

Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου εκτίμησης των ποδηλατικών διαδρομών στην πόλη της Αθήνας, αξιοποιώντας δεδομένα υψηλής ευκρίνειας

Προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων επιρροής των διενεργούμενων ποδηλατικών μετακινήσεων στις περιοχές του Χαλανδρίου και των Βριλησίων, αξιοποιώντας πληθοποριστικά δεδομένα

Βαθμός αλληλεπίδρασης



Τρόπος αλληλεπίδρασης

Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

Μέθοδοι Καταμέτρησης Ποδηλάτων

Χειροκίνητη Καταμέτρηση Ποδηλάτων

Φωρατές

Καταμέτρηση Ποδηλάτων μέσω Εφαρμογών

Καταμέτρηση Ποδηλάτων μέσω Ανάλυσης Βίντεο

Αισθητήρες Υπερύθρων

Ανιχνευτές Επαγωγικού Βρόχου

Μαγνητόμετρα



Βιβλιογραφική Ανασκόπηση (1/2)

Ανάλυση Δεδομένων από την Πλατφόρμα «Strava Metro»

Αντιπροσωπευτικότητα και αξιοπιστία

Δυνατότητα προσδιορισμού της ποδηλατικής δραστηριότητας

Δυνατότητα χαρτογράφησης των ακολουθούμενων
κυκλοφοριακών μοτίβων

Δυνατότητα συνδυασμού με στοιχεία που άπτονται
του οδικού δικτύου

Δεν παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς



Θεωρητικό Υπόβαθρο (1/2)

Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

$$\ln(y^{(i)}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1^{(i)} + \beta_2 \cdot x_2^{(i)} + \dots + \beta_k \cdot x_k^{(i)} + \varepsilon^{(i)}$$

β_0 : Σταθερός όρος της μαθηματικής εξίσωσης

β_k : Συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών

x_k : Ανεξάρτητες μεταβλητές

$\varepsilon^{(i)}$: Σφάλμα παλινδρόμησης



Θεωρητικό Υπόβαθρο (2/2)

Συσχέτιση Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Μηδενική συσχέτιση μεταξύ αυτών

Συντελεστές Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Λογική ερμηνεία των προσήμων και των αριθμητικών τιμών

Στατιστική Σημαντικότητα Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Αξιολόγηση μέσω του κριτηρίου «t-test»

Ποιότητα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης

Αξιολόγηση μέσω του συντελεστή προσδιορισμού « R^2 »



Δήμος Χαλανδρίου

Συνολική Έκταση

10.8 τετραγωνικά χιλιόμετρα

Εξεταζόμενη Έκταση

7.9 τετραγωνικά χιλιόμετρα

Πληθυσμός

77.000 κάτοικοι

Συνολικό Μήκος Ποδηλατοδρόμων

5.1 χιλιόμετρα

Δήμος Βριλησίων

Συνολική Έκταση

3.8 τετραγωνικά χιλιόμετρα

Εξεταζόμενη Έκταση

3.8 τετραγωνικά χιλιόμετρα

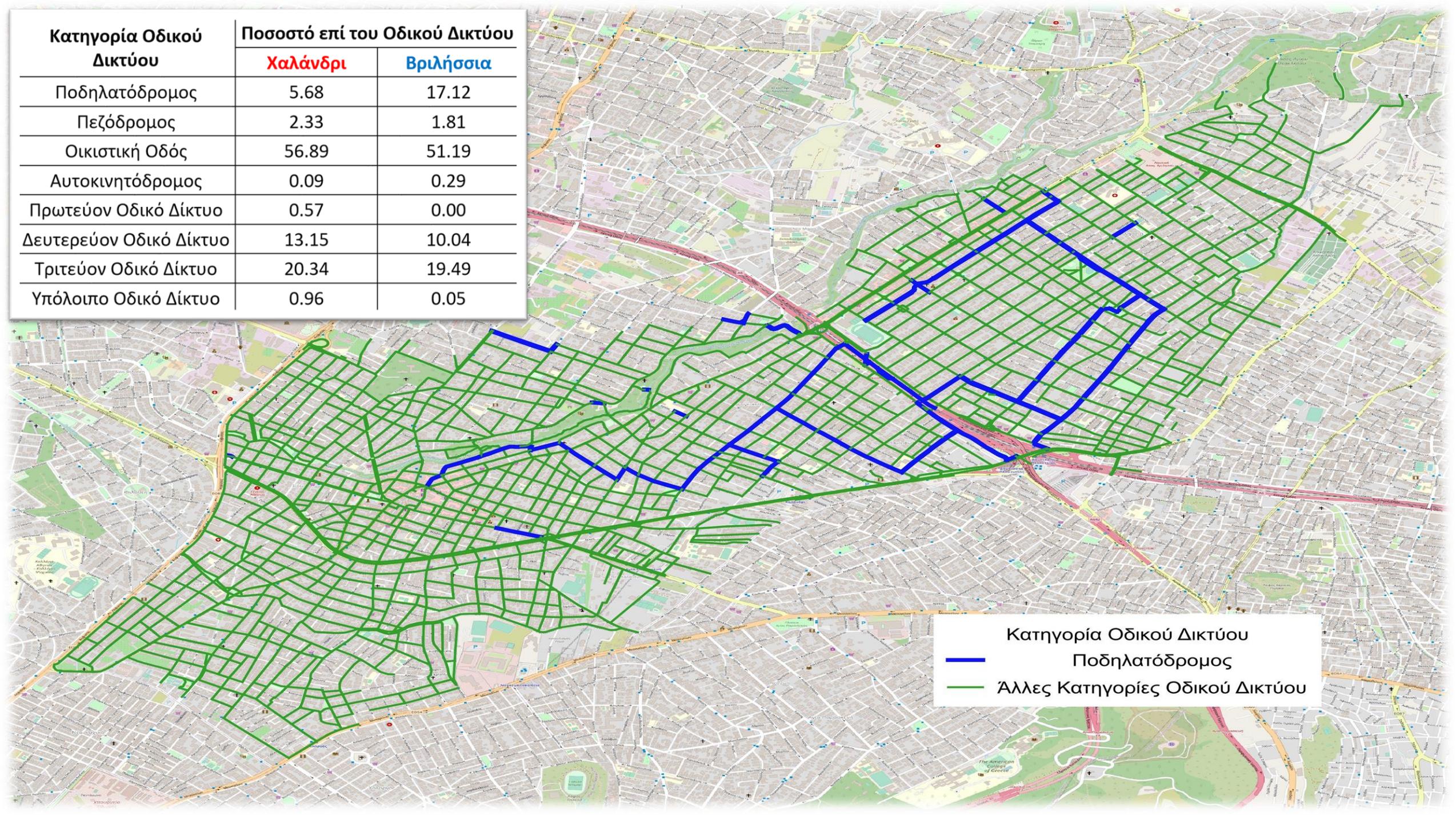
Πληθυσμός

32.500 κάτοικοι

Συνολικό Μήκος Ποδηλατοδρόμων

5.5 χιλιόμετρα

Κατηγορία Οδικού Δικτύου	Ποσοστό επί του Οδικού Δικτύου	
	Χαλάνδρι	Βριλήσσια
Ποδηλατόδρομος	5.68	17.12
Πεζόδρομος	2.33	1.81
Οικιστική Οδός	56.89	51.19
Αυτοκινητόδρομος	0.09	0.29
Πρωτεύον Οδικό Δίκτυο	0.57	0.00
Δευτερεύον Οδικό Δίκτυο	13.15	10.04
Τριτεύον Οδικό Δίκτυο	20.34	19.49
Υπόλοιπο Οδικό Δίκτυο	0.96	0.05



Κατηγορία Οδικού Δικτύου
— Ποδηλατόδρομος
— Άλλες Κατηγορίες Οδικού Δικτύου

Συλλογή Δεδομένων (1/2)

Πλατφόρμα «Strava Metro»

Χαρακτηριστικά ποδηλατικών μετακινήσεων

STRAVA
METRO

Λογισμικό «OpenStreetMap»

Χαρακτηριστικά εξεταζόμενου οδικού δικτύου



Λογισμικό «QGIS»

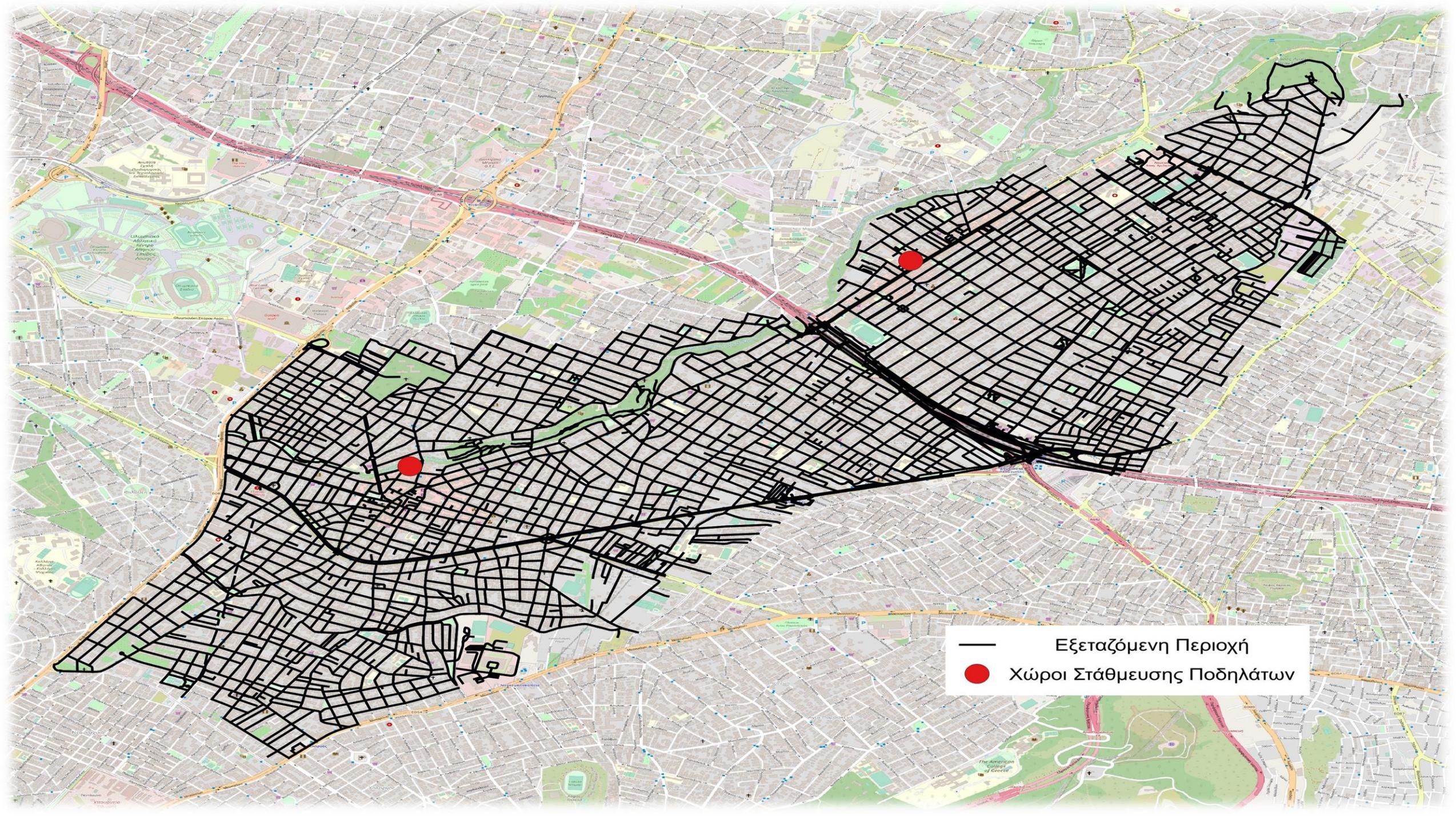
Χωρική αποτύπωση δεδομένων

QGIS

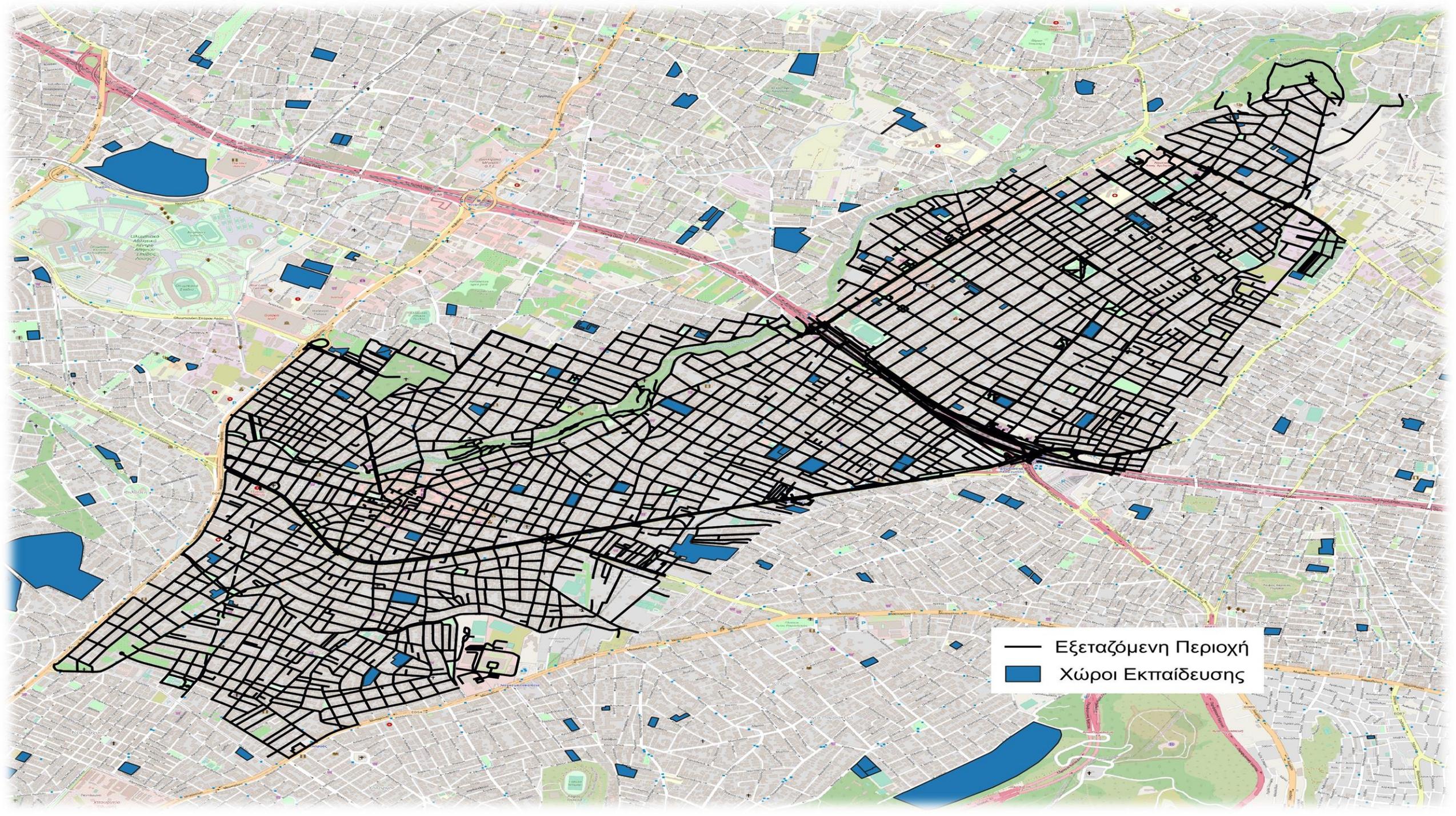
Συλλογή Δεδομένων (2/2)



Όνομασία	Επεξήγηση
cycle_path	Ύπαρξη ποδηλατοδρόμου κατά μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος.
road_type	Κατηγορία του εκάστοτε οδικού τμήματος.
number_of_lanes	Πλήθος λωρίδων κυκλοφορίας επί του εκάστοτε οδικού τμήματος.
one_way	Μονοδρόμηση κατά μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος.
length	Μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος.
	Απόσταση εξεταζόμενου οδικού τμήματος...
min_distance_bicycle_parking	... από τον πλησιέστερο χώρο στάθμευσης ποδηλάτων.
min_distance_educational_activities	... από τον πλησιέστερο χώρο εκπαίδευσης.
min_distance_leisure_parks	... από το πλησιέστερο πάρκο αναψυχής.
min_distance_public_transport	... από την πλησιέστερη στάση μέσων μαζικής μεταφοράς.
min_distance_sports_activities	... από τον πλησιέστερο χώρο άθλησης.



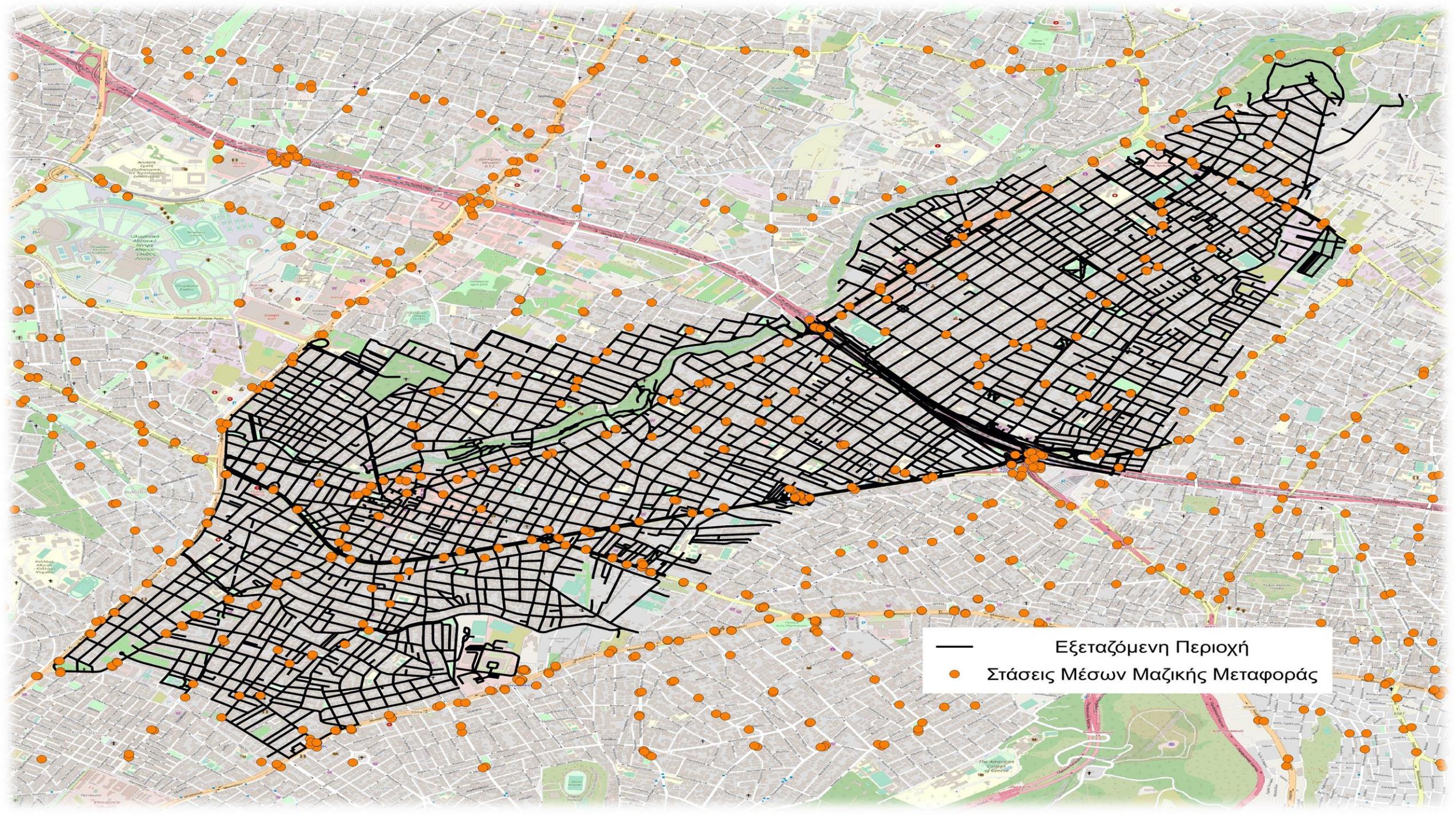
— Εξεταζόμενη Περιοχή
● Χώροι Στάθμευσης Ποδηλάτων



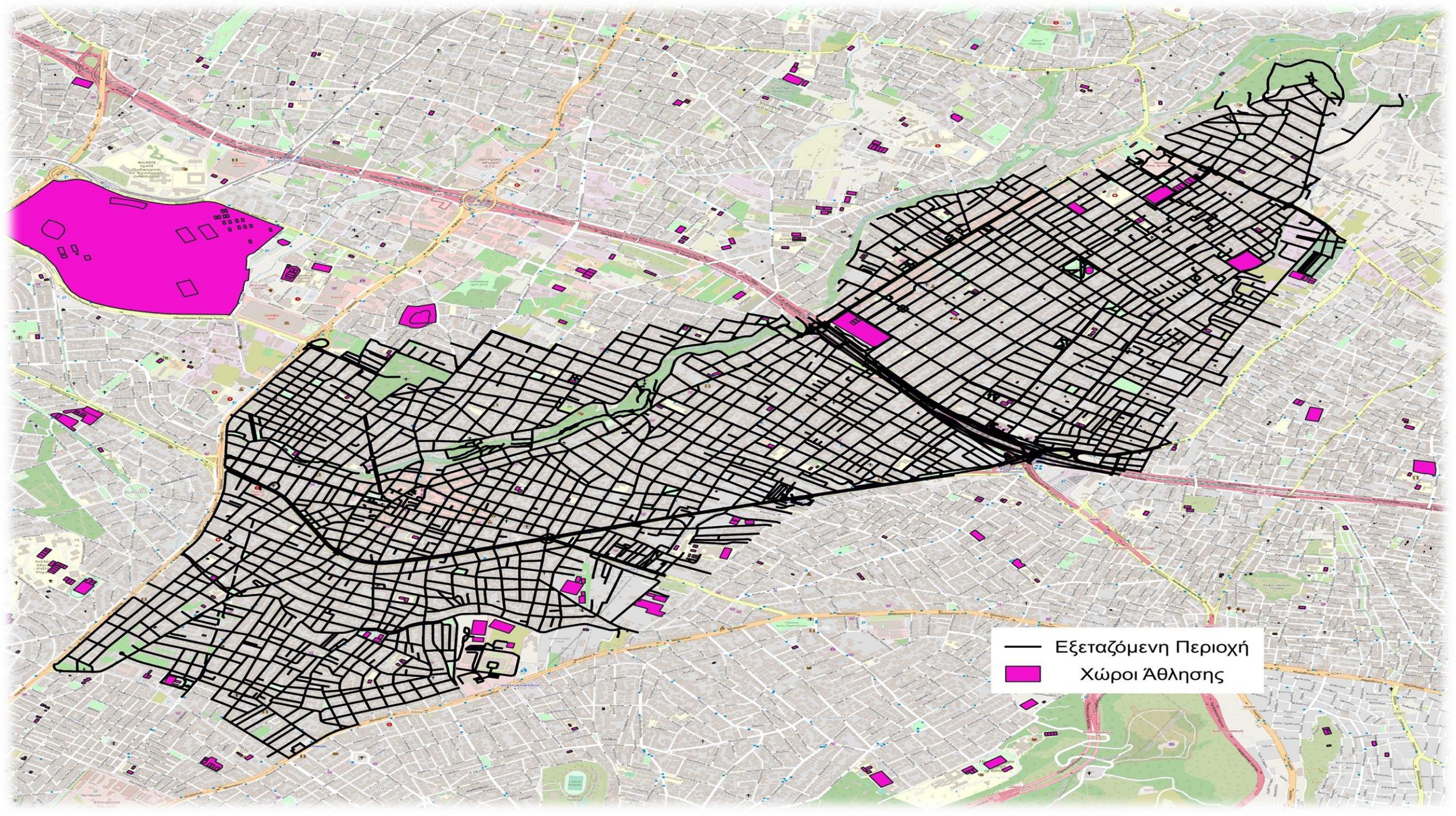
— Εξεταζόμενη Περιοχή
■ Χώροι Εκπαίδευσης



— Εξεταζόμενη Περιοχή
■ Πάρκα Αναψυχής

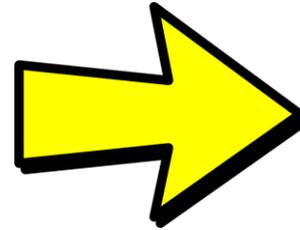
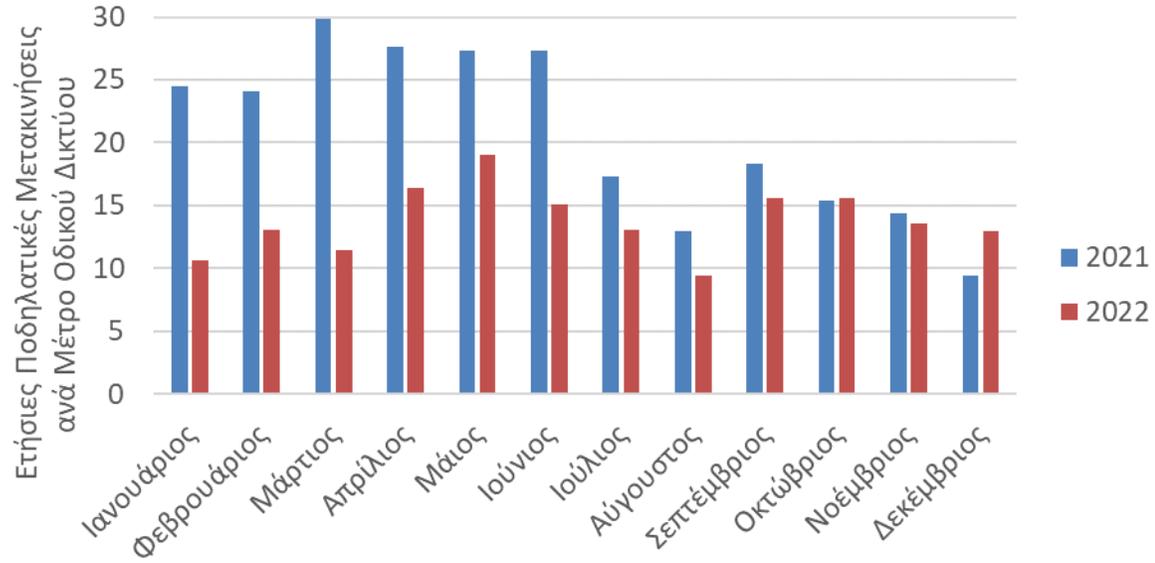


— Εξεταζόμενη Περιοχή
● Στάσεις Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

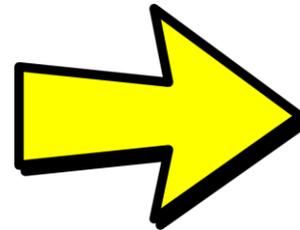
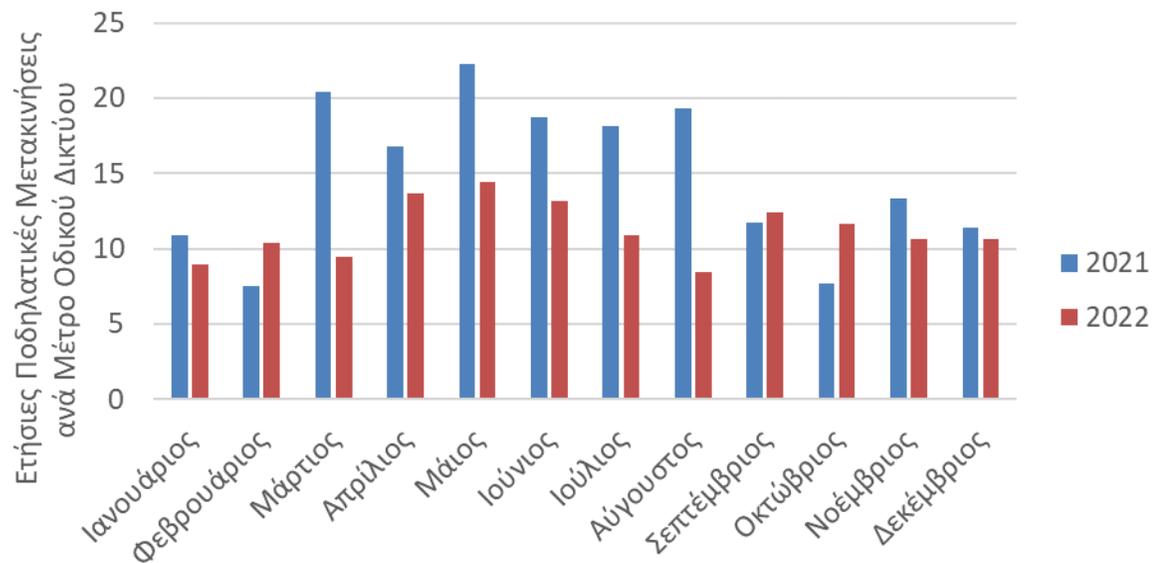


— Εξεταζόμενη Περιοχή
■ Χώροι Άθλησης

Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων (1/4)

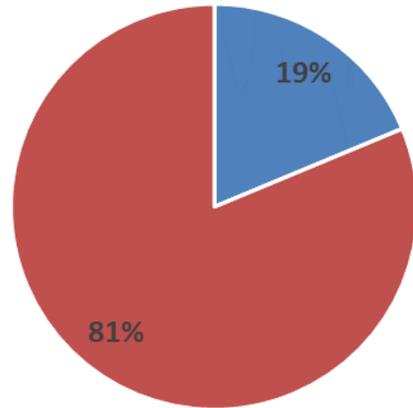


Περιοχή Χαλανδρίου

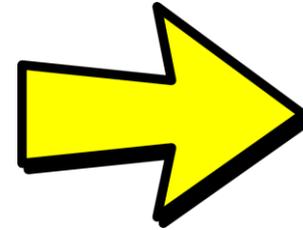


Περιοχή Βριλησίων

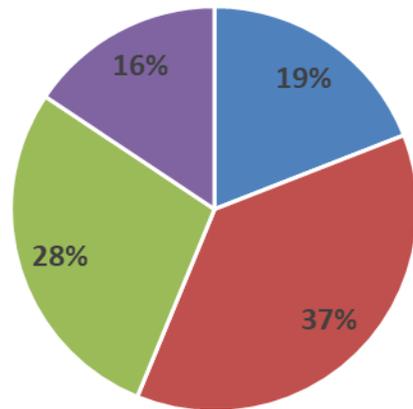
Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων (2/4)



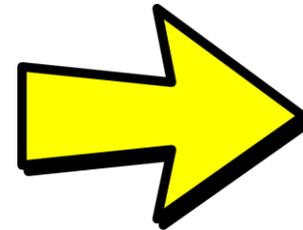
■ Δραστηριότητες Χρηστικού Χαρακτήρα ■ Δραστηριότητες Αναψυχής



Σκοπός Μετακίνησης

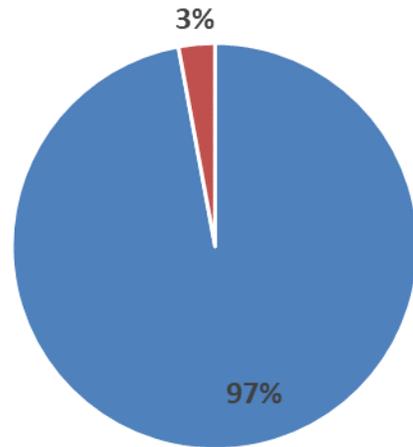


■ Πρωί ■ Μεσημέρι ■ Απόγευμα ■ Βράδυ

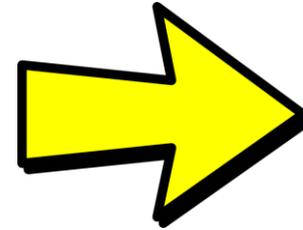


Ώρα της Ημέρας

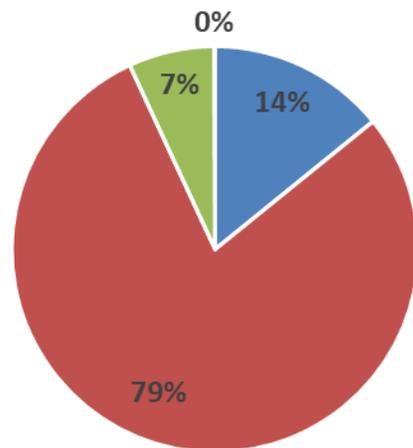
Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων (3/4)



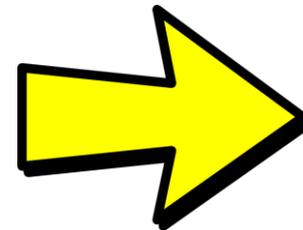
■ Άνδρες ■ Γυναίκες



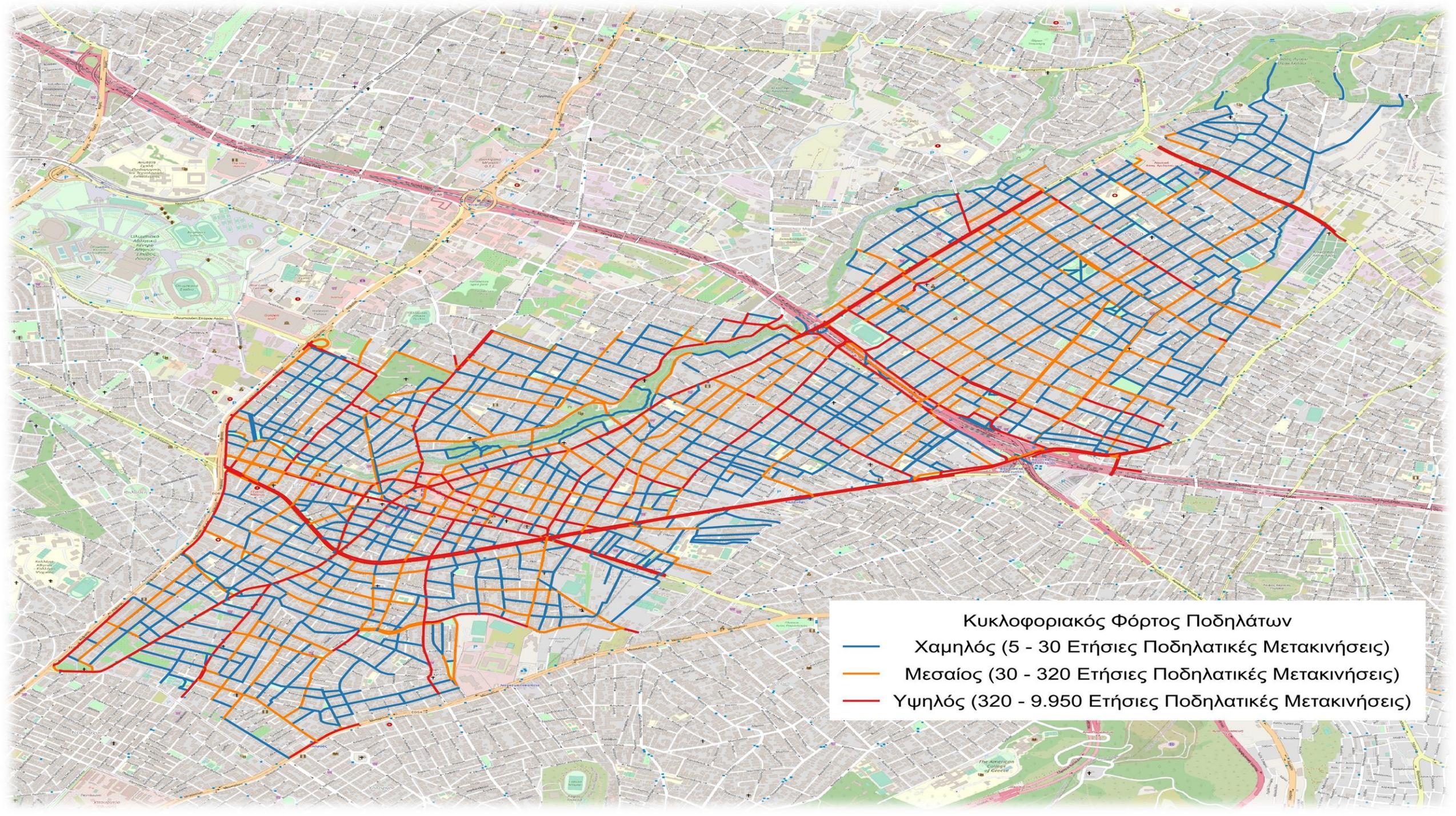
Φύλο Ποδηλατιστών



■ 18 - 34 Ετών ■ 35 - 54 Ετών ■ 55 - 64 Ετών ■ ≥ 65 Ετών

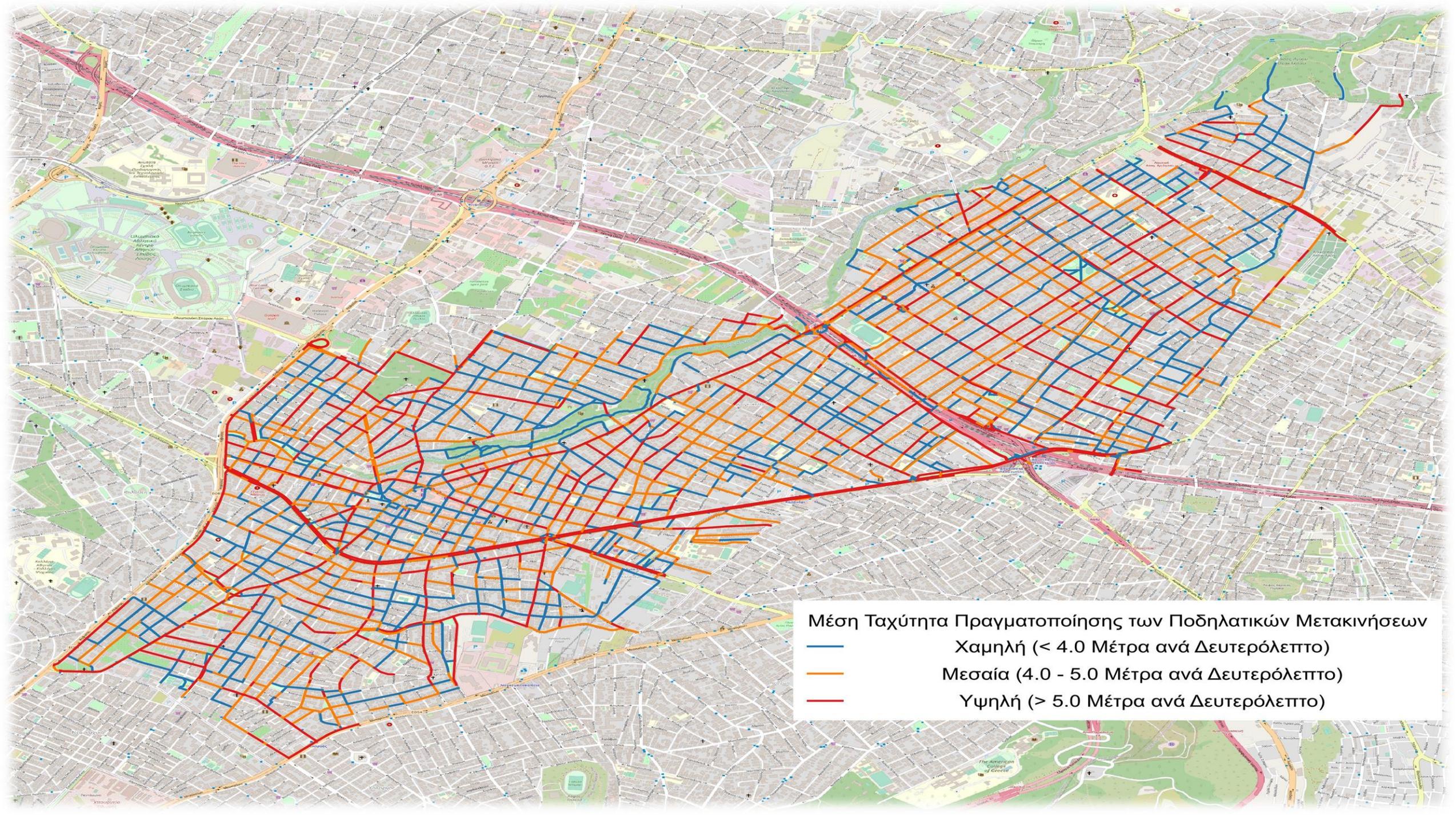


Ηλικία Ποδηλατιστών



Κυκλοφοριακός Φόρτος Ποδηλάτων

- Χαμηλός (5 - 30 Ετήσιες Ποδηλατικές Μετακινήσεις)
- Μεσαίος (30 - 320 Ετήσιες Ποδηλατικές Μετακινήσεις)
- Υψηλός (320 - 9.950 Ετήσιες Ποδηλατικές Μετακινήσεις)



Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων

- Χαμηλή (< 4.0 Μέτρα ανά Δευτερόλεπτο)
- Μεσαία (4.0 - 5.0 Μέτρα ανά Δευτερόλεπτο)
- Υψηλή (> 5.0 Μέτρα ανά Δευτερόλεπτο)

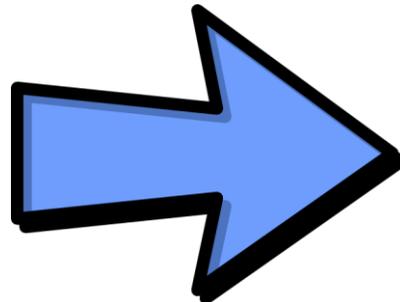
Συντελεστής Συσχέτισης Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Συνεχείς ανεξάρτητες μεταβλητές: Συντελεστής συσχέτισης «Pearson»

Διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές: Συντελεστής συσχέτισης «Spearman»

	speed	cycle_path	road_type	length	min_distance					year
					bicycle_parking	educational_activities	leisure_parks	public_transport	sports_activities	
speed	1.00	-0.04	0.28	-0.05	0.07	-0.01	-0.01	-0.09	0.01	0.06
cycle_path	-0.04	1.00	-0.49	0.03	0.00	-0.06	0.02	0.06	-0.04	0.02
road_type	0.28	-0.49	1.00	-0.13	-0.01	0.09	-0.06	-0.20	0.05	0.06
length	-0.05	0.03	-0.13	1.00	-0.01	0.02	0.15	0.11	-0.01	-0.02
min_distance_bicycle_parking	0.07	0.00	-0.01	-0.01	1.00	0.20	-0.02	-0.01	-0.18	-0.03
min_distance_educational_activities	-0.01	-0.06	0.09	0.02	0.20	1.00	-0.03	0.05	0.10	0.02
min_distance_leisure_parks	-0.01	0.02	-0.06	0.15	-0.02	-0.03	1.00	0.02	0.04	-0.01
min_distance_public_transport	-0.09	0.06	-0.20	0.11	-0.01	0.05	0.02	1.00	-0.17	-0.02
min_distance_sports_activities	0.01	-0.04	0.05	-0.01	-0.18	0.10	0.04	-0.17	1.00	0.01
year	0.06	0.02	0.06	-0.02	-0.03	0.02	-0.01	-0.02	0.01	1.00

Εμπειρική τιμή του
« ± 0.40 »



Όριο μεταξύ συσχέτισης
και ανεξαρτησίας

Μοντέλα Λογαριθμοκανονικής Παλινδρόμησης

Εξαρτημένη μεταβλητή: Λογάριθμος του πλήθους των ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων

	Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου				Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων				Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή			
	Estimate	t.value	elasticity		Estimate	t.value	elasticity		Estimate	t.value	elasticity	
			e	e*			e	e*			e	e*
intercept	↑ 5.6816	37.435	-	-	↑ 6.0603	41.100	-	-	↑ 5.8204	55.513	-	-
speed	↑ 0.0865	8.284	0.004	4.215	↑ 0.0276	3.139	0.001	3.466	↑ 0.0510	7.509	0.002	2.656
pedestrian (ref. category cycleway)	↓ -2.3983	14.853	-0.151	-30.150	↓ -2.3309	12.665	-0.160	-42.334	↓ -2.3461	19.675	-0.151	-25.555
residential (ref. category cycleway)	↓ -2.2853	20.218	-0.042	-8.381	↓ -2.2788	21.662	-0.054	-14.357	↓ -2.2292	29.326	-0.045	-7.550
motorway (ref. category cycleway)	↓ -1.9147	2.891	-0.106	-21.223	↓ -2.1494	3.300	-0.148	-39.182	↓ -1.9854	4.254	-0.119	-20.169
primary (ref. category cycleway)	↑ 2.4722	7.702	0.022	4.357	-	-	-	-	↑ 2.7203	8.730	0.024	4.067
secondary (ref. category cycleway)	↑ 2.2960	17.625	0.022	4.399	↑ 2.4839	17.125	0.028	7.296	↑ 2.4350	26.258	0.024	4.087
tertiary (ref. category cycleway)	↑ 0.2421	1.970	0.005	1.000	↑ 0.1443	1.201	0.004	1.000	↑ 0.2683	3.180	0.006	1.000
unclassified (ref. category cycleway)	↓ -2.9398	10.526	-0.233	-46.657	↓ -2.8632	3.034	-0.247	-65.526	↓ -2.8992	11.166	-0.237	-40.083
length	↓ -0.0022	3.445	-0.001	-1.349	↓ -0.0017	2.252	-0.001	-2.529	↓ -0.0019	3.822	-0.001	-1.198
min_distance_bicycle_parking	↓ -0.0004	6.402	-0.004	-3.868	↓ -0.0003	4.526	-0.003	-9.330	↓ -0.0004	8.898	-0.004	-4.490
min_distance_educational_activities	↑ 0.0005	2.672	0.001	1.354	↓ -0.0005	1.402	-0.001	-2.743	↑ 0.0004	2.289	0.001	1.000
min_distance_leisure_parks	↑ 0.0010	4.684	0.002	1.710	↑ 0.0003	0.838	0.000	1.000	↑ 0.0008	4.747	0.001	1.442
min_distance_public_transport	↓ -0.0008	2.607	-0.001	-1.000	↓ -0.0005	1.041	-0.001	-1.588	↓ -0.0008	3.213	-0.001	-1.087
2022 (ref. category 2021)	↓ -0.6498	39.116	-0.015	-3.011	↓ -0.9558	41.566	-0.027	-7.252	↓ -0.7537	55.070	-0.019	-3.195

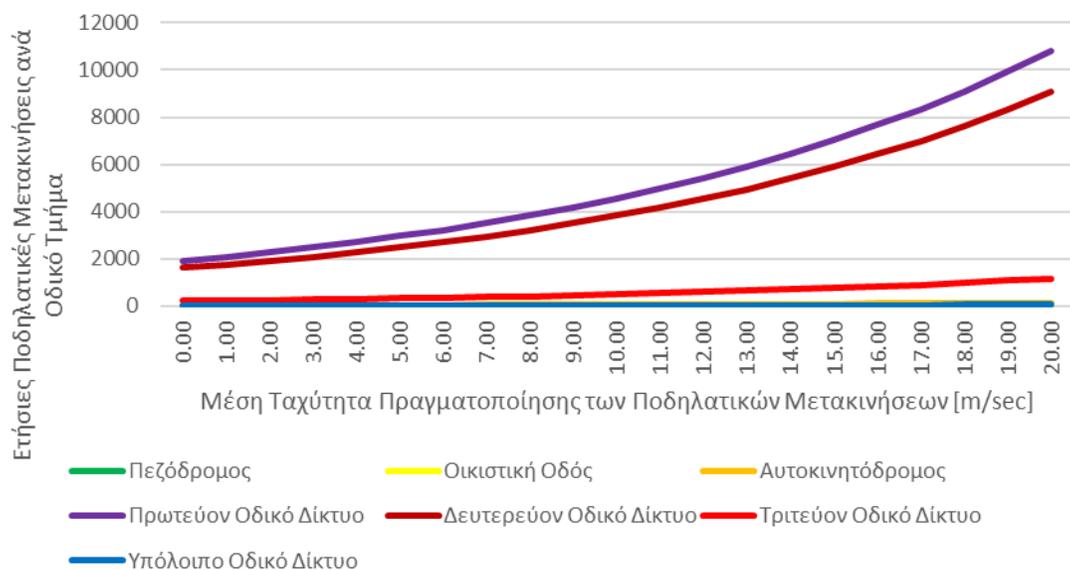
R² 0.68

R² 0.63

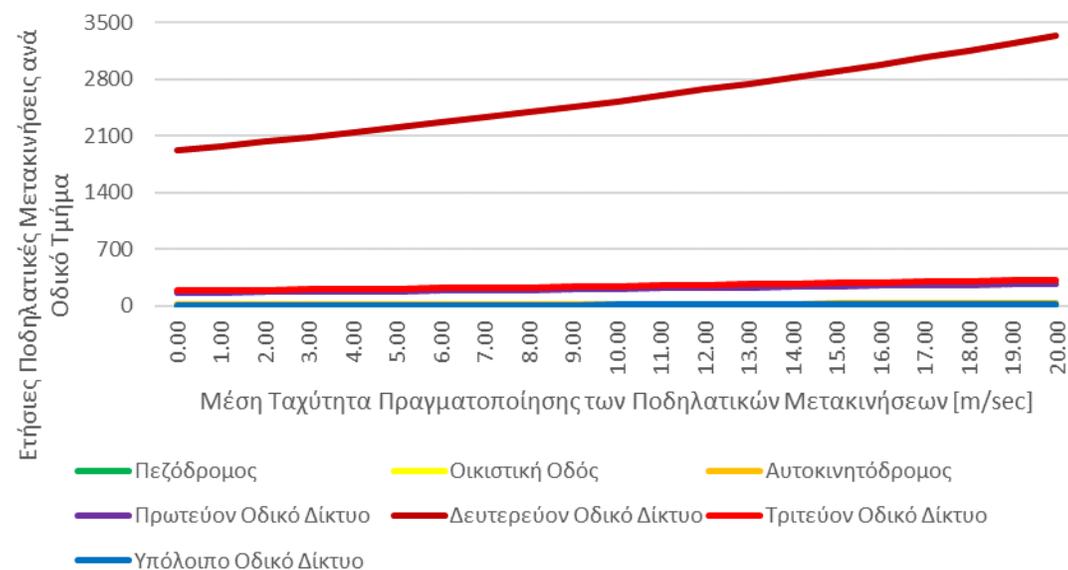
R² 0.66

Ανάλυση Ευαισθησίας (1/2)

Εξεταζόμενη μεταβλητή: Μέση ταχύτητα ποδηλατικών μετακινήσεων



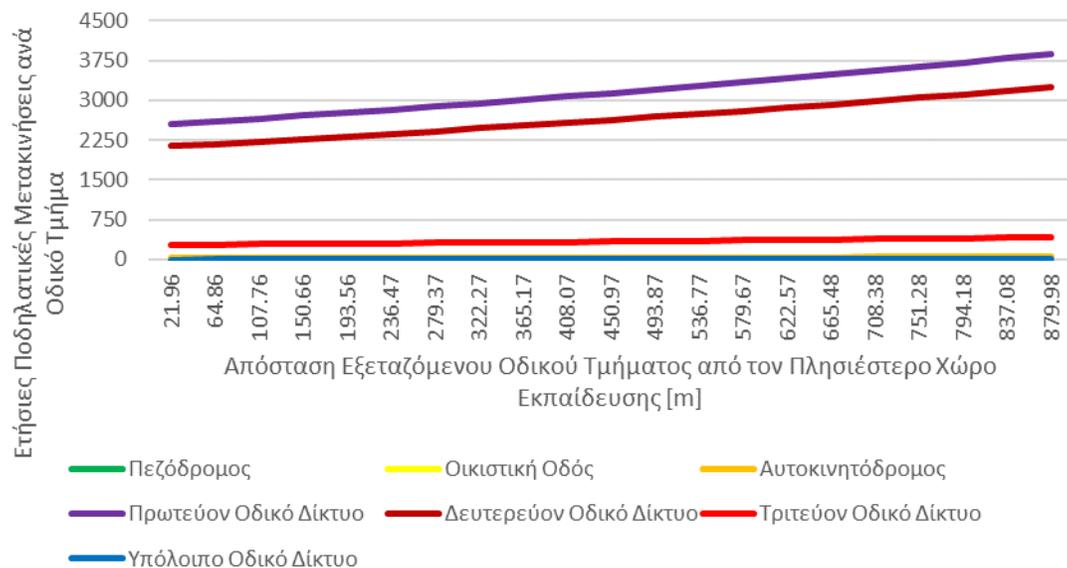
Περιοχή Χαλανδρίου



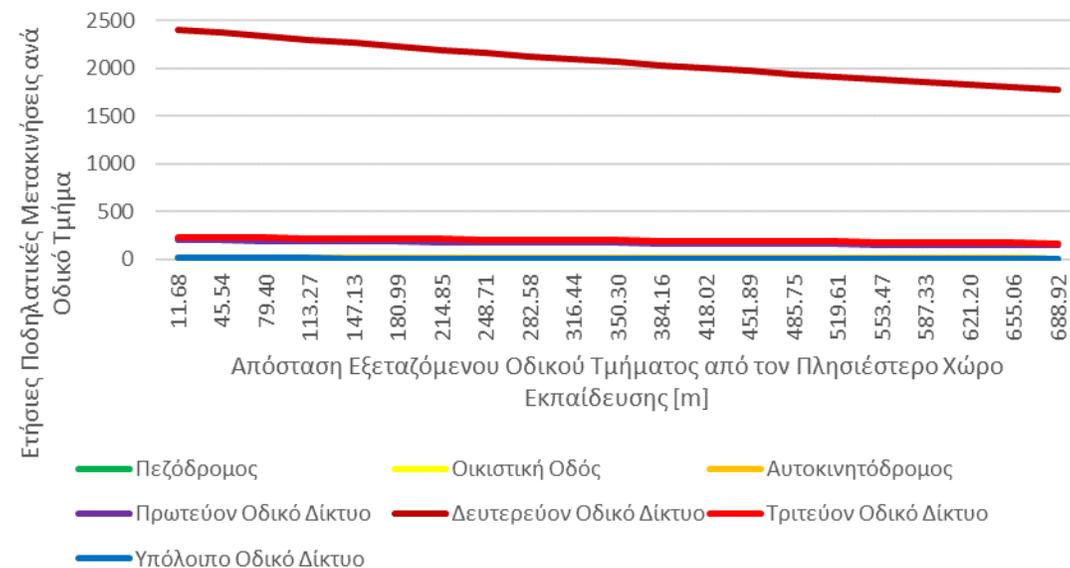
Περιοχή Βριλησίων

Ανάλυση Ευαισθησίας (2/2)

Εξεταζόμενη μεταβλητή: Απόσταση από χώρους εκπαίδευσης



Περιοχή Χαλανδρίου



Περιοχή Βριλησίων

Επισκόπηση Συμπερασμάτων (1/4)

Μέση ταχύτητα ποδηλατικών μετακινήσεων

Κατηγορία οδικών τμημάτων

Μήκος οδικών τμημάτων

Υποδομές διευκόλυνσης ποδηλατιστών

Κρισιμότεροι παράγοντες επιρροής
των ποδηλατικών μετακινήσεων



Επισκόπηση Συμπερασμάτων (2/4)



Μέση ταχύτητα ποδηλατικών μετακινήσεων ↑ ⇒ Πλήθος ποδηλατικών μετακινήσεων ↑



Μήκος οδικών τμημάτων ↑ ⇒ Πλήθος ποδηλατικών μετακινήσεων ↓



Απόσταση από χώρους στάθμευσης ποδηλάτων ↓ ⇒ Πλήθος ποδηλατικών μετακινήσεων ↑



Απόσταση από χώρους εκπαίδευσης ↓ ⇒ Πλήθος ποδηλατικών μετακινήσεων ↓



Απόσταση από πάρκα αναψυχής ↓ ⇒ Πλήθος ποδηλατικών μετακινήσεων ↓



Απόσταση από στάσεις μέσων μαζικής μεταφοράς ↓ ⇒ Πλήθος ποδηλατικών μετακινήσεων ↑

Επισκόπηση Συμπερασμάτων (3/4)

Η πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται...



... στο Χαλάνδρι

... με σκοπό την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής

... το μεσημέρι και το απόγευμα

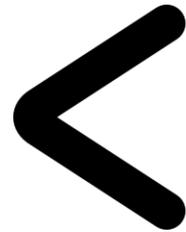
... από άνδρες

... από ανθρώπους ηλικίας μεταξύ των 35 και των 54 χρόνων



Επισκόπηση Συμπερασμάτων (4/4)

Πεζόδρομος
Οικιστική οδός
Αυτοκινητόδρομος



Ποδηλατόδρομος



Πρωτεύον οδικό δίκτυο
Δευτερεύον οδικό δίκτυο
Τριτεύον οδικό δίκτυο



Προτεινόμενα Μέτρα Προώθησης της Ποδηλασίας

Προοδευτική ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου ποδηλατικού δικτύου

Αναθεώρηση της υφιστάμενης ιεράρχησης του οδικού δικτύου

Κατασκευή επιπρόσθετων υποδομών διευκόλυνσης των ποδηλατιστών

Διενέργεια εκστρατειών εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης του κοινού



Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Διερεύνηση επιπρόσθετων περιοχών της ελληνικής πρωτεύουσας ή της ελληνικής επικράτειας

Επέκταση της διερεύνησης σε μεταγενέστερες χρονικές περιόδους

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων μέσω μίας διαφορετικής πηγής δεδομένων

Αξιοποίηση δεδομένων σχετικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο των μηχανοκίνητων οχημάτων





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Μοντέλο Εκτίμησης Ποδηλατικών Διαδρομών στην Αθήνα με Δεδομένα Υψηλής Ευκρίνειας



Αριστείδης Βασίλειος Ι. Κανάκης

Αθήνα, Μάρτιος 2024

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.