



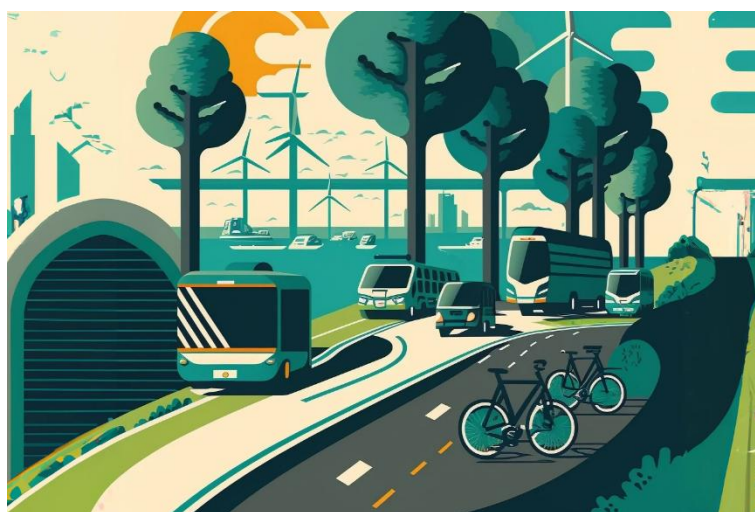
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΖΩΝΗΣ ΧΑΜΗΛΩΝ
ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΟΛΙΤΕΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ**

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΧΡΗΣΤΟΜΑΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ



Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

ΒΟΛΟΣ 2025

© 2025 Νικολάου Γεώργιος, Χρηστομάνος Γεώργιος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) [Δρ. Απόστολος Αναγνωστόπουλος](#)
[Διδάσκων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)

Δεύτερος Εξεταστής [Δρ. Κοπελιάς Παντελεήμων](#)
[Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)

Τρίτος Εξεταστής [Δρ. Αθανάσιος Θεοφιλάτος](#)
[Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας, κ. Απόστολο Αναγνωστόπουλο, Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μας. Επίσης, είμαστε ευγνώμονες στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας, κ. Κοπελιά Παντελεήμονα και κ. Αθανάσιο Θεοφιλάτο, Αναπληρωτές Καθηγητές στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας για τη συνεχή υποστήριξη σε ολόκληρη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Νικολάου Γεώργιος και Χρηστομάνος Γεώργιος

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΖΩΝΗΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΟΛΙΤΕΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ

Νικολάου Γεώργιος, Χρηστομάνος Γεώργιος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2025

Επιβλέπων Καθηγητής: Αναγνωστόπουλος Απόστολος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της αποδοχής της εφαρμογής Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων (LEZ) από τους πολίτες του Βόλου, ως μέτρο μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, της κυκλοφοριακής συμφόρησης και βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Η έρευνα υλοποιήθηκε μέσω διαδικτυακής χορήγησης ερωτηματολογίων σε δείγμα 201 κατοίκων του Βόλου, με στόχο τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τις αντιλήψεις τους για τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις σε ένα προτεινόμενο σενάριο εφαρμογής του μέτρου αυτού. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν υποβλήθηκαν σε στατιστικές αναλύσεις προκειμένου να εντοπιστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή του μέτρου. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι, πέραν της ηλικίας, δεν παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αποδοχή του μέτρου τόσο δημογραφικά στοιχεία, όσο παράγοντες που σχετίζονται με τις προτιμήσεις και συνήθειες για την μετακίνηση των κατοίκων. Τέλος, προτείνονται πολιτικές ενίσχυσης της βιώσιμης κινητικότητας, με ενίσχυση δημόσιων συγκοινωνιών και υποδομών για φιλικά προς το περιβάλλον μέσα μεταφοράς.

Λέξεις Κλειδιά: Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων, βιώσιμη κινητικότητα, βαθμός αποδοχής.

ACCEPTANCE OF THE IMPLEMENTATION OF A LOW-EMISSION ZONE BY THE CITIZENS OF VOLOS

Nikolaou Georgios, Christomanos Georgios

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2025

Supervisor: Anagnostopoulos Apostolos

Abstract

This thesis aims to investigate the acceptance of the implementation of the Low Emission Zone (LEZ) by the citizens of Volos, as a measure to reduce air pollution, traffic congestion and improve the quality of life. The research was created through online questionnaires administered to a sample of 201 residents of Volos, with the aim of collecting data on their perceptions of the environmental, economic and social aspects of a proposed scenario of this measure. The data collected were subjected to statistical analyses in order to identify the factors that influence the acceptance of the measure. The results showed that, apart from age, demographic data do not play a significant role in the acceptance of the measure, as much as factors related to the preferences and habits of the residents for their transport. Finally, policies of sustainable capacity are proposed, by strengthening public transport and infrastructure for environmentally friendly means of transport.

Keywords: *Low Emission Zone, sustainable mobility, degree of acceptance.*

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	4
2.1	Παρίσι	13
2.2	Μαδρίτη	16
2.3	Λονδίνο	19
2.4	Μιλάνο	24
2.5	Βαρκελώνη	27
2.6	Λισαβόνα	29
2.7	Μάλμε	31
2.8	Αμβέρσα	33
2.9	Χάιφα	34
2.10	Μόντσα	35
2.11	Εναλλακτικοί τρόποι μείωσης της ρύπανσης	37
Κεφάλαιο 3	Μεθοδολογική προσέγγιση	39
3.1	Έρευνα ερωτηματολογίου	39
3.2	Περιγραφή δομής ερωτηματολογίου	41
3.3	Εξεταζόμενη περιοχή μελέτης	43
3.4	Διαδικασία συλλογής δεδομένων	45
3.5	Δείγμα	46
3.6	Διαδικασία ανάλυσης δεδομένων	46
Κεφάλαιο 4	Αποτελέσματα	51
4.1	Περιγραφική Στατιστική	51

4.2	Επαγωγική Στατιστική	66
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα		75
5.1	Βασικά Συμπεράσματα	75
5.2	Περιορισμοί έρευνας	77
5.3	Προτάσεις	78
5.4	Σύνοψη	78
Βιβλιογραφία		80
Παράρτημα		84

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Χάρτης LEZ στο Παρίσι	16
Εικόνα 2.2: Χάρτης LEZ στη Μαδρίτη.....	19
Εικόνα 2.3: Χάρτης LEZ στο Λονδίνο	24
Εικόνα 2.4: Χάρτης LEZ στο Μιλάνο	27
Εικόνα 2.5: Χάρτης LEZ στη Βαρκελώνη.....	29
Εικόνα 2.6: Χάρτης LEZ στη Λισαβόνα	31
Εικόνα 2.7: Χάρτης LEZ στο Μάλμε.....	33
Εικόνα 2.8: Χάρτης LEZ στην Αμβέρσα.....	34
Εικόνα 2.9: Χάρτης LEZ στη Μόντσα	37
Εικόνα 3.1: Ερωτηματολόγιο από την Έκθεση για την προτεινόμενη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο Λονδίνο (2007)	43
Εικόνα 3.2: Προτεινόμενη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου	45
Εικόνα 4.1: Χάρτης με τους ταχυδρομικούς κώδικες των συμμετεχόντων.....	56

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Βασικά στοιχεία LEZ.....	7
Πίνακας 2.2: Έρευνες για επιπτώσεις LEZ.....	9
Πίνακας 4.1: Δημογραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων	52
Πίνακας 4.2: Συσχετίσεις.....	68
Πίνακας 4.3: Αξιολόγηση σημαντικότητας μοντέλου	71
Πίνακας 4.4: Αξιολόγηση σημαντικότητας μοντέλου	71
Πίνακας 4.5: Σύνοψη μοντέλου	71
Πίνακας 4.6: Hosmer and Lemeshow Test.....	72
Πίνακας 4.7: Ταξινόμηση περιπτώσεων	73
Πίνακας 4.8: Μεταβλητές στην εξίσωση	74

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 4.1:Φύλο.....	53
Γράφημα 4.2: Ηλικία	53
Γράφημα 4.3:Μορφωτικό επίπεδο	54
Γράφημα 4.4:Επάγγελμα.....	55
Γράφημα 4.5:Μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα.....	55
Γράφημα 4.6:Ιδιοκτησία επιβατικού αυτοκινήτου.....	56
Γράφημα 4.4.7:Προτιμώμενο μέσο καθημερινής μετακίνησης στο κέντρο	57
Γράφημα 4.8: Συχνότητα μετακίνησης στο κέντρο.....	58
Γράφημα 4.10: Απόψεις για την ύπαρξη κυκλοφοριακής συμφόρησης.....	58
Γράφημα 4.11:Σημασία αντιμετώπισης αέριας ρύπανσης και θορύβου	59
Γράφημα 4.12:Ανησυχία για περιβαλλοντικά προβλήματα.....	59
Γράφημα 4.13:Γνώση για "Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων"	60
Γράφημα 4.14:Υποστήριξη εφαρμογής Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου	60
Γράφημα 4.15:Υποστήριξη μέτρου όπου τα οχήματα που εκπέμπουν λιγότερα καυσαέρια εισέρχονται δωρεάν στο κέντρο του Βόλου και τα υπόλοιπα με χρέωση.....	61
Γράφημα 4.16:Προθυμία αλλαγής τρόπου μετακίνησης	62
Γράφημα 4.17:Προθυμία αγοράς νέου αυτοκινήτου που θα εκπέμπει λιγότερα καυσαέρια	62
Γράφημα 4.18:Επιβολή διοδίων για διέλευση από τη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων.....	63
Γράφημα 4.19:Αποτελεσματικότητα εφαρμογής της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Βόλο	63
Γράφημα 4.20:Βελτίωση ποιότητας της ζωής από την εφαρμογή της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων.....	64
Γράφημα 4.21: Άποψη για το αν η Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων είναι δίκαιο μέτρο	64
Γράφημα 4.22:Αποδοχή της εφαρμογής της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων από κατοίκους ..	65
Γράφημα 4.23:Αποδοχή επιβολής προστίμου για τη μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων	65
Γράφημα 4.24:Ενθάρρυνση κατοίκων Βόλου για χρήση φιλικών προς το περιβάλλον μέσων μεταφοράς	66

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Οι ζώνες χαμηλών εκπομπών ρύπων (Low Emission Zones-LEZ) αποτελούν έναν από τους πιο καινοτόμους και αποτελεσματικούς μηχανισμούς για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, προάγοντας την καθαρότερη ατμόσφαιρα και τη βιώσιμη ανάπτυξη στις σύγχρονες αστικές περιοχές. Αυτές οι ζώνες περιορίζουν τη διέλευση οχημάτων που εκπέμπουν υψηλά επίπεδα ρύπων, όπως παλαιά μοντέλα αυτοκινήτων και οχήματα ντίζελ, επιδιώκοντας να μειώσουν τη ρύπανση του αέρα και να προωθήσουν την υιοθέτηση εναλλακτικών και πιο οικολογικών μέσων μετακίνησης, όπως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα ποδήλατα και τα δημόσια συγκοινωνιακά μέσα. Μέσω της εφαρμογής τέτοιων περιοριστικών μέτρων, οι πόλεις έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν όχι μόνο την ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και την ηχορύπανση, ενώ παράλληλα να βελτιώσουν τη δημόσια υγεία, μειώνοντας τα κρούσματα αναπνευστικών ασθενειών και άλλων προβλημάτων που συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η εφαρμογή LEZ συνεισφέρει επίσης στην ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος και τη διατήρηση της ποιότητας ζωής. Ενισχύει την προώθηση βιώσιμων αστικών πολιτικών και πρακτικών, οι οποίες περιλαμβάνουν την ενίσχυση των μέσων δημόσιας συγκοινωνίας, τη στήριξη της ηλεκτροκίνησης και την ενθάρρυνση της χρήσης ποδηλάτων. Οι LEZ καθίστανται, έτσι, ένα εργαλείο ευαισθητοποίησης για το κοινό, ενώ ταυτόχρονα ενδυναμώνουν τη δέσμευση των πολιτών προς την προστασία του περιβάλλοντος.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση των απόψεων και της αποδοχής των πολιτών του Βόλου για την υλοποίηση μιας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο της πόλης. Ο σκοπός της έρευνας είναι να κατανοήσει τις στάσεις και αντιλήψεις των πολιτών αναφορικά με τις συνέπειες αυτής της εφαρμογής για την καθημερινότητά τους, τη μετακίνηση τους, καθώς και για την ποιότητα του αέρα και τη

δημόσια υγεία. Επιπλέον, η έρευνα θα εξετάσει την ευαισθησία των πολιτών για περιβαλλοντικά θέματα, τις ανησυχίες τους σχετικά με τις οικονομικές επιπτώσεις της εφαρμογής LEZ, καθώς και τις προσδοκίες τους για εναλλακτικές λύσεις μετακίνησης, όπως η ανάπτυξη των δημόσιων συγκοινωνιών και η ενίσχυση της υποδομής για τα ηλεκτρικά οχήματα.

Η μελέτη αυτή προσφέρει μια εις βάθος ανάλυση των διεθνών παραδειγμάτων εφαρμογής LEZ, εστιάζοντας στην αποτελεσματικότητα αυτών των μέτρων σε πόλεις με παρόμοιες περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνθήκες. Παράλληλα, παρατίθεται ανάλυση σχετικά με τα αποτελέσματα της εφαρμογής των LEZ σε άλλες περιοχές, αναφορικά με τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, την επίδραση στη δημόσια υγεία, την οικονομική ανάπτυξη και την ενίσχυση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η διεθνής εμπειρία παρέχει χρήσιμα συμπεράσματα και παραδείγματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαμόρφωση στρατηγικών πολιτικών για την υλοποίηση μιας αντίστοιχης LEZ στον Βόλο.

Η εργασία αυτή, επιπλέον, περιλαμβάνει τα ευρήματα του ερευνητικού μέρους, το οποίο βασίστηκε στη χορήγηση και ανάλυση ερωτηματολογίων στους πολίτες του Βόλου. Μέσα από αυτήν την έρευνα, επιδιώκεται να εκτιμηθεί η γενική στάση των πολιτών απέναντι στην εφαρμογή μιας LEZ, η αποδοχή του μέτρου και οι πιθανές αντιδράσεις τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα επιτρέψουν την κατανόηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την αποδοχή ή την αντίθεση προς την εφαρμογή της ζώνης, παρέχοντας πολύτιμα δεδομένα για την ανάπτυξη στρατηγικών και πολιτικών που θα στηρίζονται στις πραγματικές ανάγκες και απόψεις των πολιτών του Βόλου.

Με τον τρόπο αυτό, η παρούσα μελέτη συμβάλλει στην κατανόηση των κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών παραμέτρων που καθορίζουν την αποδοχή των LEZ και προτείνει πολιτικές που θα ενισχύσουν την βιώσιμη και περιβαλλοντικά υπεύθυνη ανάπτυξη της πόλης. Το υπόλοιπο αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε πέντε ενότητες, όπως αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις LEZ, την εφαρμογή τους σε διάφορες πόλεις (Παρίσι, Μαδρίτη, Λονδίνο, Μιλάνο, Βαρκελώνη, Λισαβόνα, Μάλμε, Αμβέρσα, Χάιφα και Μόντσα) και για εναλλακτικούς και βιώσιμους τρόπους μείωσης της ρύπανσης.

Στο Κεφάλαιο 3 παρατίθεται το ερευνητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, με την περιγραφή της δομής του ερωτηματολογίου που κατασκευάσαμε, της εξεταζόμενης περιοχής μελέτης, της διαδικασίας συλλογής δεδομένων, του δείγματος και της διαδικασίας ανάλυσης των δεδομένων.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα βασικά αποτελέσματα της έρευνας που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν.

Τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας, κάποιες κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα και οι περιορισμοί της έρευνάς μας παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.

Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η ανθρωπογενής δραστηριότητα στις αστικές περιοχές συμβάλλει σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η ποιότητα του αέρα. Μεταξύ αυτών των δραστηριοτήτων, η μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων ξεχωρίζει ως κύρια πηγή ρύπανσης εντός των πόλεων (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2018). Το φαινόμενο αυτό οδηγεί σε πολυάριθμες αρνητικές συνέπειες για την υγεία του ανθρώπου, όπως καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις, επιδείνωση της ψυχικής ευεξίας και μη φυσιολογική γνωστική ανάπτυξη (Bakolis et al., 2020; Cepeda et al., 2017).

Μια κοινή προσέγγιση που υιοθετήθηκε για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις ευρωπαϊκές πόλεις περιλαμβάνει τη δημιουργία Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών (Glazener & Khreis, 2019). Οι LEZ είναι περιοχές στις οποίες περιορίζεται η κυκλοφορία οχημάτων που εκπέμπουν υψηλές ποσότητες ρύπων στην ατμόσφαιρα (Szarata et al., 2017). Η εφαρμογή LEZ έχει ως κύριο στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την προστασία της δημόσιας υγείας, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και στη μείωση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτές οι ζώνες έχουν σχεδιαστεί για να μειώνουν τη χρήση οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης εντός των ορίων της πόλης και να ενθαρρύνουν την υιοθέτηση οχημάτων εξαιρετικά χαμηλών εκπομπών, δημόσιων συγκοινωνιών και ενεργών τρόπων μετακίνησης (περπάτημα, ποδήλατο) (Szarata et al., 2017). Η έννοια των LEZ έχει αρχίσει να αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία, καθώς οι επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία και στο περιβάλλον είναι ολοένα και πιο αναγνωρίσιμες.

Οι LEZ εφαρμόστηκαν το 1996 στη Σουηδία, συγκεκριμένα στις πόλεις Στοκχόλμη, Γκέτεμποργκ και Μάλμε, ενώ το 2002 ιδρύθηκε η πρώτη LEZ εκτός της Σουηδίας στην Ευρώπη, στη σήραγγα Mont Blanc που συνδέει τη Γαλλία με την Ιταλία (Holman, Young, & Gadsby, 2015). Έκτοτε, η υιοθέτηση των LEZ έχει γίνει ευρέως διαδεδομένη σε όλη την

Ευρώπη ως μέσο για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις πόλεις, με πάνω από 200 LEZ να έχουν εντοπιστεί (Mudway et al., 2019; Sadler Consultants Ltd, 2019; Settey, Gnapp, & Beňová, 2019). Οι LEZ ποικίλλουν σημαντικά ως προς τη δομή και τους μηχανισμούς επιβολής τους, περιλαμβάνοντας παράγοντες όπως οι τύποι των στοχευόμενων οχημάτων, τα απαιτούμενα πρότυπα εκπομπών, το μέγεθος ζώνης και τα λειτουργικά χρονοδιαγράμματα. Ορισμένες LEZ, όπως αυτές στη Γερμανία και το Μιλάνο, περιλαμβάνουν τόσο επιβατικά όσο και εμπορευματικά οχήματα (Malina & Scheffler, 2015; Comi, Delle Site, Filippi, Marcucci, & Nuzzolo, 2008), ενώ άλλα, όπως στη Δανία, ισχύουν αποκλειστικά για φορτηγά οχήματα (Sadler Consultants Ltd, 2019). Επιπλέον, η αυστηρότητα των προτύπων για την πρόσβαση στη ζώνη μπορεί να διαφέρει μεταξύ των LEZ. Οι μέθοδοι επιβολής παρουσιάζουν επίσης σημαντική ποικιλομορφία, που κυμαίνεται από την αυτοματοποιημένη αναγνώριση πινακίδων μέσω καμερών έως τη χειροκίνητη επιθεώρηση με χρήση αυτοκόλλητων (Savadogo, Gardrat, & Koning, 2023).

Ένα από τα κύρια οφέλη της δημιουργίας LEZ είναι η σημαντική μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι εκπομπές ρύπων όπως το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και τα σωματίδια PM_{10} , τα οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, μειώνονται καθώς περιορίζεται η κυκλοφορία των οχημάτων που εκπέμπουν αυτά τα επιβλαβή αέρια. (Host, Honoré, Joly, Saunal, Le Tertre, & Medina, 2022). Οι LEZ ενθαρρύνουν, επίσης, τη χρήση πιο οικολογικών μέσων μετακίνησης, όπως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τα ποδήλατα και η δημόσια συγκοινωνία, μειώνοντας ακόμα περισσότερο τις εκπομπές (Tarrino και συν., 2021).

Από περιβαλλοντική άποψη, η εφαρμογή LEZ συμβάλλει στην προστασία του κλίματος, περιορίζοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), το οποίο είναι υπεύθυνο για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Ταυτόχρονα, μειώνεται η ηχορύπανση και η ατμοσφαιρική μόλυνση, που έχουν αρνητικές συνέπειες όχι μόνο για την υγεία των ανθρώπων, αλλά και για τα οικοσυστήματα, τη βιοποικιλότητα και την ποιότητα του εδάφους (Santos, Gómez-Losada, & Pires, 2019).

Η δημιουργία τέτοιων ζωνών επίσης μπορεί να οδηγήσει σε αναβάθμιση της αστικής ποιότητας ζωής. Καθώς μειώνονται οι εκπομπές ρύπων και το κυκλοφοριακό φόρτο, οι περιοχές γίνονται πιο ήσυχες, πιο καθαρές και πιο φιλικές για τους κατοίκους και τους επισκέπτες (Hajmohammadi, & Heydecker, 2022). Η ποιότητα του αέρα βελτιώνεται, και αυτό

έχει θετικές επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών, μειώνοντας τις χρόνιες ασθένειες, όπως οι αναπνευστικές και καρδιοαγγειακές παθήσεις.

Αξιοσημείωτο είναι ότι οι LEZ συμβάλλουν και στην οικονομική ανάπτυξη. Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα μπορεί να μειώσει τα έξοδα για την υγειονομική περίθαλψη, καθώς οι ασθένειες που προκαλούνται από τη ρύπανση κοστίζουν σημαντικά στους φορολογούμενους και τα συστήματα υγείας (Mudway, Dundas, Wood, Marlin, Jamaludin, Bremner, & Griffiths, 2019). Επιπλέον, η στροφή προς πιο βιώσιμες μορφές μετακίνησης μπορεί να ενισχύσει την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και πράσινων τεχνολογιών, δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας και ενισχύοντας την καινοτομία στον τομέα της βιώσιμης κινητικότητας (Ferreira, Gomes, Carvalho, Tente, Monjardino, Brás, & Pereira, 2012)

Συνολικά, η εφαρμογή ζωνών χαμηλών ρύπων αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την προστασία του περιβάλλοντος και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις αστικές περιοχές. Οι δράσεις αυτές εντάσσονται σε μια ευρύτερη στρατηγική βιώσιμης ανάπτυξης, που αποσκοπεί στη μείωση της ρύπανσης και στην ενίσχυση της κοινωνικής και περιβαλλοντικής ευημερίας.

Στις ενότητες που ακολουθούν, αναλύεται ο τρόπος εφαρμογής των LEZ σε διάφορες πόλεις στην Ευρώπη και στο Ισραήλ, αλλά και παρατίθενται έρευνες σε σχέση με τα οφέλη που είχαν για την κάθε πόλη. Παρατίθενται ένας συνοπτικός πίνακας με τα βασικά στοιχεία των ζωνών που έχουν μελετηθεί και αναφέρονται παρακάτω (Πίνακας 2.1), αλλά και ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις μελέτες που έχουν συμπεριληφθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία (2.2).

Πίνακας 2.1: Βασικά στοιχεία LEZ

Σχέδιο LEZ	Πόλη	Χώρα	Περιγραφή σχεδίου LEZ	Περιοχή που καλύπτει	Ελάχιστες απαιτήσεις εισόδου	Κανόνες (πχ χρέωση, πρόστιμο)	Συμπληρωματικά μέτρα	Έτος εφαρμογής
Environmental Zone Paris Greater Area ZFE	Παρίσι	Γαλλία	Λειτουργία από τις 8:00 π.μ. έως τις 8:00 μ.μ. και απαγόρευση εισόδου σε οχήματα χωρίς το απαιτούμενο σήμα τάξης 5, 4 και 3	Δήμοι εντός της 2ης περιφερειακής οδού A86	Euro 4 για βενζινοκίνητα οχήματα Euro 5 για οχήματα diesel	Πρόστιμο 68-450€	Environmental Zone Paris ZPA Transit (La Francilienne) (2016), Environmental Zone ZPA Paris Greater Area (2017), Environmental Zone Paris ZTL (2024)	2015
Environmental Zone Madrid ZBE Centro – Spain	Μαδρίτη	Ισπανία	Απαγόρευση εισόδου στα πιο ρυπογόνα ιδιωτικά οχήματα που δεν πληρούν ορισμένα περιβαλλοντικά πρότυπα, (πετρελαιοκίνητα οχήματα diesel πριν το 2006 και τα βενζινοκίνητα οχήματα πριν το 2001)	Περιοχές Palacio, Universidad, Justicia, Sol, Cortes και Embajadores	Euro 3 για βενζινοκίνητα Euro 4 για οχήματα diesel	Πρόστιμο 200€	-	2021
Environmental zone London LEZ - United Kingdom	Λονδίνο	Ηνωμένο Βασίλειο	αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες, ημιφορτηγά, μικρά λεωφορεία, λεωφορεία, πούλμαν και βαρέα φορτηγά οχήματα πρέπει να πληρούν τα πρότυπα εκπομπών ή να καταβάλλουν ημερήσιο τέλος κατά την είσοδό τους	Περιοχή Greater London	Euro 4 για βενζινοκίνητα οχήματα Euro 6 για οχήματα diesel	Πρόστιμο 290€ - 2300€	United Kingdom London Congestion Charge - United Kingdom (2003), United Kingdom London ZEZ - United Kingdom (2018), Environmental zone London ULEZ - United Kingdom (2019)	2008
Environmental Zone Milan - Italy	Μιλάνο	Ιταλία	Περιορισμός ρυπογόνων οχημάτων παλαιότερων προδιαγραφών Euro, μοτοσικλέτες με δίχρονο κινητήρα, αυτοκίνητα βενζίνης Euro 0-1 και πετρελαίου Euro 0-4, και φορτηγά και λεωφορεία παρόμοιων προδιαγραφών	Ολόκληρη περιοχή Μιλάνου	Euro 3 για βενζινοκίνητα οχήματα Euro 4 για οχήματα diesel	Πρόστιμο 75-450€	Environmental zone Milan Area B – Italy (2012), Environmental zone Milan Area C – Italy (2012), Environmental zone Milan (Anti-smog) – Italy (2017)	2016
Environmental Zone Barcelona ZBE City - Spain	Βαρκελώνη	Ισπανία	Περιορισμός κυκλοφορίας σε αυτοκίνητα, αυτοκινούμενα τροχήσπιτα, λεωφορεία, φορτηγά, φορτηγά που δεν πληρούν τα πρότυπα εκπομπών δεν επιτρέπεται να οδηγούν	το αστικό κέντρο εντός των αυτοκινητοδρόμων B-20 και B-10	Euro 3 για βενζινοκίνητα οχήματα Euro 4 για οχήματα diesel	Πρόστιμο 200€ - 1800€	-	2017

			στη ζώνη σε μόνιμη βάση από Δευτέρα έως Παρασκευή μεταξύ 7:00 π.μ. και 8:00 μ.μ.					
Environmental zone of Lisbon 1 - Portugal	Λισαβόνα	Πορτογαλία	Περιορισμός κυκλοφορίας σε φορτηγά βαρύτερα από 3,5 τόνους πριν από το 2005 και πετρελαιοκίνητα οχήματα κάτω των 3,5 τόνων πριν από το 2006, και ταξί πριν από το 2009 και δεν συμμορφώνονται με το πρότυπο εκπομπών Euro 4 ή δεν διαθέτουν το φίλτρο σωματιδίων	κατά μήκος της λεωφόρου da Liberdade και περιλαμβάνει τις γειτονιές Baixa και Chiado νότια της λεωφόρου	Euro 3	Πρόστιμο 120€	Environmental zone of Lisbon 2 – Portugal (2012)	2011
Environmental zone Malmö - Sweden	Μάλμε	Σουηδία	Απαγόρευση κυκλοφορίας για βαρέα οχήματα (λεωφορεία και φορτηγά άνω των 3,5 τόνων) με προδιαγραφές Euro 0-5	Μεταξύ των δρόμων Citadellsvägen, Limhamnsvägen, Kalkbrottsgratan, Annetorpsvägen, Inre Ringvägen, Sallerupsvägen, Hornsgatan, και Norra Vallgatan.	Euro 6	Πρόστιμο 100€	-	1996
Environmental zone Antwerp - Belgium	Αμβέρσα	Βέλγιο	Απαγόρευση εισόδου σε αυτοκίνητα, τροχόσπιτα, λεωφορεία, ημιφορτηγά, φορτηγά (0-1 βενζίνη, υγραέριο, CNG, 0-4 diesel)	Μεταξύ ολόκληρου του κέντρου της πόλης και μέρους της συνοικίας Linkeroever (μεταξύ των E17, Park & Ride Linkeroever και Sint-Annabos)	Euro 2 για βενζινοκίνητα οχήματα Euro 5 για οχήματα diesel	Πρόστιμο 150 - 350€	-	2017
Haifa Low Emission Zone - Irsael	Χάιφα	Ισραήλ	απαγόρευση εισόδου για φορτηγά βάρους άνω των 3,5 τόνων πριν το 2005 τα οποία δεν συμμορφώνονται με το πρότυπο εκπομπών Euro 4 ή δεν διαθέτουν φίλτρο σωματιδίων	όλες οι κατοικημένες γειτονιές στην πόλη	Euro 4	Πρόστιμο 500-1000 NIS	-	2018
Environmental Zone Monza and Brianza - Italy	Μόντσα	Ιταλία	Απαγόρευση κυκλοφορίας οχημάτων όπως δίχρονοι μοτοσικλές (κλάσης L), επιβατικά αυτοκίνητα, τροχόσπιτα, λεωφορεία, φορτηγά και βαν με προδιαγραφές Euro 0-1 για βενζινοκίνητα και Euro 0-4 για πετρελαιοκίνητα	Ολόκληρη η περιοχή της Μόντσα	Euro 6	Πρόστιμο 75-450€	Environmental zone Monza (Anti-smog) – Italy (2017), Environmental zone Monza ZTL – Italy (1992)	2016

Πίνακας 2.2: Έρευνες για επιπτώσεις LEZ

Πόλη	Συγγραφείς	Περιγραφή μεθοδολογίας	Έτη εφαρμογής LEZ	Επιπτώσεις		
				Περιβάλλον	Υγεία	Κοινωνία
Παρίσι	Bernard, Miller, Wappelhorst, & Braun (2020)	Στατιστική ανάλυση δεδομένων από σταθμούς παρακολούθησης ποιότητας αέρα, δεδομένα ροής κυκλοφορίας, δεδομένα εκπομπών οχημάτων και κοινωνικοοικονομικούς δείκτες, συνεντεύξεις με υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, πολεοδόμους και κατοίκους	2015-2020	Μείωση επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης (συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου (NO ₂) και σωματιδίων (PM)), βελτίωση ποιότητας αέρα, μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και εκπομπές αερίων θερμοκηπίου	Μείωση αναπνευστικών ασθενειών και καρδιαγγειακών παθήσεων	Αλλαγές στη συμπεριφορά μεταφορών (αυξημένη χρήση δημόσιας συγκοινωνίας, ποδηλασίας και περπατήματος)
	Host, Honoré, Joly, Saunal, Le Tertre & Medina (2022)	Ανάλυση 4 υποθετικών σεναρίων LEZ σε διαφορετικά στάδια ενός μοντέλου full-chain, με μοντελοποίηση της οδικής κυκλοφορίας, των εκπομπών, των συγκεντρώσεων PM _{2.5} και NO ₂ , της έκθεσης του πληθυσμού των κατοίκων και των επιπτώσεων στην υγεία	2018-2019	Μείωση μέγιστων επιπέδων έκθεσης από 55 μg/m ³ σε 42 μg/m ³ το αυστηρότερο σενάριο LEZ,	Αποτροπή 340 θανάτων, 170 τοκετών με χαμηλό βάρος, 130 νέων περιπτώσεων ισχαιμικής καρδιακής νόσου και 2930 νέων περιπτώσεων άσθματος σε διάστημα ενός έτους	Πιθανές αυξήσεις στις ανισότητες
	Poulhès, & Proulhac (2021)	Χρήση δυναμικών χαρτών που απεικονίζουν τη συγκέντρωση NO ₂ , μαζί με έρευνα μετακινήσεων σε νοικοκυριά και μοντέλο οδικής κυκλοφορίας λαμβάνοντας υπόψη τα ατομικά επίπεδα έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση	2015-2021	13% - 43% των κατοίκων που εκτίθενται σε υψηλές συγκεντρώσεις NO ₂ εκτός των ορίων LEZ θα έπεφταν κάτω από το όριο των 40 μg/m ³	-	μικρότερος αντίκτυπος στους πληθυσμούς που είναι πιο ευάλωτοι στη ρύπανση (νεότερα και μεγαλύτερα άτομα), μεγαλύτερο όφελος οι πλουσιότεροι κάτοικοι που είναι και οι πιο εκτεθειμένοι στη ρύπανση
Μαδρίτη	Moral-Carcedo (2024)	Ανάλυση της εφαρμογής της LEZ στην κίνηση του κέντρου της πόλης και σε ευρύτερες γειτονικές περιοχές	2013-2019	-	-	Μείωση κίνησης στην κεντρική Μαδρίτη, αλλά αύξηση στις γειτονικές περιοχές
	Salas, Perez-Villadoniga, Prieto-Rodriguez, & Russo (2021)	Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας της LEZ στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα, και την επίδραση στις συγκεντρώσεις NO ₂ με υπολογισμούς των εκτιμήσεων Diff-in-Diff σύγκριση τη μεταβολή των επιπέδων NO ₂	2015-2019	Μείωση των εκπομπών NO ₂ , θετική διάχυση της ρύπανσης στο κέντρο της πόλης και σε άλλες κοντινές περιοχές	-	Αλλαγή συνηθειών μεταφοράς
	Gonzalez, Gomez, & Vassallo (2022)	Μελέτη του βαθμού στον οποίο τα μέτρα που περιορίζουν τη χρήση του ιδιωτικού οχήματος ενθαρρύνουν τη χρήση φιλικών	2022	-	-	Αλλαγές προς πιο βιώσιμες συνήθειες και επιλογές

		προς το περιβάλλον οχημάτων και προωθούν τη στροφή προς πιο βιώσιμους τρόπους μεταφοράς με μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης				
	Tarrino, et al. (2021)	Μοντελοποίηση 4 μεταβλητών (κοινωνικοοικονομικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά, προσωπικές απόψεις, μεταβλητές σε σχέση με το ταξίδι και αντιλήψεις και συνήθειες μετακίνησης) για την επίδραση στην δημόσια αποδοχή των LEZ	2019	-	-	Μεγαλύτερη επίδραση στην αποδοχή η πολιτική ιδεολογία, περιβαλλοντική ευαισθησία, κυρίαρχο μέσο μετακίνησης, χρήση συστημάτων κοινής μετακίνησης, συχνότητα μετακίνησης στο κέντρο
Λονδίνο	Prieto-Rodriguez, Perez-Villadoniga, Salas & Russo (2022)	Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας των ULEZ και CCZ με δεδομένα από το London Air Quality Network (LAQN) και το Automatic Urban and Rural Network (AURN) με μοντέλο Diff-in-Diff οι οποίοι πριν και μετά την εφαρμογή των πολιτικών	2015-2020	Μειώσεις στα επίπεδα NO ₂ εντός της CCZ μετά την εφαρμογή και των δύο πολιτικών, με τη ULEZ να παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα	-	-
	Hajmohammadi & Heydecker (2022)	Αξιολόγηση ULEZ στην ποιότητα του αέρα με μοντέλο state-space intervention ωριαίες συγκεντρώσεις NO, NO ₂ και NO _x σε 28 σταθμούς παρακολούθησης	2018-2020	Μείωση στις συγκεντρώσεις NO, NO ₂ και NO _x στην ευρύτερη περιοχή του Λονδίνου	-	-
	Wilde, Padilla, Farren, Alvarez, Wilson, Lee, & Carslaw (2024)	Ανάλυση κυκλοφοριακής συμφόρησης στις εκπομπές των οχημάτων μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο κάτω από διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας	2022	Αύξηση των εκπομπών σε περιόδους έντονης κυκλοφοριακής συμφόρησης (οξείδια του αζώτου (NO _x) και τα σωματίδια (PM), βελτιώσει την ποιότητα του αέρα στο Λονδίνο	-	-
	Mudway, Dundas, Wood, Marlin, Jamaludin, Bremner & Griffiths (2019)	Διαχρονική μελέτη σύνδεσης μεταξύ μοντελοποιημένων εκθέσεων ρύπων (των οξειδίων του αζώτου και σωματιδίων PM _{2,5} και PM ₁₀) και των παραμέτρων πνευμονικής λειτουργίας	2009-2014	Μείωση στο NO ₂ , αν και δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή για τα PM ₁₀ , αντίστροφη συσχέτιση το FVC με το ετήσιο NO ₂ και τα PM ₁₀	Μείωση στο ποσοστό των παιδιών που ζουν σε διευθύνσεις που υπερβαίνουν την οριακή τιμή της ΕΕ για ετήσιο NO ₂ από 99% σε 34%, όχι ένδειξη μείωσης του ποσοστού των παιδιών με μικρούς πνεύμονες	-
	Ding, Sze, Guo, & Lu (2023)	Αξιολόγηση αντίκτυπου της ULEZ στην εφαρμογή της δημόσιας κοινής χρήσης ποδηλάτων χρησιμοποιώντας δεδομένα για τη χρήση ποδηλάτου από σταθμούς σύνδεσης ποδηλάτων	2019	-	-	Αύξηση στη ζήτηση ποδηλάτων μετά την εφαρμογή της ULEZ, αύξηση στις διαδρομές με ποδήλατο με προέλευση και προορισμό εντός της περιοχής ULEZ

Μιλάνο	Speranza, & Caggiano (2023)	Διερεύνηση τρόπου με τον οποίο οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν τη συγκέντρωση των σωματιδίων (PM), και συγκεκριμένα των PM ₁₀ και PM _{2.5} , στην LEZ με την ανάλυση συνθετικών δεδομένων που την εκτίμηση των μεταβολών στη σύσταση των σωματιδίων με την πάροδο του χρόνου	2018-2019	Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4.7°C σχετίζεται με μείωση του λεπτού κλάσματος PM _{2.5} , η αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 19% οδήγησε σε αύξηση του λεπτού κλάσματος PM κατά 10.5%, οι μετεωρολογικές μεταβολές, ειδικά η θερμοκρασία και η υγρασία, επηρεάζουν τη σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα της LEZ	-	-
	Marchetti, & Antonelli (2024)	Εξέταση κοινωνικών επιδράσεων των LEZ για την κατανόηση της κοινωνικής αποδοχής των μέτρων από την τοπική κοινότητα με συνεντεύξεις με αρμόδιους του δήμου και ειδικούς στον τομέα της κινητικότητας, συλλέγοντας δεδομένα για τις επιπτώσεις των LEZ στην κυκλοφορία, την ποιότητα του αέρα και τις κοινωνικές παραμέτρους	-	Μείωση των εκπομπών των ρύπων PM ₁₀ και NO _x κατά 40% και 76%, αντίστοιχα,		Μείωση της κυκλοφορίας κατά 43% από το 2011 έως το 2023, σημαντική στροφή των πολιτών από τα ιδιωτικά οχήματα στις δημόσιες συγκοινωνίες, αύξηση ποσοστού των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων,
Βαρκελώνη	Oltra, Sala, López-Asensio, Germán, & Boso (2021)	Διερεύνηση δημόσιας αποδοχής μέτρων πολιτικής που στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα των πόλεων με μεικτή μέθοδο που συνδυάζει έρευνες και συνεντεύξεις για τη συλλογή περιεκτικών δεδομένων	2020	-	-	Μεγάλη σημασία ο ρόλος των κοινωνικών και δημογραφικών χαρακτηριστικών, της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και των αντληπτών οφελών και κόστους της πολιτικής, μετάβαση σε πιο φιλικά προς το περιβάλλον μέσα μεταφοράς
	Benavides et al. (2020)	Αξιολόγηση επιπτώσεων της LEZ στη συγκέντρωση διοξειδίου του αζώτου (NO ₂) σε επίπεδο δρόμου με το μοντέλο CALIOPE-Urban που συνδυάζει το σύστημα πρόβλεψης ποιότητας αέρα CALIOPE με το μοντέλο R-LINE, προσομοιώνοντας τη μεταφορά ρύπων σε ανάλυση ανά δρόμο	2013	Μείωση εκπομπών NO _x κατά 15%, μείωση των συγκεντρώσεων NO ₂ κατά περίπου 5 μg/m ³ , βελτίωση ποιότητας του αέρα, ειδικά σε περιοχές με υψηλή κυκλοφορία	-	-
Λισαβόνα	Santos, Gómez-Losada, & Pires (2019)	Συνδυασμός δεδομένων παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, τεχνικών μοντελοποίησης εκπομπών και στατιστικής ανάλυσης για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της LEZ στον	2009-2016	Αισθητή βελτίωση στις μετρήσεις της ποιότητας του αέρα, ιδίως μειώσεις των συγκεντρώσεων σωματιδίων (PM ₁₀ και PM _{2.5}), διοξειδίου του αζώτου (NO ₂) και	-	-

		μετρίασμό των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης		μονοξειδίου του άνθρακα (CO) εντός των καθορισμένων ζωνών		
	Ferreira, Gomes, Carvalho, Tente, Monjardino, Brás, & Pereira (2012)	Εξέταση της αποτελεσματικότητας της LEZ στον μετρίασμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πόλεων και στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών μεταφορών με ποιοτικές συνεντεύξεις, ανάλυση πολιτικής και ποσοτική αξιολόγηση δεδομένων	2011- 2012	Μείωση των εκπομπών των οχημάτων, οδηγώντας σε βελτιώσεις στους δείκτες ποιότητας του αέρα, όπως μειωμένα επίπεδα σωματιδίων (PM), οξείδια του αζώτου (NO _x) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	-	-
	Ferreira, Gomes, Tente, Carvalho, Pereira, & Monjardino (2015)	Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της LEZ στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στο αστικό τοπίο παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και στατιστική ανάλυση	2001- 2013	Σημαντικές βελτιώσεις στις παραμέτρους της ποιότητας του αέρα μετά την ίδρυση της LEZ	-	-
Μάλμε	Flanagan, Malmqvist, Gustafsson, & Oudin (2022)	Μελέτη των οφελών για τη δημόσια υγεία με χρήση του μοντέλου διασποράς AERMOD και μιας λεπτομερούς βάσης δεδομένων εκπομπών για την εκτίμηση των επιπέδων NO ₂	-	Μείωση συγκεντρώσεων NO ₂ κατά 13,4%, σημαντική βελτίωση την ποιότητα του αέρα	Αποτροπή 9-26 θανάτων ετησίως, αποτροπή 12 εισαγωγών σε νοσοκομεία λόγω αναπνευστικών προβλημάτων, 8 περιστατικών παιδικού άσθματος και 9 περιπτώσεων υπερτασικών διαταραχών κατά την εγκυμοσύνη κάθε χρόνο	-
Αμβέρσα	De Vrij, & Vanoutrive (2022)	Διερεύνηση σχέσης μεταξύ της εφαρμογής LEZ και του κοινωνικού αποκλεισμού με μεικτή μέθοδο (ποιοτικές συνεντεύξεις και ποσοτική ανάλυση δεδομένων)	2017-2018	-	-	Επιδείνωση κοινωνικών ανισοτήτων, με τις περιθωριοποιημένες κοινότητες να αισθάνονται όλο και πιο απομονωμένες και παραμελημένες
Χάιφα	Tartakovsky, Kordova-Biezuner, Berlin, & Broday (2020)	Αξιολόγηση της εφαρμογής της πολιτικής στην ποιότητα του αέρα του αστικού περιβάλλοντος με δεδομένα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, μοντελοποίησης εκπομπών οχημάτων και στατιστικής ανάλυσης	2017-2019	Σημαντικές βελτιώσεις στις παραμέτρους ποιότητας του αέρα μετά την εφαρμογή της πολιτικής	-	-
Μόντσα	Silvaggio et al. (2019)	Παρακολούθηση των επιπέδων θορύβου και ποιότητας του αέρα πριν και μετά την εφαρμογή της NLEZ και έρευνα για την κοινωνική αντίληψη των κατοίκων	2017-2018	Σημαντική μείωση της ηχορύπανσης, μείωση των συγκεντρώσεων ρύπων, όπως το NO ₂ και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM ₁₀ , PM _{2.5}), βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην περιοχή	-	Βελτιωμένη αντίληψη για την ησυχία και την ποιότητα του αέρα, μεγαλύτερη ευαισθησία και ενδιαφέρον για τα περιβαλλοντικά ζητήματα

2.1 Παρίσι

Η εφαρμογή Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών στο Παρίσι ήταν ένα κρίσιμο βήμα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Αυτές οι ζώνες στοχεύουν στη ρύθμιση των εκπομπών των οχημάτων περιορίζοντας την είσοδο σε οχήματα που δεν πληρούν ορισμένα πρότυπα εκπομπών. Το Παρίσι διαθέτει τέσσερις LEZ, η κάθε μια με το δικό της σύνολο κανονισμών και προδιαγραφών.

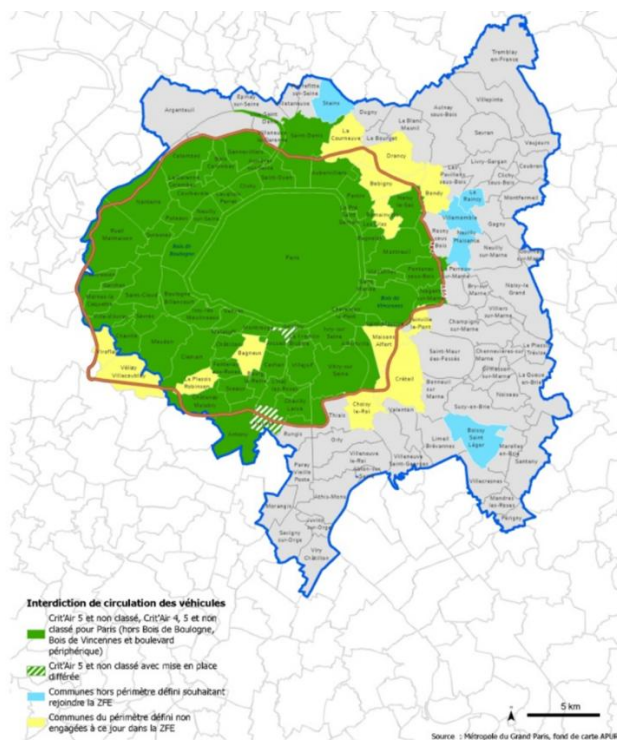
Η πρώτη ζώνη είναι η Environmental Zone Paris Greater Area ZFE, η οποία τέθηκε σε ισχύ την 1^η Σεπτεμβρίου 2015. Αυτή η ζώνη λειτουργεί από τις 8:00 π.μ. έως τις 8:00 μ.μ. και απαγορεύει την είσοδο στα οχήματα χωρίς το απαιτούμενο σήμα, με τα πρόστιμα για μη συμμόρφωση να κυμαίνονται από 68 έως 450 ευρώ. Καλύπτει δήμους εντός της δεύτερης περιφερειακής οδού A86 και εκτείνεται σε επιπλέον περιοχές εκτός της A86. Δεύτερη είναι η Environmental Zone ZPA Paris Greater Area, που εφαρμόστηκε στις 2 Ιανουαρίου 2017. Αυτή η προσωρινή ζώνη, που ενεργοποιείται κατά τις ώρες αιχμής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, περιορίζει τα οχήματα χωρίς σήμα ή με ανεπαρκή κατηγορία σήματος με τα πρόστιμα για παραβάσεις να είναι παρόμοια με εκείνα στη ζώνη ZFE. Περιλαμβάνει κοινότητες εντός του A86 και λειτουργεί σύμφωνα με τις αποφάσεις του νομάρχη, οι οποίες υπερισχύουν των κανόνων της ZFE. Η Environmental Zone Paris ZPA Transit (La Francilienne), που ιδρύθηκε στις 19 Δεκεμβρίου 2016, χρησιμεύει ως ζώνη προστασίας του αέρα που σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες. Εάν υπάρχει κορύφωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η ζώνη ZPA είναι ενεργοποιημένη, κάθε επηρεαζόμενο όχημα απαιτεί ένα έγκυρο γαλλικό περιβαλλοντικό αυτοκόλλητο (Certificat qualité de l'Air) για να εισέλθει στη ζώνη χαμηλών εκπομπών, με πρόστιμα ύψους 135 ευρώ για τους παραβάτες. Αυτή η ζώνη συνορεύει με τον αυτοκινητόδρομο "Francilienne", συμπεριλαμβανομένων των A104, N104, N184, και επιτρέπει την πρόσβαση των κατοίκων. Τέλος, η Environmental Zone Paris ZTL, η οποία ισχύει από την 1^η Ιανουαρίου 2024, είναι μια μόνιμη ζώνη που καλύπτει το κέντρο του Παρισιού και

τμήματα του 5^{ου}, 6^{ου} και 7^{ου} διαμερίσματος. Λειτουργεί όλο το εικοσιτετράωρο, απαγορεύοντας όλες τις κατηγορίες οχημάτων χωρίς εξαιρέσεις. Τα πρόστιμα για παραβάσεις ανέρχονται στα 135€. Αυτή η ζώνη απαιτεί άδειες εισόδου και διαθέτει σημαδεμένους δρόμους που υποδεικνύουν σημεία πρόσβασης.

Η μελέτη των Bernard, Miller, Wappelhorst, και Braun (2020) διερευνά τις επιπτώσεις της LEZ που εφαρμόστηκε στο Παρίσι και προσφέρει πληροφορίες για τις επιπτώσεις της σε άλλες πόλεις που εξετάζουν παρόμοια μέτρα. Πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων από πολλαπλές πηγές, όπως σταθμούς παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, δεδομένα ροής κυκλοφορίας, δεδομένα εκπομπών οχημάτων και κοινωνικοοικονομικούς δείκτες. Για την ανάλυση των δεδομένων κατασκευάστηκε στατιστικό μοντέλο για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της LEZ του Παρισιού στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στη βελτίωση των αποτελεσμάτων της δημόσιας υγείας. Επιπρόσθετα, οι ερευνητές πραγματοποίησαν συνεντεύξεις με βασικούς ενδιαφερόμενους φορείς, όπως υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, πολεοδόμους και κατοίκους, για να αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση των επιπτώσεων της LEZ σε διάφορες πτυχές της αστικής ζωής. Η μελέτη καλύπτει τη χρονική περίοδο, που εκτείνεται από την εφαρμογή της LEZ του Παρισιού μέχρι το 2020. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν αρκετές θετικές επιδράσεις της LEZ του Παρισιού. Πρώτον, υπάρχουν ενδείξεις σημαντικής μείωσης των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδιαίτερα των συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου (NO₂) και σωματιδίων (PM), εντός της περιοχής LEZ. Αυτή η βελτίωση της ποιότητας του αέρα έχει οδηγήσει σε απτά οφέλη για τη δημόσια υγεία, συμπεριλαμβανομένων των μειώσεων των αναπνευστικών ασθενειών και των καρδιαγγειακών παθήσεων. Επιπλέον, η LEZ έχει συμβάλει σε αλλαγές στη συμπεριφορά των μεταφορών, όπως η αυξημένη χρήση της δημόσιας συγκοινωνίας, η ποδηλασία και το περπάτημα, οδηγώντας σε μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της εξέτασης παραγόντων του πλαισίου, όπως η αστική μορφολογία, τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και οι οικονομικές συνθήκες, κατά την εφαρμογή των LEZ σε άλλες πόλεις. Τονίζει την ανάγκη για προσαρμοσμένες προσεγγίσεις που λαμβάνουν υπόψη τις τοπικές συνθήκες και τις προτιμήσεις των ενδιαφερομένων για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας των LEZ.

Η μελέτη των Host, Honoré, Joly, Saunal, Le Tertre και Medina (2022) είχε ως στόχο να αξιολογήσει τις πιθανές επιπτώσεις διαφορετικών σεναρίων LEZ στην περιοχή του Greater Paris, που σχεδιάστηκε να εφαρμοστεί το 2018/2019, συνδυάζοντας διάφορες περιμέτρους και επίπεδα απαγόρευσης οχημάτων. Σκοπός, επίσης, ήταν η αξιολόγηση αυτών των επιπτώσεων με βάση την κοινωνικοοικονομική κατάσταση του πληθυσμού. Η μελέτη ανέλυσε τέσσερα υποθετικά σενάρια LEZ σε διαφορετικά στάδια ενός μοντέλου full-chain, συμπεριλαμβανομένης της μοντελοποίησης της οδικής κυκλοφορίας, των εκπομπών, των συγκεντρώσεων PM_{2,5} και NO₂ σε μικρή κλίμακα, της έκθεσης του πληθυσμού των κατοίκων και των επιπτώσεων στην υγεία. Το πιο αυστηρό σενάριο LEZ προβλεπόταν να μειώσει τα μέγιστα επίπεδα έκθεσης από 55 μg/m³ σε 42 μg/m³ στο Παρίσι. Σε διάστημα ενός έτους, αυτό το σενάριο θα μπορούσε να αποτρέψει 340 θανάτους (-0,6%), 170 τοκετούς με χαμηλό βάρος (-4,9%), 130 νέες περιπτώσεις ισχαιμικής καρδιακής νόσου (IHD) (-1,8%) και 2930 νέες περιπτώσεις άσθματος (-3,0%) σε 9,4 εκατομμύρια κατοίκους. Ωστόσο, τα αποτελέσματα έδειξαν πιθανές αυξήσεις στις ανισότητες. Η σύγκριση σεναρίων υπογράμμισε τη σημασία της επέκτασης των LEZ ώστε να συμπεριλάβει μια ευρύτερη ζώνη, προς όφελος μεγαλύτερης μερίδας του πληθυσμού πιο δίκαια.

Οι Poulhès και Proulhac (2021) στην έρευνα τους αξιολόγησαν τα πιθανά πλεονεκτήματα για την υγεία των LEZ για τους κατοίκους της περιοχής του Παρισιού λαμβάνοντας υπόψη τα ατομικά επίπεδα έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση κατά τη διάρκεια των καθημερινών ταξιδιών και δραστηριοτήτων. Χρησιμοποιώντας δυναμικούς χάρτες που απεικονίζουν τη συγκέντρωση NO₂, μαζί με μια έρευνα μετακινήσεων σε νοικοκυριά και ένα μοντέλο οδικής κυκλοφορίας, η μελέτη εξετάζει τον πληθυσμό που εκτίθεται σε ατμοσφαιρική ρύπανση που ξεπερνά τα 40 μg/m³ NO₂. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εφαρμογή των LEZ στην περιοχή του Παρισιού έχει τον μικρότερο αντίκτυπο στους πληθυσμούς που είναι πιο ευάλωτοι στη ρύπανση, όπως τα νεότερα και τα μεγαλύτερα άτομα. Οι πλουσιότεροι κάτοικοι επωφελούνται περισσότερο από τις LEZ, ωστόσο είναι και οι πιο εκτεθειμένοι στη ρύπανση. Με βάση διαφορετικά σενάρια, μεταξύ 13% και 43% των κατοίκων που εκτίθενται σε υψηλές συγκεντρώσεις NO₂ εκτός των ορίων LEZ θα έπεφταν κάτω από το κρίσιμο όριο των 40 μg/m³.



Εικόνα 2.1:Χάρτης LEZ στο Παρίσι

2.2 Μαδρίτη

Η Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών του κέντρου της Μαδρίτης άρχισε να λειτουργεί στις 30 Νοεμβρίου 2018, αλλά ανέστειλε τη λειτουργία της τον Ιούλιο του 2020 μετά από απόφαση του Ανώτατου Δικαστηρίου της Μαδρίτης εξαιτίας ορισμένων τυπικών ελαττωμάτων. Τελικά, κηρύχθηκε άκυρη από το προαναφερθέν δικαστήριο τον Μάιο του 2021. Πέρα από τη σύντομη διάρκεια ζωής αυτής της LEZ, είχε και μια μακρά μεταβατική περίοδο όπου οι οδηγοί που παραβίαζαν τους περιορισμούς της εισόδου, άρχισαν να τιμωρούνται πρακτικά μετά τις 15 Μαρτίου του έτους 2019. Συνεπώς, αυτή η LEZ λειτούργησε από το Μάρτιο του 2019 έως τον Ιούλιο του 2020, καθώς οι επερχόμενες εκλογές του Μαΐου του 2019 φανέρωσαν ότι η πρόθεση της νέας Δημοτικής Αρχής ήταν να διαλύσει ολοσχερώς αυτή τη ζώνη στο κέντρο της Μαδρίτης παρά τις εναντιώσεις αριστερών κομμάτων και της ίδιας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τελικά, εγκρίθηκε ένας νέος κανονισμός τον Σεπτέμβριο του 2021, με την ονομασία «Κανονισμός για τη Βιώσιμη Κινητικότητα», ο οποίος εφαρμόζει νέα LEZ, με την ονομασία «Μαδρίτη-360», λιγότερο περιοριστική από τη προκάτοχό της, η οποία, ωστόσο, εφαρμόζει

σταδιακά περισσότερους περιορισμούς εντός της αρχικής περιοχής του κέντρου της Μαδρίτης, καθώς και στις γύρω αστικές περιοχές της Μαδρίτης.

Η LEZ αυτή εκτεινόταν σε απόσταση 4.7 χλμ και κάλυπτε λιγότερο από το 1% του Δήμου της Μαδρίτης. Αυτή η LEZ είναι μικρότερη σε έκταση συγκριτικά με άλλες παρόμοιες στην Ευρώπη και σχηματίστηκε με την ομαδοποίηση υφισταμένων περιοχών με κάποιο είδος περιορισμού της κυκλοφορίας αυτοκινήτων «μη κατοίκων» και συμπεριλαμβανομένων και άλλων που ανήκαν στη τρέχουσα ζώνη του κέντρου της Μαδρίτης. Περιορίζει, λοιπόν, τη πρόσβαση στα πιο ρυπογόνα ιδιωτικά οχήματα που δεν πληρούν ορισμένα περιβαλλοντικά πρότυπα, όπως τα πετρελαιοκίνητα οχήματα diesel με χρονολογία καταχώρησης πριν το 2006 και τα βενζινοκίνητα οχήματα με χρονολογία καταχώρησης πριν το 2001. Για τα υπόλοιπα πετρελαιοκίνητα και βενζινοκίνητα οχήματα οι περιορισμοί που τίθενται αφορούν τον χρόνο, τον λόγο εισόδου στη LEZ και οι οδηγοί υποχρεούνται να τοποθετήσουν τα οχήματά τους σε χώρους στάθμευσης. Με εξαίρεση τα οχήματα που ανήκουν στους κατοίκους, στις υπηρεσίες ασφαλείας και έκτακτης ανάγκης, αλλά και στα άτομα με μειωμένη κινητικότητα, τα μοναδικά οχήματα που δεν υπόκεινται σε κανέναν περιορισμό εισόδου είναι τα οχήματα μηδενικών εκπομπών, λιγότερο από το 4% όλων των οχημάτων στη Μαδρίτη. Αναφορικά με τα οχήματα των ταξί και όσων παρέχουν παρόμοιες υπηρεσίες, καθώς και με τα οχήματα παράδοσης, έχει χορηγηθεί μια μεταβατική περίοδος προσαρμογής με ηπιότερους περιορισμούς από εκείνους που ισχύουν για την κυκλοφορία ιδιωτικών επιβατικών οχημάτων. Επιτρέπεται, επίσης, τα οχήματα να σταθμεύουν σε ξενοδοχεία και οι κάτοικοι μπορούν να δώσουν προσωρινή άδεια στάθμευσης και σε «μη κατοίκους». Συνακόλουθα, το κέντρο της Μαδρίτης είναι μια σχετικά μικρή LEZ που εφαρμόζεται σε περιοχές με προϋπάρχοντες περιορισμούς εισόδου που χαρακτηρίζονται από ένα πολύπλοκο σύνολο περιορισμών για ιδιωτικά ΙΧ οχήματα «μη μόνιμων» κατοίκων και βασίζεται σε επιβολή κυρώσεων, όπως το πρόστιμο αξίας 90 ευρώ.

Στην μελέτη τους οι Salas, Perez-Villadoniga, Prieto-Rodriguez και Russo (2021) διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα της εισαγωγής της LEZ στο κέντρο της Μαδρίτης στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα, και συγκεκριμένα, την επίδραση της εφαρμογής της πολιτικής αυτής στις συγκεντρώσεις NO₂. Κατ' αυτόν τον τρόπο, έγιναν υπολογισμοί των εκτιμήσεων Diff-in-Diff με σκοπό τη σύγκριση τη μεταβολή των επιπέδων NO₂ στο σταθμό

Plaza del Carmen εντός της κεντρικής περιοχής της Μαδρίτης με τη μεταβολή των επιπέδων NO₂ σε άλλες περιοχές μετά την εισαγωγή της LEZ. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν την αποτελεσματικότητα της LEZ στην μείωση των εκπομπών NO₂, όπως φαίνεται από τις μετρήσεις στον σταθμό Plaza del Carmen. Επίσης, οι υπόλοιποι σταθμοί γύρω από την LEZ κατέδειξαν σημαντικές, αν και μικρότερου μεγέθους, μειώσεις στα επίπεδα NO₂. Αυτό υποδηλώνει ότι υπήρξε θετική διάχυση της ρύπανσης και ότι η ρύπανση δεν μεταφέρθηκε από το κέντρο της πόλης σε άλλες κοντινές περιοχές. Αντίθετα, φαίνεται ότι οι πολίτες της Μαδρίτης μάλλον άλλαξαν τις συνήθειες μεταφοράς τους.

Αντίστοιχα, οι Gonzalez, Gomez, και Vassallo (2022) αξιολόγησαν τον βαθμό στον οποίο τα μέτρα που περιορίζουν τη χρήση του ιδιωτικού οχήματος, όπως οι κανονισμοί στάθμευσης στην οδό και η εφαρμογή LEZ, ενθαρρύνουν τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων και προωθούν τη στροφή προς πιο βιώσιμους τρόπους μεταφοράς στην πόλη της Μαδρίτης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης των εφαρμοζόμενων μέτρων στις προτιμήσεις και τις επιλογές των κατοίκων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μέτρα αυτά όντως ενθάρρυναν τους κατοίκους να κάνουν αλλαγές προς πιο βιώσιμες συνήθειες και επιλογές. Ωστόσο, οι πολίτες με λιγότερο ρυπογόνα οχήματα είναι απρόθυμοι να στραφούν προς τις δημόσιες συγκοινωνίες λόγω των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από την ιδιοκτησία αυτών των οχημάτων, όπως η δυνατότητα να απολαμβάνουν δωρεάν στάθμευση.

Στην έρευνα των Tarriño-Ortiz, Soria-Lara, Gómez και Vassallo (2021) μελέτησαν με μία προσέγγιση μοντελοποίησης τον αντίκτυπο τεσσάρων ομάδων μεταβλητών στην αποδοχή των LEZ στη Μαδρίτη από το κοινό. Οι ομάδες μεταβλητών αφορούν σε κοινωνικοοικονομικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά, προσωπικές στάσεις, μεταβλητές που σχετίζονται με τα ταξίδια και αντιλήψεις και συνήθειες κινητικότητας που συνδέονται με τις LEZ. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι οι κοινωνικοοικονομικές και δημογραφικές μεταβλητές σχετίζονται ασθενώς με το επίπεδο αποδοχής του κοινού προς τη LEZ. Αντιθέτως, η πολιτική ιδεολογία των ατόμων, η περιβαλλοντική τους ευαισθητοποίηση, ο κύριος τρόπος μεταφοράς τους, η χρήση συστημάτων κοινής κινητικότητας και η συχνότητα πρόσβασης στο κέντρο της Μαδρίτης έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην αποδοχή των μέτρων. Τα αποτελέσματα μπορεί να είναι χρήσιμα για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής

προκειμένου να κατανοήσουν τους παράγοντες που αυξάνουν την αποδοχή της LEZ από το κοινό.



Εικόνα 2.2:Χάρτης LEZ στη Μαδρίτη

2.3 Λονδίνο

Το Λονδίνο αποτελεί την μεγαλύτερη και πολυπληθέστερη πόλη του Ηνωμένου Βασιλείου με έκταση 1.572 τετραγωνικά χιλιόμετρα (Greater London Authority, 2021) και εκτιμώμενο πληθυσμό 9.002.488 κατοίκους (Office for National Statistics, 2021). Μια από τις πιο σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει αυτή η μητρόπολη είναι το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις εκπομπές των οδικών μεταφορών. Συγκεκριμένα, σωματίδια (PM), διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) αποτελούν βασικούς ρύπους που προέρχονται από τα καυσαέρια των οχημάτων και διαπερνούν το ατμοσφαιρικό περιβάλλον του Λονδίνου (Grange & Carslaw, 2019). Για την αντιμετώπιση του ζητήματος η πόλη του Λονδίνου έχει υιοθετήσει μια πληθώρα μέτρων για την μείωση των ρύπων, αλλά και τον περιορισμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Η αρχική πολιτική διαχείρισης της κυκλοφορίας του Λονδίνου, εφαρμόστηκε το 2003 με τη μορφή χρέωσης συμφόρησης. Αφορούσε ένα ημερήσιο τέλος 5 λιρών (£) για την είσοδο στη ζώνη χρέωσης συμφόρησης (CCZ) στο κεντρικό Λονδίνο, που ίσχυε από τις 7:00 π.μ. έως τις 6:30 μ.μ., Δευτέρα έως Παρασκευή. Αυτή η πολιτική επηρέασε τόσο τα εμπορικά όσο και τα ιδιωτικά οχήματα που εισέρχονται στη ζώνη χρέωσης συμφόρησης κατά τις καθορισμένες ώρες, με εξαιρέσεις για μοτοσικλέτες, ποδήλατα, λεωφορεία και ταξί. Με τα χρόνια, το τέλος

συμφόρησης παρέμεινε λειτουργικό με μικρές προσαρμογές στην περιοχή κάλυψής του, ενώ το ημερήσιο τέλος αυξήθηκε σε £8 το 2005, £10 το 2011 και £11,50 το 2014. Μετά την αναστολή όλων των τελών για τους χρήστες του δρόμου που οφείλονται στην έξαρση του COVID-19, τον Ιούνιο του 2020, το επίπεδο χρέωσης ορίστηκε στις £15 και εφαρμόστηκε μεταξύ 7:00 π.μ. έως 22:00 μ.μ., επτά ημέρες την εβδομάδα, εξαιρουμένων των Χριστουγέννων. Μετά την εισαγωγή του τέλους συμφόρησης, ο συνολικός όγκος κυκλοφορίας μειώθηκε, ενώ οι ροές των λεωφορείων και των ταξί αυξήθηκαν κατά περισσότερο από 20% (Santos, 2008). Επιπλέον, παρατηρήθηκαν βελτιώσεις ασφάλειας έως και 1,5 km έξω από τη ζώνη χρέωσης συμφόρησης (Ding, 2021) και σημειώθηκε θετική επίδραση στην υιοθέτηση υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων (Morton et al., 2017).

Για την αντιμετώπιση των επίμονα υψηλών επιπέδων ρύπανσης στο Λονδίνο και για τη συμμόρφωση με τα πρότυπα ποιότητας του αέρα της ΕΕ και του Ηνωμένου Βασιλείου στις αστικές περιοχές, εισήχθη σταδιακά μια LEZ από τον Φεβρουάριο του 2008 (Transport for London, 2017). Αυτή η LEZ περιλάμβανε το «Μεγάλο Λονδίνο» (Greater London) και ήταν ενεργή 24 ώρες την ημέρα, κάθε μέρα του χρόνου, συμπεριλαμβανομένων των Σαββατοκύριακων και των επίσημων αργιών. Ωστόσο, οι κανονισμοί της στόχευαν αποκλειστικά τα βαρέα πετρελαιοκίνητα οχήματα, τα μεγάλα φορτηγά, τα λεωφορεία και τα πούλμαν. Αυτά τα οχήματα έπρεπε να συμμορφώνονται με συγκεκριμένα πρότυπα εκπομπών ή να πληρώσουν ημερήσια χρέωση £25 για την είσοδο στην καθορισμένη περιοχή.

Τον Οκτώβριο του 2017, εισήχθη το τέλος τοξικότητας παράλληλα με το τέλος συμφόρησης. Σύμφωνα με το μέτρο αυτό, αυτοκίνητα και φορτηγά που κινούνται εντός της CCZ μεταξύ 7:00 π.μ. και 6:00 μ.μ. τις καθημερινές, τα οποία δεν πληρούν τα πρότυπα Euro 4, υπόκεινται σε πρόσθετη ημερήσια χρέωση 10£ επιπλέον της χρέωσης συμφόρησης, για τα επηρεαζόμενα οχήματα. Εξαιρέσεις από αυτή τη χρέωση ίσχυαν για ιδιωτικά οχήματα ενοικίασης.

Στις 8 Απριλίου 2019, η χρέωση τοξικότητας αντικαταστάθηκε από τη ζώνη εξαιρετικά χαμηλών εκπομπών (ULEZ). Σύμφωνα με την ULEZ, τα περισσότερα οχήματα (συμπεριλαμβανομένων των αυτοκινήτων, μοτοσικλετών, φορτηγών, λεωφορείων, πούλμαν και βαρέων φορτηγών οχημάτων) απαιτείται να πληρούν αυστηρότερα πρότυπα εκπομπών (πρότυπα Euro 6 για αυτοκίνητα ντίζελ και φορτηγά) ή να πληρώνουν ημερήσια χρέωση κατά

την είσοδο στο κεντρικό Λονδίνο (Transport for London, 2017). Η ULEZ περιλαμβάνει την ίδια περιοχή με τη ζώνη χρέωσης συμφόρησης και λειτουργεί 24 ώρες την ημέρα, κάθε μέρα του χρόνου, συμπεριλαμβανομένων των Σαββατοκύριακων και των επίσημων αργιών. Η ημερήσια χρέωση της ULEZ προστίθεται σε τυχόν ισχύουσες χρεώσεις LEZ ή Τέλη συμφόρησης. Τα τέλη είναι 12,50£ ανά ημέρα για αυτοκίνητα, φορτηγά και μοτοσικλέτες που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις και 100£ ανά ημέρα για φορτηγά και λεωφορεία που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις. Οι εξαιρέσεις για ιδιωτικά οχήματα μίσθωσης (PHV) καταργήθηκαν σύμφωνα με τους κανονισμούς της ULEZ. Τα τελευταία χρόνια, το αυξημένο ερευνητικό ενδιαφέρον για την αποτελεσματικότητα των παραπάνω μέτρων έχει οδηγήσει σε μια πληθώρα μελετών με γνώμονα τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, την οικονομία και την υγεία.

Η μελέτη που διεξήχθη από τους Prieto-Rodriguez, Perez-Villadoniga, Salas και Russo (2022) αξιολογεί την αποτελεσματικότητα των πολιτικών που στοχεύουν στη μείωση των επιπέδων NO₂ στο Λονδίνο, συγκρίνοντας ιδιαίτερα τη ULEZ και τη Χρέωση Τοξικότητας. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από το London Air Quality Network (LAQN) και το Automatic Urban and Rural Network (AURN) από το 2015 έως το 2020, αναλύθηκαν με μοντέλο Diff-in-Diff οι περίοδοι πριν και μετά την εφαρμογή των πολιτικών. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν σημαντικές μειώσεις στα επίπεδα NO₂ εντός της ζώνης χρέωσης συμφόρησης μετά την εφαρμογή και των δύο πολιτικών, με τη ULEZ να παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για αυστηρότερους κανονισμούς, όπως οι Ζώνες Μηδενικών Εκπομπών (ZEZ), για την αποτελεσματική καταπολέμηση της αστικής ρύπανσης, παράλληλα με αλλαγές στην αστική κινητικότητα και την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ομοίως, οι Hajmohammadi και Heydecker (2022) πραγματοποίησαν μελέτη για την εκτίμηση των επιπτώσεων της ULEZ στην ποιότητα του αέρα. Σε αυτήν την έρευνα, δημιουργήθηκε για πρώτη φορά ένα μοντέλο state-space intervention για τη μέτρηση των αποτελεσμάτων αυτής της πολιτικής στην ατμόσφαιρα του Λονδίνου. Για την κατασκευή αυτού του μοντέλου, χρησιμοποιήθηκαν ωριαίες συγκεντρώσεις NO, NO₂ και NO_x σε 28 σταθμούς παρακολούθησης σε ολόκληρο το Λονδίνο για 12 μήνες πριν από την εφαρμογή ULEZ και 11 μήνες μετά. Επιπλέον, το μοντέλο λαμβάνει υπόψη την επίδραση των

μετεωρολογικών μεταβλητών, όπως η θερμοκρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η υγρασία, καθώς και την ημέρα της εβδομάδας και τον μήνα του ημερολογίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πολιτική ULEZ επέφερε μείωση στις συγκεντρώσεις NO, NO₂ και NO_x, όχι μόνο στη ζώνη εφαρμογής της, αλλά και σε ολόκληρη την περιοχή της LEZ και στην ευρύτερη περιοχή του Λονδίνου. Η εφαρμογή είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντικότερη μείωση του NO και του NO₂, καθώς και των NO_x στην περιοχή uLEZ (19% και 20%, αντίστοιχα), ακολουθούμενη από τη LEZ (18% και 17%) και τέλος το Greater London (11% και 15%).

Οι Wilde, Padilla, Farren, Alvarez, Wilson, Lee, και Carslaw (2024) διερεύνησαν τον αντίκτυπο της κυκλοφοριακής συμφόρησης στις εκπομπές των οχημάτων στο Λονδίνο χρησιμοποιώντας ένα οργανωμένο κινητό εργαστήριο. Η μελέτη χρησιμοποίησε μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο για την αξιολόγηση των εκπομπών των οχημάτων κάτω από διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας σε διάφορες περιοχές της πόλης. Τα αποτελέσματα έδειξαν αξιοσημείωτη αύξηση των εκπομπών σε περιόδους έντονης κυκλοφοριακής συμφόρησης, ιδιαίτερα για ρύπους όπως τα οξειδία του αζώτου (NO_x) και τα σωματίδια (PM). Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν τον σημαντικό ρόλο της κυκλοφοριακής συμφόρησης στην επιδείνωση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα αστικά περιβάλλοντα. Επιπλέον, η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών των οχημάτων και στη συνέχεια να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα στο Λονδίνο. Η εφαρμογή μέτρων για την άμβλυνση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπως η βελτίωση των στρατηγικών διαχείρισης της κυκλοφορίας ή η παροχή κινήτρων για τη χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών, θα μπορούσαν ενδεχομένως να μετριάσουν τις αρνητικές επιπτώσεις των εκπομπών των οχημάτων στην ποιότητα του αέρα των πόλεων.

Οι Mudway, Dundas, Wood, Marlin, Jamaludin, Bremner και Griffiths (2019) διερεύνησαν την επίδραση της LEZ πριν την υιοθέτηση της ULEZ του Λονδίνου στην ποιότητα του αέρα και την αναπνευστική υγεία των παιδιών. Μια συγχρονική μελέτη διεξήχθη σε 2164 παιδιά ηλικίας 8-9 ετών που φοιτούσαν σε δημοτικά σχολεία στο κεντρικό Λονδίνο, από το 2009-10 έως το 2013-14. Η έρευνα είχε στόχο να διερευνήσει τη σύνδεση μεταξύ μοντελοποιημένων εκθέσεων ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του αζώτου και σωματιδίων PM_{2,5} και PM₁₀ και των παραμέτρων πνευμονικής λειτουργίας, όπως ο

μεταβρογχοδιασταλτικός αναγκαστικός εισπνευστικός όγκος σε 1 δευτερόλεπτο, η εξαναγκασμένη ζωτική ικανότητα (FVC), καθώς και αναπνευστικά ή αλλεργικά συμπτώματα. Οι ετήσιες εκθέσεις ανατέθηκαν με βάση τη διεύθυνση σπιτιού και σχολείου κάθε παιδιού, μαζί με χωροταξικές εκτιμήσεις για τις 3 ώρες (06:00–09:00h), 24 ώρες και 7 ημέρες πριν από την αξιολόγηση κάθε παιδιού. Η μελέτη παρατήρησε μείωση στο ποσοστό των παιδιών που ζουν σε διευθύνσεις που υπερβαίνουν την οριακή τιμή της ΕΕ για ετήσιο NO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), από 99% (444/450) το 2009 σε 34% (150/441) το 2013. Σε αυτό το χρονικό πλαίσιο, εντοπίστηκε μείωση στο NO_2 , αν και δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή για τα PM_{10} , ενώ ο αντίκτυπος στα $\text{PM}_{2.5}$ δεν ήταν οριστικός. Η ανάλυση δεν βρήκε συσχέτιση μεταξύ του μεταβρογχοδιασταλτικού FEV1 και των ετήσιων αποδόσεων οικιακών ρύπων. Ωστόσο, το FVC έδειξε μια αντίστροφη συσχέτιση με το ετήσιο NO_2 και τα PM_{10} . Στη LEZ του Λονδίνου, η υψηλότερη ετήσια έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους συσχετίστηκε με μικρότερο όγκο πνευμόνων στα παιδιά. Παρά τις ελαφρές βελτιώσεις στην ποιότητα του αέρα σε πολύ μολυσμένες αστικές περιοχές κατά την εφαρμογή των LEZ του Λονδίνου, δεν υπήρξε ένδειξη μείωσης του ποσοστού των παιδιών με μικρούς πνεύμονες κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι παρεμβάσεις που έχουν ως αποτέλεσμα πιο σημαντικές μειώσεις των εκπομπών θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε βελτιώσεις στην υγεία των παιδιών.

Οι Ding, Sze, Guo και Lu, (2023) πραγματοποίησαν μελέτη με σκοπό να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο της ULEZ στην εφαρμογή της δημόσιας κοινής χρήσης ποδηλάτων, γνωστής ως London Cycle Hire Scheme (LCH), στο Λονδίνο. Για ανάλυση χρησιμοποιούνται δεδομένα σχετικά με τη χρήση ποδηλάτου από 699 σταθμούς σύνδεσης ποδηλάτων από τον Μάιο του 2019 έως τον Οκτώβριο του 2019. Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του ULEZ, συγκροτούνται ομάδες ελέγχου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αντιστοίχισης βαθμολογίας τάσης, η οποία λαμβάνει υπόψη πιθανούς συνεπιδρώντες παράγοντες όπως η πυκνότητα πληθυσμού, τα δημογραφικά στοιχεία, η χρήση γης και οι εγκαταστάσεις μεταφοράς. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν σημαντική αύξηση (27,9%) στη ζήτηση ποδηλάτων μετά την εφαρμογή της ULEZ. Επιπλέον, η άνοδος της ζήτησης ποδηλάτων είναι πιο έντονη για τα σύντομα ταξίδια (μέσα σε 15 λεπτά, με αύξηση 25,3%) και τα ενδιάμεσα ταξίδια (15 έως 30 λεπτά, με αύξηση 28,8%). Επιπλέον, παρατηρείται σημαντική αύξηση (44,8%) στις διαδρομές

με ποδήλατο, τόσο με προέλευση, όσο και με προορισμό εντός της περιοχής ULEZ. Ωστόσο, δεν υπάρχει αξιοσημείωτη αλλαγή στη συνολική διάρκεια των ποδηλατικών ταξιδιών μετά την εισαγωγή της ULEZ.



Εικόνα 2.3:Χάρτης LEZ στο Λονδίνο

2.4 Μιλάνο

Το Μιλάνο χωρίζεται σε 4 ζώνες χαμηλών εκπομπών, με την καθεμία να διαθέτει τους δικούς της κανονισμούς. Η πρώτη LEZ του Μιλάνου, που ισχύει από την 1^η Ιανουαρίου 2016, αποτελεί μέρος της στρατηγικής της πόλης για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Πρόκειται για μόνιμη περιβαλλοντική ζώνη, ενεργή από Δευτέρα έως Παρασκευή, 07:30 - 19:30, με στόχο τον περιορισμό κυκλοφορίας ρυπογόνων οχημάτων, ιδίως παλαιότερων προδιαγραφών Euro. Μόνιμα απαγορεύονται μοτοσικλέτες με δίχρονο κινητήρα, αυτοκίνητα βενζίνης Euro 0-1 και πετρελαίου Euro 0-4, καθώς και φορτηγά και λεωφορεία παρόμοιων προδιαγραφών. Οι οδηγοί που παραβιάζουν τους κανονισμούς επιβαρύνονται με πρόστιμα από 75 έως 450 ευρώ, ενισχύοντας την τήρηση των μέτρων. Η δεύτερη ζώνη είναι η LEZ "Area B" του Μιλάνου, σε ισχύ από τις 16 Ιανουαρίου 2012, αποτελεί έναν από τους πιο εκτεταμένους περιβαλλοντικούς περιορισμούς στην πόλη. Η ζώνη λειτουργεί καθημερινά από Δευτέρα έως Παρασκευή, 07:30 - 19:30, με στόχο τη μείωση της ρύπανσης από οχήματα παλαιότερης τεχνολογίας. Απαγορεύεται η κυκλοφορία για οχήματα κατηγορίας N1-N3 και M2-M3 με προδιαγραφές Euro 0-2 (βενζίνης) και 0-5 (ντίζελ), καθώς και για δίχρονες μοτοσικλέτες Euro 0-2 και τετράχρονες Euro 0-1. Τα πρόστιμα

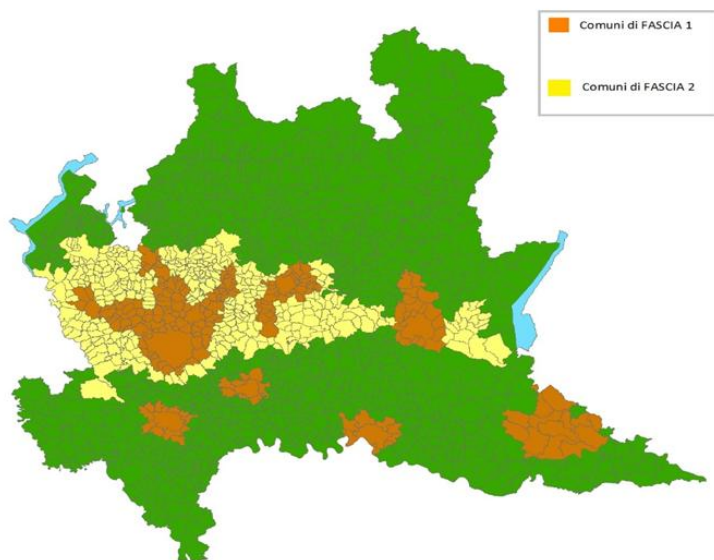
για παραβίαση κυμαίνονται από 80 έως 335 ευρώ. Ορισμένα οχήματα εξαιρούνται, όπως πυροσβεστικά, στρατιωτικά, ασθενοφόρα και οχήματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ενώ απαγορεύεται η είσοδος οχημάτων άνω των 12 μέτρων. Η τρίτη είναι η LEZ "Area C" του Μιλάνου, σε ισχύ από τις 16 Ιανουαρίου 2012, καλύπτει το ιστορικό κέντρο της πόλης και λειτουργεί από Δευτέρα έως Παρασκευή, 07:30 - 19:30 (εξαιρώντας τις αργίες). Η είσοδος επιτρέπεται μόνο με εγγραφή/ειδικό σήμα και είναι μόνιμα απαγορευμένη για οχήματα παλαιότερων προδιαγραφών Euro, συγκεκριμένα βενζινοκίνητα Euro 0-3, πετρελαιοκίνητα Euro 0-4, καθώς και οχήματα με LPG/CNG κατηγοριών Euro 0-3. Τα πρόστιμα για παραβίαση κυμαίνονται από 80 έως 335 ευρώ. Η είσοδος απαγορεύεται επίσης για οχήματα μήκους άνω των 7,5 μέτρων (με δυνατότητα παράδοσης αγαθών 8:00 - 10:00). Οχήματα όπως ηλεκτρικά, L και υβριδικά έχουν δωρεάν είσοδο, ενώ από το 2022 ισχύει τέλος για υβριδικά άνω των 100g/km CO₂. Η τελευταία είναι η Ζώνη Αντι-Ρύπανσης του Μιλάνου, ενεργή από τις 9 Ιουνίου 2017, είναι προσωρινή και ενεργοποιείται όταν τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης υπερβαίνουν τα όρια. Λειτουργεί κάθε χρόνο από 1 Οκτωβρίου έως 31 Μαρτίου, από Δευτέρα έως Σάββατο, συμπεριλαμβανομένων των αργιών. Η κυκλοφορία περιορίζεται προσωρινά για συγκεκριμένες κατηγορίες οχημάτων, όπως δίχρονες μοτοσυκλέτες, αυτοκίνητα, τροχόσπιτα και λεωφορεία, κυρίως καυσίμου βενζίνης Euro 0-1 και ντίζελ Euro 0-3 (Euro 0-4 στη 2η φάση). Τα πρόστιμα κυμαίνονται από 75 έως 450 ευρώ. Η ζώνη καλύπτει ολόκληρο τον δήμο, ενώ εξαιρούνται οχήματα όπως ασθενοφόρα, πυροσβεστικά, παλαιά άνω των 30 ετών και οχήματα ατόμων με αναπηρία.

Η έρευνα των Speranza και Caggiano (2023) διερεύνησε τον τρόπο με τον οποίο οι μετεωρολογικές συνθήκες, όπως θερμοκρασία και σχετική υγρασία, επηρεάζουν τη συγκέντρωση των σωματιδίων (PM), και συγκεκριμένα των PM₁₀ και PM_{2.5}, στη LEZ στο Μιλάνο. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την ανάλυση συνθετικών δεδομένων (compositional data analysis), η οποία επιτρέπει την εκτίμηση των μεταβολών στη σύσταση των σωματιδίων με την πάροδο του χρόνου, με βάση δεδομένα από παρατηρήσεις στην πόλη κατά την ψυχρή περίοδο, όταν οι υπερβάσεις των ορίων PM₁₀ ήταν πιο συχνές. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μετεωρολογικές παράμετροι επιδρούν άμεσα στη σύνθεση των αιωρούμενων σωματιδίων. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4.7°C σχετίζεται με μείωση του λεπτού κλάσματος PM_{2.5} κατά 24.1% όταν δεν υπάρχουν

υπερβάσεις PM_{10} , και κατά 6.2% όταν παρατηρούνται υπερβάσεις. Από την άλλη, η αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 19% οδήγησε σε αύξηση του λεπτού κλάσματος PM κατά 10.5%. Αναφορικά με τις ημέρες υπερβάσεων PM_{10} , διαπιστώθηκε ότι το λεπτό κλάσμα των σωματιδίων είναι αυξημένο κατά 17.2% σε σύγκριση με τις ημέρες χωρίς υπερβάσεις, κάτι που υποδεικνύει ότι οι υπερβάσεις οφείλονται κυρίως στην αύξηση του λεπτού κλάσματος. Συνολικά, τα ευρήματα καταδεικνύουν ότι οι μετεωρολογικές μεταβολές, ειδικά η θερμοκρασία και η υγρασία, επηρεάζουν σημαντικά τη σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα της ζώνης χαμηλών εκπομπών. Η επίδραση της θερμοκρασίας φαίνεται να συνδέεται με τη δυναμική της επαναιώρησης και την ισορροπία αερίων-σωματιδίων, ενώ η αυξημένη υγρασία ενισχύει το λεπτό κλάσμα PM μέσω υγροσκοπικής αύξησης. Αυτά τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τη διαμόρφωση στρατηγικών βελτίωσης της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές, προσφέροντας χρήσιμες πληροφορίες για πολιτικές μείωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Με τον ίδιο τρόπο, οι Marchetti και Antonelli (2024) εξέτασαν τις κοινωνικές επιδράσεις των LEZ στο Μιλάνο, με στόχο την κατανόηση της κοινωνικής αποδοχής των μέτρων από την τοπική κοινότητα. Η μελέτη εστίασε στις δύο κύριες LEZ του Μιλάνου: την Area C, όπου ισχύει χρέωση εισόδου, και την Area B, μια εκτεταμένη ζώνη περιορισμένης κυκλοφορίας για ρυπογόνα οχήματα. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν συνεντεύξεις με αρμόδιους του δήμου και ειδικούς στον τομέα της κινητικότητας, συλλέγοντας δεδομένα για τις επιπτώσεις των LEZ στην κυκλοφορία, την ποιότητα του αέρα και τις κοινωνικές παραμέτρους. Η εισαγωγή των LEZ στο Μιλάνο είχε θετικά περιβαλλοντικά και κοινωνικά αποτελέσματα. Στην Area C, καταγράφηκε μείωση της κυκλοφορίας κατά 43% από το 2011 έως το 2023, καθώς και σημαντική στροφή των πολιτών από τα ιδιωτικά οχήματα στις δημόσιες συγκοινωνίες, βελτιώνοντας τόσο τη ροή της κυκλοφορίας όσο και την ποιότητα του αέρα. Οι εκπομπές των ρύπων PM_{10} και NO_x μειώθηκαν κατά 40% και 76%, αντίστοιχα, ενώ το ποσοστό των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αυξήθηκε σημαντικά. Στην Area B, σημειώθηκε μείωση των εισερχόμενων ρυπογόνων οχημάτων και περιορισμός των ρύπων, με προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών NO_x κατά 70-150 τόνους ετησίως για τα επόμενα χρόνια. Η έρευνα καταδεικνύει ότι οι LEZ στο Μιλάνο συνεισφέρουν στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, ενώ παράλληλα προωθούν

τη μετάβαση σε πιο φιλικά προς το περιβάλλον μέσα μεταφοράς. Παρά τα θετικά περιβαλλοντικά αποτελέσματα, η αποδοχή των μέτρων εξαρτάται από την κοινωνική υποστήριξη και τη δίκαιη εφαρμογή τους, καθώς και από τη διαρκή διαβούλευση με τους πολίτες και τη διαφάνεια στη λήψη αποφάσεων. Η προσέγγιση του Μιλάνου αποτελεί πρότυπο για άλλες πόλεις που επιδιώκουν βιώσιμη διαχείριση της κινητικότητας και βελτίωση της ποιότητας του αέρα.



Εικόνα 2.4:Χάρτης LEZ στο Μιλάνο

2.5 Βαρκελώνη

Η Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Barcelona ZBE City τέθηκε σε εφαρμογή την 1^η Δεκεμβρίου 2017 στο κέντρο της Βαρκελώνης για την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Η ζώνη απαγορεύει την κυκλοφορία οχημάτων με υψηλές εκπομπές ρύπων σε μόνιμη βάση από Δευτέρα έως Παρασκευή μεταξύ 7:00 π.μ. και 8:00 μ.μ. Για τους τύπους οχημάτων L1-7, επιτρέπονται μόνο εκείνα που πληρούν τα πρότυπα Euro 0-1. Ομοίως, τα βενζινοκίνητα οχήματα M1 και N1 πρέπει να συμμορφώνονται με τα πρότυπα Euro 0-2, ενώ τα οχήματα ντίζελ M1 και N1 πρέπει να πληρούν τα πρότυπα Euro 0-3. Για μεγαλύτερα οχήματα όπως τύπους βενζίνης/ντίζελ M2, M3, N2 και N3, η συμμόρφωση με τα πρότυπα Euro 0-3 είναι υποχρεωτική. Η πρόσβαση στην ZBE της Βαρκελώνης παρέχεται μόνο σε οχήματα που διαθέτουν το απαιτούμενο αυτοκόλλητο ή εγγραφή. Για οχήματα που δεν πληρούν τα πρότυπα της ζώνης επιβάλλονται

πρόστιμα που κυμαίνονται από €200 έως €1800. Η LEZ περιλαμβάνει το αστικό κέντρο ανάμεσα στους αυτοκινητόδρομους B-20 και B-10 και επικεντρώνεται κυρίως στον δήμο της Βαρκελώνης, ενώ ορισμένες περιοχές όπως το Vallvidrera, το Tibidabo, το Llanuras και η βιομηχανική ζώνη εξαιρούνται. Από τους κανονισμούς της LEZ εξαιρούνται οχήματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, οχήματα πυροσβεστικής, ασθενοφόρα, στρατιωτικά και αστυνομικά αυτοκίνητα.

Η μελέτη των Oltra, Sala, López-Asensio, Germán, & Boso, (2021) διερεύνησε τους καθοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη δημόσια αποδοχή μέτρων πολιτικής που στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα των πόλεων, εστιάζοντας στην περίπτωση της LEZ της Βαρκελώνης. Η έρευνα χρησιμοποίησε μια προσέγγιση μεικτής μεθόδου που συνδυάζει έρευνες και συνεντεύξεις για τη συλλογή περιεκτικών δεδομένων. Τα ευρήματα δείχνουν πως η πλειοψηφία των ερωτηθέντων απάντησε θετικά στην υιοθέτηση πολιτικών όπως οι LEZ και παρουσιάζουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τους παράγοντες που διαμορφώνουν τη στάση του κοινού απέναντι στην ZBE, τονίζοντας τον ρόλο των κοινωνικών και δημογραφικών χαρακτηριστικών, της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και των αντιληπτών οφελών και κόστους της πολιτικής. Επιπλέον, η μελέτη αξιολογεί στην αποτελεσματικότητα των στρατηγικών επικοινωνίας και των πρωτοβουλιών δημόσιας δέσμευσης για την προώθηση της αποδοχής μέτρων βελτίωσης της ποιότητας του αέρα μεταξύ διαφορετικών αστικών πληθυσμών.

Αντίστοιχα, οι Benavides και συν. (2020) διεξήγαν έρευνα η οποία αξιολόγησε τις πιθανές επιπτώσεις της LEZ στη Βαρκελώνη στη συγκέντρωση διοξειδίου του αζώτου (NO₂) σε επίπεδο δρόμου, χρησιμοποιώντας το μοντέλο CALIOPE-Urban. Το μοντέλο αυτό συνδυάζει το σύστημα πρόβλεψης ποιότητας αέρα CALIOPE με το μοντέλο R-LINE, προσομοιώνοντας τη μεταφορά ρύπων σε ανάλυση ανά δρόμο. Στην προσομοίωση συμπεριλήφθηκαν δεδομένα ρύπανσης και μετεωρολογικές πληροφορίες, ενώ εξετάστηκε η ευαισθησία του μοντέλου σε μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) κατά 15%, βασισμένη σε δεδομένα από το κεντρικό Eixample της Βαρκελώνης την περίοδο Απριλίου-Μαΐου 2013. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το CALIOPE-Urban επιτυγχάνει υψηλή ακρίβεια στην πρόβλεψη των συγκεντρώσεων NO₂ σε επίπεδο δρόμου, με τη λεπτομερειακή ανάλυση να αναδεικνύει τα πρότυπα ρύπανσης σε σημεία με έντονη κυκλοφορία. Η μείωση εκπομπών

περιλαμβάνει τις γειτονιές Baixa και Chiado νότια της λεωφόρου, με εξαιρέσεις συγκεκριμένων διασταυρώσεων. Ομοίως, η Λισαβόνα 2, που ξεκίνησε την 1^η Απριλίου 2012, δημιουργεί μια μεγαλύτερη Περιβαλλοντική Ζώνη, η οποία λειτουργεί μόνιμα από Δευτέρα έως Σάββατο, 7 π.μ. έως 9 μ.μ. Αυτή η ζώνη επεκτείνει τους περιορισμούς της σε οχήματα με πρότυπο EURO 0-1, καλύπτοντας και πάλι διάφορους τύπους οχημάτων και τύπους καυσίμων παρόμοιους με το Lisbon 1. Ειδικότερα, αυτή η LEZ διαθέτει άδειες μετασκευής για τη μείωση των σωματιδίων. Τα όρια της ζώνης οριοθετούνται από τις λεωφόρους Av. de Ceuta, Eixo Norte/Sul, Av. das Forças Armadas, Av. dos Estados Unidos da América, Av. Marechal António Spínola, Av. Santo Condestável και Av. Infante D. Henrique. Και στις δύο ζώνες, επιβάλλονται πρόστιμα ύψους 120 ευρώ για οχήματα που δεν συμμορφώνονται με τους κανονισμούς.

Οι Santos, Gómez-Losada και Pires (2019) πραγματοποίησαν μελέτη για τη διερεύνηση των επιπτώσεων της LEZ της Λισαβόνας στην ποιότητα του αέρα εντός της πόλης. Υιοθετώντας μια ολοκληρωμένη ερευνητική μεθοδολογία, η μελέτη εκτείνεται από το 2009 έως το 2016. Χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό δεδομένων παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, τεχνικών μοντελοποίησης εκπομπών και στατιστικής ανάλυσης, αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα της LEZ στον μετριασμό των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα ευρήματά αποκαλύπτουν μια αισθητή βελτίωση στις μετρήσεις της ποιότητας του αέρα, ιδίως μειώσεις των συγκεντρώσεων σωματιδίων (PM_{10} και $PM_{2,5}$), διοξειδίου του αζώτου (NO_2) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO) εντός των καθορισμένων ζωνών. Επιπλέον, παρατηρούνται χωρικές διαφοροποιήσεις στις βελτιώσεις της ποιότητας του αέρα, δίνοντας έμφαση στη σημασία της τοποθέτησης και της κάλυψης LEZ.

Η μελέτη των Ferreira, Gomes, Carvalho, Tente, Monjardino, Brás, και Pereira (2012) εμβαθύνει στην πολύπλευρη δυναμική της LEZ της Λισαβόνας, προσφέροντας αξιολόγηση για τη διαδικασία υλοποίησής της και τα συνακόλουθα αποτελέσματα. Χρησιμοποιώντας μια ερευνητική προσέγγιση μεικτής μεθόδου, συνδυάζοντας ποιοτικές συνεντεύξεις, ανάλυση πολιτικής και ποσοτική αξιολόγηση δεδομένων, η μελέτη εκτυλίχθηκε σε μια διάρκεια ενός έτους μετά την έναρξη της LEZ. Μέσω συστηματικής διερεύνησης, εξετάστηκε εξονυχιστικά η αποτελεσματικότητα της LEZ στον μετριασμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πόλεων και στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών μεταφορών. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν τον ρόλο της LEZ στη μείωση των εκπομπών των οχημάτων, οδηγώντας σε βελτιώσεις στους δείκτες

ποιότητας του αέρα, όπως μειωμένα επίπεδα σωματιδίων (PM), οξείδια του αζώτου (NO_x) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Επιπλέον, η μελέτη τονίζει βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της LEZ, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού πολιτικής, των μηχανισμών επιβολής και της εμπλοκής των ενδιαφερομένων.

Η μελέτη των Ferreira, Gomes, Tente, Carvalho, Pereira και Monjardino (2015) διερεύνησε την αποτελεσματικότητα της LEZ της Λισαβόνας στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στο αστικό τοπίο. Χρησιμοποιώντας μια αυστηρή μεθοδολογία έρευνας, που περιλαμβάνει παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και στατιστική ανάλυση, η μελέτη καλύπτει μετρήσεις για το διάστημα 2001–2013. Μέσω συστηματικής συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, διευκρινίστηκε η χρονική εξέλιξη των μετρήσεων της ποιότητας του αέρα, εστιάζοντας σε βασικούς ρύπους όπως τα σωματίδια (PM₁₀ και PM_{2,5}), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Τα ευρήματα υποδεικνύουν σημαντικές βελτιώσεις στις παραμέτρους της ποιότητας του αέρα μετά την ίδρυση της LEZ, με αξιοσημείωτες μειώσεις που παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις ρύπων στις υπό παρακολούθηση ζώνες. Επιπλέον, η χωρική ανάλυση αποκαλύπτει διαφορικές επιπτώσεις, υπογραμμίζοντας την επιρροή της εφαρμογής LEZ στην κατανομή της ποιότητας του αέρα εντός του αστικού τοπίου.



Εικόνα 2.6:Χάρτης LEZ στη Λισαβόνα

2.7 Μάλμε

Η LEZ στο Μάλμε στη Σουηδία ισχύει από την 1^η Ιανουαρίου 1996 και λειτουργεί μόνιμα, 24 ώρες την ημέρα. Απαγορεύει την κυκλοφορία για βαρέα οχήματα (λεωφορεία και φορτηγά άνω των 3,5 τόνων) με προδιαγραφές Euro 0-5, εφόσον έχουν εγγραφεί πριν από

περισσότερο από οκτώ χρόνια. Η ζώνη οριοθετείται από συγκεκριμένους δρόμους, συμπεριλαμβανομένων των Citadellsvägen, Limhamnsvägen και Norra Vallgatan. Το πρόστιμο για παραβάσεις είναι 100 ευρώ και εξαιρούνται οχήματα κρίσιμων υπηρεσιών, όπως ασθενοφόρα, πυροσβεστικά, στρατιωτικά, καθώς και ιστορικά οχήματα άνω των 30 ετών.

Η έρευνα των Flanagan, Malmqvist, Gustafsson και Oudin (2022) εξετάζει τα πιθανά οφέλη για τη δημόσια υγεία από την LEZ στο Μάλμε. Η μεθοδολογία περιλάμβανε χρήση του μοντέλου διασποράς AERMOD και μιας λεπτομερούς βάσης δεδομένων εκπομπών για την εκτίμηση των επιπέδων NO₂ που προέρχονται από την κυκλοφορία. Η ανάλυση των επιπτώσεων στην υγεία βασίστηκε σε δεδομένα από μητρώα υγείας και σε συγκεντρωτικές μελέτες επιδημιολογικής βιβλιογραφίας. Η έκθεση των κατοίκων σε NO₂ υπολογίστηκε σε ατομικό επίπεδο, με βάση τη γεωγραφική τους θέση. Τα ευρήματα κατέδειξαν ότι η εφαρμογή της LEZ προβλέπεται να μειώσει τις συγκεντρώσεις NO₂ κατά 13,4%, αποτρέποντας 9-26 θανάτους ετησίως. Επιπλέον, αναμένεται η αποτροπή 12 εισαγωγών σε νοσοκομεία λόγω αναπνευστικών προβλημάτων, 8 περιστατικών παιδικού άσθματος και 9 περιπτώσεων υπερτασικών διαταραχών κατά την εγκυμοσύνη κάθε χρόνο. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η LEZ μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα του αέρα και να προστατεύσει τη δημόσια υγεία, καθιστώντας την μια αποτελεσματική πολιτική για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προώθηση βιώσιμων πόλεων.



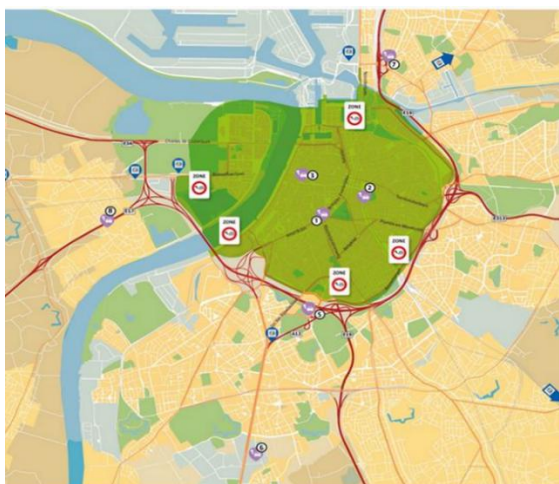
Εικόνα 2.7:Χάρτης LEZ στο Μάλμε

2.8 Αμβέρσα

Στην Αμβέρσα, πόλη του Βελγίου, η LEZ, που τέθηκε σε εφαρμογή την 1^η Φεβρουαρίου 2017, στοχεύει στον μετριασμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα της πόλης. Αυτή η ζώνη λειτουργεί μόνιμα, 24 ώρες το 24ωρο, με περιορισμούς στους τύπους οχημάτων και στα πρότυπα εκπομπών ρύπων. Τα οχήματα που υπόκεινται σε μόνιμους περιορισμούς περιλαμβάνουν αυτοκίνητα, τροχόσπιτα, λεωφορεία, φορτηγά και φορτηγά που λειτουργούν με βενζίνη, ντίζελ, υγραέριο ή CNG, τα οποία εμπίπτουν στις προδιαγραφές Euro 0-1 για βενζίνη/LPG/CNG και 0-4 για ντίζελ. Η είσοδος στη ζώνη απαιτεί εγγραφή, η οποία ισχύει για οχήματα ταξινομημένα εκτός Βελγίου και Ολλανδίας. Η LEZ εκτείνεται σε ολόκληρο το κέντρο της πόλης και μέρος της περιοχής Linkeroever, καλύπτοντας περίπου 20 km² και επηρεάζει περίπου 200.000 κατοίκους. Οι παραβάσεις επισύρουν πρόστιμα που κυμαίνονται από 150 έως 350 ευρώ, ενώ εξαιρέσεις παρέχονται σε οχήματα έκτακτης ανάγκης, όπως πυροσβεστική, αστυνομικά αυτοκίνητα και ασθενοφόρα.

Η μελέτη των De Vrij και Vanoutrive (2022) εμβαθύνει στην περίπλοκη σχέση μεταξύ των LEZ και του κοινωνικού αποκλεισμού στο πλαίσιο της πολιτικής βιώσιμων μεταφορών. Χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση μεικτής μεθόδου, που περιλαμβάνει τόσο ποιοτικές συνεντεύξεις, όσο και ποσοτική ανάλυση δεδομένων, η έρευνα διεξήχθη σε διάστημα δύο ετών (2017-2018). Τα ευρήματά της μελέτης αποκαλύπτουν ότι, ενώ οι LEZ στοχεύουν στον μετριασμό της περιβαλλοντικής βλάβης, επιδεινώνουν ταυτόχρονα τις κοινωνικές ανισότητες, με αποτέλεσμα οι περιθωριοποιημένες κοινότητες να αισθάνονται όλο και πιο

απομονωμένες και παραμελημένες. Επιπλέον, η μελέτη υπογραμμίζει τη διαφοροποιημένη αλληλεπίδραση μεταξύ της εφαρμογής πολιτικών, των κοινωνικών δομών και των ατομικών εμπειριών, ρίχνοντας φως στις πολυπλοκότητες που ενυπάρχουν στις πρωτοβουλίες βιώσιμων μεταφορών.



Εικόνα 2.8:Χάρτης LEZ στην Αμβέρσα

2.9 Χάιφα

Η LEZ της Χάιφα στο Ισραήλ εισήχθη σταδιακά, με την πρώτη της φάση να ξεκινά την 1^η Φεβρουαρίου 2018. Αρχικά, απαγορεύτηκε η είσοδος στην LEZ για φορτηγά βάρους άνω των 3,5 τόνων, κατασκευασμένα πριν το 2005 τα οποία δεν συμμορφώνονται με το πρότυπο εκπομπών Euro 4 ή δεν διαθέτουν φίλτρο σωματιδίων με απόδοση άνω του 95%. Στο δεύτερο στάδιο, που ξεκίνησε το 2019, οι περιορισμοί επεκτάθηκαν στα πετρελαιοκίνητα οχήματα κάτω των 3,5 τόνων που κατασκευάστηκαν πριν από το 2006, μαζί με τα ταξί που κατασκευάστηκαν πριν από το 2009, απαιτώντας από αυτά να πληρούν το ίδιο πρότυπο εκπομπών ή να είναι εξοπλισμένα με κατάλληλο φίλτρο σωματιδίων. Η LEZ της Χάιφα καλύπτει όλες τις κατοικημένες γειτονιές της πόλης και χωρίζεται σε δύο περιοχές, που χωρίζονται από το λιμάνι και το πετροχημικό βιομηχανικό συγκρότημα. Η επιβολή των κανονισμών της LEZ πραγματοποιείται 24 ώρες το 24ωρο, 7 ημέρες την εβδομάδα, με το πρόστιμο για τους παραβάτες να κυμαίνεται από 500 έως 1.000 NIS (122 έως 244 Ευρώ).

Η μελέτη των Tartakovsky, Kordova-Biezuner, Berlin, και Broday, (2020) για τη LEZ της Χάιφα διερευνά τις επιπτώσεις της εφαρμογής της πολιτικής στην ποιότητα του αέρα του αστικού περιβάλλοντος. Χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός δεδομένων παρακολούθησης

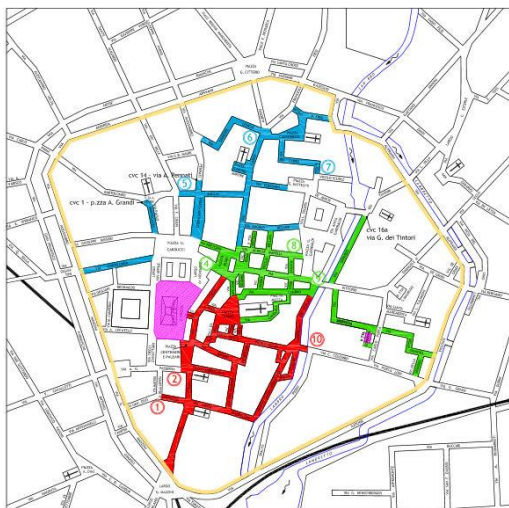
της ποιότητας του αέρα, μοντελοποίησης εκπομπών οχημάτων και στατιστικής ανάλυσης για το διάστημα μεταξύ Φεβρουάριου του 2017 και Ιανουαρίου του 2019 για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της LEZ. Σύμφωνα με τα ευρήματα υπήρξαν σημαντικές βελτιώσεις στις παραμέτρους ποιότητας του αέρα μετά την εφαρμογή της πολιτικής, ιδιαίτερα σε περιοχές που βρίσκονται μέσα στη LEZ.

2.10 Μόντσα

Η Μόντσα, πόλη της Ιταλίας περιβάλλεται από δύο LEZ. Η πρώτη είναι η LEZ της επαρχίας Μόντσα και Μπριάντσα, ενεργή από την 1^η Ιανουαρίου 2016, λειτουργεί μόνιμα από Δευτέρα έως Παρασκευή, 07:30 - 19:30, εξαιρώντας τις αργίες. Στη ζώνη απαγορεύεται η κυκλοφορία οχημάτων όπως δίχρονες μοτοσικλέτες (κλάσης L), επιβατικά αυτοκίνητα, τροχόσπιτα, λεωφορεία, φορτηγά και βαν με προδιαγραφές Euro 0-1 για βενζινοκίνητα και Euro 0-4 για πετρελαιοκίνητα και οι παραβάτες αντιμετωπίζουν πρόστιμα από 75 έως 450 ευρώ. Η ζώνη καλύπτει ολόκληρη την επαρχία, ενώ εξαιρούνται οχήματα όπως ασθενοφόρα, πυροσβεστικά, οχήματα για άτομα με αναπηρίες και ιστορικά οχήματα άνω των 30 ετών. Η δεύτερη είναι η LEZ στη Μόντσα, γνωστή και ως «Anti-smog», εφαρμόζεται από τις 9 Ιουνίου 2017 και λειτουργεί ως προσωρινή, καιρικά εξαρτώμενη ζώνη προστασίας του αέρα. Η ζώνη ενεργοποιείται κατά την υπέρβαση των ορίων ρύπανσης, ισχύει κάθε χρόνο από την 1^η Οκτωβρίου έως τις 31 Μαρτίου, από Δευτέρα έως Σάββατο, συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων αργιών. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, απαγορεύεται η κυκλοφορία συγκεκριμένων κατηγοριών οχημάτων, όπως δίκυκλα με δίχρονο κινητήρα, επιβατικά αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες, λεωφορεία και φορτηγά, καθώς και οχήματα με καύσιμο diesel και βενζίνη. Η απαγόρευση ισχύει τις εργάσιμες ημέρες από 07:30 έως 19:30, ενώ το Σάββατο και τις αργίες για τα επιβατικά αυτοκίνητα diesel από 08:30 έως 18:30. Οι κατηγορίες των οχημάτων που πλήττονται περιλαμβάνουν αυτές που πληρούν τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές εκπομπών ρύπων Euro norm 0-1 για βενζίνη και 0-3 για diesel, με αυστηρότερες προϋποθέσεις για την κατηγορία 2. Η LEZ καλύπτει ολόκληρο το δήμο της Μόντσα, με πρόστιμα που κυμαίνονται από 75 έως 450 ευρώ για παραβάσεις. Εξαιρέσεις ισχύουν για αναπήρους, πυροσβεστικά οχήματα, vintage αυτοκίνητα άνω των 30 ετών, αστυνομικά και ασθενοφόρα, καθώς και για carpooling. Επίσης, έχει δημιουργηθεί και η ζώνη

περιορισμένης κυκλοφορίας (ZTL) στη Μόντσα, η οποία έχει τεθεί σε εφαρμογή από τις 30 Απριλίου 1992 και λειτουργεί ως μόνιμη ζώνη, ισχύουσα καθημερινά από 00:00 έως 24:00. Σε αυτή τη ζώνη απαγορεύεται η κυκλοφορία όλων των οχημάτων, με πρόστιμο ύψους 80 ευρώ για παραβάτες. Η ζώνη περιλαμβάνει πολλές κεντρικές οδούς και πλατείες της Μόντσα, όπως η via Italia, η piazza Duomo και η via Vittorio Emanuele, δημιουργώντας ένα φιλικότερο και καθαρότερο αστικό περιβάλλον. Για τη φόρτωση και εκφόρτωση αγαθών, οι επαγγελματίες μπορούν να εισέρχονται στη ζώνη για μέγιστο χρόνο 15 λεπτών, καθημερινά από 06:00 έως 10:00 και από 14:00 έως 16:00, με περιορισμούς βάρους 3,5 τόνων. Εξαιρέσεις ισχύουν για ιατρούς, αναπήρους, πυροσβεστικά οχήματα, αστυνομία, κατοίκους, δημόσιες συγκοινωνίες, ταξί, ασθενοφόρα και ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα.

Η μελέτη των Silvaggio και συν. (2019) εξετάζει την αποτελεσματικότητα της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Θορύβου (NLEZ) στην περιοχή Libertà της Μόντσα, Ιταλία, με στόχο τη μείωση της ηχορύπανσης και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Η έρευνα περιλάμβανε παρακολούθηση των επιπέδων θορύβου και ποιότητας του αέρα πριν και μετά την εφαρμογή της NLEZ, καθώς και έρευνες για την κοινωνική αντίληψη των κατοίκων. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση της ηχορύπανσης, με τα επίπεδα ηχητικής πίεσης να μειώνονται κατά 2 dB κατά τη διάρκεια της ημέρας και έως 6 dB τη νύχτα. Αυτή η μείωση αποδίδεται στις υποδομές χαμηλού θορύβου, όπως η χρήση ειδικού ασφαλτοτάπητα και οι παρεμβάσεις στη ρύθμιση της κυκλοφορίας, όπως η μείωση της ταχύτητας και ο περιορισμός βαρέων οχημάτων. Παράλληλα, οι προκαταρκτικές μετρήσεις της ποιότητας του αέρα έδειξαν θετικά αποτελέσματα, με μείωση των συγκεντρώσεων ρύπων, όπως το NO₂ και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀, PM_{2.5}). Η μείωση της κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων συνέβαλε στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην περιοχή. Επιπλέον, οι έρευνες για την κοινωνική αντίληψη των κατοίκων έδειξαν βελτιωμένη αντίληψη για την ησυχία και την ποιότητα του αέρα. Οι κάτοικοι που ζουν κοντά στην οδό Viale Libertà, όπου εφαρμόστηκαν οι κυριότερες παρεμβάσεις, ανέφεραν μεγαλύτερη ευαισθησία και ενδιαφέρον για τα περιβαλλοντικά ζητήματα, επιβεβαιώνοντας τη θετική επίδραση της NLEZ στην ποιότητα ζωής. Συνολικά, η μελέτη καταλήγει ότι η εφαρμογή της NLEZ στη Μόντσα συνέβαλε σημαντικά στη μείωση της ηχορύπανσης και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, ενώ η κοινωνική αποδοχή και η βελτίωση της ποιότητας ζωής υπογραμμίζουν την επιτυχία των παρεμβάσεων.



Εικόνα 2.9:Χάρτης LEZ στη Μόντσα

2.11 Εναλλακτικοί τρόποι μείωσης της ρύπανσης

Εκτός από τις LEZ, υπάρχουν αρκετά άλλα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για να μειωθεί η περιβαλλοντική ρύπανση από τα οχήματα (Ding, Sze, Guo, & Lu, 2023). Ορισμένα από αυτά περιλαμβάνουν:

- Προώθηση του carpooling (συγκοινωνία μέσω κοινών οχημάτων): Η ενθάρρυνση της κοινής χρήσης οχημάτων από περισσότερους επιβάτες μπορεί να μειώσει τον αριθμό των αυτοκινήτων στον δρόμο και, κατά συνέπεια, να περιορίσει τις εκπομπές ρύπων. Προγράμματα που προωθούν τη χρήση του carpooling ή εφαρμογές για την οργάνωση κοινών διαδρομών μπορούν να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά.
- Αναβάθμιση υποδομών για δημόσιες συγκοινωνίες: Η βελτίωση των δημόσιων συγκοινωνιών με τη χρήση καθαρών τεχνολογιών, όπως τα ηλεκτρικά λεωφορεία ή τα υδρογονοκίνητα, και η διεύρυνση των δικτύων μπορεί να ενθαρρύνει τους πολίτες να επιλέγουν εναλλακτικές λύσεις στις μετακινήσεις τους, μειώνοντας την εξάρτηση από τα ιδιωτικά αυτοκίνητα.
- Εφαρμογή του συστήματος "πληρώνω όσο ρυπαίνω": Η εφαρμογή συστημάτων τιμολόγησης που συνδέουν τα τέλη κυκλοφορίας με τις εκπομπές ρύπων των οχημάτων (όπως η φορολόγηση βάσει εκπομπών CO₂) μπορεί να ενθαρρύνει τους

οδηγούς να επιλέγουν πιο φιλικά προς το περιβάλλον οχήματα ή να μειώσουν τη χρήση των οχημάτων τους.

- Ανάπτυξη υποδομών φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα (EV): Η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους ενισχύει τη χρήση των EVs, συμβάλλοντας στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών CO₂ από τα συμβατικά οχήματα.
- Αναγνώριση και επιβράβευση των «πράσινων» οχημάτων: Η παροχή κινήτρων για την αγορά και χρήση οχημάτων με χαμηλές εκπομπές, όπως τα υβριδικά ή τα αμιγώς ηλεκτρικά, είναι σημαντική για την ενθάρρυνση της μετάβασης σε καθαρότερες μορφές μετακίνησης.
- Βελτίωση της τεχνολογίας καυσίμων: Η ανάπτυξη και χρήση πιο καθαρών καυσίμων, όπως το βιοκαύσιμο και το φυσικό αέριο, μπορεί να μειώσει τις επιβλαβείς εκπομπές των οχημάτων. Επίσης, η επένδυση σε νέες τεχνολογίες κινητήρων που επιτυγχάνουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα καυσίμου και μειωμένες εκπομπές ρύπων είναι κρίσιμη.
- Ενίσχυση της εκπαίδευσης για υπεύθυνη οδήγηση και συντήρηση οχημάτων: Η ευαισθητοποίηση των πολιτών για τις συνέπειες της υπερβολικής κατανάλωσης καυσίμου και των επιπτώσεων της ακατάλληλης συντήρησης οχημάτων, μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη λειτουργία των οχημάτων και τη μείωση των εκπομπών ρύπων.
- Ανάπτυξη και προώθηση "πράσινων" μετακινήσεων: Η υποστήριξη της χρήσης ποδηλάτων και των ηλεκτρικών σκούτερ για μικρές αποστάσεις και η δημιουργία «πράσινων διαδρόμων» (π.χ. ποδηλατοδρόμοι) μπορεί να μειώσει τη χρήση αυτοκινήτων και να περιορίσει τις εκπομπές.
- Με την εφαρμογή αυτών των μέτρων σε συνδυασμό με την ανάπτυξη και εφαρμογή στρατηγικών που ενθαρρύνουν τη βιώσιμη κινητικότητα, μπορεί να επιτευχθεί μια σημαντική μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης από τα οχήματα και να προωθηθεί η προστασία του περιβάλλοντος σε παγκόσμιο επίπεδο.

Κεφάλαιο 3 Μεθοδολογική προσέγγιση

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, βασικός στόχος της συγκεκριμένης έρευνας αποτελεί η διερεύνηση της αποδοχής υλοποίησης μιας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων από τους κατοίκους του Βόλου. Η έρευνα αποσκοπεί στο να αναλύσει τις αντιλήψεις των πολιτών για τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία τους και στην ποιότητα ζωής τους γενικότερα, ενώ ταυτόχρονα εξετάζει τον αντίκτυπο που μπορεί να έχει μια ζώνη χαμηλών εκπομπών στην καθημερινότητά τους, όπως στη μετακίνηση, τη χρήση οχημάτων και την πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες. Στο παρόν κεφάλαιο, αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται το ερωτηματολόγιο που κατασκευάστηκε για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων, το δείγμα στο οποίο απευθύνθηκε και η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν.

3.1 Έρευνα ερωτηματολογίου

Η έρευνα αποδοχής της υλοποίησης LEZ από τους πολίτες είναι κρίσιμη για την κατανόηση των αντιλήψεων, των προτιμήσεων και των ανησυχιών που σχετίζονται με το μέτρο αυτό. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης για την πόλη του Βόλου, η μέθοδος των ερωτηματολογίων επελέγη ως το κύριο εργαλείο συλλογής δεδομένων. Η επιλογή αυτή βασίζεται σε μια σειρά από πλεονεκτήματα που καθιστούν την προσέγγιση κατάλληλη για την παρούσα ερευνητική περίπτωση που απαιτεί τη συγκέντρωση πληροφοριών, στοιχείων και δεδομένων.

Πιο αναλυτικά, το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει μια σειρά δομημένων και κλειστών, συνήθως, ερωτήσεων, στις οποίες ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει γραπτά και με μία συγκεκριμένη σειρά. Χρησιμοποιείται, συνήθως, στα πλαίσια μιας ερευνητικής στρατηγικής, προκειμένου να συλλεχθούν περιγραφικά και επεξηγηματικά δεδομένα για απόψεις, συμπεριφορές, χαρακτηριστικά, στάσεις κ.λπ. (Ισαρη, & Πουρκός, 2016). Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτής της ερευνητικής μεθοδολογίας εστιάζονται στα εξής:

- Είναι οικονομικότερη από άλλες μεθόδους

- Μπορεί να αποσταλεί σε μεγάλο αριθμό ανθρώπων
- Είναι εύκολη η δημιουργία και η χρήση του
- Οι ερωτώμενοι μπορούν να εκφραστούν ελεύθερα (έλλειψη άμεσης επικοινωνίας)
- Οι τρόποι ανάλυσης του υλικού είναι τυποποιημένοι
- Ο ερευνητής δεν μπορεί να επηρεάσει τις απαντήσεις
- Είναι η λιγότερο χρονοβόρα μέθοδος.

Ταυτόχρονα, για την δημιουργία ενός κατάλληλου ερωτηματολογίου απαιτείται να διαθέτει πληρότητα, σαφήνεια, και συνοχή, ενώ είναι αναγκαίο να έχει κατάλληλη δομή, με ερωτήματα ελέγχου, να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομο με άρτια παρουσίαση και να συνοδεύεται από βασικές οδηγίες συμπλήρωσης και εννοιολογικές επεξηγήσεις. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με τη σειρά με την οποία θα τεθούν οι ομάδες ερωτήσεων, είναι επίσης υψίστης σημασίας, καθώς σχετίζονται άμεσα με την αύξηση του βαθμού ανταπόκρισης και σωστής συμπλήρωσης από το κοινό (Λαγουμιντζής, Βλαχόπουλος, & Κουτσογιάννης, 2016).

Τα ερωτηματολόγια επιτρέπουν τη στοχευμένη συλλογή δεδομένων από συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες, όπως κατοίκους, εργαζόμενους και επισκέπτες της πόλης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την παρούσα εργασία, όπου απαιτείται η συγκέντρωση δεδομένων από τους κατοίκους του Βόλου, καθώς η εφαρμογή LEZ θα επηρεάσει διαφορετικά τις ομάδες του πληθυσμού ανάλογα με τις μεταφορικές συνήθειες, τις επαγγελματικές δραστηριότητες και τη γεωγραφική τους θέση. Επιπλέον, η μέθοδος των ερωτηματολογίων παρέχει ποσοτικά δεδομένα, τα οποία είναι εύκολο να αναλυθούν στατιστικά. Δεδομένου ότι η αποδοχή των LEZ απαιτεί τη διαμόρφωση σαφούς εικόνας σχετικά με το βαθμό στήριξης του μέτρου, καθώς και την κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την υποστήριξη ή την αντίσταση, η ποσοτική ανάλυση είναι απαραίτητη. Η χρήση ερωτηματολογίων καθιστά εφικτή τη μέτρηση της συσχέτισης μεταβλητών, όπως η συχνότητα χρήσης ιδιωτικού οχήματος, το επίπεδο ενημέρωσης για περιβαλλοντικά θέματα και οι δημογραφικές παράμετροι (Λαγουμιντζής, Βλαχόπουλος, & Κουτσογιάννης, 2016).

Τέλος, η δομή των ερωτηματολογίων επιτρέπει τη διερεύνηση κοινωνικών και πολιτισμικών παραμέτρων που επηρεάζουν την αποδοχή του μέτρου. Ερωτήσεις που

αφορούν στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, την κατανόηση του προβλήματος της ρύπανσης και την προθυμία για αλλαγή των μεταφορικών συνηθειών προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για τη διαμόρφωση πολιτικών.

3.2 Περιγραφή δομής ερωτηματολογίου

Έπειτα από βιβλιογραφική ανασκόπηση, κρίθηκε ότι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για την διερεύνηση της αποδοχής είναι η μέθοδος του ερωτηματολογίου. Έτσι, προχωρήσαμε στον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός ερωτηματολογίου, το οποίο κοινοποιήθηκε και συμπληρώθηκε υπό ηλεκτρονική μορφή από τους/τις συμμετέχοντες/ουσες μέσω της πλατφόρμας Google Forms.

Το ερωτηματολόγιο παρατίθεται στο παράρτημα. Περιλαμβάνει 26 ερωτήσεις, χωρίζεται σε 4 ενότητες και ο εκτιμώμενος χρόνος συμπλήρωσης είναι 10 λεπτά.

Η πρώτη ενότητα αφορά σε δημογραφικά στοιχεία για τους/τις συμμετέχοντες/ουσες και περιλαμβάνει ερωτήσεις για το φύλο, την ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, το μηναίο οικογενειακό εισόδημα και την ιδιοκτησία επιβατικού αυτοκινήτου.

Η δεύτερη ενότητα αναφέρεται στο προφίλ των συμμετεχόντων/ουσών σχετικά με την μετακίνηση με επιβατικό αυτοκίνητο. Οι ερωτήσεις σε αυτή την ενότητα είχαν να κάνουν με την προτίμηση μέσου για την καθημερινή τους μετακίνηση, αλλά και τη συχνότητα μετακίνησης στο κέντρο της πόλης.

Η τρίτη ενότητα σχετίζεται με την περιβαλλοντική ευαισθησία και ενημέρωση των συμμετεχόντων/ουσών. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν στις αντιλήψεις τους σε σχέση με βασικά περιβαλλοντικά ζητήματα. Ενδεικτική ερώτηση για αυτή την ενότητα είναι η ερώτηση «Πόσο σημαντική θεωρείτε την αντιμετώπιση της αέριας ρύπανσης και του θορύβου στον Βόλο;».

Η τέταρτη ενότητα εξετάζει την αποδοχή της εφαρμογής Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στην πόλη του Βόλου και συμπεριλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με την συμφωνία γύρω από διάφορα πιθανά σενάρια εφαρμογής του μέτρου αυτού. Μια χαρακτηριστική ερώτηση αφορά το βαθμό συμφωνίας σε σχέση με την επιβολή προστίμου για τη μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων ως ένα αποδεκτό μέτρο από τους/τις κατοίκους του Βόλου.

Για την επιλογή των ερωτήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στο ερωτηματολόγιο, βασιστήκαμε στην Έκθεση για την προτεινόμενη LEZ στο Λονδίνο (2007). Με βάση την προαναφερθείσα έκθεση, αλλά και παρόμοιες έρευνες που διερευνούσαν τον βαθμό συμφωνίας και αποδοχής των LEZ, καταλήξαμε σε 3 βασικές ομάδες ερωτήσεων, εκτός των ερωτήσεων που αφορούν σε δημογραφικά στοιχεία. Οι ομάδες αυτές περιλάμβαναν τα χαρακτηριστικά, τις προτιμήσεις και τις συνήθειες των ατόμων σχετικά με την μετακίνηση με επιβατικό αυτοκίνητο, την ενημέρωση και ευαισθησία των συμμετεχόντων/ουσών γύρω από περιβαλλοντικά ζητήματα, και, τέλος, τον βαθμό αποδοχής της εφαρμογής του μέτρου LEZ στην πόλη του Βόλου, με βάση μία δική μας πρόταση για την εφαρμογή αυτού. Παρακάτω παρατίθενται δύο εικόνες με το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στην Έκθεση για την προτεινόμενη LEZ στο Λονδίνο (2007).

PLEASE COMPLETE THE QUESTIONNAIRE, PLACE IN AN ENVELOPE AND POST TO:
FREEPOST RULA-CUHG-JGKL, LOW EMISSION ZONE CONSULTATION,
CHISWICK GATE, 598-608 CHISWICK HIGH ROAD, LONDON W4 5RT

General Questions

Q1 How important is it to tackle poor air quality in London?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Very important ☐ Unimportant
☐ Important ☐ Very unimportant
☐ Neither ☐ Don't know

Q2 Do you support or oppose the proposal to introduce a Low Emission Zone (LEZ) in Greater London, as described in the leaflet?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Strongly support ☐ Oppose
☐ Support ☐ Strongly oppose
☐ Neither ☐ Don't know

Questions about the LEZ proposal

Q3 Do you think the proposed boundary of the LEZ as shown on the map on pages 5 and 6 of the leaflet is appropriate?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes
☐ No, should be a smaller area
☐ No, should be a larger area
☐ Don't know
☐ Other

Q4 If other, please write in the box below:

Q5 Do you think that the motorways within London as shown on the map on pages 5 and 6 of the leaflet should be included in the LEZ?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes ☐ Don't know
☐ No

Q6 Do you think the proposed level of charge (i.e. of £200 for diesel-engine Heavy Goods Vehicles (HGVs), buses and coaches and £100 for diesel-engine minibuses and heavier Light Goods Vehicles (LGVs)) is sufficient to incentivise operators to make their vehicles compliant?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes ☐ No, too low
☐ Yes, but too high ☐ Don't know

Q7 Do you think the proposed level of Penalty Charge for non-compliant vehicles which do not pay the daily charge (i.e. of £1000 for diesel-engine HGVs, buses and coaches and £500 for diesel-engine minibuses and heavier LGVs) is a sufficient deterrent?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes ☐ No, too low
☐ Yes, but too high ☐ Don't know

Q8 Do you support or oppose the proposals for the LEZ to operate 24 hours a day, 365 days a year?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Strongly support ☐ Oppose
☐ Support ☐ Strongly oppose
☐ Neither ☐ Don't know

Q9 Do you think the emissions standard of Euro III for Particulate Matter (PM) from 2008 for diesel-engine HGVs, buses and coaches is appropriate? (These types of vehicles manufactured after October 2001 will be Euro III compliant)
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes ☐ No, too lenient
☐ No, too severe ☐ Don't know

Q10 Do you think the introduction of a higher standard of Euro IV from 2012 for diesel-engine HGVs, buses and coaches is appropriate? (These types of vehicles manufactured after October 2006 will be Euro IV compliant)
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes ☐ No, too lenient
☐ No, too severe ☐ Don't know

Q11 Do you think the emissions standard of Euro III for diesel-engine minibuses and heavier LGVs is appropriate? (These types of vehicles manufactured after January 2002 will be Euro III compliant)
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes ☐ No, too lenient
☐ No, too severe ☐ Don't know

Q12 If you agree with Q11 above, do you think that it is appropriate to introduce this standard for diesel-engine heavier LGVs and minibuses in autumn 2010?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Yes ☐ No, too late
☐ No, too early ☐ Don't know

Q13 Which of the following types of vehicle do you think the LEZ should apply to?
TICK ALL THAT APPLY
☐ Lorries (HGVs) ☐ SUVs (4x4s)
☐ Buses ☐ Diesel cars
☐ Coaches ☐ Petrol cars
☐ Heavier LGVs only ☐ Motorcycles
☐ All LGVs ☐ None of the above
☐ Minibuses ☐ Don't know

Q14 Do you support the proposals to exempt the vehicles mentioned on page 3 of the leaflet from the LEZ?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Strongly support ☐ Oppose
☐ Support ☐ Strongly oppose
☐ Neither ☐ Don't know

Q15 If you have any other views on vehicle exemptions please write in the box below:

Q16 Please write in the box below if you wish to make any other comments about the proposed LEZ or expand on any of the points raised above:

Questions about your business

Q17 What is the first part of the postcode of your business?
PLEASE ENTER THE FIRST TWO LETTERS AND FIRST TWO NUMBERS ONLY FOR EXAMPLE SW10

Q18 How many of the following types of vehicle does your business operate within the proposed LEZ?
WRITE IN NUMBER FOR EACH TYPE OF VEHICLE

Vehicle Type	Number
HGVs	
HGVs first registered on or after 1 October 2001	
Buses/Coaches	
Buses/Coaches first registered on or after 1 October 2001	
LGVs/Minibuses	
LGVs/Minibuses first registered on or after 1 January 2002	
Cars	
Cars first registered on or after 1 July 1992	
Cars first registered on or after 1 January 2002	

Q19 Which of the following categories best describes your business?
TICK ONE BOX ONLY
☐ Retail
☐ Finance, insurance, real estate
☐ Services
☐ Manufacturing
☐ Wholesale
☐ Transport and distribution
☐ Communications and utilities
☐ Construction
☐ Other

IF OTHER PLEASE SPECIFY IN BOX BELOW

Q20 How many people does your business employ in Great Britain?
TICK ONE BOX ONLY
☐ 1-9
☐ 10-29
☐ 30-49
☐ 50-99
☐ 100+

Q21 How often does your company operate HGVs, buses/coaches or LGVs/minibuses within the proposed LEZ?
ENTER X IN EACH COLUMN

	HGVs	Buses/coaches	LGVs/minibuses
7 days a week	☐	☐	☐
4-6 days a week	☐	☐	☐
1-3 days a week	☐	☐	☐
A few times a month	☐	☐	☐
Every month or so	☐	☐	☐
A few months a year	☐	☐	☐
Once or twice a year	☐	☐	☐
Less often than once or twice a year	☐	☐	☐
Never	☐	☐	☐

Data protection statement
TfL and the Mayor of London will use the information you have supplied in response to this consultation only for the purpose of assessing the proposal. Responses may be made publicly available. However, personal details will be kept confidential. You do not have to provide any personal information, but this information will help TfL to understand the range of responses. For example, responses may be analysed by postcode areas to identify local issues.

Εικόνα 3.1: Ερωτηματολόγιο από την Έκθεση για την προτεινόμενη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο Λονδίνο (2007)

3.3 Εξεταζόμενη περιοχή μελέτης

Η πόλη του Βόλου βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της Θεσσαλίας, στις ακτές του Παγασητικού κόλπου, ενώ περιβάλλεται από τον ορεινό όγκο του Πηλίου. Με πληθυσμό περίπου 145.000 κατοίκους και έκταση περίπου 385 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ο Δήμος Βόλου περιλαμβάνει έναν πυκνοκατοικημένο αστικό πυρήνα, καθώς και εκτεταμένες περιφερειακές και αγροτικές ζώνες.

Ο Βόλος επιλέχθηκε ως εξεταζόμενη περιοχή της παρούσας έρευνας καθώς συνδυάζει πληθώρα γεωγραφικών, πληθυσμιακών, συγκοινωνιακών και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών. Αρχικά, η πόλη αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση στο κέντρο και αυξημένη εξάρτηση από ιδιωτικά οχήματα, με αποτέλεσμα υψηλά επίπεδα εκπομπών. Σε συνδυασμό με την έντονη παρουσία βιομηχανίας στην περιοχή, η ποιότητα του αέρα χαρακτηρίζεται ως ανθυγιεινή για ευαίσθητες ομάδες με δείκτη US-EPA 2016 στο εύρος 101-150. Επίσης, ο πληθυσμός του Βόλου χαρακτηρίζεται από ποικιλομορφία στις

κοινωνικές και οικονομικές ομάδες, γεγονός που επιτρέπει τη μελέτη της αποδοχής των LEZ από διαφορετικές κατηγορίες πολιτών. Οι μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις που λειτουργούν στο κέντρο της πόλης επηρεάζονται άμεσα από μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας, ενώ οι κάτοικοι των περιφερειακών ζωνών βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στα ΙΧ, καθώς το δίκτυο λεωφορείων που αποτελεί τον μοναδικό πυλώνα των δημόσιων συγκοινωνιών δεν ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού και της αστικής ανάπτυξης. Ο Βόλος έχει ήδη αναπτύξει πρωτοβουλίες που σχετίζονται με τη βιώσιμη κινητικότητα, όπως ποδηλατόδρομους και δράσεις για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτά τα μέτρα δημιουργούν ένα υπόβαθρο που επιτρέπει τη μελέτη της προοδευτικής εισαγωγής των LEZ, αξιολογώντας τον τρόπο με τον οποίο τα νέα μέτρα επηρεάζουν τη στάση των πολιτών. Τέλος, η μέτρια κλίμακα της πόλης την καθιστά κατάλληλη για πιλοτικές εφαρμογές μέτρων όπως οι LEZ, διευκολύνοντας την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων και την αποτίμηση της αποδοχής τους.

Για τους σκοπούς της έρευνας χρειάστηκε ο σχεδιασμός ενός θεωρητικού σεναρίου LEZ για την πόλη του Βόλου. Για την κατασκευή του υποθετικού αυτού μοντέλου κρίθηκε απαραίτητη η σύγκριση της πόλης με πόλεις αντίστοιχης κλίμακας και έκτασης που έχουν ήδη εφαρμόσει το μετρό LEZ και έχουν μελετηθεί τα αποτελέσματα του.

Η Αμβέρσα αποτελεί ένα ώριμο παράδειγμα ευρωπαϊκής πόλης μεσαίας κλίμακας που έχει εφαρμόσει LEZ, παρέχοντας μια χρήσιμη βάση σύγκρισης για τον Βόλο, ένα αντίστοιχο μεγέθους αστικό κέντρο. Η Αμβέρσα, με έκταση 204,5 τετραγωνικά χιλιόμετρα και πληθυσμό 530.000 κατοίκους, είναι μια πόλη με υψηλότερη πυκνότητα και εντονότερη αστική δραστηριότητα.

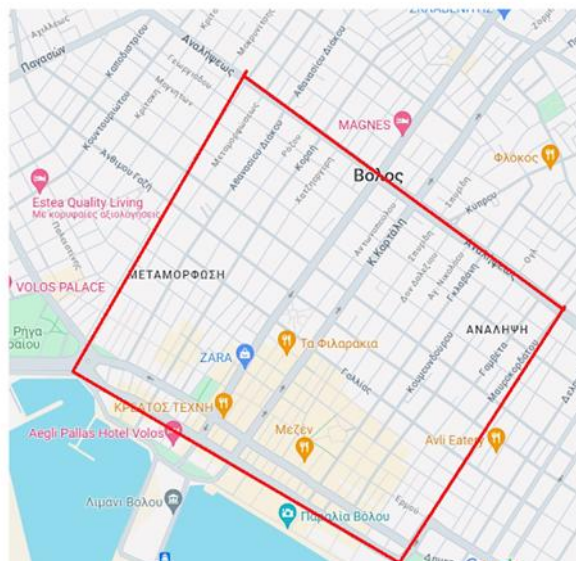
Η μεγαλύτερη έκταση του Βόλου, συνδυασμένη με τον μικρότερο πληθυσμό του, δημιουργεί λιγότερη πίεση στις υποδομές, καθιστώντας τον ευνοϊκότερο για πιλοτικές εφαρμογές LEZ, καθώς η χαμηλότερη κυκλοφοριακή ένταση επιτρέπει την ομαλότερη προσαρμογή των κατοίκων.

Η Αμβέρσα διαθέτει ένα ανεπτυγμένο δίκτυο μεταφορών, που περιλαμβάνει τραμ, λεωφορεία, ποδηλατόδρομους και ηλεκτροκίνητα οχήματα. Η εφαρμογή LEZ στην Αμβέρσα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της πόλης, με αυστηρά κριτήρια για τις εκπομπές ρύπων και ενσωμάτωση εναλλακτικών μέσων μεταφοράς. Το μέτρο αυτό έχει συνδυαστεί με τη

δημιουργία εκτεταμένων ποδηλατοδρόμων και τη χρήση ηλεκτρικών λεωφορείων, μειώνοντας αισθητά τη ρύπανση και ενισχύοντας τη βιώσιμη κινητικότητα.

Στον Βόλο, η αστική κινητικότητα βασίζεται κυρίως στα λεωφορεία και στα ιδιωτικά οχήματα, με περιορισμένη χρήση ποδηλάτων και απουσία δικτύου τραμ. Επομένως, η υποθετική εισαγωγή LEZ θα πρέπει να συνοδεύεται από επενδύσεις σε υποδομές βιώσιμης μεταφοράς, όπως περισσότερους ποδηλατόδρομους και ηλεκτροκίνητα μέσα, για να είναι αποτελεσματική και να έχει μεγαλύτερη αποδοχή από τους κατοίκους.

Για την παρούσα έρευνα δόθηκε βαρύτητα στην τοποθεσία και την έκταση της υποθετικής προτεινόμενης LEZ. Λόγω της ιδιαίτερης δομής της πόλης του Βόλου με τον κύριο όγκο του κυκλοφοριακού φόρτου να συγκεντρώνεται στο κέντρο και την σχετικά χαμηλότερη πυκνότητα πληθυσμού θεωρήθηκε σκόπιμος ο σχεδιασμός μιας μικρότερης συγκριτικά LEZ η οποία εκτείνεται αποκλειστικά στο κέντρο της πόλης. Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζεται η προτεινόμενη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων για το κέντρο του Βόλου.



Εικόνα 3.2: Προτεινόμενη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου

3.4 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων διήρκεσε τέσσερις μήνες (Μάιος 2024 - Αύγουστος 2024) και συμπεριελάμβανε την κοινοποίηση αποκλειστικά μέσω διαδικτύου του ερωτηματολογίου σε κατοίκους διαφόρων περιοχών του Βόλου μέσω μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και μέσων κοινωνικής δικτύωσης (Facebook, Instagram).

Όλοι/ες οι συμμετέχοντες/ουσες ενημερώθηκαν για τους σκοπούς της έρευνας στην οποία θα συμμετείχαν, την ανωνυμία, εχεμύθεια και διαφύλαξη των προσωπικών δεδομένων τους, αλλά και τον εθελοντικό χαρακτήρα της συμμετοχής τους και τη δυνατότητα αποχώρησης οποιαδήποτε στιγμή το θελήσουν, τα οποία διάβασαν και στο έντυπο συγκατάθεσης/ενημέρωσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το οποίο συμπλήρωσαν πριν την διεξαγωγή των ερωτηματολογίων. Οποιαδήποτε δημογραφικά στοιχεία χρησιμοποιούνται καθαρά για εκπαιδευτικούς σκοπούς με σκοπό τη διερεύνηση του θέματος της αποδοχής υλοποίησης Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων από τους πολίτες του Βόλου.

3.5 Δείγμα

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν 202 άτομα, τα οποία συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο διαδικτυακά. Ένα άτομο απάντησε αρνητικά στην ερώτηση σχετικά με το αν συμφωνεί να συμμετέχει στην έρευνα και, επομένως, δεν συμπεριλαμβάνεται στα δεδομένα.

Το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα είναι μη τυχαίο, καθώς η επιλογή δεν έγινε με βάση την θεωρία των πιθανοτήτων, αλλά με σκοπιμότητα βάσει του στόχου της έρευνας, κατά τον οποίο απαιτούνταν η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου αποκλειστικά από κατοίκους της πόλης του Βόλου. Η μέθοδος δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε είναι η μέθοδος της «Χιονοστιβάδας», κατά την οποία οι ερευνητές προσεγγίζουν οι ίδιοι έναν αριθμό συμμετεχόντων/ουσών τους/τις οποίους/ες θεωρούν κατάλληλους/ες, και αυτοί/ές με τη σειρά τους προωθούν το ερωτηματολόγιο σε άλλους/ες.

3.6 Διαδικασία ανάλυσης δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δεδομένων IBM SPSS Statistics 29.0.1.0. Το SPSS (Superior Performance Software System) είναι ένα ισχυρό πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων, αρκετά εύκολο στη λειτουργία του, το οποίο, πλέον, αποτελεί το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα για τη στατιστική ανάλυση δεδομένων.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι ανάλυσης περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής. Η περιγραφική στατιστική είναι ένας τομέας της στατιστικής που ασχολείται με τον τρόπο που περιγράφονται, αναλύονται και ερμηνεύονται

τα δεδομένα. Ο βασικός σκοπός της περιγραφικής στατιστικής είναι να παρέχει μια κατανοητή μέθοδο για να περιγραφούν και να συνοψιστούν τα δεδομένα που έχουν συλλεγεί από ένα συγκεκριμένο σύνολο ή πληθυσμό. Στην περιγραφική στατιστική, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι και τεχνικές για να περιγραφούν οι ομάδες δεδομένων, να εντοπιστούν πρότυπα και τάσεις, να μετρηθεί η μεταβλητότητα και να εξαχθούν συμπεράσματα. Αυτό βοηθά να γίνουν κατανοητά τα δεδομένα και να παρουσιάζονται οι πληροφορίες με έναν σαφή και κατανοητό τρόπο (Αδαμόπουλος, Δαμιανού, & Σβέρκος, 1999).

Η επαγωγική στατιστική, από την άλλη πλευρά, είναι ο κλάδος της στατιστικής που ασχολείται με τη διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων για έναν πληθυσμό με βάση δεδομένων από ένα δείγμα. Αντί να αναλύει όλα τα δεδομένα του πληθυσμού, χρησιμοποιεί πληροφορίες από ένα μέρος του (δείγμα) για να κάνει προβλέψεις ή να βγάλει γενικά συμπεράσματα. Η επαγωγική στατιστική είναι θεμελιώδης για την έρευνα, καθώς επιτρέπει τη λήψη αποφάσεων και τη γενίκευση αποτελεσμάτων πέρα από τα όρια ενός δείγματος (Αδαμόπουλος, Δαμιανού, & Σβέρκος, 1999).

Στην συγκεκριμένη έρευνα για την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν, χρησιμοποιήσαμε μεθόδους περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής. Πρωταρχικά, υπολογίστηκαν οι περιγραφικές μετρήσεις των δεδομένων, οι οποίες αφορούσαν στον υπολογισμό ποσοστών των κατηγορικών δεδομένων που προέκυψαν από τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια, διερευνήσαμε πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών με το συντελεστή Spearman rho, ο οποίος είναι ένας μη παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης που χρησιμοποιείται για να βρεθεί η κατεύθυνση και η ένταση της σχέσης μεταξύ δύο κατηγορικών και διατακτικών μεταβλητών και όταν τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Αξιολογεί το πόσο καλά μπορεί να περιγραφεί η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών χρησιμοποιώντας μια μονότονη συνάρτηση. Εάν δεν υπάρχουν επαναλαμβανόμενες τιμές των δεδομένων, μια τέλεια συσχέτιση με το συντελεστή Spearman κατά +1 ή -1 συμβαίνει όταν κάθε μία από τις μεταβλητές είναι μια τέλεια μονότονη συνάρτηση της άλλης.

Οι n πρώτες βαθμολογίες X_i, Y_i μετατρέπονται σε κατατάξεις x_i, y_i και ο ρ υπολογίζεται από:

$$\rho = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

(3.1)

Οι βασικές προϋποθέσεις για την εφαρμογή του είναι αρχικά να υπάρχει μονοτονική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών δηλαδή η αύξηση της μίας να συνδέεται με αύξηση ή μείωση της άλλης. Επίσης, αποτελεί την ιδανική μέθοδο για δεδομένα που δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, αλλά και για δεδομένα που είναι αριθμητικά ή διατεταγμένα, ενώ δεν υπάρχουν αυστηροί περιορισμοί στο μέγεθος του δείγματος, αλλά μεγαλύτερα δείγματα παρέχουν μεγαλύτερη στατιστική ισχύ.

Η ανάλυση Spearman's Rho περιλαμβάνει δοκιμή της μηδενικής υπόθεσης (H_0), η οποία, εάν ισχύει, δηλώνει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Εάν δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση, και ισχύει η εναλλακτική υπόθεση (H_1) σημαίνει ότι υπάρχει συσχέτιση. Η στατιστική σημαντικότητα του συντελεστή μπορεί να ελεγχθεί μέσω του p-value, που υπολογίζεται είτε με την κατανομή t είτε με αναλυτικές μεθόδους για μικρά δείγματα.

Επίσης, χρησιμοποιήσαμε τον έλεγχο χ^2 (Chi-Square), που είναι ένας στατιστικός έλεγχος που χρησιμοποιείται για να εξετάσει την αλληλεξάρτηση ή τη διαφορά μεταξύ δύο ή περισσότερων κατηγορικών μεταβλητών. Σκοπός του είναι να συγκρίνει τις παρατηρούμενες συχνότητες (τις πραγματικές μετρήσεις) με τις αναμενόμενες συχνότητες (όπως θα περιμέναμε βάσει της μηδενικής υπόθεσης), για να κρίνει αν οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες ή όχι. Ο έλεγχος χ^2 χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα είναι κατηγορικά και όταν θέλουμε να εξετάσουμε αν υπάρχει συσχέτιση ή διαφορά μεταξύ τους.

Ο υπολογισμός του χ^2 βασίζεται στη διαφορά μεταξύ των παρατηρούμενων συχνοτήτων και των αναμενόμενων συχνοτήτων για κάθε κατηγορία, και υπολογίζεται ως εξής:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.2)$$

Οι βασικές προϋποθέσεις για τη χρήση του χ^2 είναι αρχικά να ισχύει η ανεξαρτησία των παρατηρήσεων, δηλαδή οι παρατηρήσεις για κάθε κατηγορία να είναι ανεξάρτητες, να υπάρχουν επαρκείς παρατηρήσεις, με τις αναμενόμενες συχνότητες σε κάθε κελί του πίνακα αλληλοεξάρτησης (Crosstabs) να μην είναι μικρότερες από 5, διαφορετικά ο έλεγχος χ^2

μπορεί να μην είναι αξιόπιστος. Επίσης, ο έλεγχος χ^2 δεν απαιτεί τα δεδομένα να ακολουθούν κανονική κατανομή, καθιστώντας τον κατάλληλο για κατηγορικές ή διατακτικές μεταβλητές.

Η διαδικασία του χ^2 περιλαμβάνει την εκτέλεση της μηδενικής υπόθεσης (H_0), η οποία υποστηρίζει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ή αλληλεξάρτηση μεταξύ των μεταβλητών. Αν το p-value είναι μικρότερο από το επίπεδο σημαντικότητας (συνήθως 0,05), τότε απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και συμπεραίνουμε ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Ο έλεγχος χ^2 παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κατεύθυνση και την ένταση της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δεδομένα με περισσότερες από δύο κατηγορίες ή ακόμη και για την ανάλυση πολλαπλών μεταβλητών μέσω των πινάκων αλληλοεξάρτησης.

Τέλος, ως μέθοδος στατιστικής ανάλυσης των μοντέλων επιλέχθηκε η λογιστική παλινδρόμηση, η οποία είναι μία στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει τη σχέση μεταξύ μίας εξαρτημένης μεταβλητής και μίας η περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η λογιστική παλινδρόμηση έχει ως στόχο να εκτιμήσει την πιθανότητα μιας κατηγορικής εξαρτημένης μεταβλητής να λάβει μία συγκεκριμένη τιμή, δεδομένων των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών. Στην παρούσα διπλωματική έρευνα, χρησιμοποιήσαμε τη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση (binary logistic regression) για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ μίας κατηγορικής – εξαρτημένης μεταβλητής εξόδου (δηλαδή μίας μεταβλητής που μπορεί να πάρει μόνο δύο δυνατές τιμές, όπως "ναι" ή "όχι", "αποδεκτό" ή "μη αποδεκτό") και μίας ή περισσότερων προβλεπτικών – ανεξάρτητων μεταβλητών. Πρωταρχικός σκοπός της είναι να προβλέψει την πιθανότητα της κατηγορικής μεταβλητής εξόδου να πάρει μία συγκεκριμένη τιμή σε σχέση με τις τιμές των προβλεπτικών μεταβλητών, και χρησιμοποιείται συνήθως για την εξέταση της σχέσης μεταξύ μιας δυαδικής εξαρτημένης μεταβλητής και μιας ή περισσότερων προσδιοριστικών μεταβλητών.

Η διωνυμική λογιστική συνάρτηση είναι η εξής:

$$P(Y = 1|X = x) = p(x) = \exp(\beta_0 + \beta_1 \times 1 + \beta_2 \times \beta_2 + \dots + \beta_p \times p) / (1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 \times 1 + \beta_2 \times 2 + \dots + \beta_p \times p)) \quad (3.3)$$

όπου Y είναι η δυαδική εξαρτημένη μεταβλητή, X είναι οι προσδιοριστικές μεταβλητές, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ είναι οι συντελεστές παλινδρόμησης και $\exp()$ είναι η συνάρτηση εκθετικής λειτουργίας.

Ο συντελεστής παλινδρόμησης β_j αντιστοιχεί στην αύξηση στη λογαριθμική πιθανότητα του γεγονότος ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι ίση με 1, για μια μονάδα αύξησης της j -οστής προσδιοριστικής μεταβλητής.

Η εκτίμηση των συντελεστών παλινδρόμησης β πραγματοποιείται συνήθως με τη μέθοδο των μέγιστων πιθανοφάνειας ή με τη χρήση αλγορίθμων βελτιστοποίησης.

Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων που συλλέξαμε από την έρευνα ερωτηματολογίου σε σχέση με την αποδοχή της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων από τους κατοίκους του Βόλου. Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει την περιγραφική στατιστική όπου η κάθε ερώτηση εξετάζεται ξεχωριστά, ενώ η δεύτερη ενότητα την επαγωγική στατιστική όπου οι μεταβλητές εξετάζονται συνολικά και πραγματοποιούνται στατιστικοί έλεγχοι.

4.1 Περιγραφική Στατιστική

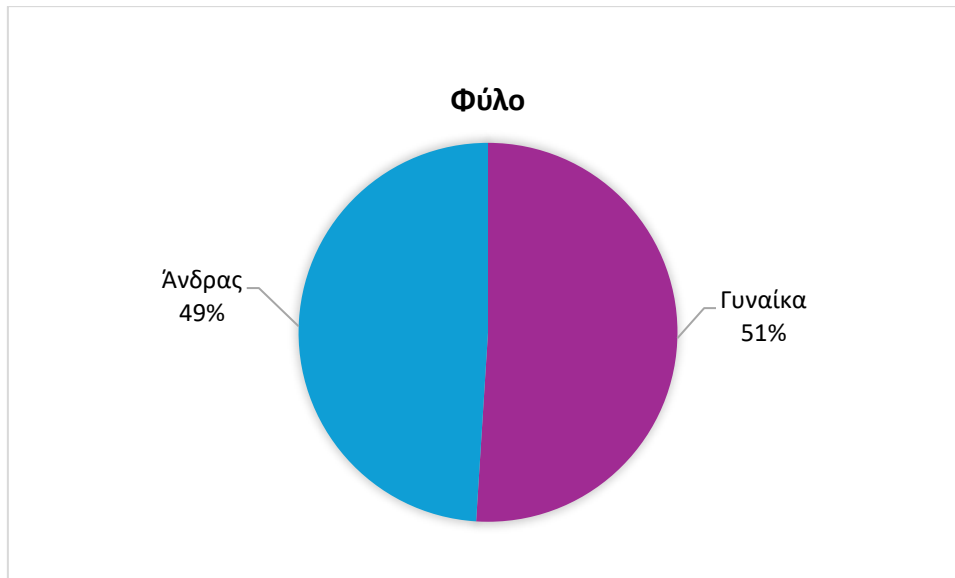
Η περιγραφική στατιστική λειτουργεί ως εργαλείο με σκοπό την συγκέντρωση, ταξινόμηση και παρουσίαση των πρωτογενών δεδομένων σε κατανοητή μορφή με τη χρήση πινάκων, γραφημάτων και στατιστικών μέτρων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από 202 άτομα. Ένα άτομο απάντησε αρνητικά στην ερώτηση σχετικά με το αν συμφωνεί να συμμετέχει στην έρευνα και δεν συμπεριλαμβάνεται στα δεδομένα. Επομένως, συγκεντρώθηκαν 201 έγκυρες συμμετοχές. Στον πίνακα 4.1.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Πίνακας 4.1: Δημογραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

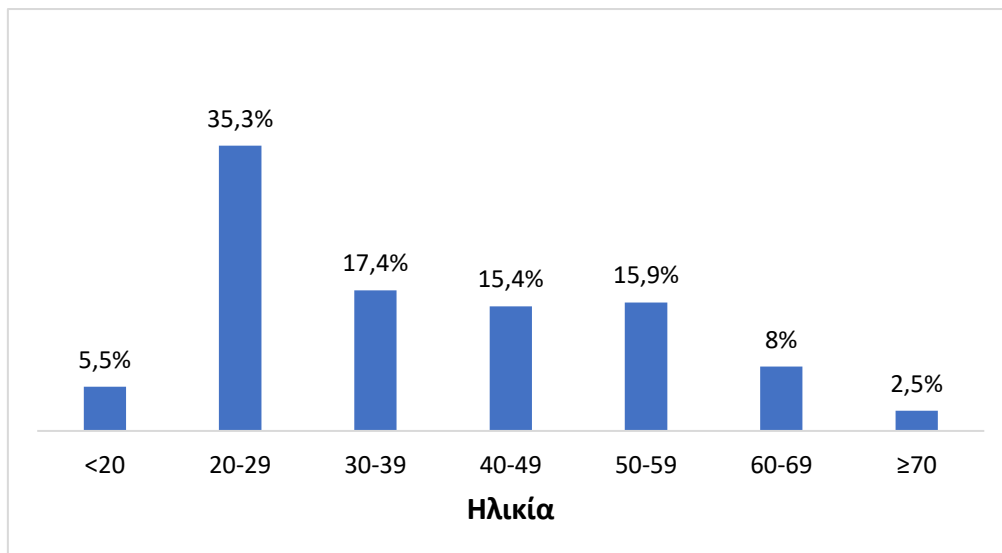
Μεταβλητές	Κατηγορίες/τάξεις	Ποσοστό δείγματος
Φύλο	Γυναίκα	51%
	Άνδρας	49%
Ηλικιακή ομάδα (έτη)	<20	5.5%
	20-29	35.3%
	30-39	17.4%
	40-49	15.4%
	50-59	15.9%
	60-69	8%
	≥70	2.5%
Μορφωτικό επίπεδο	Πρωτοβάθμια εκπαίδευση	4%
	Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	30%
	Τριτοβάθμια εκπαίδευση	51%
	Μεταπτυχιακό δίπλωμα	14%
	Διδακτορικό δίπλωμα	1%
Επάγγελμα	Δημόσιος υπάλληλος	24%
	Ιδιωτικός υπάλληλος	18%
	Ελεύθερος επαγγελματίας	14%
	Φοιτητής/τρια	25%
	Συνταξιούχος	10%
	Οικιακά/Ανεπάγγελτος	6%
	Αγρότης	1%
	Άνεργος/η	2%
	Δεν ξέρω/Δεν απαντώ	5%
Μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα	0-400 ευρώ	5.5%
	401-800 ευρώ	13%
	801-1200 ευρώ	28.9%
	1201-1600 ευρώ	24.3%
	1601-2000 ευρώ	11%
	>2000 ευρώ	12.3%
	Δεν ξέρω/Δεν απαντώ	5%
Ιδιοκτησία επιβατικού αυτοκινήτου	Ναι	59%
	Όχι	41%

Από τα 201 άτομα που συμπλήρωσαν τελικά το ερωτηματολόγιο, το 51 % (102) ήταν γυναίκες και το 49% (99) ήταν άντρες, όπως παρουσιάζεται στο γράφημα 4.1 που ακολουθεί.



Γράφημα 4.1: Φύλο

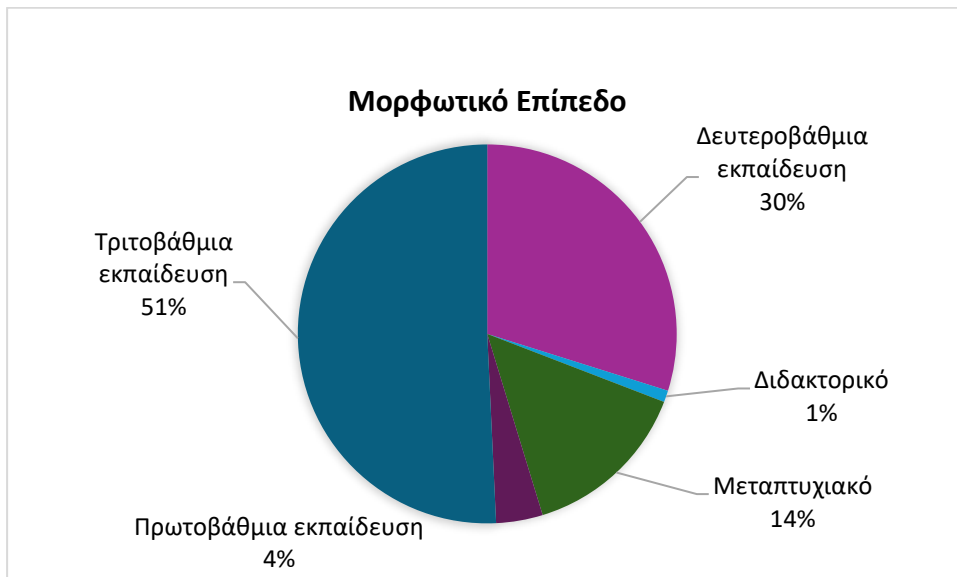
Αναφορικά με την ηλικία των συμμετεχόντων/ουσών, το 35,3% ήταν μεταξύ 20-29 ετών, το 17,4% μεταξύ 30-39 ετών, το 15,9% μεταξύ 50-59 ετών, το 15,4% μεταξύ 40-49 ετών, το 8 % μεταξύ 60-69 ετών, το 5,5% ήταν κάτω των 20 ετών και το 2,5% δήλωσε πως ήταν άνω των 70 ετών, το οποίο φαίνεται στο γράφημα 4.2.



Γράφημα 4.2: Ηλικία

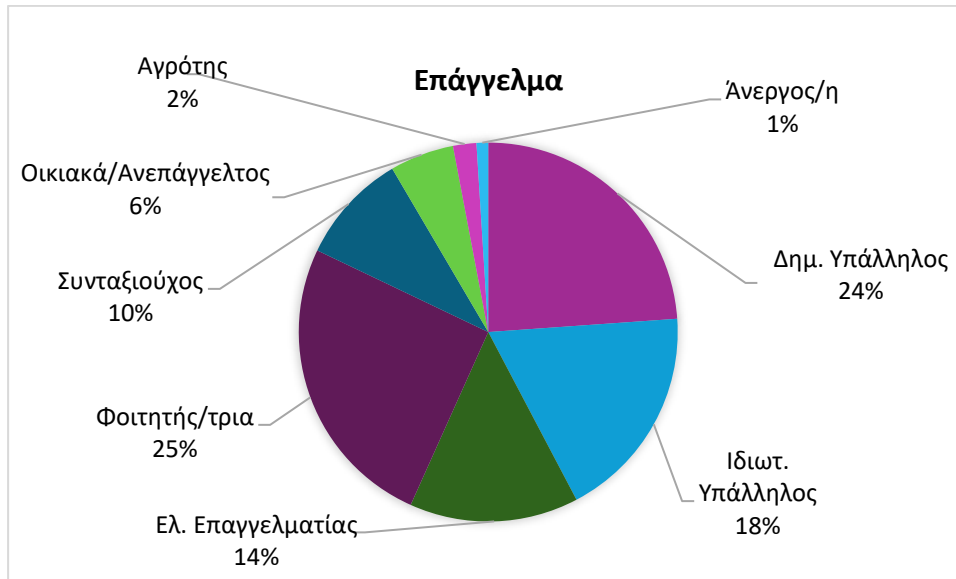
Περισσότερο από το μισό των συμμετεχόντων/ουσών (51%) ανέφεραν ότι κατέχουν πτυχίο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης, ενώ το 30 % έχει ολοκληρώσει τη Δευτεροβάθμια

Εκπαίδευση. Επίσης, το 14% κατέχει Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Σπουδών, το 4% έχει τελειώσει την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και το 1% διαθέτει Διδακτορικό Δίπλωμα Σπουδών, όπως καταδεικνύεται στο γράφημα 4.3.



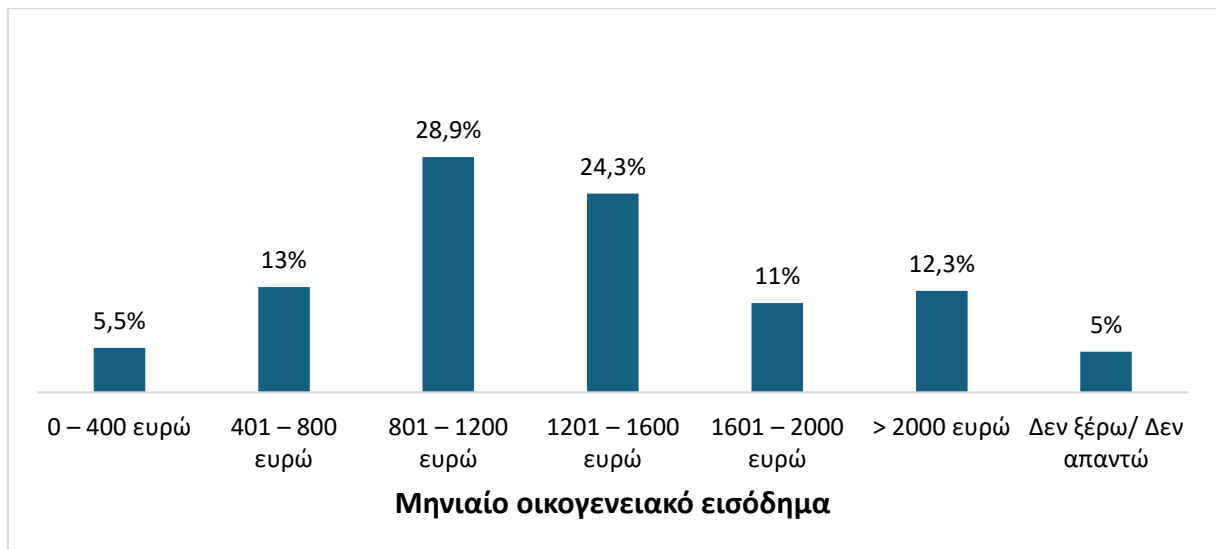
Γράφημα 4.3:Μορφωτικό επίπεδο

Όσον αφορά το επάγγελμα, το 25% δήλωσε ότι είναι φοιτητές/τριες, το 24% ότι είναι δημόσιοι υπάλληλοι, το 18% ότι είναι ιδιωτικοί υπάλληλοι και το 14% ότι είναι ελεύθεροι επαγγελματίες. Οι υπόλοιποι συμμετέχοντες/ουσες ανέφεραν ότι είναι συνταξιούχοι (10%), ασχολούνται με οικιακά ή είναι ανεπάγγελτοι (6%), αγρότες (2%) και άνεργοι (1%).



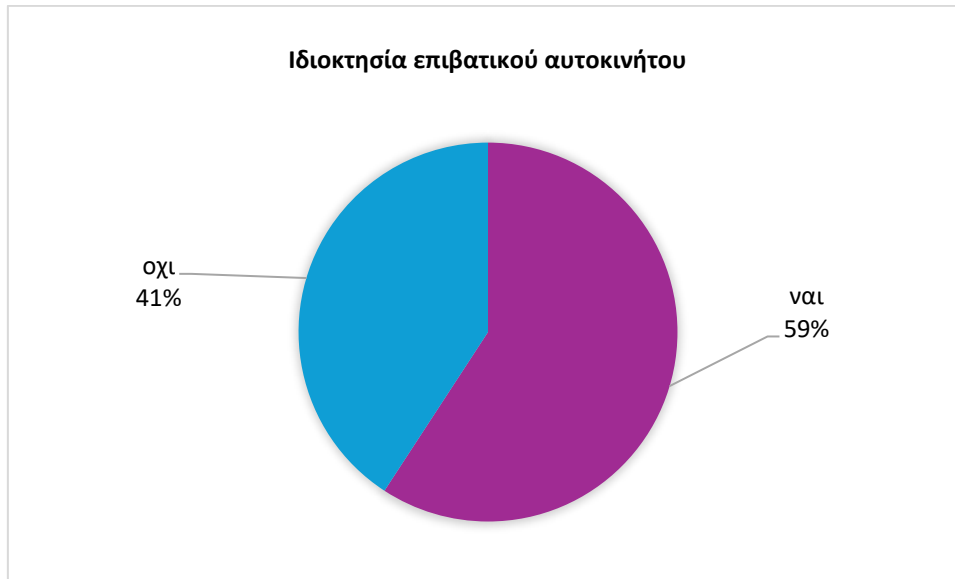
Γράφημα 4.4: Επάγγελμα

Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων (28,9%) δήλωσαν ότι το μηναίο εισόδημά τους ήταν μεταξύ 801-1200€, ενώ το 24,3% μεταξύ 1201-1600€, το 13% μεταξύ 401-800€ και 12,3% πάνω από 2000€. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο γράφημα 4.5.



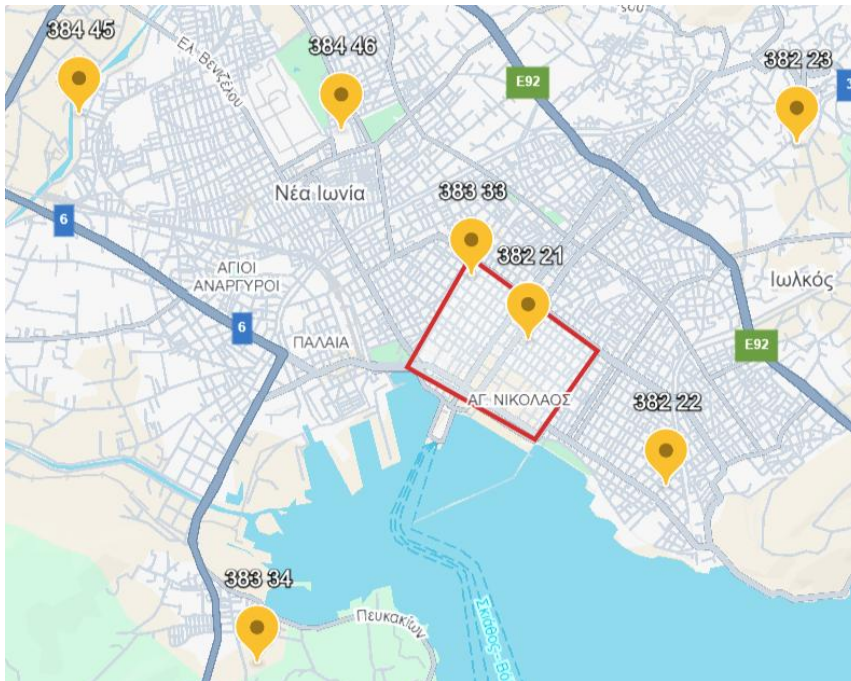
Γράφημα 4.5: Μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα

Από τα 201 που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο, τα 119 (59%) απάντησαν πως διαθέτουν επιβατικό αυτοκίνητο, ενώ τα 82 (41%) πως όχι.



Γράφημα 4.6:Ιδιοκτησία επιβατικού αυτοκινήτου

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι περιοχές διαμονής των συμμετεχόντων βάσει του ταχυδρομικού κώδικα που δήλωσαν σε σχετική ερώτηση.

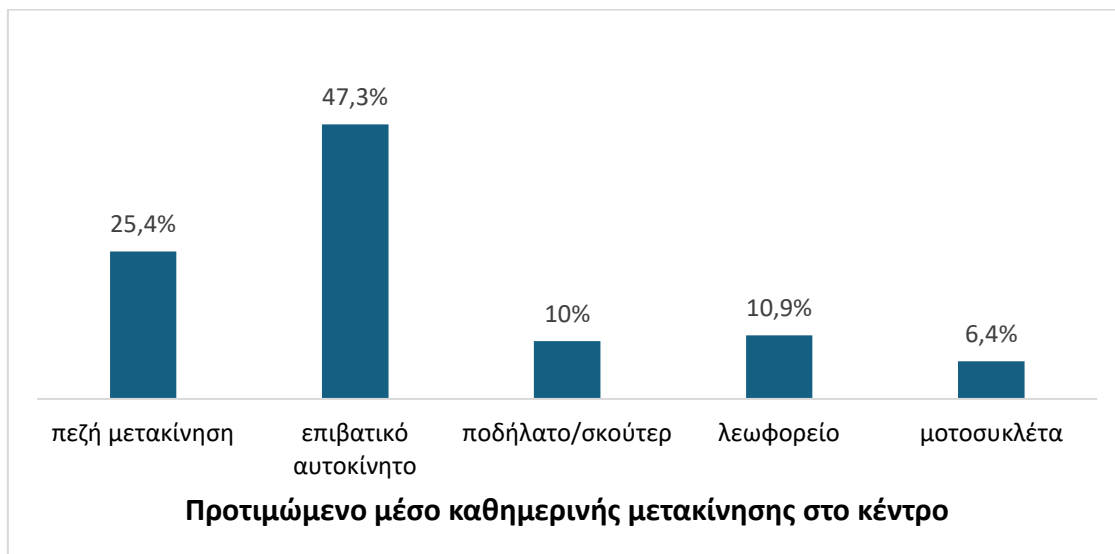


Εικόνα 4.1:Χάρτης με τους ταχυδρομικούς κώδικες των συμμετεχόντων

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ερώτηση που αφορά στον ταχυδρομικό κώδικα ήταν προαιρετική και δεν συμπληρώθηκε από όλους/ες τους συμμετέχοντες. Από τις 103

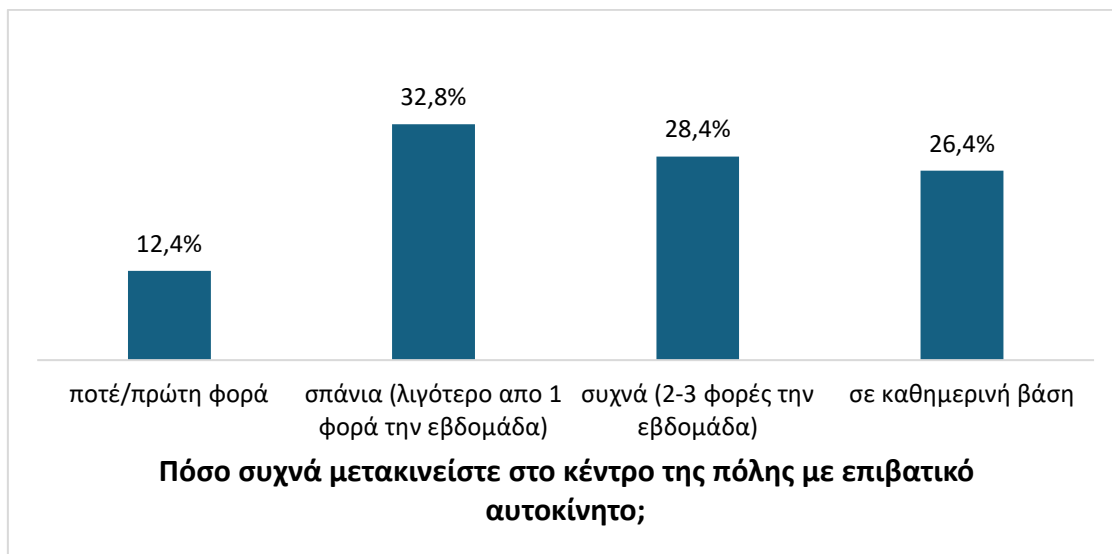
απαντήσεις, ο πιο συχνός ταχυδρομικός κώδικας που δόθηκε ως απάντηση ήταν το 38446 (20%), με αμέσως επόμενους το 38333 (15%) και το 38223 και 38445 με 11,7% εξίσου.

Σε σχέση με το μέσο μετακίνησης στην καθημερινότητά τους, το 47,3% δήλωσε πως χρησιμοποιεί επιβατικό αυτοκίνητο, το 25,4% πεζή μετακίνηση και το 10,9% ότι χρησιμοποιεί λεωφορείο. Σε μικρότερο ποσοστό (10%) οι συμμετέχοντες/ουσες χρησιμοποιούν ποδήλατο ή σκούτερ και το 6,4% μοτοσυκλέτα.



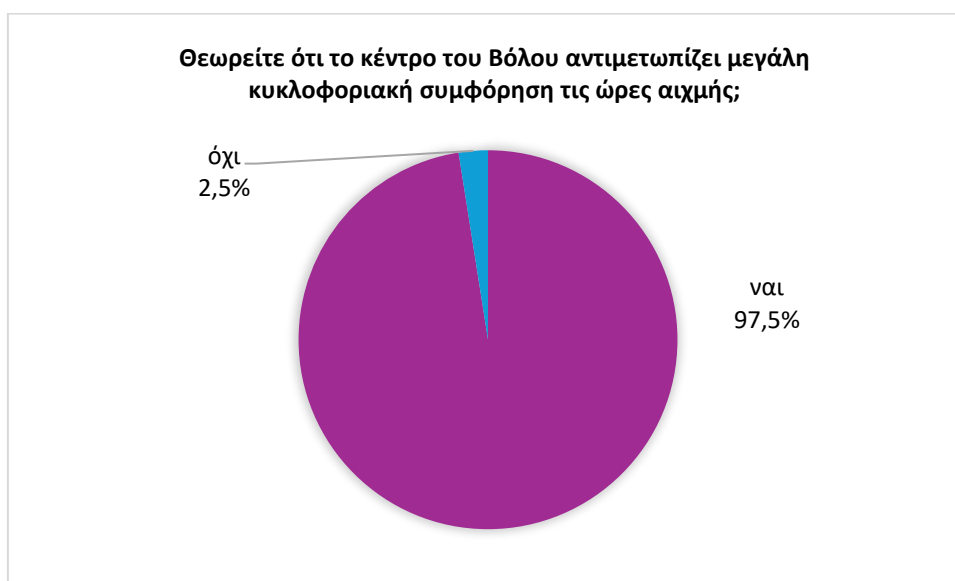
Γράφημα 4.7: Προτιμώμενο μέσο καθημερινής μετακίνησης στο κέντρο

Σε ερώτηση για το πόσο συχνά μετακινούνται οι συμμετέχοντες/ουσες στο κέντρο της πόλης με επιβατικό αυτοκίνητο, το 32,8% απάντησε «Σπάνια», δηλαδή λιγότερο από 1 φορά την εβδομάδα, το 28,4% «Συχνά», δηλαδή 2-3 φορές την εβδομάδα, το 26,4% «Σε Καθημερινή Βάση» και το 12,4% «Ποτέ», όπως φαίνεται στο γράφημα 7.



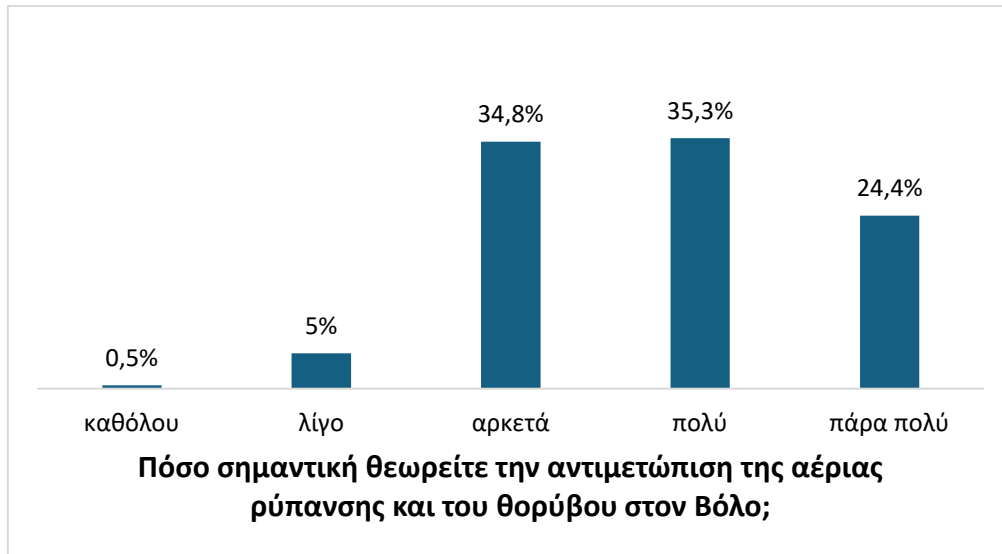
Γράφημα 4.8: Συχνότητα μετακίνησης στο κέντρο

Το 97,5% των ερωτηθέντων/εισών απάντησε θετικά για το αν το κέντρο του Βόλου αντιμετωπίζει κυκλοφοριακή συμφόρηση κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής.



Γράφημα 4.9: Απόψεις για την ύπαρξη κυκλοφοριακής συμφόρησης

Σε σχετική ερώτηση για την σημασία της αντιμετώπισης της αέριας ρύπανσης και του θορύβου στον Βόλο, οι συμμετέχοντες/ουσες κατά σημαντική πλειοψηφία απάντησαν πως θεωρούν ιδιαίτερα σημαντική την αντιμετώπιση της ρύπανσης και του θορύβου, με τις απαντήσεις «Πολύ» και «Αρκετά» να είναι οι πιο συχνές.



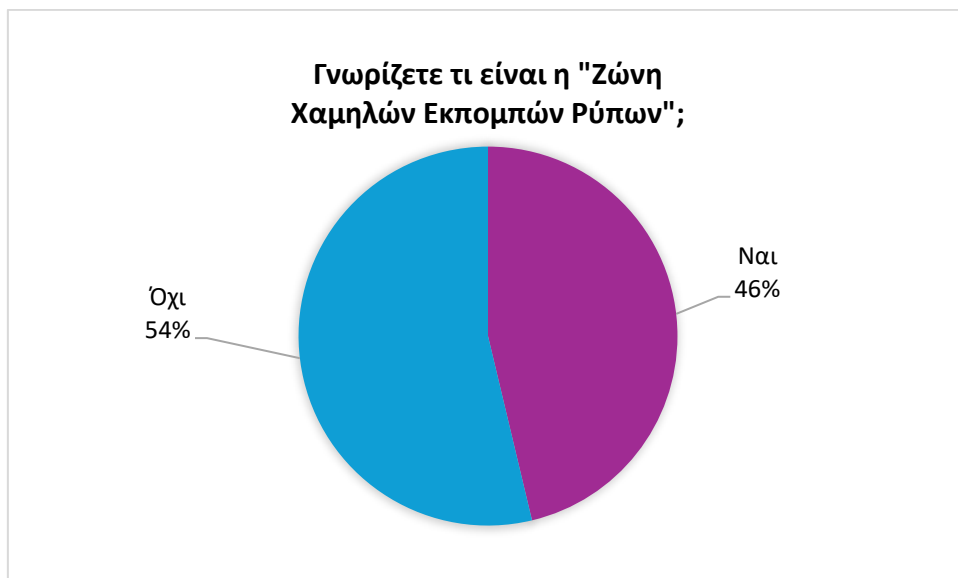
Γράφημα 4.10: Σημασία αντιμετώπισης αέριας ρύπανσης και θορύβου

Αναφορικά με το πόσο ανησυχούν για περιβαλλοντικά προβλήματα, οι δημοφιλέστερες απαντήσεις ήταν «Αρκετά» και «Πολύ». Μόνο δύο συμμετέχοντες/ουσες επέλεξαν την απάντηση «Καθόλου».



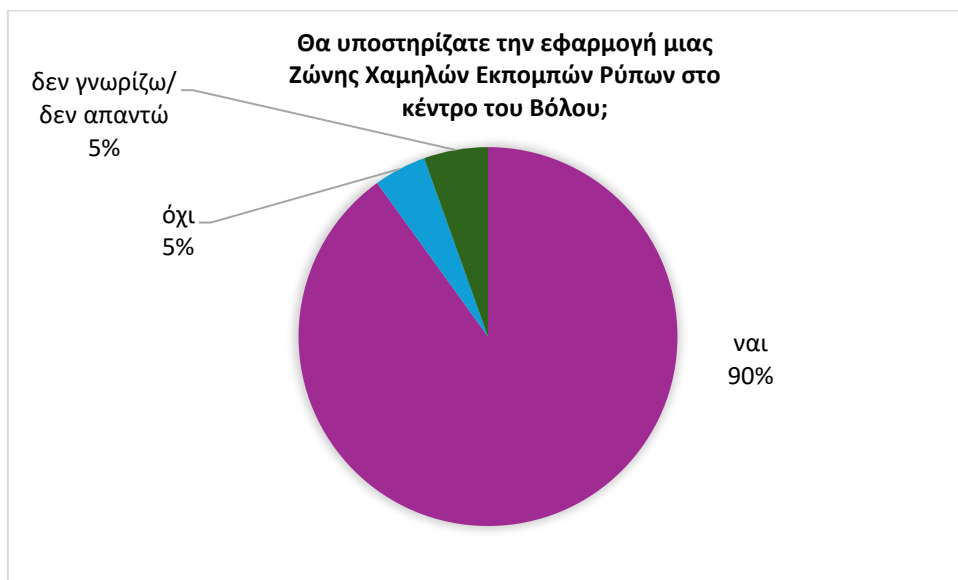
Γράφημα 4.11: Ανησυχία για περιβαλλοντικά προβλήματα

Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων/ουσών σε ποσοστό 54% δήλωσε πως δεν γνωρίζει τι είναι η «Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων», ενώ το 46% απάντησε πως γνωρίζει.



Γράφημα 4.12: Γνώση για "Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων"

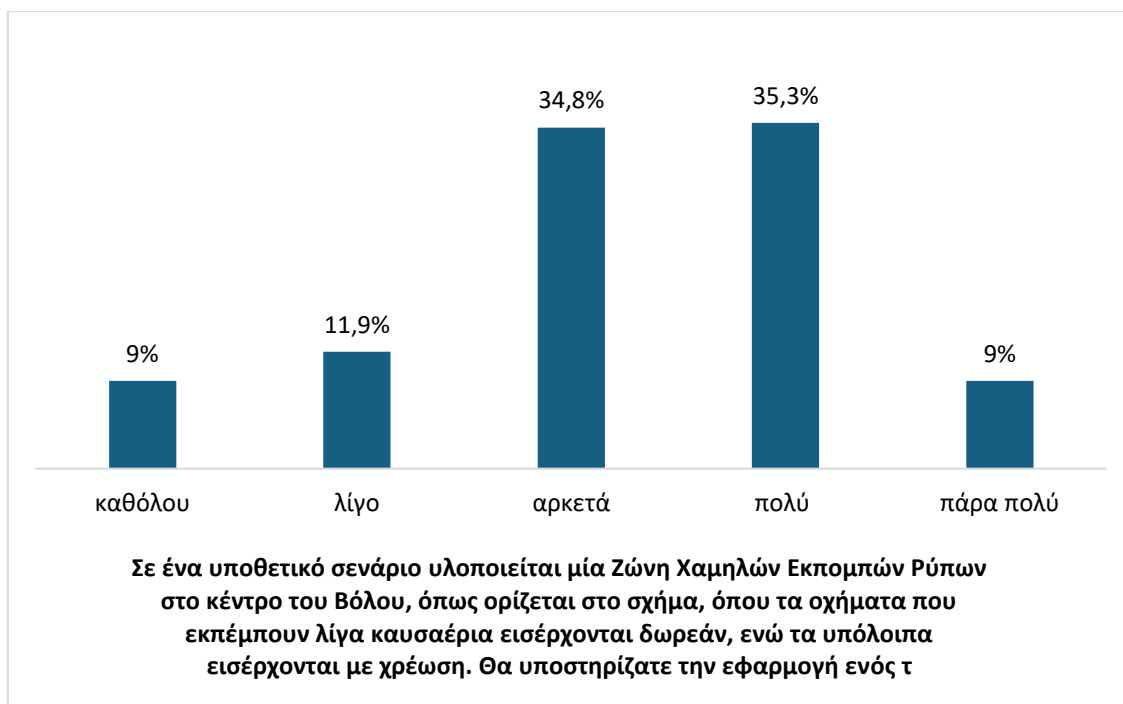
Έπειτα από σύντομη εισαγωγή και εξήγηση της έννοιας της «Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων», οι συμμετέχοντες/ουσες κλήθηκαν να απαντήσουν για το αν θα υποστήριζαν την εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου στο κέντρο της πόλης του Βόλου. Η συντριπτική πλειοψηφία (90%) απάντησε πως θα συμφωνούσε με ένα τέτοιο μέτρο, ενώ το 5,5% απάντησε «Δεν ξέρω/Δεν απαντώ» και το 4,5% «Όχι».



Γράφημα 4.13: Υποστήριξη εφαρμογής Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου

Σε ερώτηση σχετικά με την εφαρμογή του μέτρου της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών με ελεύθερη κυκλοφορία των λιγότερο ρυπογόνων οχημάτων την χρέωση των υπολοίπων, το

μεγαλύτερο μέρος του δείγματος απάντησε θετικά με τις απάντησες «πολύ» και «αρκετά» να είναι οι πιο συχνές.



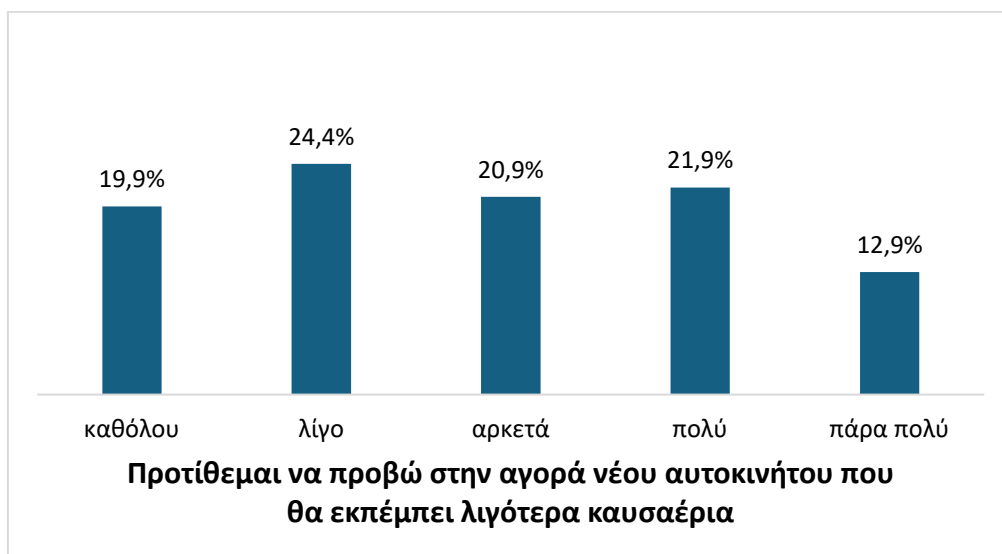
Γράφημα 4.14:Υποστήριξη μέτρου όπου τα οχήματα που εκπέμπουν λιγότερα καυσαέρια εισέρχονται δωρεάν στο κέντρο του Βόλου και τα υπόλοιπα με χρέωση

Αναφορικά με το αν οι συμμετέχοντες/ουσες είναι διατεθειμένοι/ες να αλλάξουν τον τρόπο μετακίνησής τους, παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία δήλωσε πως δεν είναι διατεθειμένοι/ες και προτιμούν να χρησιμοποιούν το αυτοκίνητό τους για τις μετακινήσεις τους. Ωστόσο, η δεύτερη απάντηση που δόθηκε πιο συχνά είναι ότι είναι πάρα πολύ διατεθειμένοι/ες να αλλάξουν τον τρόπο μετακίνησής τους.



Γράφημα 4.15: Προθυμία αλλαγής τρόπου μετακίνησης

Η ερώτηση που αφορούσε την προθυμία αγοράς νέου αυτοκινήτου που θα εκπέμπει λιγότερα καυσαέρια έλαβε σχετικά παρόμοια κατανομή μεταξύ των απαντήσεων, με την πιο συχνή απάντηση να είναι ότι συμφωνούν λίγο και τις απαντήσεις ότι συμφωνούν πολύ, αρκετά και καθόλου να έχουν πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους.



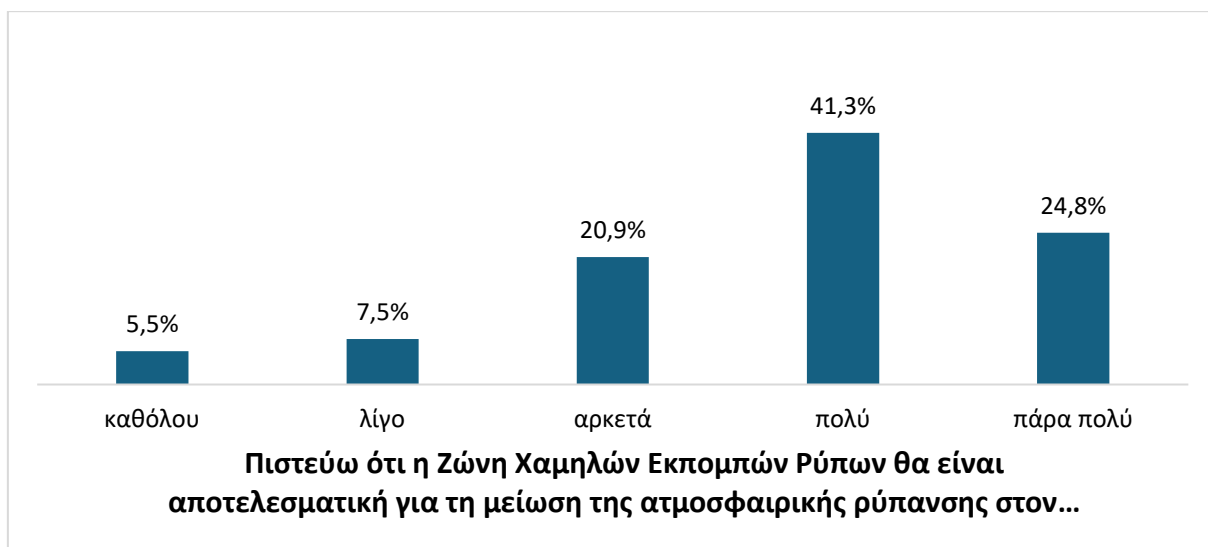
Γράφημα 4.16: Προθυμία αγοράς νέου αυτοκινήτου που θα εκπέμπει λιγότερα καυσαέρια

Σε σχέση με την επιβολή διοδίων για τη διέλευση από τη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων, οι συμμετέχοντες φάνηκαν να συμφωνούν πολύ με την εφαρμογή του μέτρου αυτού, καθώς η απάντηση που έδωσαν οι περισσότεροι/ες είναι ότι συμφωνούν πολύ, με την απάντηση «Συμφωνώ αρκετά» να είναι η δεύτερη συχνότερη.



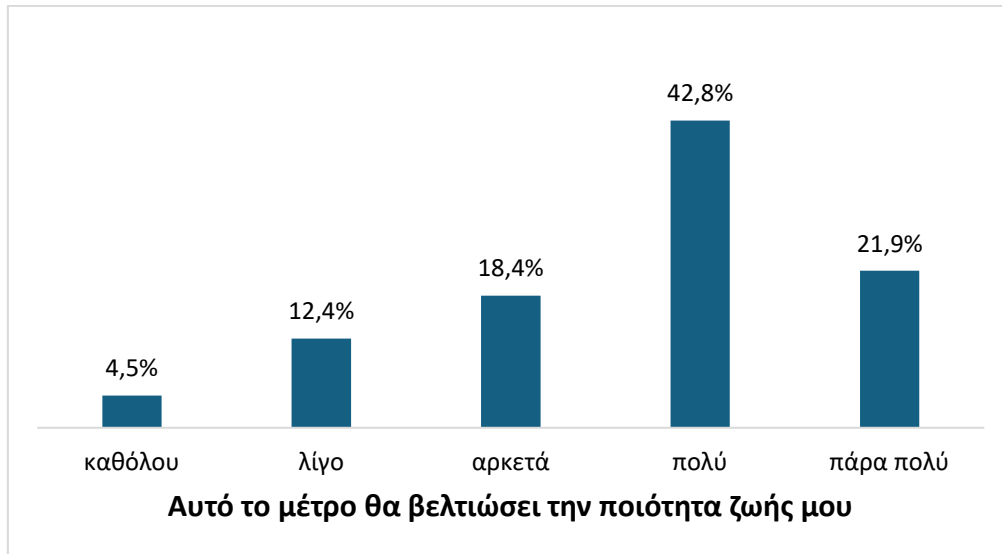
Γράφημα 4.17:Επιβολή διοδίων για διέλευση από τη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων

Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων/ουσών φαίνεται να συμφωνεί πολύ με την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων για την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον Βόλο.



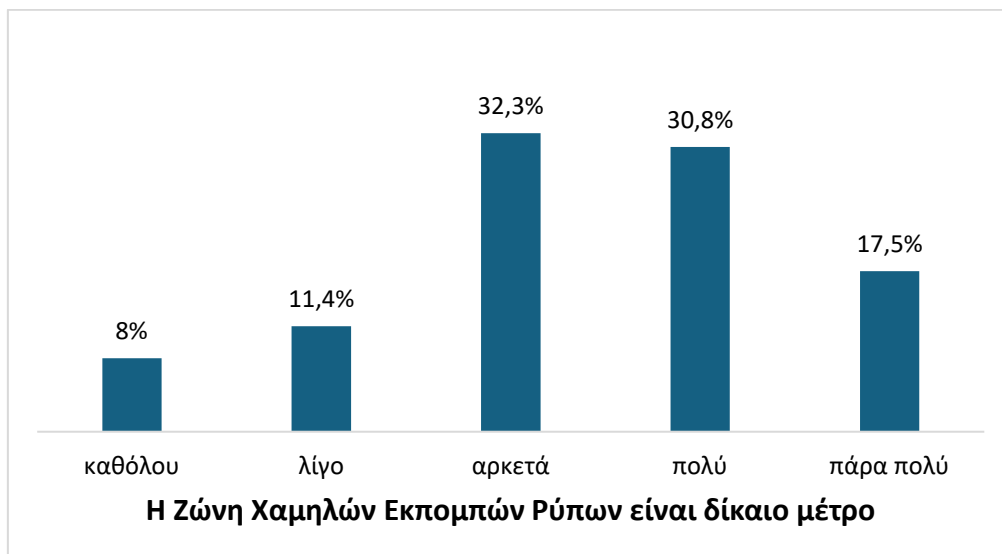
Γράφημα 4.18:Αποτελεσματικότητα εφαρμογής της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Βόλο

Σε ερώτηση σχετικά με αν θα βελτιώσει την ποιότητα της ζωής των συμμετεχόντων/ουσών η εφαρμογή της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στον Βόλο, οι περισσότεροι/ες δήλωσαν ότι συμφωνούν πολύ, με την δεύτερη συχνότερη απάντηση να είναι ότι συμφωνούν πάρα πολύ.



Γράφημα 4.19: Βελτίωση ποιότητας της ζωής από την εφαρμογή της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων

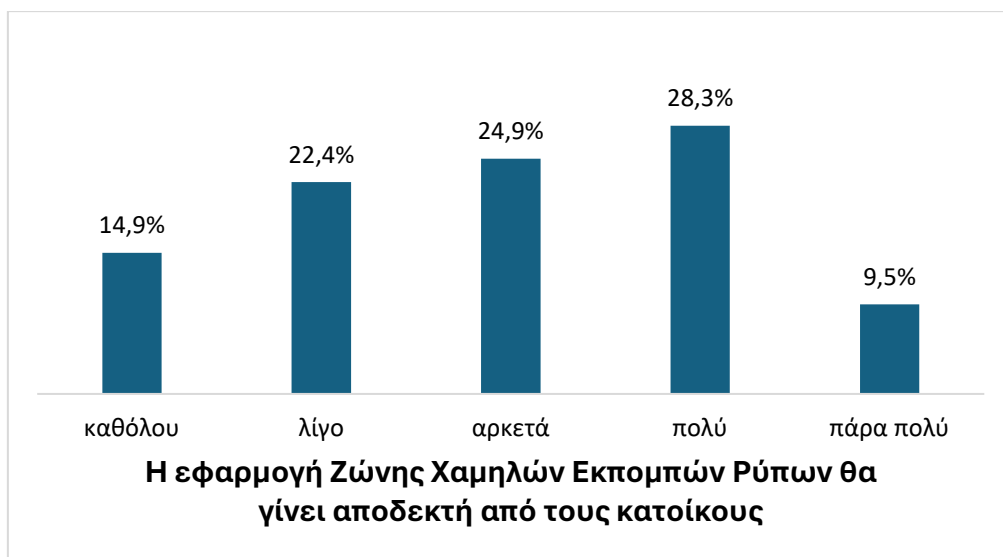
Αναφορικά με αν θεωρούν την εφαρμογή της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων ένα δίκαιο μέτρο, οι δύο συχνότερες απαντήσεις με μικρή διαφορά μεταξύ τους ήταν ότι συμφωνούν αρκετά και πολύ.



Γράφημα 4.20: Άποψη για το αν η Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων είναι δίκαιο μέτρο

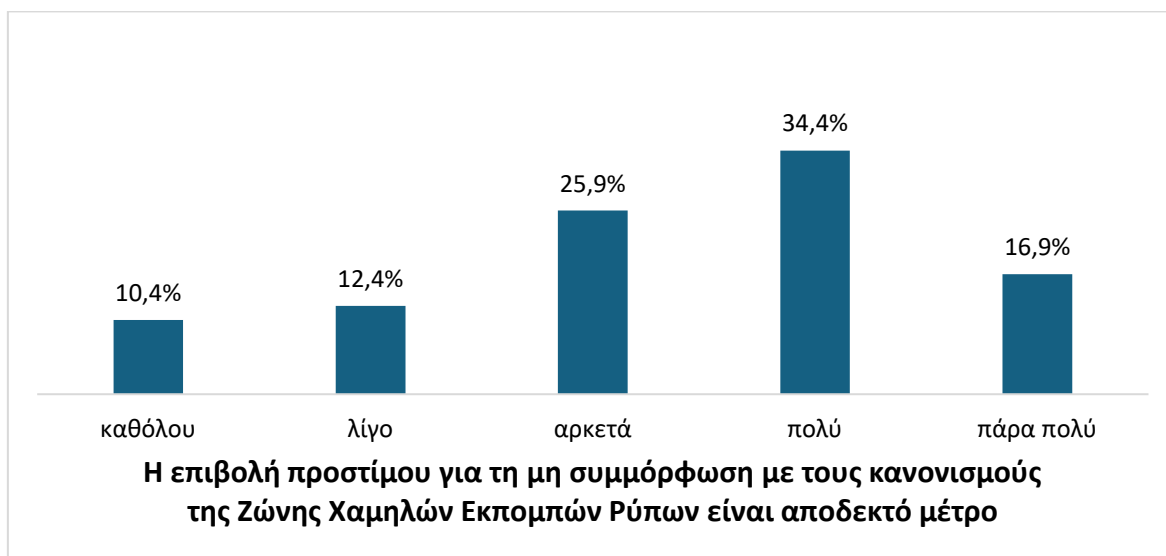
Η ερώτηση που αφορούσε για το αν η εφαρμογή της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στον Βόλο θα γίνει αποδεκτή από τους/τις κατοίκους, οι περισσότεροι/ες απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ πως θα γίνει αποδεκτό το μέτρο. Η δεύτερη συχνότερη απάντηση είναι

ότι συμφωνούν αρκετά, ενώ η τρίτη πιο συχνή απάντηση που δόθηκε είναι ότι συμφωνούν λίγο.



Γράφημα 4.21: Αποδοχή της εφαρμογής της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων από κατοίκους

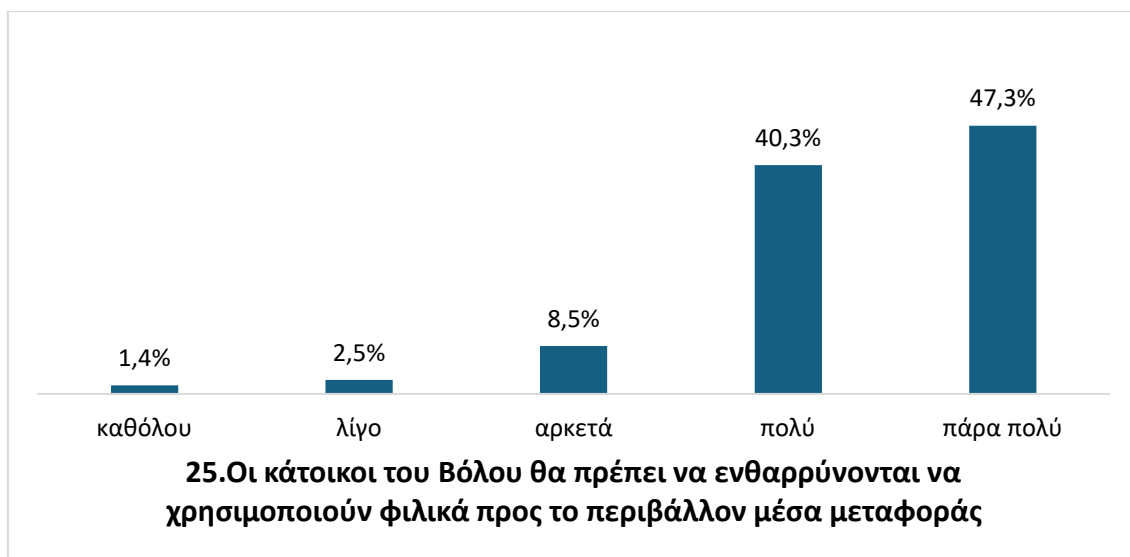
Η πλειοψηφία του δείγματος φαίνεται να θεωρεί πως η επιβολή προστίμου για τη μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων είναι ένα αποδεκτό μέτρο, καθώς η συχνότερη απάντηση είναι ότι συμφωνούν πολύ.



Γράφημα 4.22: Αποδοχή επιβολής προστίμου για τη μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων

Οι συμμετέχοντες/ουσες συμφώνησαν κατά γενική πλειοψηφία με την πρόταση ότι οι κάτοικοι οι Βόλου θα πρέπει να ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν φιλικά προς το

περιβάλλον μέσα μεταφοράς, αφού οι απαντήσεις που δόθηκαν με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι «Συμφωνώ πάρα πολύ» και «Συμφωνώ πολύ».



Γράφημα 4.23: Ενθάρρυνση κατοίκων Βόλου για χρήση φιλικών προς το περιβάλλον μέσων μεταφοράς

4.2 Επαγωγική Στατιστική

Η επαγωγική στατιστική παρέχει τη δυνατότητα, μέσω αναλύσεων, να εξαγονται συμπεράσματα για τις τιμές των παραμέτρων του πληθυσμού από το δείγμα του πληθυσμού που έχει συγκεντρωθεί κατά την έρευνα, αλλά και να εξεταστεί η σημαντικότητα και η σχέση μεταξύ ομάδων μεταβλητών.

Για την ανάλυση των δεδομένων, χρειάστηκε να γίνει επανακωδικοποίηση κάποιων απαντήσεων για να λάβουν την απαιτούμενη μορφή. Πιο συγκεκριμένα, για τις ερωτήσεις 15 (Θα υποστηρίζατε την εφαρμογή μιας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου;), 16 (Σε ένα υποθετικό σενάριο υλοποιείται μία Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου, όπως ορίζεται στο σχήμα, όπου τα οχήματα που εκπέμπουν λίγα καυσαέρια εισέρχονται δωρεάν, ενώ τα υπόλοιπα εισέρχονται με χρέωση. Θα υποστηρίζατε την εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου;), 17 (Θέλω να χρησιμοποιώ το αυτοκίνητο για τις μετακινήσεις μου και δεν είμαι διατεθειμένος να αλλάξω τον τρόπο μετακίνησης μου) και 18 (Προτίθεμαι να προβώ στην αγορά νέου αυτοκινήτου που θα εκπέμπει λιγότερα καυσαέρια) έγινε επανακωδικοποίηση των απαντήσεων σε μορφή δίτιμων απαντήσεων (Συμφωνώ/ναι

και Διαφωνώ/όχι), δεδομένου ότι οι πιθανές απαντήσεις τους μπορούσαν να συνοψιστούν σε 2 κατηγορίες με παρόμοια ποσοστά συχνοτήτων.

Στον πίνακα 4.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο συντελεστής συσχέτισης Spearman ρ_{ho} για τους πιθανούς συνδυασμούς των τακτικών μεταβλητών που συμπεριλάβαμε στην ανάλυση.

Πίνακας 4.2: Συσχετίσεις

		Συχνότητα				Προθυμία	Προθυμία αγοράς νέου	
		Μηνιαίο	μετακίνησης στο	Υποστήριξη υποθετικού	αλλαγής	αυτοκινήτου που θα		
		Μορφωτικό	οικογενειακό	κέντρο με επιβατικό	σεναρίου εφαρμογής LEZ στο	τρόπου	εκπέμπει λιγότερα	
		Ηλικία	Επίπεδο	εισόδημα	αυτοκίνητο	Βόλο	καυσαέρια	
Ηλικία	Correlation Coefficient	1,000	-,137	,205**	,059	,197**	-,039	,026
	Sig. (2-tailed)	.	,052	,004	,402	,005	,582	,715
	N	201	201	201	201	201	201	201
Μορφωτικό Επίπεδο	Correlation Coefficient	-,137	1,000	-,049	-,151*	-,018	,123	,084
	Sig. (2-tailed)	,052	.	,490	,032	,802	,082	,233
	N	201	201	201	201	201	201	201
Μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα	Correlation Coefficient	,205**	-,049	1,000	,172*	,082	,078	,068
	Sig. (2-tailed)	,004	,490	.	,014	,245	,273	,335
	N	201	201	201	201	201	201	201
Συχνότητα μετακίνησης στο κέντρο της πόλης με επιβατικό αυτοκίνητο	Correlation Coefficient	,059	-,151*	,172*	1,000	,075	,009	-,100
	Sig. (2-tailed)	,402	,032	,014	.	,293	,895	,159
	N	201	201	201	201	201	201	201
Υποστήριξη υποθετικού σεναρίου εφαρμογής LEZ στο Βόλο	Correlation Coefficient	,197**	-,018	,082	,075	1,000	,104	,306**
	Sig. (2-tailed)	,005	,802	,245	,293	.	,142	<,001
	N	201	201	201	201	201	201	201
Προθυμία αλλαγής τρόπου μετακίνησης	Correlation Coefficient	-,039	,123	,078	,009	,104	1,000	,196**
	Sig. (2-tailed)	,582	,082	,273	,895	,142	.	,005
	N	201	201	201	201	201	201	201
Προθυμία αγοράς νέου αυτοκινήτου που θα εκπέμπει λιγότερα καυσαέρια	Correlation Coefficient	,026	,084	,068	-,100	,306**	,196**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,715	,233	,335	,159	<,001	,005	.
	N	201	201	201	201	201	201	201

Σύμφωνα με τον πίνακα, φαίνεται πως υπάρχει στατιστικώς σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της ερώτησης 16 σε σχέση με την υποστήριξη ενός μέτρου όπου τα οχήματα που εκπέμπουν λιγότερα καυσαέρια εισέρχονται δωρεάν στο κέντρο του Βόλου και τα υπόλοιπα εισέρχονται με χρέωση. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής συσχέτισης είναι 0,197, το οποίο δείχνει μια θετική αλλά ασθενή συσχέτιση μεταξύ των δύο ερωτήσεων, ενώ η τιμή p είναι 0,005, υποδηλώνοντας ότι η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο $p < 0,05$. Αυτό σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η ηλικία, υπάρχει μία μικρή αλλά σημαντική αύξηση στην υποστήριξη του μέτρου όπου τα οχήματα που εκπέμπουν λιγότερα καυσαέρια εισέρχονται δωρεάν στο κέντρο του Βόλου και τα υπόλοιπα εισέρχονται με χρέωση.

Επίσης, εφαρμόστηκε ο έλεγχος χ^2 (Chi-square) για να διερευνηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ των ονομαστικών μεταβλητών που έχουμε συμπεριλάβει στην εργασία, οι οποίες είναι το φύλο, το επάγγελμα, η ιδιοκτησία και η υποστήριξη του μέτρου των Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων. Ωστόσο, δεν βρέθηκε κάποια στατιστικώς σημαντική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών αυτών, καθώς η τιμή του p είναι μεγαλύτερη από 0,05, όπως φαίνεται στους πίνακες που παρατίθενται παρακάτω.

Πίνακας 4.3: Chi-square τεστ για την μεταβλητή του φύλου και την υποστήριξη του μέτρου των Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	3,030a	1	,082		
Continuity Correction ^b	2,142	1	,143		
Likelihood Ratio	3,114	1	,078		
Fisher's Exact Test				,100	,071
Linear-by-Linear Association	3,015	1	,082		
N of Valid Cases	200				

Πίνακας 4.4: Chi-square test για τη μεταβλητή του επαγγέλματος και την υποστήριξη του μέτρου των Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,438a	7	,490
Likelihood Ratio	6,481	7	,485
Linear-by-Linear Association	1,308	1	,253
N of Valid Cases	201		

Πίνακας 4.5: Chi-square test για την μεταβλητή της ιδιοκτησίας αυτοκινήτου και της υποστήριξης του μέτρου της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,931a	1	,335		
Continuity Correction ^b	,467	1	,495		
Likelihood Ratio	,969	1	,325		
Fisher's Exact Test				,407	,251
Linear-by-Linear Association	,926	1	,336		
N of Valid Cases	201				

Έπειτα, εφαρμόστηκε διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιώντας ως εξαρτημένες μεταβλητές τις ερωτήσεις 15 (Θα υποστηρίζατε την εφαρμογή μιας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου;) και 16 (Σε ένα υποθετικό σενάριο υλοποιείται μία Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου, όπως ορίζεται στο σχήμα, όπου τα οχήματα που εκπέμπουν λίγα καυσαέρια εισέρχονται δωρεάν, ενώ τα υπόλοιπα εισέρχονται με χρέωση. Θα υποστηρίζατε την εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου;) και ως ανεξάρτητες μεταβλητές το φύλο, την ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, το μηνιαίο οικογενειακό εισόδημα, το προτιμώμενο μέσο καθημερινής μετακίνησης, την συχνότητα μετακίνησης στο κέντρο της πόλης με επιβατικό αυτοκίνητο, την ιδιοκτησία επιβατικού αυτοκινήτου και τις ερωτήσεις 17 (Θέλω να χρησιμοποιώ το αυτοκίνητο για τις μετακινήσεις μου και δεν είμαι διατεθειμένος να αλλάξω τον τρόπο μετακίνησης μου) και 18 (Προτίθεμαι να προβώ στην αγορά νέου αυτοκινήτου που θα εκπέμπει λιγότερα καυσαέρια).

Για την πρώτη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή την ερώτηση 15 (Θα υποστηρίζατε την εφαρμογή μιας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου;), τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Στον πίνακα 4.3 εξετάζεται αν το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό ($p < 0,05$), κάτι το οποίο δεν ισχύει, καθώς το $p = 0,068$ που είναι μεγαλύτερο του 0,05. Επομένως, δεν υπάρχει κάποια στατιστικώς σημαντική επίδραση για την απάντηση στην ερώτηση 15 σε σχέση με την υποστήριξη μιας ζώνης χαμηλών εκπομπών στο κέντρο του Βόλου.

Πίνακας 4.6: Αξιολόγηση σημαντικότητας μοντέλου

Omnibus Tests of Model Coefficients				
		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	45,826	33	,068
	Block	45,826	33	,068
	Model	45,826	33	,068

Τα αποτελέσματα της δεύτερης διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την ερώτηση 16 (Σε ένα υποθετικό σενάριο υλοποιείται μία Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου, όπως ορίζεται στο σχήμα, όπου τα οχήματα που εκπέμπουν λίγα καυσαέρια εισέρχονται δωρεάν, ενώ τα υπόλοιπα εισέρχονται με χρέωση. Θα υποστηρίζατε την εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου;) παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.4, το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό καθώς το p είναι μικρότερο του 0,05.

Πίνακας 4.7: Αξιολόγηση σημαντικότητας μοντέλου

Omnibus Tests of Model Coefficients				
		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	70,879	33	<,001
	Block	70,879	33	<,001
	Model	70,879	33	<,001

Έπειτα, στον πίνακα 4.5, όπου γίνεται σύνοψη του μοντέλου, αναφέρονται τα Cox & Snell R Square και Nagelkerke R Square Tests τα οποία απεικονίζουν την επεξήγηση της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής η οποία εν προκειμένω κυμαίνεται μεταξύ 0,298 και 0,406.

Πίνακας 4.8: Σύνοψη μοντέλου

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	194,746a	,298	,406

Ο πίνακας 4.6 καταδεικνύει τα αποτελέσματα του τεστ Hosmer-Lemeshow. Έτσι, παρατηρείται ότι $\chi^2(8) = 5,550$, και το $p > 0,05$, ένα αποτέλεσμα που υποδηλώνει πως τα δεδομένα ταιριάζουν πράγματι καλά στο μοντέλο.

Πίνακας 4.9: Hosmer and Lemeshow Test

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	5,550	8	,697

Στον Πίνακα 4.7 απεικονίζεται το που το μοντέλο ταξινομεί πιο σωστά ένα συγκεκριμένο ποσοστό περιπτώσεων. Έπειτα από την προσθήκη των ανεξάρτητων μεταβλητών, το μοντέλο ταξινομεί σωστά το 76% του δείγματος. Στην ίδια στήλη απεικονίζεται και το ποσοστό των απαντήσεων που έχει προβλεφθεί σωστά. Στο μοντέλο το 61,8% των κατοίκων που θα υποστήριζαν την εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου, σε ένα υποθετικό σενάριο που θα υλοποιούνταν μία Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου, και τα οχήματα που εκπέμπουν λίγα καυσαέρια θα εισέρχονταν δωρεάν, ενώ τα υπόλοιπα με χρέωση, έχουν προβλεφθεί από το μοντέλο ότι θα υποστήριζαν το μέτρο αυτό. Αντίστοιχα, το 84,7% των κατοίκων που δεν θα υποστήριζαν αυτό το μέτρο έχει επίσης προβλεφθεί σωστά.

Πίνακας 4.10: Ταξινόμηση περιπτώσεων

Classification Table				
Observed		Predicted		
		Υποστήριξη υποθετικού σεναρίου		Percentage
		εφαρμογής LEZ στο Βόλο		
		οχι	ναι	Correct
Υποστήριξη υποθετικού σεναρίου	οχι	47	29	61,8
εφαρμογής LEZ στο Βόλο	ναι	19	105	84,7
Overall				76,0
Percentage				

Καταληκτικά, ο πίνακας 4.8 μεταβλητές στην εξίσωση αποτελεί ένδειξη στατιστικής σημαντικότητας των ανεξάρτητων μεταβλητών και περιλαμβάνει τους σημαντικούς επιδραστικούς παράγοντες για την υποστήριξη ή μη στο προτεινόμενο σενάριο εφαρμογής μίας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου. Αυτοί συνοψίζονται στις 3 συνιστώσες της ερώτησης σε σχέση με το προτιμώμενο μέσο μετακίνησης σε καθημερινή βάση, οι οποίες είναι η πεζή μετακίνηση, το ποδήλατο/σκούτερ και το λεωφορείο. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται πως οι πιθανότητες ένα άτομο να υποστηρίζει την εφαρμογή του προτεινόμενου μέτρου για την εφαρμογή μιας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου είναι 1,197, 1,176 και 1,150 φορές περισσότερο αν προτιμούν να μετακινούνται καθημερινά ως πεζοί, με ποδήλατο ή σκούτερ ή με λεωφορείο αντίστοιχα.

Πίνακας 4.11: Μεταβλητές στην εξίσωση

Variables in the Equation								
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
πεζή μετακίνηση	1,623	,711	5,216	1	,022	1,197	,049	,794
ποδήλατο/σκούτερ	1,737	,770	5,094	1	,024	1,176	,039	,796
λεωφορείο	1,896	,958	3,921	1	,048	1,150	,023	,981
Constant	1,770	2,779	,406	1	,524	5,872		

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα ερωτηματολογίου που διενεργήσαμε, οι περιορισμοί και οι δυσκολίες που συναντήσαμε, καθώς και προτάσεις για την εφαρμογή του μέτρου της LEZ.

5.1 Βασικά Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική έρευνα είχε ως στόχο τη διερεύνηση του βαθμού αποδοχής του μέτρου των Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου από τους κατοίκους. Για το σκοπό αυτό, προχωρήσαμε στην δημιουργία ενός ερωτηματολογίου με μία πληθώρα ερωτήσεων που αφορούσαν, πέραν των δημογραφικών στοιχείων, στο προφίλ τους σχετικά με την μετακίνηση με επιβατικό αυτοκίνητο, στην περιβαλλοντική ευαισθησία και ενημέρωση τους, και σε ερωτήσεις σχετικά με την συμφωνία γύρω από διάφορα πιθανά σενάρια εφαρμογής του μέτρου αυτού στο κέντρο του Βόλου. Έπειτα, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS Statistics 29.0.1.0 για την επεξεργασία των δεδομένων, με τη χρήση μεθόδων της περιγραφικής στατιστικής, όπως οι συχνότητες, αλλά και της επαγωγικής, όπως οι συσχετίσεις και η διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση, τα οποία προσέφεραν μία ολοκληρωμένη εικόνα για τη στάση και τις αντιλήψεις των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα μας.

Από την ανάλυση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι τόσο η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η ρύπανση και ο θόρυβος στο κέντρο του Βόλου αποτελούν ζητήματα που απασχολούν αρκετά τους συμμετέχοντες και αναγνωρίζουν την ανάγκη για βελτίωση των συνθηκών της αστικής κινητικότητας και της ποιότητας του αέρα. Το γεγονός αυτό ενισχύει την πιθανότητα αποδοχής περιβαλλοντικών μέτρων, όπως είναι η Ζώνες Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων, και έρχεται σε συμφωνία με την συντριπτική υποστήριξη του μέτρου. Παρόλα αυτά, περισσότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες δεν γνώριζαν τον όρο «Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων» πριν την έρευνα. Αυτό υπογραμμίζει την αναγκαιότητα της προώθησης πολιτικών περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης σε σχέση με πιο βιώσιμες συνήθειες μετακίνησης. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι απαντήσεις σε ερωτήσεις που αφορούν την περιβαλλοντική ευαισθησία μπορεί να παρουσιάζουν κάποιον βαθμό

μεροληψίας, καθώς τα άτομα πολλές φορές μπορεί να απαντούν με τρόπο «κοινωνικά επιθυμητό».

Σε σχέση με την υποστήριξη του μέτρου LEZ, τόσο σε γενική ερώτηση, όσο και στην ερώτηση με το προτεινόμενο μοντέλο εφαρμογής για το κέντρο του Βόλου, με την χρέωση των πιο ρυπογόνων οχημάτων, η αποδοχή από την πλευρά των συμμετεχόντων ήταν πολύ μεγάλη (90% και 76% αντίστοιχα). Αυτό καταδεικνύει την πρόθεση του κοινού να στηρίξει μέτρα που ενθαρρύνουν τη βιώσιμη κινητικότητα. Αυτό υποστηρίζεται και από άλλες έρευνες που έχουν διερευνήσει ανάλογα μοντέλα LEZ (Tarriño-Ortiz, και συν., 2021; Oltra, και συν., 2021), και τα αποτελέσματα κατέδειξαν υψηλά επίπεδα αποδοχής αντίστοιχων μέτρων. Ωστόσο, παρά την υψηλή υποστήριξη του μέτρου, η προθυμία για αλλαγή συμπεριφοράς είναι πιο σύνθετη. Αν και οι περισσότεροι συμμετέχοντες δείχνουν προτίμηση για το αυτοκίνητο, παρατηρείται σημαντική μερίδα (κυρίως νεαρότερες ηλικίες) που είναι διατεθειμένη να υιοθετήσει εναλλακτικά μέσα μεταφοράς, όπως ποδήλατο ή λεωφορείο. Οι απόψεις για την προθυμία αγοράς καθαρότερων οχημάτων παρουσιάζουν ομοιογένεια, με ήπιες τάσεις προς θετική στάση. Η οικονομική επιβάρυνση φαίνεται να είναι σημαντικός παράγοντας στην απόφαση αυτή, γεγονός που βρέθηκε και στην έρευνα των Tarriño-Ortiz και συν. (2021).

Ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι η υποστήριξη της εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου εφαρμογής της LEZ δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, με μόνη εξαίρεση την ηλικία, όπου παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της υποστήριξης του μέτρου, με τις μεγαλύτερες ηλικίες να υποστηρίζουν περισσότερο μέτρα που περιλαμβάνουν οικονομικά κίνητρα ή αντικίνητρα. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα στην έρευνα των Tarriño-Ortiz, και συν. (2021), όπου ο βαθμός αποδοχής δεν σχετίστηκε τόσο με παράγοντες κοινωνικούς και οικονομικούς όπως το φύλο, το μορφωτικό επίπεδο ή το οικογενειακό εισόδημα, όσο με την πολιτική ιδεολογία και την περιβαλλοντική ενημέρωση και ευαισθητοποίηση. Με τον ίδιο τρόπο, και η έρευνα των Oltra και συν. (2021) βρήκε υψηλότερη συσχέτιση με παράγοντες που σχετίζονται τη δικαιοσύνη της διαδικασίας εφαρμογής του μέτρου, και λιγότερο με δημογραφικά στοιχεία.

Επίσης, τα άτομα που χρησιμοποιούν πιο βιώσιμα μέσα μεταφοράς όπως ποδήλατο, πεζή μετακίνηση ή λεωφορείο είναι πιο πιθανό να υποστηρίξουν το μέτρο. Αυτό υποδηλώνει ότι η τρέχουσα συνήθεια μετακίνησης φαίνεται να επηρεάζει τη στάση απέναντι στη LEZ, γεγονός που υποστηρίζεται και από άλλες έρευνες (Tarriño-Ortiz, και συν., 2021). Φαίνεται πως τα άτομα που προτιμούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς, το ποδήλατο ή ακόμη και την πεζή μετακίνηση είναι υπέρ της εφαρμογής μέτρων και πολιτικών όπως είναι οι LEZ, καθώς θεωρούν ότι μπορούν να επιφέρουν οφέλη για τα αστικά κέντρα. Από την άλλη πλευρά, η υιοθέτηση τέτοιου είδους πολιτικών δεν τους επηρεάζει άμεσα, αφού δεν χρειάζεται να κάνουν κάποια αλλαγή στις συνήθειες μετακίνησής τους και, επομένως, εξηγείται με αυτόν τον τρόπο αυτός ο υψηλός βαθμός υποστήριξης.

Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν ότι οι κάτοικοι του Βόλου αναγνωρίζουν την ανάγκη για βελτίωση της περιβαλλοντικής και κυκλοφοριακής κατάστασης, ενώ παράλληλα είναι δεκτικοί σε μέτρα που προωθούν τη βιώσιμη κινητικότητα, υπό την προϋπόθεση της επαρκούς ενημέρωσης και οικονομικών κινήτρων.

5.2 Περιορισμοί έρευνας

Όσον αφορά τους περιορισμούς της έρευνας, χρειάζεται να αναφερθούμε στην αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος που συγκεντρώσαμε. Ο αριθμός των πλήρως συμπληρωμένων ερωτηματολογίων ήταν 201, ο οποίος είναι αρκετά μικρός σε σχέση με τον πληθυσμό του Βόλου. Επομένως, η γενίκευση των αποτελεσμάτων στον γενικό πληθυσμό είναι περιορισμένη. Επίσης, το ερωτηματολόγιο διαμοιράστηκε και συμπληρώθηκε αποκλειστικά διαδικτυακά, γεγονός που μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για άτομα που δεν είναι καλά εξοικειωμένα με την τεχνολογία, προκαλώντας μεροληψία στη συλλογή δεδομένων. Επίσης, καθώς πρόκειται για ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς, οι συμμετέχοντες ενδέχεται να μην απαντήσουν με απόλυτη ειλικρίνεια ή να επηρεαστούν από κοινωνικές επιθυμίες, δίνοντας απαντήσεις που θεωρούν ότι είναι κοινωνικά αποδεκτές ή αναμενόμενες. Τέλος, Τα ερωτηματολόγια, ειδικά με κλειστές ερωτήσεις, δεν επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να αναπτύξουν πλήρως τις απόψεις τους, περιορίζοντας τη λεπτομέρεια των δεδομένων που συλλέγονται, κυρίως για ένα ζήτημα όπως είναι ο βαθμός

υποστήριξης ενός σύνθετου και περίπλοκου μέτρου, για το οποίο μάλιστα περισσότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες δεν είχαν πρότερες γνώσεις.

5.3 Προτάσεις

Το ζήτημα των Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων αποτελεί ένα θέμα το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και χρήζει περαιτέρω έρευνας σε πολλαπλά επίπεδα. Θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη η πραγματοποίηση μιας αντίστοιχης έρευνας για την αποδοχή των LEZ σε μία ελληνική πόλη που έχει υιοθετήσει όμως ανάλογα μέτρα, όπως είναι η περίπτωση της Αθήνας. Με αυτόν τον τρόπο, θα δινόταν η ευκαιρία για τον εντοπισμό συγκεκριμένων παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν την υποστήριξη ενός τέτοιου μέτρου σε ένα αντίστοιχο πολιτισμικό πλαίσιο. Επίσης, μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εστιάσουν περισσότερο σε παράγοντες που σχετίζονται με την περιβαλλοντική συνείδηση των κατοίκων και την στάση απέναντι στην εφαρμογή μέτρων όπως είναι η LEZ, αλλά και την ακριβέστερη μέτρηση και ποσοτικοποίηση της περιβαλλοντικής συνείδησης. Μια ενδιαφέρουσα κατεύθυνση για τους ερευνητές και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής θα ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των πολιτικών ενημέρωσης. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αρκετοί συμμετέχοντες δεν γνώριζαν για τις LEZ πριν την έρευνα, και, έτσι, μία περαιτέρω μελέτη θα μπορούσε να εξετάσει τον αντίκτυπο της πληροφόρησης σχετικά με τις Ζώνες Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων και άλλα μέτρα βιώσιμης κινητικότητας στη στάση των κατοίκων του Βόλου και την υιοθέτηση βιώσιμων μεταφορικών συνηθειών. Με αντίστοιχο τρόπο, μια διαχρονική παρακολούθηση της στάσης και της συμπεριφοράς των κατοίκων του Βόλου θα μπορούσε να διεξαχθεί για να διαπιστωθεί αν η αρχική υποστήριξη προς τα μέτρα περιβαλλοντικής πολιτικής μετατρέπεται σε πραγματική αλλαγή συμπεριφοράς και ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτή την αλλαγή.

5.4 Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία για τον βαθμό αποδοχής των Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων μπορεί να προσφέρει εξαιρετικά χρήσιμες πληροφορίες στους σχεδιαστές και στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής για την καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την υποστήριξη μέτρων βιώσιμης κινητικότητας. Η έρευνα ερωτηματολογίου

που διεξήχθη κατέδειξε την θετική στάση των συμμετεχόντων σε ένα πιθανό σενάριο εφαρμογής μιας Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων στο κέντρο του Βόλου, με τον κυρίαρχο παράγοντα με επίδραση στην υποστήριξη του μέτρου να είναι ο προτιμώμενος τρόπος μετακίνησης στο κέντρο της πόλης με λεωφορείο, ποδήλατο ή η πεζή μετακίνηση. Το εύρημα αυτό παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των κατοίκων του Βόλου, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν εποικοδομητικά προς μία κατεύθυνση βιωσιμότητας και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης στις μετακινήσεις, σύμφωνα και με τις διεθνείς τάσεις.

Βιβλιογραφία

- Αδαμόπουλος, Λ., Δαμιανού, Χ., & Σβέρκος, Α. (1999). Μαθηματικά και Στοιχεία Στατιστικής. Αθήνα: Εκδ. ΟΕΔΒ.
- Bakolis, I., Hammoud, R., Stewart, R., Beevers, S., Dajnak, D., MacCrimmon, S., ... & Mudway, I. S. (2021). Mental health consequences of urban air pollution: prospective population-based longitudinal survey. *Social psychiatry and psychiatric epidemiology*, 56, 1587-1599.
- Benavides, J., Soret, A., Guevara, M., Pando, C. P. G., Snyder, M., Amato, F., ... & Jorba, O. (2020). Potential Impact of a Low Emission Zone on Street-Level Air Quality in Barcelona City Using CALIOPE-Urban Model. In *Air Pollution Modeling and its Application XXVI* 36 (pp. 171-176). Springer International Publishing.
- Bernard, Y., Miller, J., Wappelhorst, S., & Braun, C. (2020). Impacts of the Paris low-emission zone and implications for other cities. *TRUE–The Real Urban Emissions Initiative*, United Kingdom, ISBN, 1744072.
- Cepeda, M., Schoufour, J., Freak-Poli, R., Koolhaas, C. M., Dhana, K., Bramer, W. M., & Franco, O. H. (2017). Levels of ambient air pollution according to mode of transport: a systematic review. *The Lancet Public Health*, 2(1), e23-e34.
- Comi, A., Delle Site, P., Filippi, F., Marcucci, E., & Nuzzolo, A. (2008). Differentiated regulation of urban freight traffic: conceptual framework and examples from Italy. In *Proceedings of 13th international conference of Hong Kong society for transportation studies* (pp. 13-15).
- De Vrij, E., & Vanoutrive, T. (2022). ‘No-one visits me anymore’: Low Emission Zones and social exclusion via sustainable transport policy. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 24(6), 640-652.

- Ding, H., Sze, N. N., Guo, Y., & Lu, Y. (2023). Effect of the ultra-low emission zone on the usage of public bike sharing in London. *Transportation Letters*, 15(7), 698-706.
- Ding, H., Sze, N. N., Li, H., & Guo, Y. (2021). Affected area and residual period of London Congestion Charging scheme on road safety. *Transport Policy*, 100, 120-128.
- Ferreira, F., Gomes, P., Carvalho, A. C., Tente, H., Monjardino, J., Brás, H., & Pereira, P. (2012). Evaluation of the implementation of a low emission zone in lisbon. *Journal of Environmental Protection*, 3, 1188.
- Ferreira, F., Gomes, P., Tente, H., Carvalho, A. C., Pereira, P., & Monjardino, J. (2015). Air quality improvements following implementation of Lisbon's Low Emission Zone. *Atmospheric Environment*, 122, 373-381.
- Flanagan, E., Malmqvist, E., Gustafsson, S., & Oudin, A. (2022). Estimated public health benefits of a low-emission zone in Malmö, Sweden. *Environmental Research*, 214, 114124.
- Glazener, A., & Khreis, H. (2019). Transforming our cities: best practices towards clean air and active transportation. *Current environmental health reports*, 6, 22-37.
- Gonzalez, J. N., Gomez, J., & Vassallo, J. M. (2022). Do urban parking restrictions and Low Emission Zones encourage a greener mobility?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 107, 103319.
- Grange, S. K., & Carslaw, D. C. (2019). Using meteorological normalisation to detect interventions in air quality time series. *Science of the Total Environment*, 653, 578-588.
- Hajmohammadi, H., & Heydecker, B. (2022). Evaluation of air quality effects of the London ultra-low emission zone by state-space modelling. *Atmospheric Pollution Research*, 13(8), 101514.
- Holman, N., Young, B., & Gadsby, R. (2015). Invited Editorial, Current prevalence of Type 1 and Type 2 diabetes in adults and children in the UK. *Diabet. Med*, 32, 1119-1120.
- Host, S., Honoré, C., Joly, F., Saunal, A., Le Tertre, A., & Medina, S. (2020). Implementation of various hypothetical low emission zone scenarios in Greater Paris: Assessment of fine-

- scale reduction in exposure and expected health benefits. *Environmental research*, 185, 109405.
- Ίσαρη, Φ., & Πουρκός, Μ. (2016). Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας.
- Λαγουμιντζής, Γ., Βλαχόπουλος, Γ., & Κουτσογιάννης, Κ. (2016). Μέθοδοι συλλογής δεδομένων.
- Malina, C., & Scheffler, F. (2015). The impact of Low Emission Zones on particulate matter concentration and public health. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 372-385.
- Marchetti, E., & Antonelli, C. (2024). Social aspects of low emission zones: Milan case study.
- Morton, C., Lovelace, R., & Anable, J. (2017). Exploring the effect of local transport policies on the adoption of low emission vehicles: Evidence from the London Congestion Charge and Hybrid Electric Vehicles. *Transport Policy*, 60, 34-46.
- Mudway, I. S., Dundas, I., Wood, H. E., Marlin, N., Jamaludin, J. B., Bremner, S. A., ... & Griffiths, C. J. (2019). Impact of London's low emission zone on air quality and children's respiratory health: a sequential annual cross-sectional study. *The Lancet Public Health*, 4(1), e28-e40.
- Oltra, C., Sala, R., López-Asensio, S., Germán, S., & Boso, À. (2021). Individual-level determinants of the public acceptance of policy measures to improve urban air quality: The case of the barcelona low emission zone. *Sustainability*, 13(3), 1168.
- Poulhès, A., & Proulhac, L. (2021). The Paris Region low emission zone, a benefit shared with residents outside the zone. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 98, 102977.
- Prieto-Rodriguez, J., Perez-Villadoniga, M. J., Salas, R., & Russo, A. (2022). Impact of London Toxicity Charge and Ultra Low Emission Zone on NO₂. *Transport Policy*, 129, 237-247.
- Salas, R., Perez-Villadoniga, M. J., Prieto-Rodriguez, J., & Russo, A. (2021). Were traffic restrictions in Madrid effective at reducing NO₂ levels?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 91, 102689.

- Santos, F. M., Gómez-Losada, Á., & Pires, J. C. (2019). Impact of the implementation of Lisbon low emission zone on air quality. *Journal of hazardous materials*, 365, 632-641.
- Santos, G., Button, K., & Noll, R. G. (2008). London congestion charging. *Brookings-Wharton papers on urban affairs*, 177-234.
- Savadogo, I., Gardrat, M., & Koning, M. (2023). Environmental and economic evaluation of a low emission zone for urban freight transport. *Research in Transportation Economics*, 102, 101369.
- Settey, T., Gnap, J., & Beňová, D. (2019). Examining the impact of the deployment of low emission zones in Europe on the technological readiness of road freight transport. *Transportation Research Procedia*, 40, 481-488.
- Silvaggio, R., Curcuruto, S., Maggi, M., Fasanella, A., Cattani, G., Di Bucchianico, A. D. M., ... & Pessina, G. (2019). Noise Low Emission Zone implementation in urban planning: results of monitoring activities in pilot area of LIFE MONZA project. *Universitätsbibliothek der RWTH Aachen*.
- Speranza, A., & Caggiano, R. (2023). Meteorological variables and PM10 exceedances effect on aerosol particles in a low emission zone using compositional data analysis. *Journal of Geochemical Exploration*, 255, 107322.
- Szarata, A., Nosal, K., Duda-Wiertel, U., & Franek, L. (2017). The impact of the car restrictions implemented in the city centre on the public space quality. *Transportation Research Procedia*, 27, 752-759.
- Tarriño-Ortiz, J., Soria-Lara, J. A., Gómez, J., & Vassallo, J. M. (2021). Public acceptability of low emission zones: The case of “Madrid Central”. *Sustainability*, 13(6), 3251.
- Tartakovsky, D., Kordova-Biezuner, L., Berlin, E., & Broday, D. M. (2020). Air quality impacts of the low emission zone policy in Haifa. *Atmospheric environment*, 232, 117472.
- Wilde, S. E., Padilla, L. E., Farren, N. J., Alvarez, R. A., Wilson, S., Lee, J. D., ... & Carslaw, D. C. (2024). Mobile monitoring reveals congestion penalty for vehicle emissions in London. *Atmospheric Environment: X*, 100241.

Παράρτημα

Ερωτηματολόγιο: «Διερεύνηση της αποδοχής υλοποίησης Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων από τους πολίτες του Βόλου»

Ονομαζόμαστε Γεώργιος Νικολάου και Γεώργιος Χρηστομάνος και είμαστε προπτυχιακοί φοιτητές του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στο πλαίσιο συγγραφής της διπλωματικής μας εργασίας, κρίνεται σημαντική η συμμετοχή σας στο παρακάτω ανώνυμο ερωτηματολόγιο σχετικά με τη Διερεύνηση της αποδοχής υλοποίησης ζώνης χαμηλών εκπομπών ρύπων από τους πολίτες του Βόλου.

Οι απαντήσεις σας χρησιμοποιηθούν για στατιστικούς σκοπούς.

Η τήρηση των προσωπικών δεδομένων είναι σύμφωνη με τις οδηγίες της Αρχής Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων του κράτους και το πλαίσιο εφαρμογής του Γενικού Κανονισμού Προστασίας Δεδομένων (Ν. 4624/2019 & Ν. 3471/2006).

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι εθελοντική. Έχετε τη δυνατότητα να αποσυρθείτε σε οποιοδήποτε στάδιο επιθυμείτε, χωρίς να δώσετε καμία εξήγηση για τον λόγο αποχώρησης.

Εκτιμώμενος χρόνος συμπλήρωσης είναι τα 10 λεπτά.

Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για τη συμμετοχή σας!

Ενότητα Πρώτη

Επιθυμώ να συμμετάσχω στην έρευνα.

Ναι	Όχι

1. Φύλο

Άνδρας	Γυναίκα	Άλλο	Δεν απαντώ

2. Ηλικία

<20	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	≥70

3. Μορφωτικό Επίπεδο

Πρωτοβάθμια εκπαίδευση	Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	Τριτοβάθμια εκπαίδευση	Μεταπτυχιακό	Διδακτορικό

4. Ποιος είναι ο ταχυδρομικός κώδικας της περιοχής διαμονής σας;

5. Ποιο είναι το επάγγελμά σας;

Δημόσιος Υπάλληλος	Ιδιωτικός Υπάλληλος	Ελεύθερος Επαγγελματίας	Φοιτητής /τρια	Συνταξιούχος	Οικιακά /Ανεπάγγελτος	Αγρότης	Άνεργος/η

6. Ποιο είναι το μηνιαίο οικογενειακό σας εισόδημα;

0-400€	401-800€	801-1200€	1201-1600€	1601-2000€	>2000€	Δεν ξέρω/ Δεν απαντώ

Δεύτερη ενότητα**7. Ποιο μέσο μετακίνησης προτιμάτε για τις μετακινήσεις σας σε καθημερινή βάση;**

Πεζή μετακίνηση	Επιβατικό αυτοκίνητο	Ποδήλατο / Σκούτερ	Λεωφορείο	Μοτοσυκλέτα

8. Πόσο συχνά μετακινείστε στο κέντρο της πόλης με επιβατικό αυτοκίνητο;

Ποτέ / Πρώτη φορά	Σπάνια (λιγότερο από 1 φορά την εβδομάδα)	Συχνά (2 – 3 φορές την εβδομάδα)	Σε καθημερινή βάση

9. Είστε κάτοχος επιβατικού αυτοκινήτου;

Ναι	Όχι

10. Προσδιορίστε την ηλικία του επιβατικού αυτοκινήτου σε περίπτωση που απαντήσατε θετικά στην προηγούμενη ερώτηση.

11. Θεωρείτε ότι το κέντρο του βόλου αντιμετωπίζει μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση τις ώρες αιχμής;

Ναι	Όχι

12. Πόσο σημαντική θεωρείτε την αντιμετώπιση της αέριας ρύπανσης και του θορύβου στον Βόλο;

Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ

13. Σε ποιο βαθμό συμφωνείτε με την παρακάτω πρόταση: «Θεωρώ τον εαυτό μου άτομο που ανησυχεί πολύ για τα περιβαλλοντικά προβλήματα»

Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ

14. Γνωρίζετε τι είναι η «Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων»;

Ναι	Όχι

Τρίτη Ενότητα

Τι είναι οι Ζώνες Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων (LEZ);

Οι Ζώνες Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων έχουν σχεδιαστεί για να μειώνουν τη χρήση των πιο ρυπογόνων οχημάτων εντός των ορίων της πόλης και να ενθαρρύνουν την υιοθέτηση οχημάτων εξαιρετικά χαμηλών εκπομπών, δημόσιων συγκοινωνιών και ενεργών τρόπων μετακίνησης (περπάτημα, ποδήλατο).

Σε αρκετές Ευρωπαϊκές πόλεις που έχει εφαρμοστεί το συγκεκριμένο μέτρο, τα πιο ρυπογόνα οχήματα απαγορεύεται να εισέλθουν εντός των συγκεκριμένων ζωνών, ή επιτρέπεται υπό όρους.

Η εφαρμογή Ζωνών Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων (LEZ) έχει αναδειχθεί ως ένα προληπτικό μέτρο για τον μετριασμό των δυσμενών συνεπειών για την υγεία, που συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση στις αστικές περιοχές.

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον άνθρωπο έχουν συγκεντρώσει σημαντική προσοχή λόγω της σημαντικής επίδρασής στη δημόσια υγεία, που κυμαίνονται από

17. Θέλω να χρησιμοποιώ το αυτοκίνητο για τις μετακινήσεις μου και δεν είμαι διατεθειμένος να αλλάξω τον τρόπο μετακίνησης μου					
18. Προτίθεται να προβώ στην αγορά νέου αυτοκινήτου που θα εκπέμπει λιγότερα καυσαέρια					
19. Η επιβολή διοδίων για τη διέλευση από τη Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων είναι αποδεκτή					
20. Πιστεύω ότι η Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων θα είναι αποτελεσματική για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον Βόλο					
21. Αυτό το μέτρο θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής μου					
22. Η Ζώνη Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων είναι δίκαιο μέτρο					
23. Η εφαρμογή Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων θα γίνει αποδεκτή από τους κατοίκους					
24. Η επιβολή προστίμου για τη μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της Ζώνης Χαμηλών Εκπομπών Ρύπων είναι αποδεκτό μέτρο					
25. Οι κάτοικοι του Βόλου θα πρέπει να ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν φιλικά προς το περιβάλλον μέσα μεταφοράς					