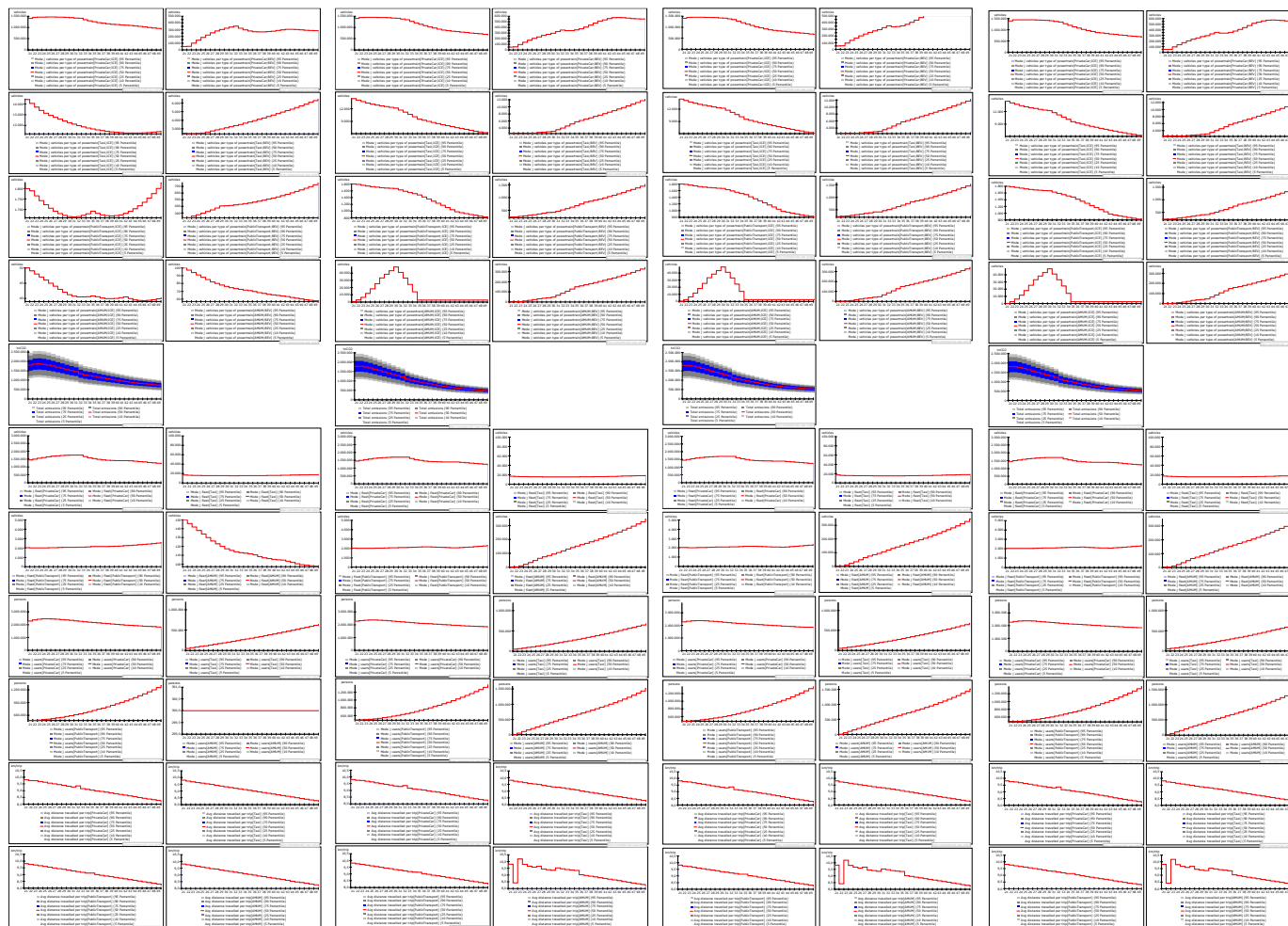
	Travel Time	Βοηθητική μεταβλητή	{0,7; 0,6; 1; 0,8}	-	Υποθέτουμε ότι η μετακίνηση με MMM είναι η πιο χρονοβόρα και ισούται με 1. Η μετακίνηση με ιδιωτικό αυτοκίνητο διαρκεί το 80% της μετακίνησης με MMM (0,7), η μετακίνηση με ταξί 60% (0,6) και η μετακίνηση με AMUM το 80% (0,8).
	Travel time perception sensitivity	Μεταβλητή απόφασης	{-0,01; -0,02; -0,03; -0,02}	-	Ευαισθησία οφειλόμενη στο χρόνο μετακίνησης που επηρεάζει την ελκυστικότητα των μορφών κινητικότητας, με αυτή του ιδιωτικού οχήματος να είναι η μικρότερη και των MMM η μεγαλύτερη. Κυμαίνεται από -0,03 - -0,01
	Avg travels per year	Βοηθητική μεταβλητή	'Avg trips per person per day' * 365 * 'Users Share'	Μετακινήσει / άτομο / έτος	Ο μέσος αριθμός αστικών μετακινήσεων που πραγματοποιεί κάποιος το χρόνο
	Avg trips per person per day	Βοηθητική μεταβλητή	2,7	Μετακινήσει / άτομο / μέρα	Ο μέσος αριθμός αστικών μετακινήσεων που πραγματοποιεί κάποιος σε μια μέρα (Ahern, A., κ.ά., 2013)
	QoS coefficient	Μεταβλητή απόφασης	{0,01; 0,03; 0,02; 0,03}	-	Η επίδραση της ποιότητας της μορφής μετακίνησης στην ελκυστικότητά της κυμαίνεται από 0,01 – 0,03 (de Oña, J., Estévez, E., και de Oña, R., 2021)
	Environmental awareness	Μεταβλητή απόφασης	37	%	Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών επηρεάζει την ελκυστικότητα βασιζόμενη στις

					εκπομπές που παράγονται κάνοντας χρήση της κάθε μορφής μετακίνησης (Special Eurobarometer 495: Mobility and transport, 2020)
	Mode attractiveness	Βοηθητική μεταβλητή	$1 * (('Access\ to\ public\ transport' * 'Access\ to\ public\ transport\ coefficient') + ('Covid-19\ impact' * 0,9^{Sim\ time}) + ('Environmental\ awareness' * (('Avg\ mode\ emissions\ per\ vehicle' / 'Mode\ j\ vehicle\ occupancy') / (ARRAVERAGE('Avg\ mode\ emissions\ per\ vehicle' / 'Mode\ j\ vehicle\ occupancy')))) + ('Travel\ time' * 'Travel\ time\ perception\ sensitivity') + ('Price\ Change\ of\ mode\ j\ use' * 'Sensitivity\ to\ mode\ price\ change') + ('Sensitivity\ to\ ICT\ usage\ change' * 'ICT\ usage') + ('Maas\ coefficient' * 'Existence\ of\ booking\ platform-MaaS') + ('Quality\ of\ Service' * 'QoS\ Coefficient'))$	-	Η ελκυστικότητα της κάθε μορφής μετακίνησης εξαρτάται από την πρόσβαση στις υπηρεσίες MMM, την επιρροή της πανδημίας, την περιβαλλοντική ευαισθησία, τον χρόνο μετακίνησης, την αλλαγή της τιμής, την χρήση ψηφιακών μέσων από τους μετακινούμενους, την ποιότητα της υπηρεσίας μετακίνησης, καθώς και την ύπαρξη ή όχι πλατφόρμας οργάνωσης, κράτησης και πληρωμής μιας μετακίνησης.
	Rebound effect	Μεταβλητή απόφασης	25	%	Ο συντελεστής υποτροπής αφορά την αντίθετη συμπεριφορά των μετακινούμενων όταν η ενεργειακή απόδοση βελτιώνεται και η κατανάλωση καυσίμων μειώνεται. Καμιά φορά μπορεί να είναι μεγαλύτερος από το ποσοστό εξοικονόμησης. Στις χειρσαίες μετακινήσεις κυμαίνεται από 10-30% (Lah, O., 2015)

	Teleworking rate-Immobility rate change	Μεταβλητή απόφασης	COMPOSITESERIES(2<<%>>; PREV() + 0,5%)	%	Το ποσοστό του πληθυσμού το οποίο δουλεύει με τηλεργασία φαίνεται να είναι στο 2% και δεχόμαστε ότι αυξάνεται κατά 0,5% ετησίως
	Urban density change	Μεταβλητή απόφασης	1	%	Η αστική πυκνότητα υποθέτουμε ότι μεταβάλλεται κατά 1% ετησίως
	Income change	Μεταβλητή απόφασης	1	%	Το εισόδημα υποθέτουμε ότι αυξάνεται κατά 1% ετησίως
	Avg distance travelled per trip	Βοηθητική μεταβλητή	$10<<\text{km PER trip}>> * ((1 + (-0,0015 * \text{'Urban density change'})) * (1 + (-1,109 * \text{'Teleworking rate-Immobility rate change'})) * (1 + 0,35 * \text{'Income change'}) * (1 + (-0,02 * \text{'Price Change of mode j use'})) * (1 + (-2,18 * ((ARRSUM(\text{'Transport taxes'}) - ARRSUM(\text{'Transport taxes t-1'})) / ARRSUM(\text{'Transport taxes t-1'})))) * (1 - \text{'Rebound effect'} * ((\text{'Avg mode emissions per vehicle'} - \text{'Avg mode emissions per vehicle t-1'}) / \text{'Avg mode emissions per vehicle t-1'})))$	km	Η μέση απόσταση η οποία διανύεται σε κάθε μετακίνηση επηρεάζεται από την αστική πυκνότητα, την αλλαγή της του ποσοστού τηλεργασίας, την αλλαγή του εισοδήματος, την αλλαγή της τιμής χρήσης της κάθε μορφής κινητικότητας, τους φόρους μετακίνησης, καθώς και το συντελεστή υποτροπής

Παράρτημα III: Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας η οποία περιλαμβάνει τη μεταβολή των τιμών των μεταβλητών για να κατανοηθεί πώς το μοντέλο ανταποκρίνεται στην αβεβαιότητα των παραμέτρων, των χρονικών καθυστερήσεων και στις αρχικές συνθήκες. Η ανάλυση ευαισθησίας, προσδιορίζει πόσο διαφορετικά αποτελέσματα μπορούν να επιφέρουν διαφορετικές τιμές μιας ανεξάρτητης μεταβλητής υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιείται κατά τη φάση δημιουργίας του μοντέλου και μπορεί να πραγματοποιηθεί και όταν το μοντέλο έχει ολοκληρωθεί. Βοηθά στην κατανόηση του πώς οι αλλαγές στις εισροές μπορούν να επηρεάσουν τις εκροές του συστήματος. Συνήθως για την ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιείται η μέθοδος Monte Carlo. 50 «τρεξίματα» φαίνονται να είναι ο συνιστώμενος αριθμός, για ασφαλή αποτελέσματα (Ford & Flynn, 2005), στην παρούσα ανάλυση έχουν υλοποιηθεί 100 «τρεξίματα». Το αποτέλεσμα που εξάγεται από τα λογισμικά τα οποία έχουν ενσωματωμένες επιλογές για την διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας, εμφανίζονται σε ζώνες πιθανοτήτων 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% & 95% όπου εμπίπτουν τα αποτελέσματα. Η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να μας δώσει απάντηση στο ερώτημα ποιες παράμετροι μπορούν να επηρεάσουν περισσότερο το μοντέλο.

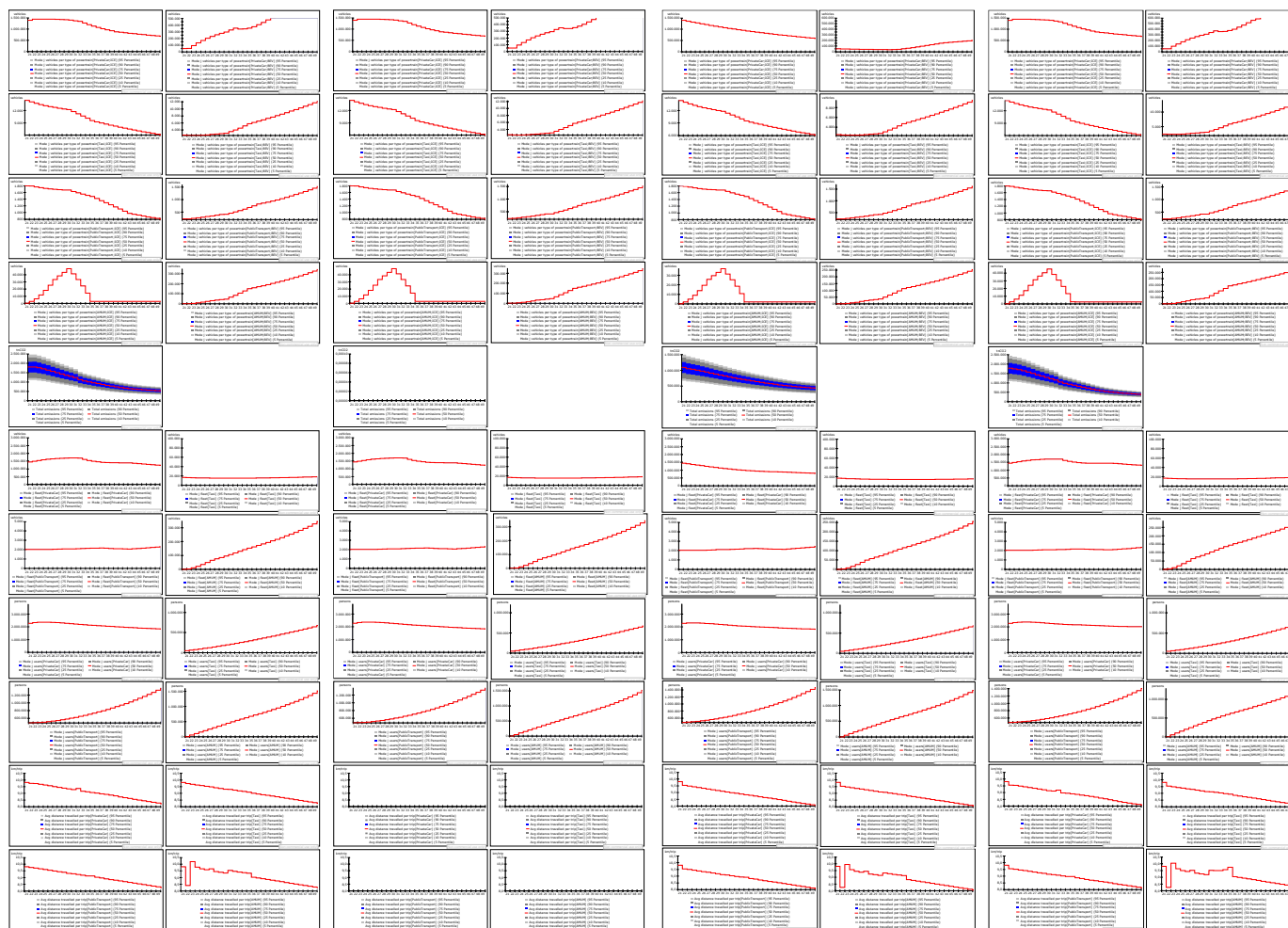


Εικόνα 1.1: Σενάριο 0_Avg Trips per day

Εικόνα 1.2: Σενάριο 1_Avg Trips per day

Εικόνα 1.3: Σενάριο 2_Avg Trips per day

Εικόνα 1.4: Σενάριο 3_Avg Trips per day

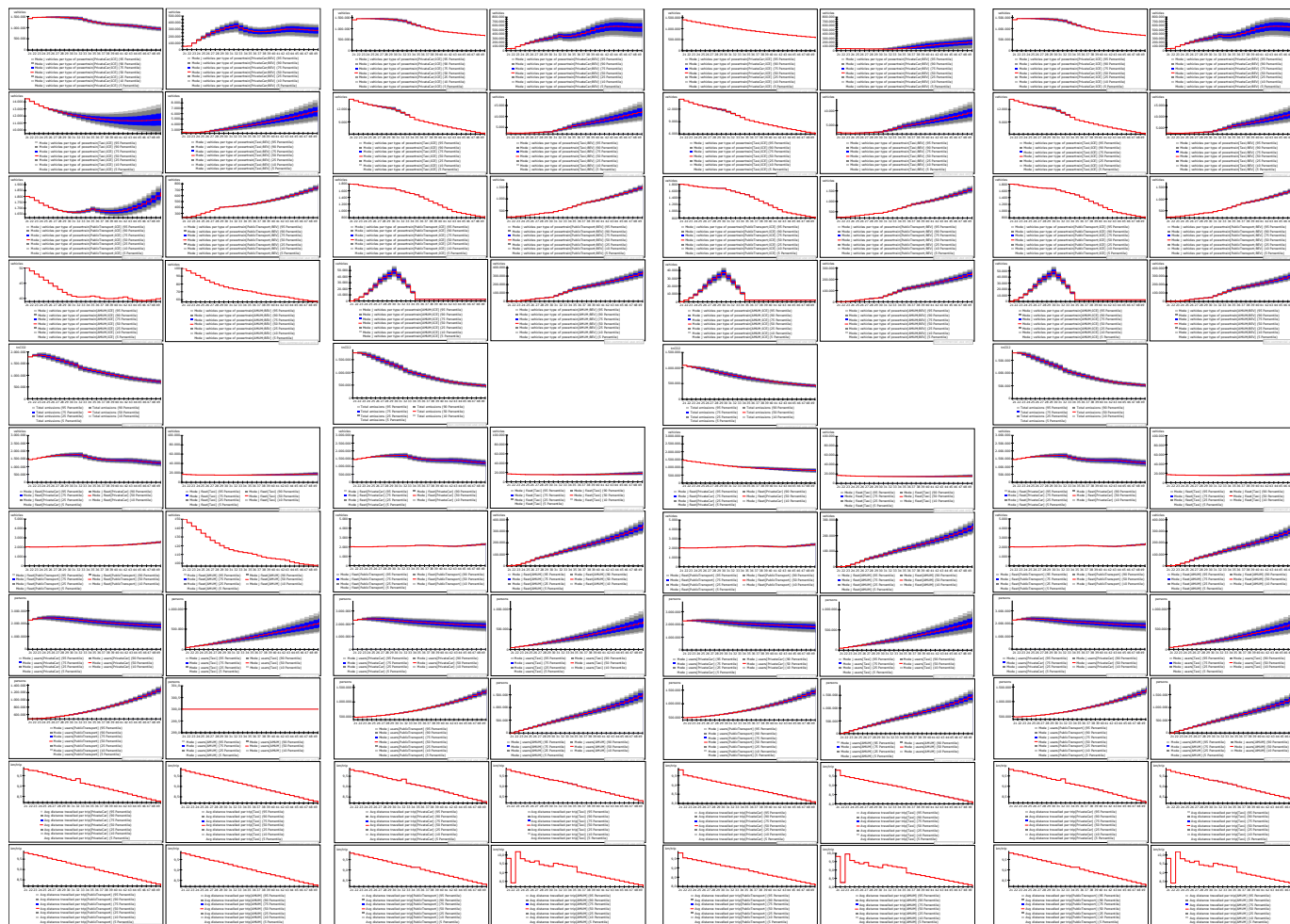


Εικόνα 1.5: Σενάριο 4_Avg trips per day

Εικόνα 1.6: Σενάριο 5_Avg trips per day

Εικόνα 1.7: Σενάριο 6_Avg trips per day

Εικόνα 1.8: Σενάριο 7_Avg trips per day

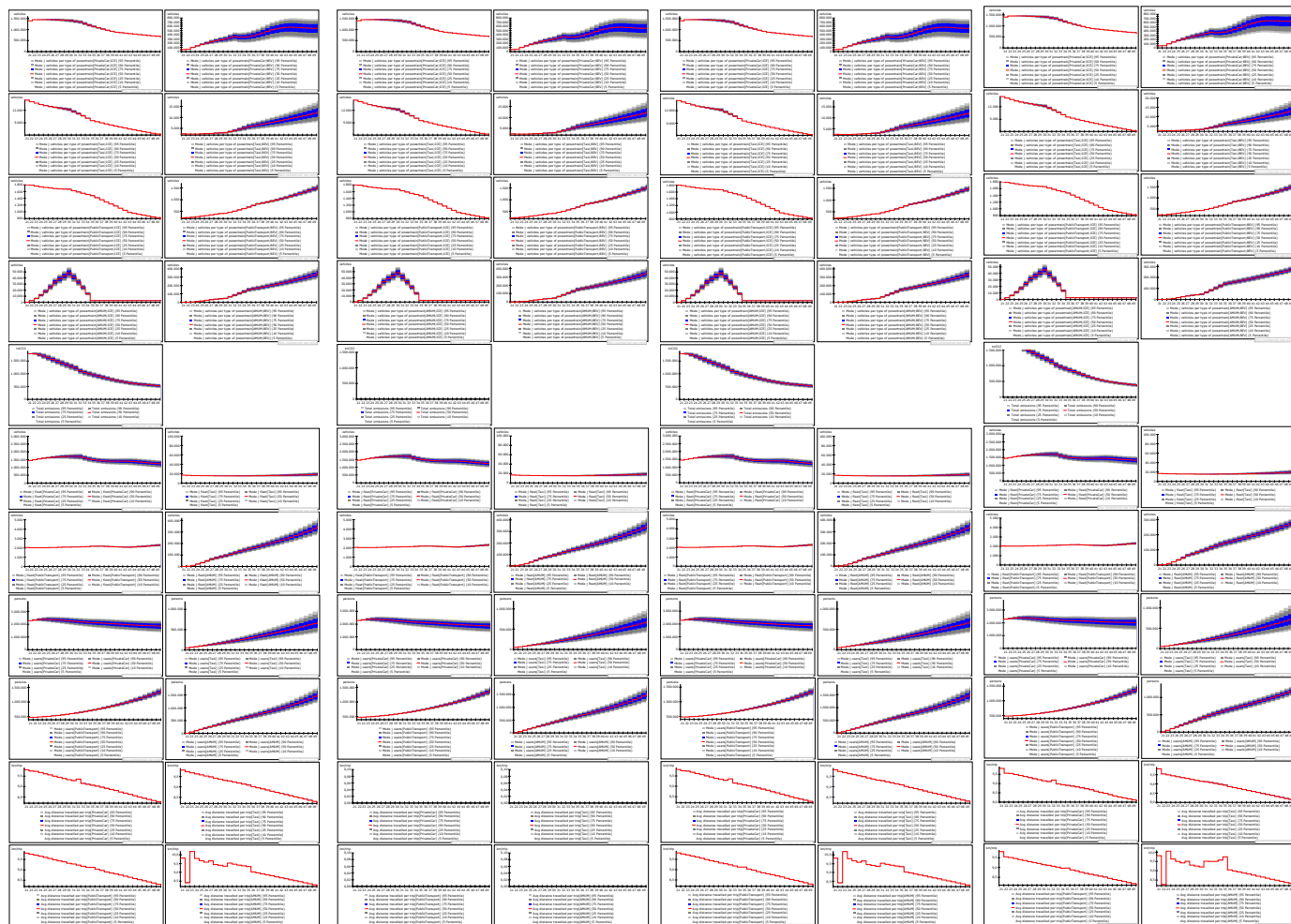


Εικόνα 2.1: Σενάριο 0_Environmental awareness

Εικόνα 2.2: Σενάριο 1_Environmental awareness

Εικόνα 2.3: Σενάριο 2_Environmental awareness

Εικόνα 2.4: Σενάριο 3_Environmental awareness

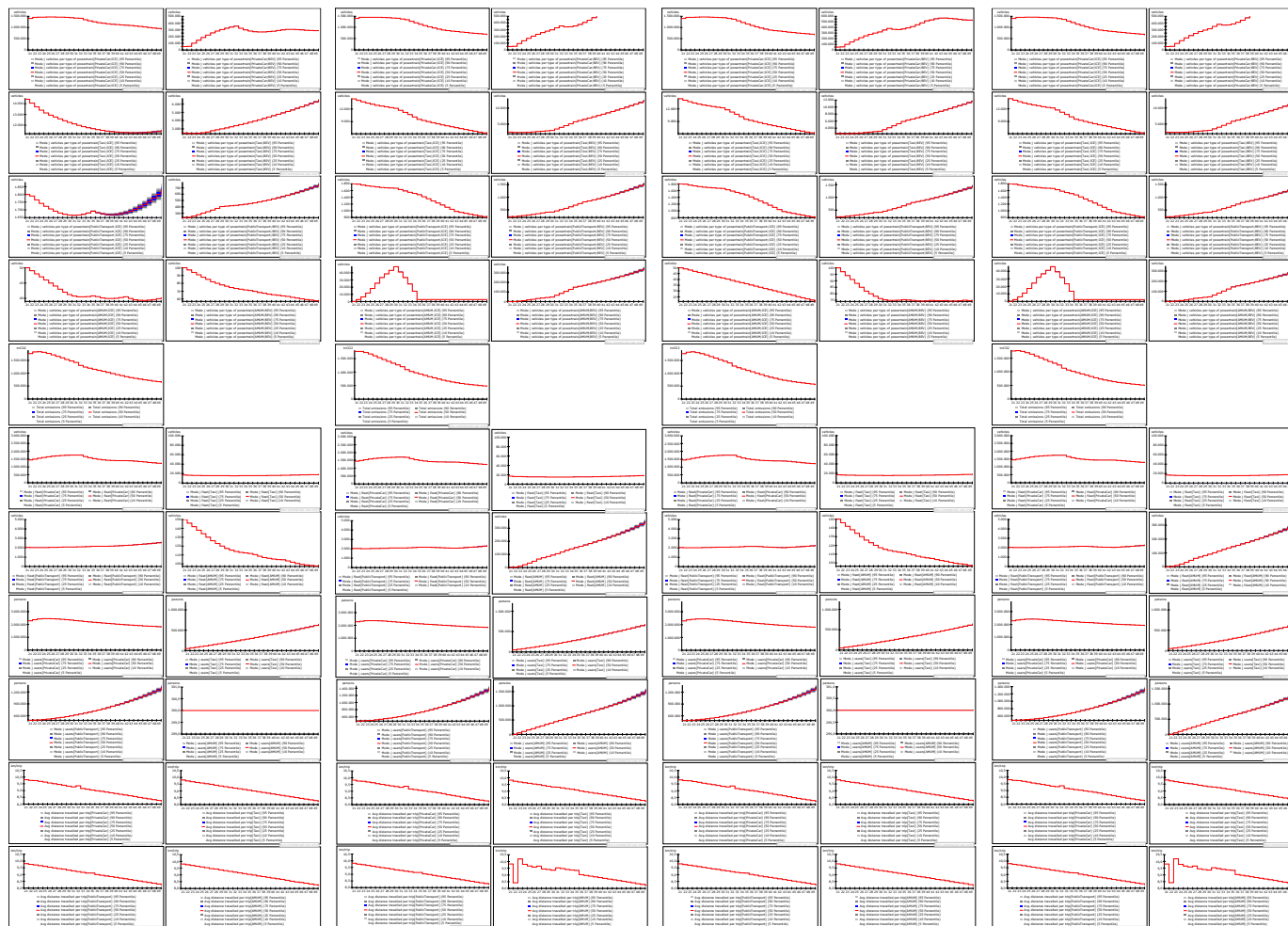


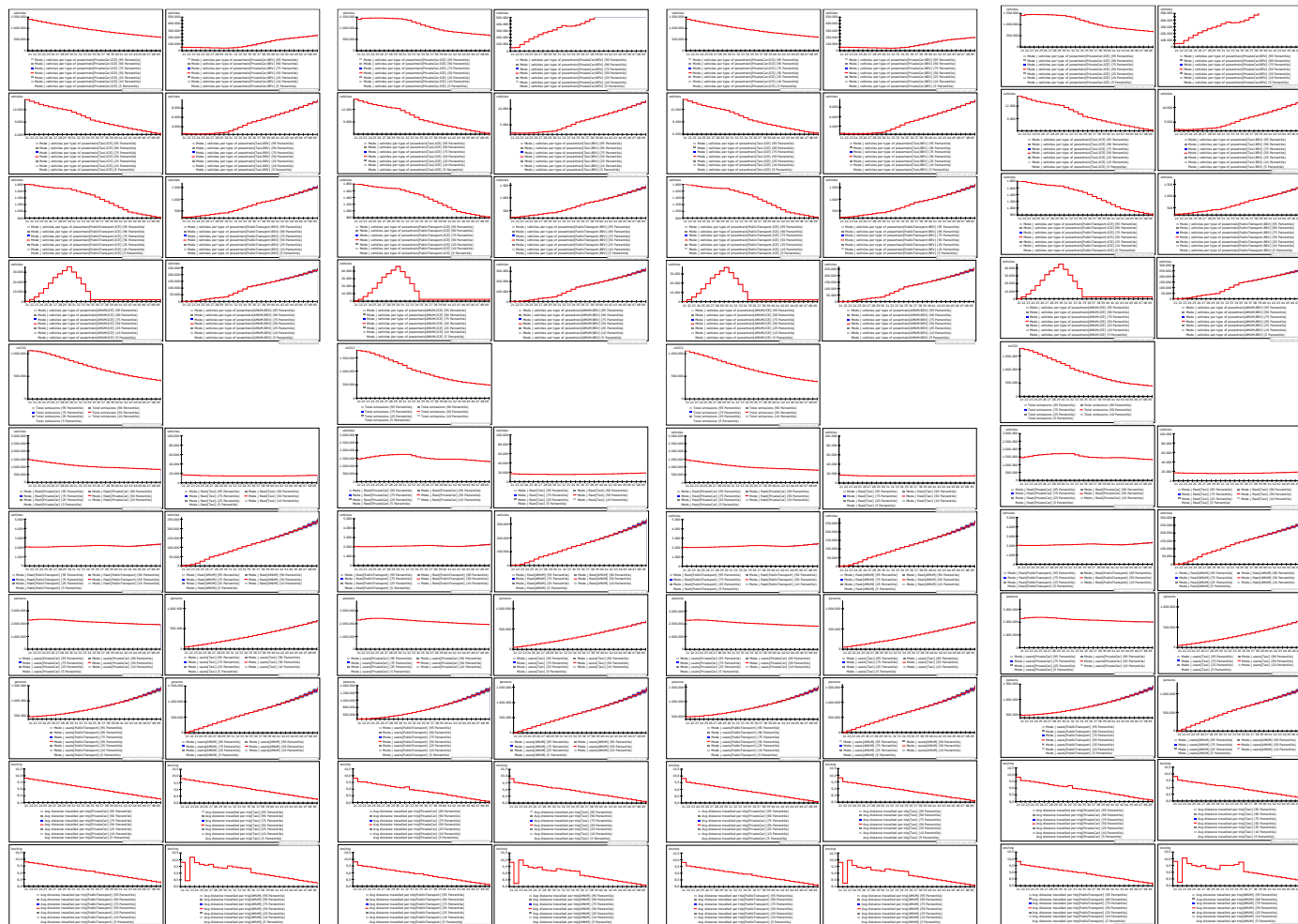
Εικόνα 2.5: Σενάριο 4_Environmental awareness

Εικόνα 2.6: Σενάριο 5_Environmental awareness

Εικόνα 2.7: Σενάριο 6_Environmental awareness

Εικόνα 2.8: Σενάριο 7_Environmental awareness



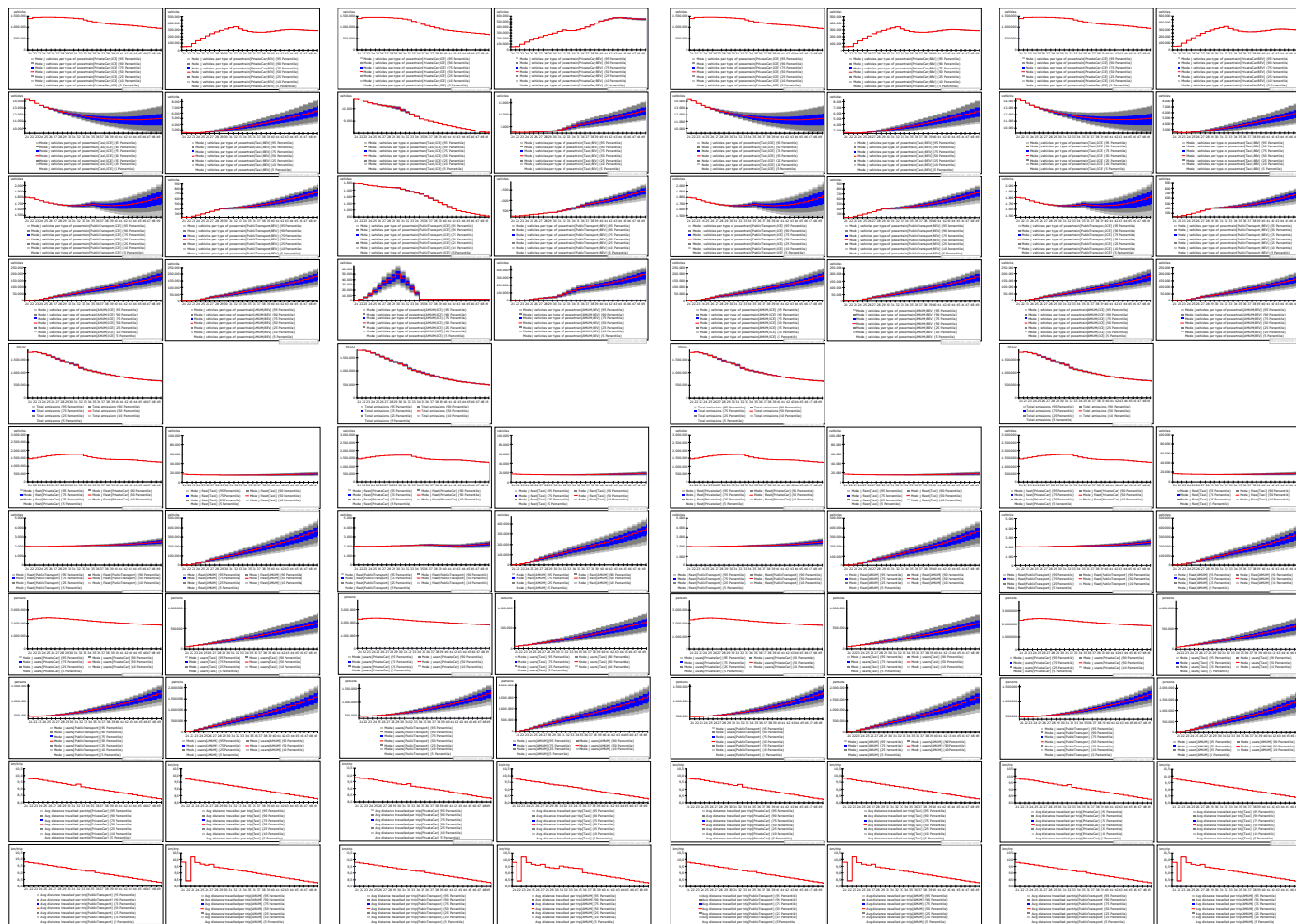


Εικόνα 3.5: Σενάριο 4 ICT usage growth

Εικόνα 3.6: Σενάριο 5 ICT usage growth

Εικόνα 3.7: Σενάριο 6 ICT usage growth

Εικόνα 3.8: Σενάριο 7 ICT usage growth

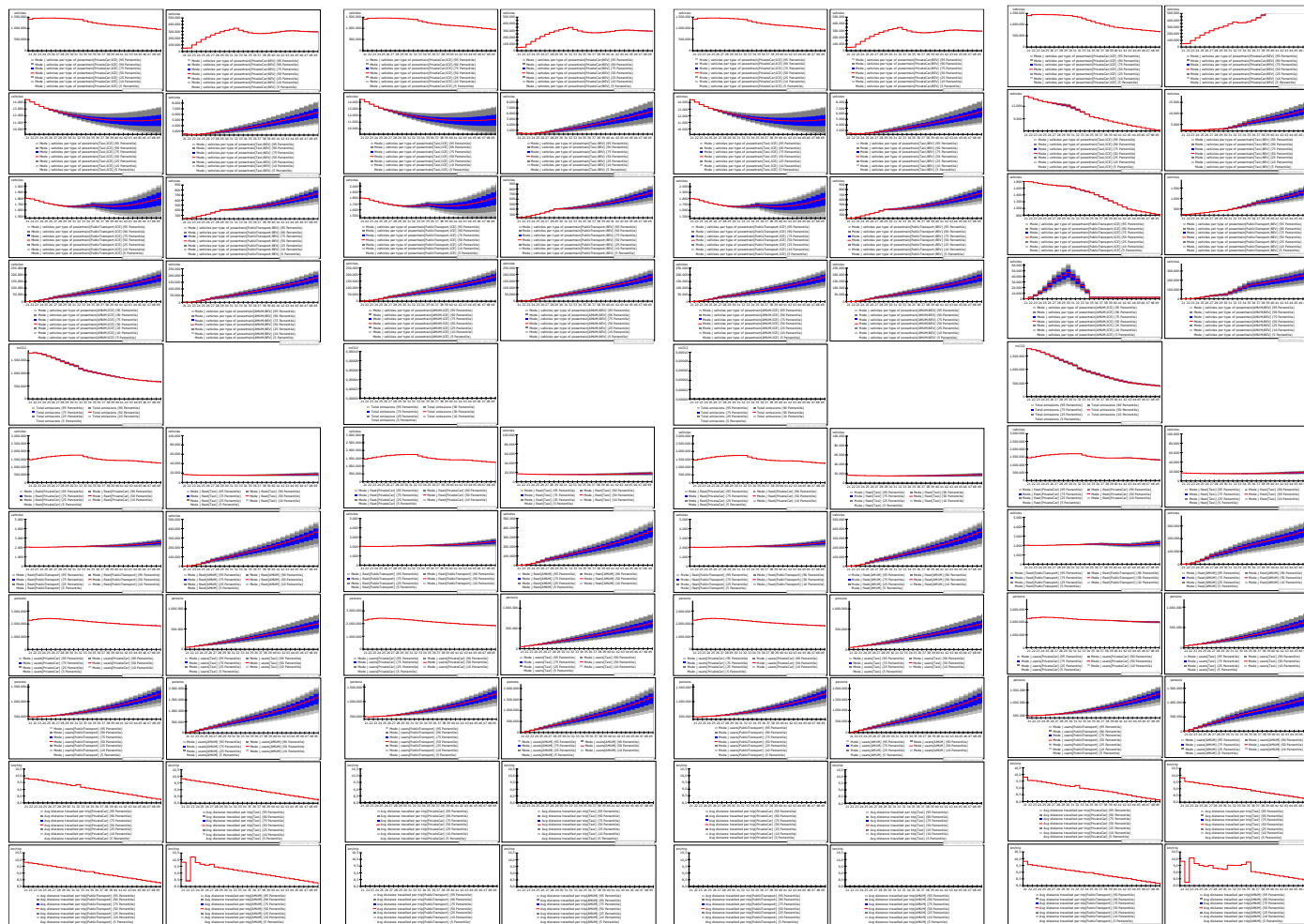


Εικόνα 4.1: Σενάριο 0_Marketing effectiveness

Εικόνα 4.2: Σενάριο 1_Marketing effectiveness

Εικόνα 4.3: Σενάριο 2_Marketing effectiveness

Εικόνα 4.4: Σενάριο 3_Marketing effectiveness



Εικόνα 4.5: Σενάριο 4_Marketing effectiveness

Εικόνα 4.6: Σενάριο 5_Marketing effectiveness

Εικόνα 4.7: Σενάριο 6_Marketing effectiveness

Εικόνα 4.8: Σενάριο 7_Marketing effectiveness

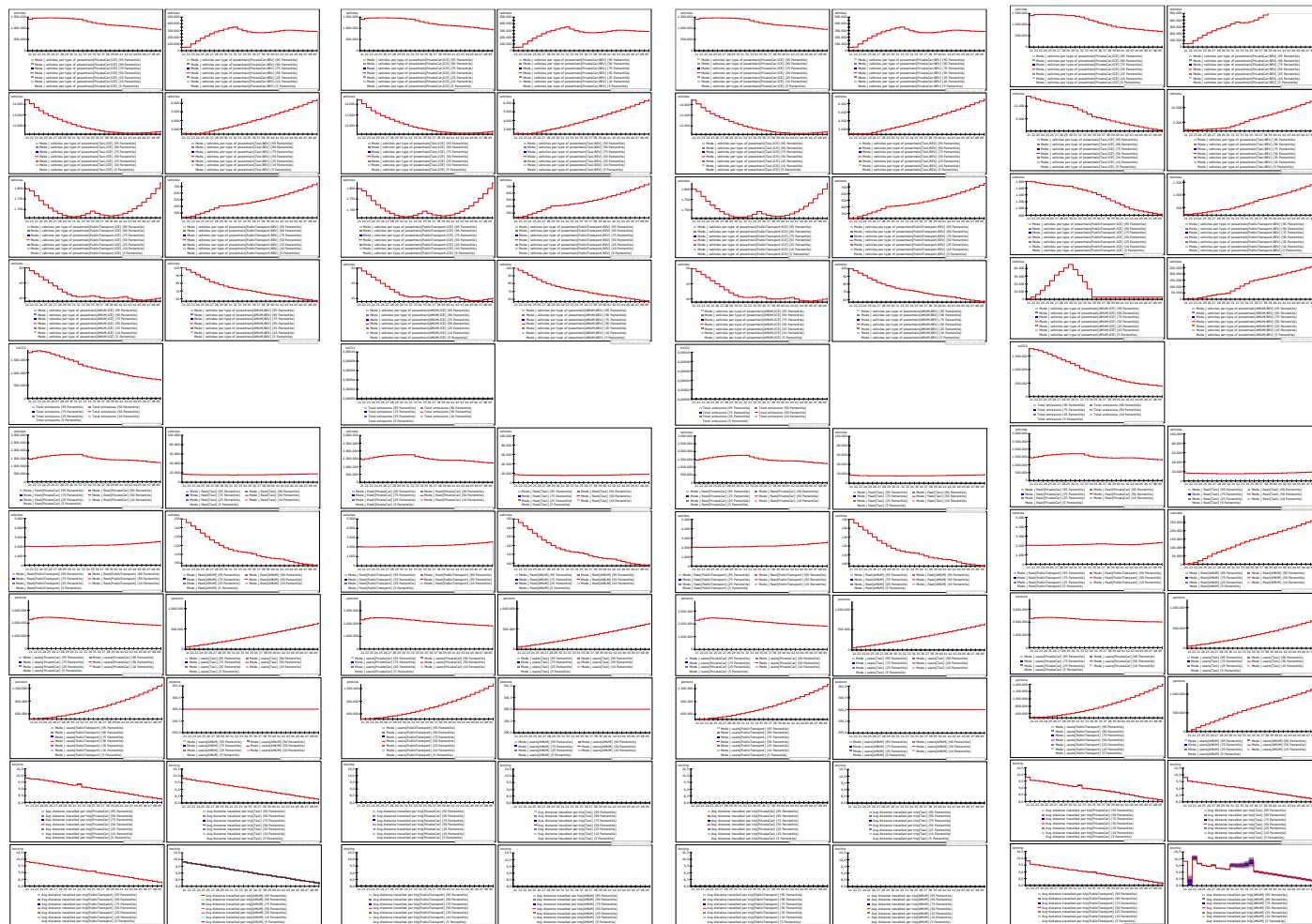


Εικόνα 5.1: Σενάριο 0_Rebound effect

Εικόνα 5.2: Σενάριο 1_Rebound effect

Εικόνα 5.3: Σενάριο 2_Rebound effect

Εικόνα 5.4: Σενάριο 3_Rebound effect

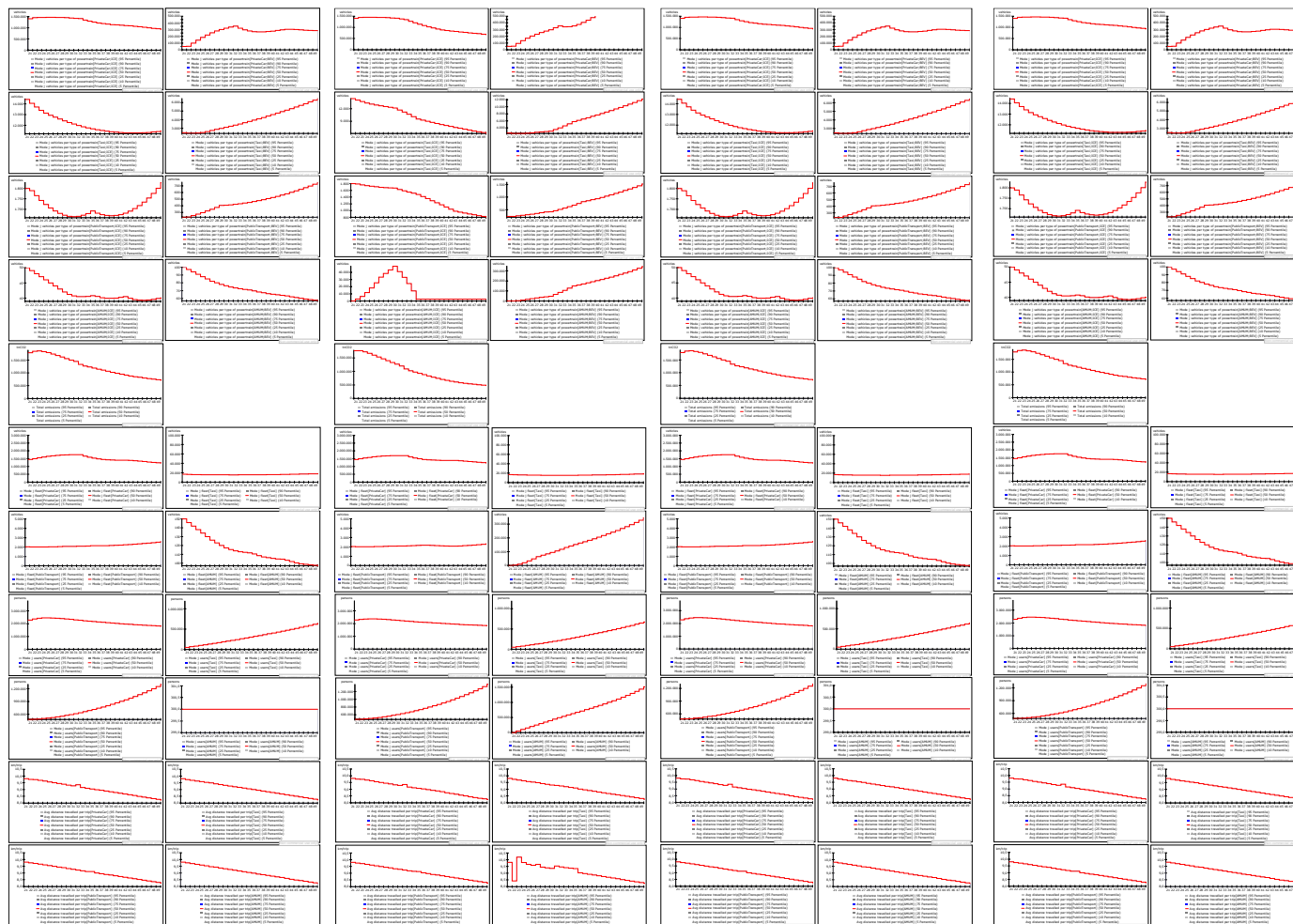


Εικόνα 5.5: Σενάριο 4_Rebound effect

Εικόνα 5.6: Σενάριο 5_Rebound effect

Εικόνα 5.7: Σενάριο 6_Rebound effect

Εικόνα 5.8: Σενάριο 7_Rebound effect

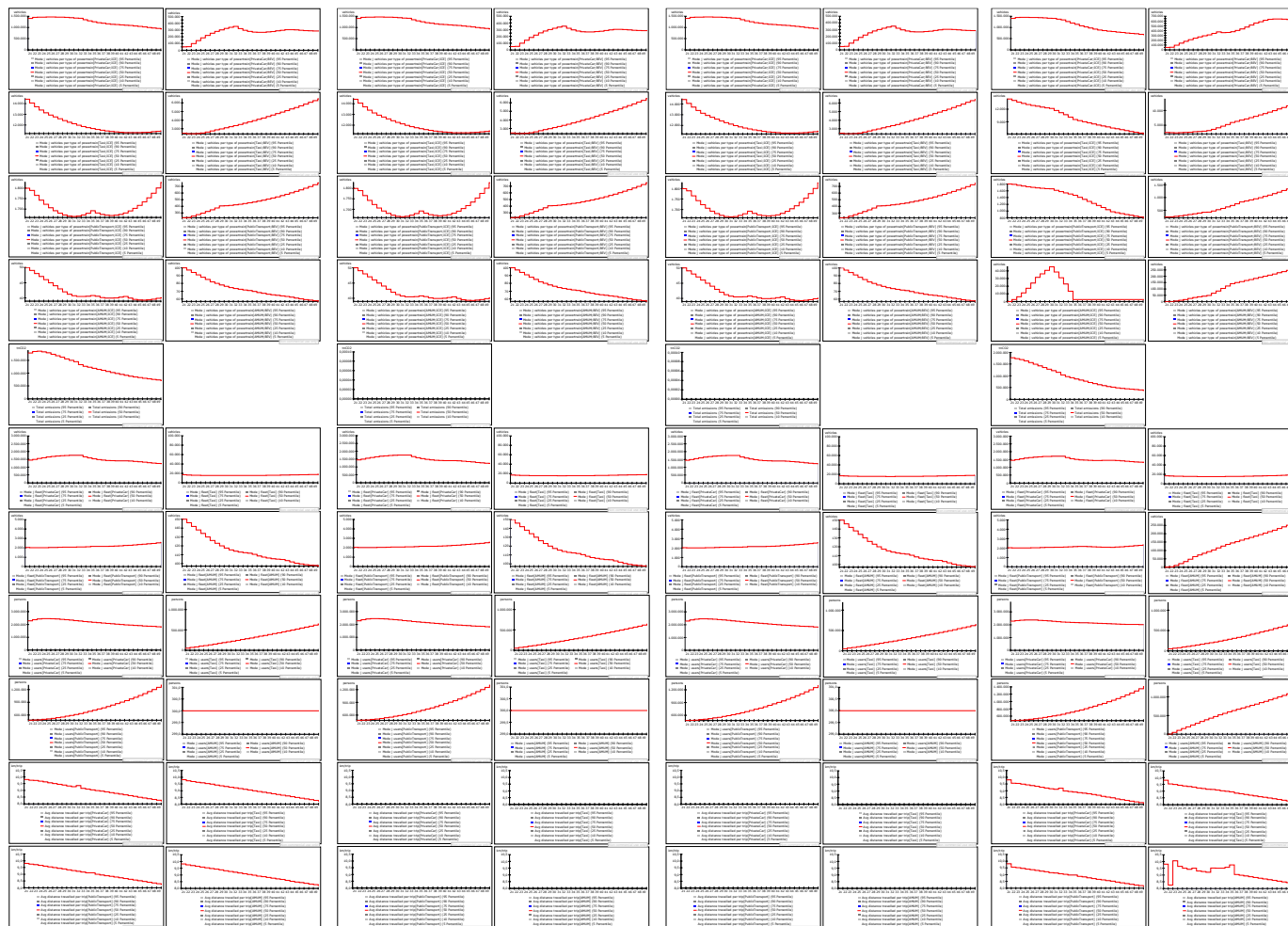


Εικόνα 6.1: Σενάριο 0_Transport taxes

Εικόνα 6.2: Σενάριο 1_Transport taxes

Εικόνα 6.3: Σενάριο 2_Transport taxes

Εικόνα 6.4: Σενάριο 3_Transport taxes

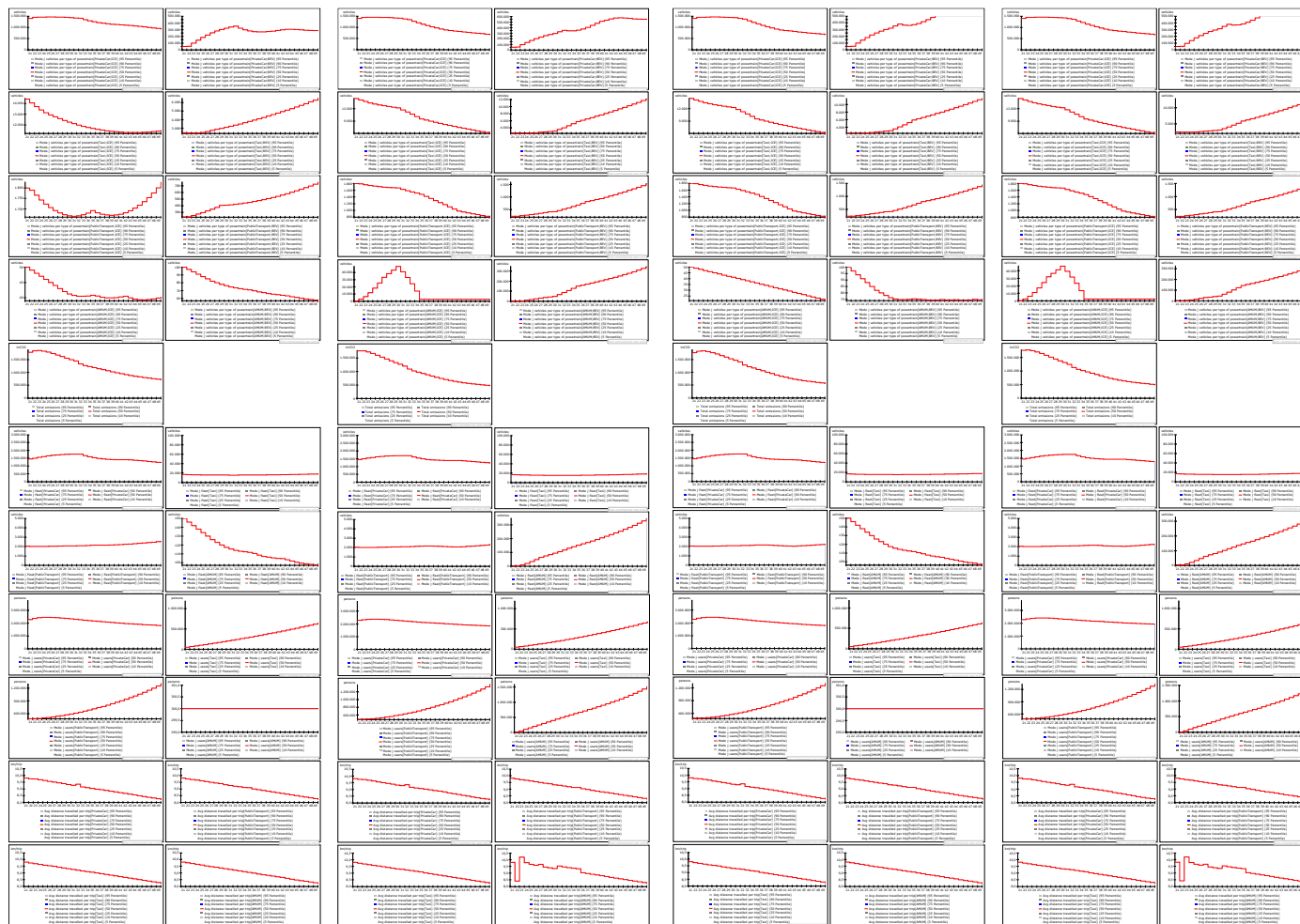


Εικόνα 6.5: Σενάριο 4_ Transport taxes

Εικόνα 6.6: Σενάριο 5_ Transport taxes

Εικόνα 6.7: Σενάριο 6_ Transport taxes

Εικόνα 6.7: Σενάριο 6_ Transport taxes

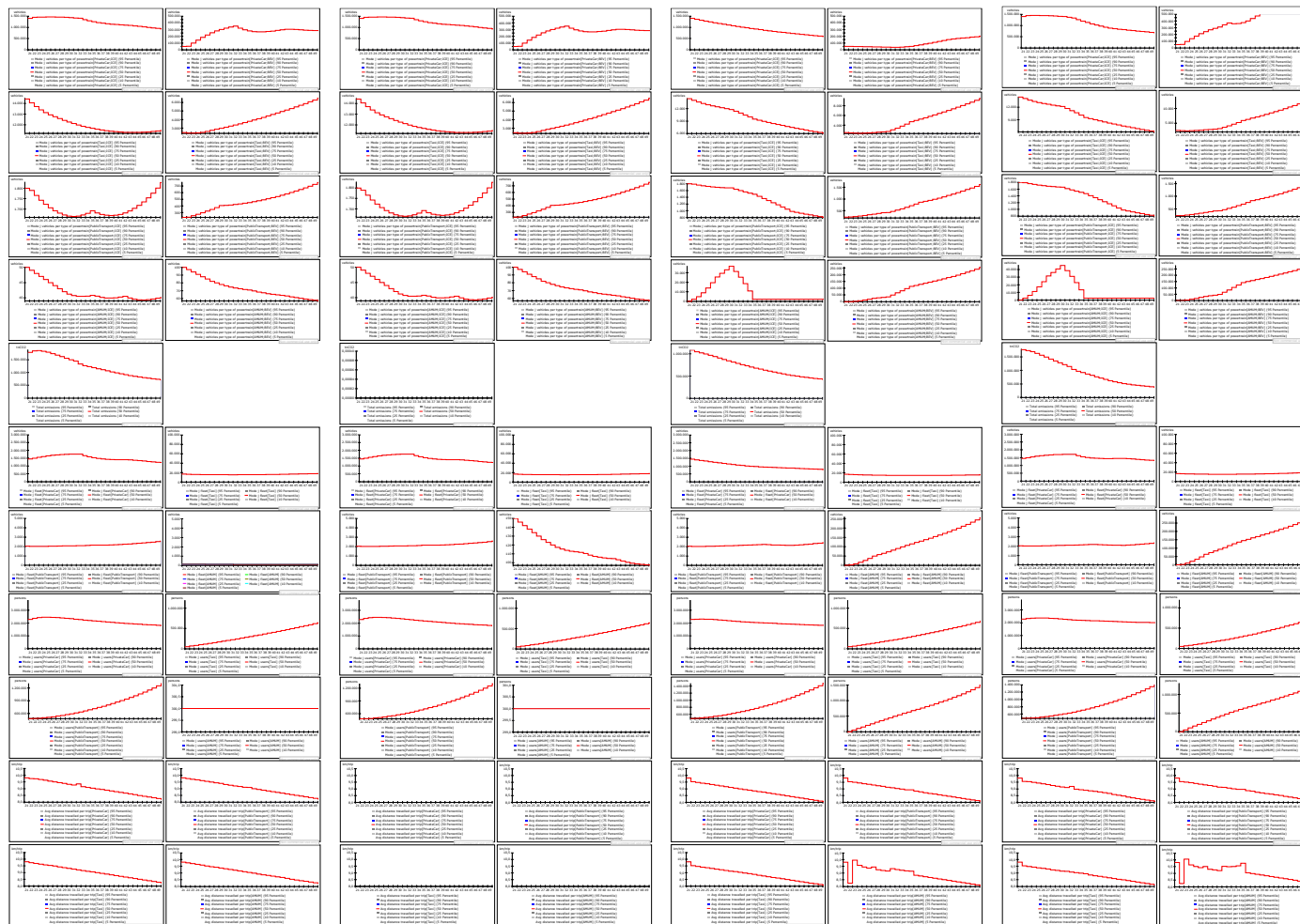


Εικόνα 7.1: Σενάριο 0_Urban density

Εικόνα 7.2: Σενάριο 1_Urban density

Εικόνα 7.3: Σενάριο 2_Urban density

Εικόνα 7.4: Σενάριο 3_Urban density



Εικόνα 7.5: Σενάριο 4_Urban density

Εικόνα 7.6: Σενάριο 5_Urban density

Εικόνα 7.7: Σενάριο 6_Urban density

Εικόνα 7.8: Σενάριο 7_Urban density

