

Η Χαρτογράφηση του Κυκλοφοριακού Θορύβου σε Τμήμα Αστικού Δικτύου

*Στεφανίδου Ευδοξία¹, Παπαθεοδώρου Κων/νος²,
Κωνσταντινίδης Αλέξανδρος³, Ευαγγελίδης Κων/νος⁴*

- (1) *Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου 157 84, Αθήνα,
Τηλ. 210 7274783, stefanidoueni@hotmail.com*
- (2) *Επικ. Καθηγητής, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας, ΤΕΙ Σερρών
Τέρμα Μαγνησίας 62124, Σέρρες, Τηλ 2321049328, conpar@teiser.gr*
- (3) *Καθηγητής Εφαρμογών, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας,
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών, Τέρμα Μαγνησίας 62124, Σέρρες,
Τηλ 2321049325, akonsta@teiser.gr*
- (4) *Επιστημονικός Συνεργάτης, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας,
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών, Τέρμα Μαγνησίας 62124, Σέρρες.*

Περίληψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι η συμβολή της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στην μελέτη του κυκλοφοριακού θορύβου. Συγκεκριμένα, αναλύονται διεξοδικά οι δυνατότητες οπτικοποίησης του κυκλοφοριακού θορύβου που παρέχουν τα GIS, μέσω της εκπόνησης χαρτών ποικίλων μορφών, ενώ για την καλύτερη κατανόηση αυτών αναπτύσσεται μια εφαρμογή για την περιοχή του Ιπποκράτειου Νοσοκομείου Θεσσαλονίκης. Κατά την εφαρμογή αυτή, προβλέπεται ο κυκλοφοριακός θόρυβος με την χρήση της Βρετανικής μεθόδου πρόβλεψης CRTN και κατόπιν, εκπονούνται χάρτες θορύβου με την βοήθεια των GIS για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, γεγονός που καθιστά δυνατή την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων, την εκτίμηση της παρούσας κατάστασης σχετικά με τα επίπεδα θορύβου και την λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού.

Abstract

This paper demonstrates the contribution of the GIS technology during the study of traffic noise. More specifically, the goal of this paper is to analyze the possibilities which are provided through the use of Geographic Information Systems and the production of various maps. Moreover, in order to make the reader understand the different possible ways of visualization, an example is developed, which examines a specific area in the city of Thessaloniki, the area near the Ipokratio Hospital. In this example, traffic noise is estimated through the use of the British method CRTN and afterwards using the GIS, maps are produced so as to achieve an accurate visualization of the results. This fact, enables the reader to estimate the present situation of traffic noise levels, reach conclusions and take decisions, in order to organize action plans.

1 Εισαγωγή

Ο θόρυβος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες υποβάθμισης του περιβάλλοντος και επομένως της ποιότητας ζωής. Οι περιοχές με ιδιαίτερο πρόβλημα υποβάθμισης του ακουστικού περιβάλλοντος, όπως προκύπτει από τα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, είναι σχεδόν όλες οι αστικές περιοχές της χώρας. Βέβαια, το πρόβλημα είναι εντονότερο στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπως στην Αθήνα και στην Θεσσαλονίκη.

Τα διαθέσιμα δεδομένα για την έκθεση στον θόρυβο, τόσο στην Ελλάδα, όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη είναι περιορισμένα σε σχέση με εκείνα που αφορούν άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Παρ' όλα αυτά υπολογίζεται ότι γύρω στο 20% του πληθυσμού της Ευρώπης ή ογδόντα εκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από επίπεδα θορύβου, τα οποία οι επιστήμονες θεωρούν πως ξεπερνούν τα επιτρεπόμενα όρια. Επιπλέον, εκατόν εβδομήντα εκατομμύρια πολίτες ζουν στις ονομαζόμενες «γκρίζες» ζώνες, όπου τα επίπεδα θορύβου προκαλούν σοβαρές οχλήσεις, κατά την διάρκεια της ημέρας (Πράσινη Βίβλος, Βρυξέλλες 1996).

Το γεγονός ότι υπάρχουν διαφορετικές διαδικασίες πρόβλεψης του κυκλοφοριακού θορύβου, διαφορετικοί δείκτες και διαφορετικά μέγιστα επιτρεπόμενα όρια θορύβου σε κάθε χώρα, καθιστά την λήψη αποφάσεων ιδιαίτερα δύσκολη. Παρ' όλα αυτά, ειδικά τα τελευταία χρόνια, γίνονται συντονισμένες προσπάθειες τόσο από κάθε χώρα ξεχωριστά, όσο και από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την αποτελεσματική αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, με την καθιέρωση κοινών δεικτών και ορίων επιπέδων θορύβου, μέσω της ενημέρωσης των πολιτών, της προώθησης σχεδίων δράσης και της θέσπισης κατάλληλης νομοθεσίας.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο υπολογισμός των επιπέδων θορύβου και η εκπόνηση αντίστοιχων χαρτών θορύβου βάσει των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την υιοθέτηση συγκεκριμένης μεθοδολογίας για συγκεκριμένη περιοχή της πόλης της Θεσσαλονίκης.

2 CRTN - Βρετανική μέθοδος υπολογισμού του κυκλοφοριακού θορύβου

Σύμφωνα με την Βρετανική Μέθοδο CRTN, η πηγή του κυκλοφοριακού θορύβου (που είναι γραμμική πηγή) λαμβάνεται ως μια γραμμή 0,5 m πάνω από το επίπεδο του οδοστρώματος και θεωρείται ότι απέχει 3,5 m από το πλευρικό κράσπεδο της οδού.

Η μέθοδος αυτή συνίσταται από πέντε κύρια βήματα:

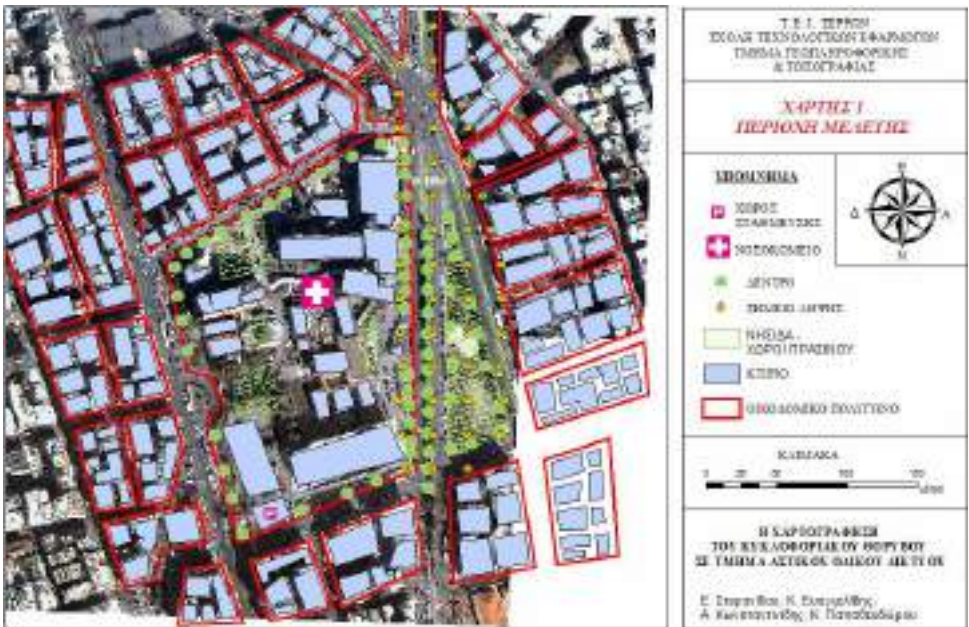
- Διαίρεση της οδού σε ένα ή περισσότερα στοιχειώδη τμήματα, έτσι ώστε η διακύμανση του θορύβου να είναι μικρή
- Υπολογισμός του βασικού επιπέδου θορύβου σε συγκεκριμένη απόσταση αναφοράς από το πλευρικό κράσπεδο της οδού για κάθε τμήμα
- Εκτίμηση για κάθε τμήμα του επιπέδου θορύβου στο σημείο λήψης λαμβάνοντας υπ' όψη την εξασθένιση λόγω απόστασης και προάσπισης από την γραμμική πηγή
- Διόρθωση του επιπέδου θορύβου στο σημείο λήψης λαμβάνοντας υπ' όψη τα χαρα-

κτηριστικά διαμόρφωσης της υπό εξέταση περιοχής συμπεριλαμβανομένων των ανακλάσεων και το μέγεθος του τμήματος της πηγής.

- Συνδυασμός των συνεισφορών όλων των επί μέρους στοιχειωδών τμημάτων για την πρόβλεψη του επιπέδου θορύβου στο σημείο λήψης για το συνολικό τμήμα της οδού.

3 Μεθοδολογία

Η περιοχή μελέτης είναι η περιοχή του Ιπποκράτειου Νοσοκομείου Θεσσαλονίκης, ή οποία φαίνεται στον χάρτη 1. Η μέθοδος πρόβλεψης των επιπέδων θορύβου που χρησιμοποιήθηκε είναι η Βρετανική Μέθοδος CRTN, ενώ το λογισμικό χαρτογράφησης είναι το ArcGIS της εταιρίας ESRI.



Χάρτης 1: Περιοχή Μελέτης – Ιπποκράτειο Νοσοκομείο Θεσσαλονίκης

Τα θεματικά χαρτογραφικά επίπεδα (shaperefiles) που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής:

- Οικοδομικά πολύγωνα
- Κτίρια
- Άξονες δρόμων – γραμμικές πηγές θορύβου
- Νησίδες – περιοχές πρασίνου
- Δέντρα
- Θέσεις κτιρίων – parking

Επιπλέον, δημιουργήθηκε θεματικό επίπεδο ενός πλέγματος παράλληλου με τους άξονες του συστήματος αναφοράς συντεταγμένων ανά 25 μέτρα – κανάβος, έτσι ώστε τα

σημεία τομής του να αποτελέσουν τις θέσεις των σημείων λήψης, στα οποία θα μετρούνταν οι διορθώσεις επί των τελικών βασικών σταθμών θορύβου για διαφορετικά ύψη και συγκεκριμένα για τα ύψη των ενός, επτά και δεκατριών μέτρων από την επιφάνεια του καταστρώματος της οδού. Επειδή, ωστόσο, τα σημεία τομής του κανάβου σε ορισμένες περιπτώσεις εντοπίζονταν σε σημεία που κρίθηκαν ακατάλληλα να αποτελέσουν τα ζητούμενα σημεία λήψης ή επειδή εντοπίζονταν εντός των περιγραμμάτων των κτιρίων, τα σημεία αυτά αφαιρέθηκαν και αντικαταστάθηκαν από νέα, σε θέσεις που θεωρήθηκαν αντιπροσωπευτικότερες και γενικά κατάλληλες για την εφαρμογή των διορθώσεων.

Στη συνέχεια ακολούθησε η επεξεργασία των διαφόρων θεματικών επιπέδων. Η ενημέρωση των θεματικών επιπέδων των σημείων λήψης για τα διάφορα ύψη, καθώς και των σημειακών πηγών θορύβου έγινε έπειτα από κάποιες διαδικασίες υπολογισμών, έτσι ώστε να βρεθούν αρχικά οι τελικές βασικές στάθμες θορύβου και κατόπιν οι διορθώσεις επί αυτών, λόγω των ποικύλων παραγόντων που επιδρούν στην διάδοση του κυκλοφοριακού θορύβου.

3.1 Κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά

Οι δρόμοι που εξετάστηκαν είναι οι οδοί Α. Παπαναστασίου και Κ. Καραμανλή (Νέα Εγνατία), στο ύψος του Ιπποκράτειου Νοσοκομείου. Για την σωστή μελέτη αυτών οι γραμμικές πηγές που δημιουργήθηκαν χωρίστηκαν σε οκτώ τμήματα, ανάλογα με τα σημεία αλλαγής των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών και κυρίως του κυκλοφοριακού φόρτου και φυσικά ανάλογα με την κατεύθυνση. Συγκεκριμένα, τα τμήματα που δημιουργήθηκαν, φαίνονται αναλυτικά στον χάρτη 2.



Χάρτης 2. Στοιχειώδη τμήματα οδών – γραμμικές πηγές θορύβου

3.1.1 Κυκλοφοριακή ροή

Προκειμένου να υπολογιστούν οι βασικές στάθμες θορύβου για αυτά τα τμήματα των οδών υπολογίστηκαν, αρχικά, οι κυκλοφοριακοί φόρτοι. Η κυκλοφοριακή ροή, που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς της μεθόδου CRTN αναφέρεται σε αριθμό οχημάτων ανά δεκαοκτώωρο, για τις ώρες από 06:00 έως τις 24:00.

3.1.2 Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας

Η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας θεωρήθηκε για την οδό Παπαναστασίου ίση με $v = 40$ km/h, ενώ για την οδό Καραμανλή ίση με $v = 45$ km/h.

3.1.3 Ποσοστό βαρέων οχημάτων

Το ποσοστό βαρέων οχημάτων θεωρήθηκε τόσο για την οδό Παπαναστασίου, όσο και για την οδό Καραμανλή ίσο με $p = 7\%$.

3.1.4 Κλίση οδών

Η κλίση, από την οδό Καραμανλή προς την οδό Παπαναστασίου, θεωρήθηκε ίση με 1%. Επειδή όμως, σύμφωνα με την μέθοδο CRTN, όπου είναι αναγκαίο να θεωρηθεί ένας διπλός δρόμος σαν δύο χωριστοί δρόμοι, η διόρθωση κλίσης εφαρμόζεται μόνο για την ανερχόμενη ροή, στην συγκεκριμένη περίπτωση η διόρθωση κλίσης εφαρμόζεται μόνο για τα τμήματα 2 και 7 της οδού.

3.1.5 Είδος της επιφάνειας των οδών

Λόγω του ότι οι επιφάνειες των οδοστρωμάτων δεν είχαν εγκοπές άνω των 5 mm, το είδος της επιφάνειας των οδών δεν επέδρασε στον υπολογισμό της βασικής στάθμης θορύβου.

3.2 Υπολογισμός τελικής στάθμης θορύβου

Η αρχική βασική στάθμη θορύβου υπολογίζεται με χρήση της ακόλουθης εξίσωσης

$$L_{10(\text{δεκαοκτώωρου})} = 28,1 + 10 \log_{10} Q$$

Κατόπιν, υπολογίζονται οι διορθώσεις για την μέση ταχύτητα κυκλοφορίας και την σύνθεση της κυκλοφορίας, καθώς και οι διορθώσεις λόγω κλίσης.

Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται σε μια εξίσωση και συγκεκριμένα στην ακόλουθη, βάσει της οποίας εξήχθησαν οι τιμές του πεδίου L10 και κατ' επέκταση ο χάρτης θορύβου των τελικών σταθμών θορύβου ανά τμήμα δρόμου (χάρτης 7.3).

$$L_{10(\text{δεκαοκτώωρου})} = -40.7 + 10 \log_{10} Q + 33 \log \left(V + 40 + \frac{500}{V} \right) + 10 \log \left(1 + \frac{5p}{V} \right) + 0.3G$$



Χάρτης 3: Βασικές στάθμες θορύβου ανά στοιχειώδες τμήμα οδού

3.3 Υπολογισμός διορθώσεων λόγω παραγόντων που επιδρούν στην διάδοση του κυκλοφοριακού θορύβου

Οι παράγοντες που λήφθηκαν υπ' όψη για τον υπολογισμό των διορθώσεων είναι:

- Διόρθωση λόγω απόστασης για την περίπτωση σκληρού εδάφους
- Διόρθωση λόγω οπτικής γωνίας
- Διόρθωση λόγω ανακλάσεων

4 Αποτελέσματα μοντέλου υπολογισμών επιπέδων θορύβου – Χάρτες θορύβου

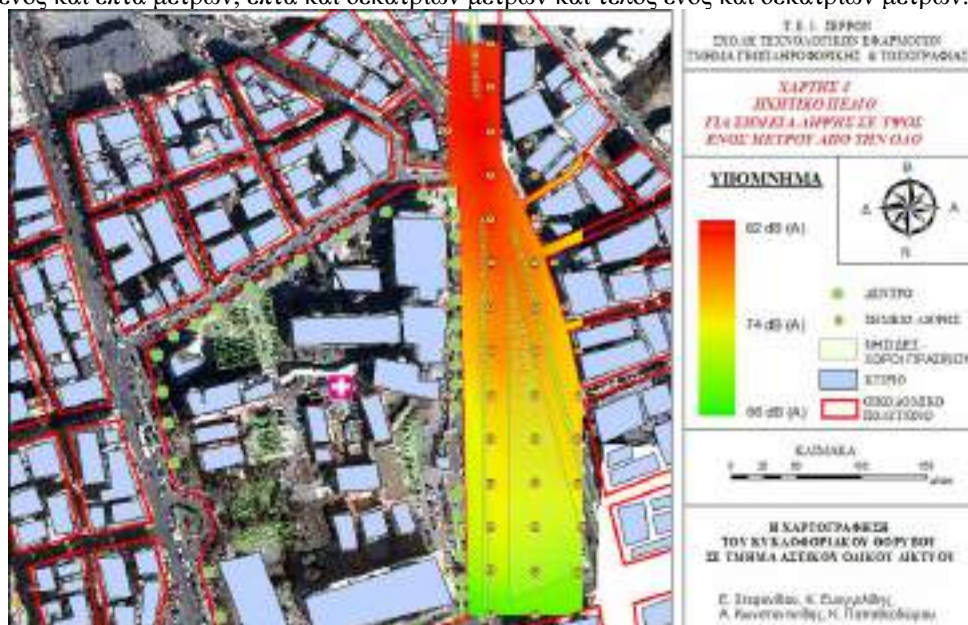
Βάσει των παραπάνω διαδικασιών και την βοήθεια του μοντέλου, που εκτέλεσε αυτόματα τους υπολογισμούς, αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στην εικόνα 1, βρέθηκαν οι τελικές στάθμες θορύβου για τα σαράντα επτά σημεία λήψης. Κατόπιν, μέσω της μεθόδου της χωρικής παρεμβολής κατέστη δυνατή η χάραξη των ηχητικών πεδίων για τα ύψη ενός, επτά και δεκατριών μέτρων από την επιφάνεια του οδοστρώματος και κατ' επέκταση η οπτικοποίηση του ηχητικού πεδίου και η εξαγωγή συμπερασμάτων. Επιπλέον, κατέστη δυνατή και η σύγκριση μεταξύ αυτών των ηχητικών πεδίων και συγκεκριμένα οι διαφορές μεταξύ των ηχητικών πεδίων σε ύψη ενός και επτά μέτρων, επτά και δεκατριών μέτρων και τέλος ενός και δεκατριών μέτρων. Οι χάρτες που προέκυψαν από τα αποτελέσματα του μοντέλου παρατίθενται στη συνέχεια.

NOI	NOI_P	HEIMH	U	U'	L_Γ	ANGLE	L_ANGLE	REFLECTIONS	L_SCE	GR_HEIMICHION	L_GHEIMED	L_Γ	L	L_TOTALE
1	1	1	32.03	36.99	-4.96	36	-6.93	YES	3.58	100	0	34.93	36.21	14.07
2	1	1	33.70	37.60	-3.90	54	-6.23	YES	3.58	100	0	34.72	36.13	
3	1	1	32.42	28.82	-2.60	120	-1.20	YES	3.58	100	0	33.15	32.97	
4	1	1	32.30	30.32	-1.91	167	-2.35	YES	3.58	100	0	33.81	31.84	
5	1	1	7.72	11.25	0.80	8	-13.52	YES	3.58	100	0	35.24	39.81	
6	1	1	7.72	11.25	0.80	183	-0.87	YES	3.58	100	0	35.87	32.35	
7	1	1	22.52	26.82	-2.05	120	-1.55	YES	3.58	100	0	33.85	33.15	
8	1	1	22.82	26.82	-2.05	26	-8.67	YES	3.58	100	0	33.95	31.23	
1	2	1	43.41	51.93	-8.56	11	-11.41	YES	3.58	100	0	34.98	30.47	75.42
2	2	1	33.30	36.80	-3.50	26	-6.87	YES	3.58	100	0	33.71	33.23	
3	2	1	33.67	36.87	-3.20	90	-2.83	YES	3.58	100	0	33.15	33.69	
4	2	1	42.32	46.62	-4.30	89	-3.89	YES	3.58	100	0	36.81	30.36	
5	2	1	8.26	11.80	0.64	8	-13.52	YES	3.58	100	0	33.24	33.80	
6	2	1	11.24	14.90	-3.64	168	-2.64	YES	3.58	100	0	36.62	31.84	
7	2	1	23.24	26.74	-2.97	189	-2.18	YES	3.58	100	0	33.85	37.40	
8	2	1	23.24	26.74	-2.97	14	-11.89	YES	3.58	100	0	33.79	33.80	
1	3	1	54.51	63.81	-7.02	3	-17.18	YES	3.58	100	0	34.18	42.88	73.94
2	3	1	33.85	32.35	-1.20	18	-11.11	YES	3.58	100	0	31.71	30.41	
3	3	1	33.62	43.12	-5.04	11	-3.89	YES	3.58	100	0	33.75	31.82	
4	3	1	31.71	33.21	-1.50	68	-4.83	YES	3.58	100	0	33.87	37.95	
5	3	1	8.31	12.82	0.22	7	-17.70	YES	3.58	100	0	33.24	34.19	
6	3	1	8.31	12.82	0.22	183	-0.71	YES	3.58	100	0	33.82	37.64	
7	3	1	24.40	27.90	-3.30	81	-3.30	YES	3.58	100	0	33.85	36.33	

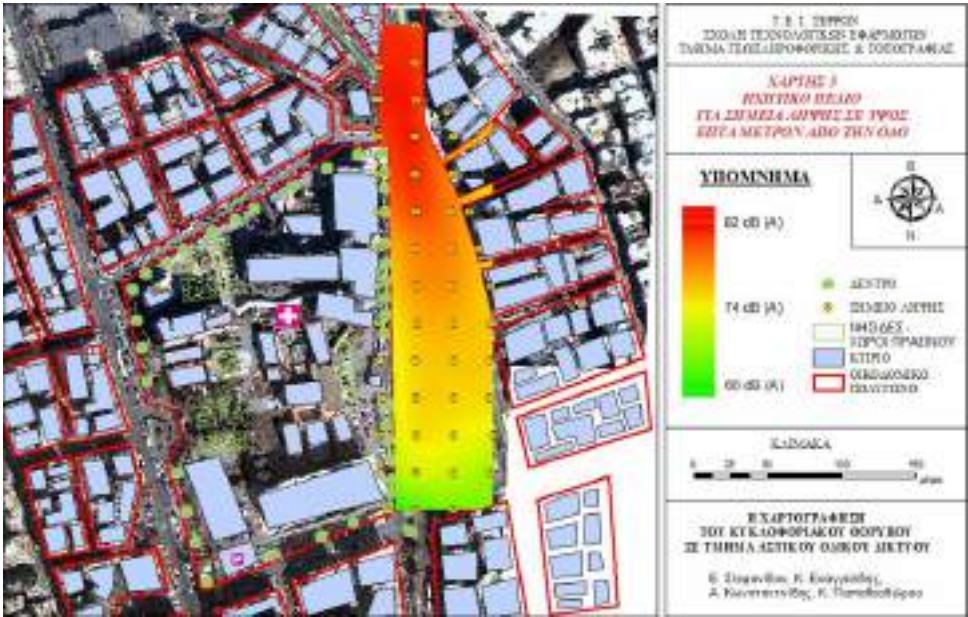
Εικόνα 3: Αποτελέσματα μοντέλου

4.1 Χάρτες ηχητικών πεδίων

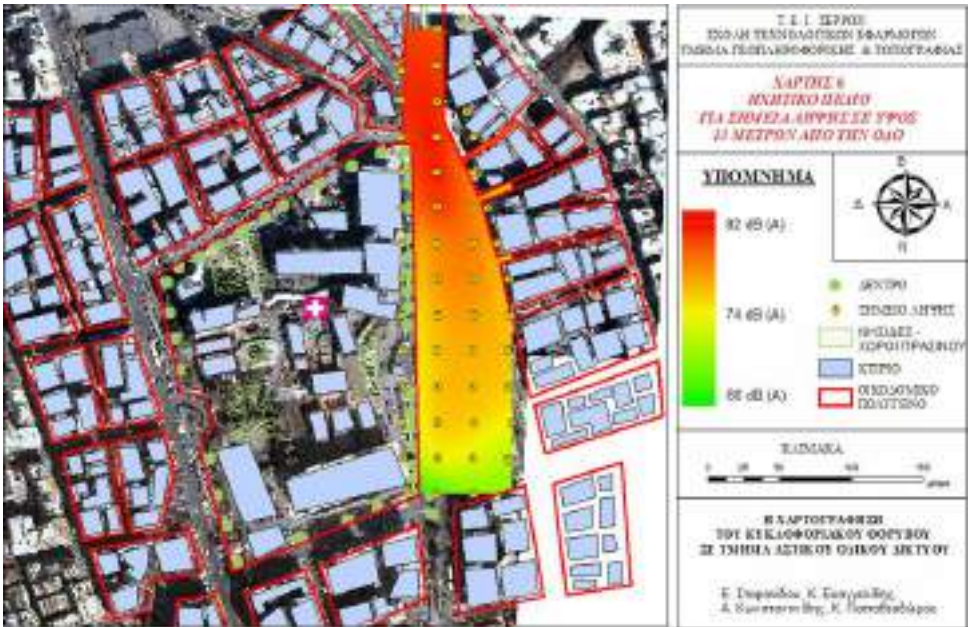
Βάσει των αποτελεσμάτων του μοντέλου προέκυψαν οι χάρτες θορύβου για τα ηχητικά πεδία σε ύψη ενός, επτά και δεκατριών μέτρων από την επιφάνεια του καταστρώματος της οδού, τα οποία και απεικονίζονται στους χάρτες 4, 5 και 6 αντίστοιχα. Επιπλέον, στους χάρτες 7, 8 και 9 απεικονίζονται οι διαφορές μεταξύ των ηχητικών πεδίων σε ύψη ενός και επτά μέτρων, επτά και δεκατριών μέτρων και τέλος ενός και δεκατριών μέτρων.



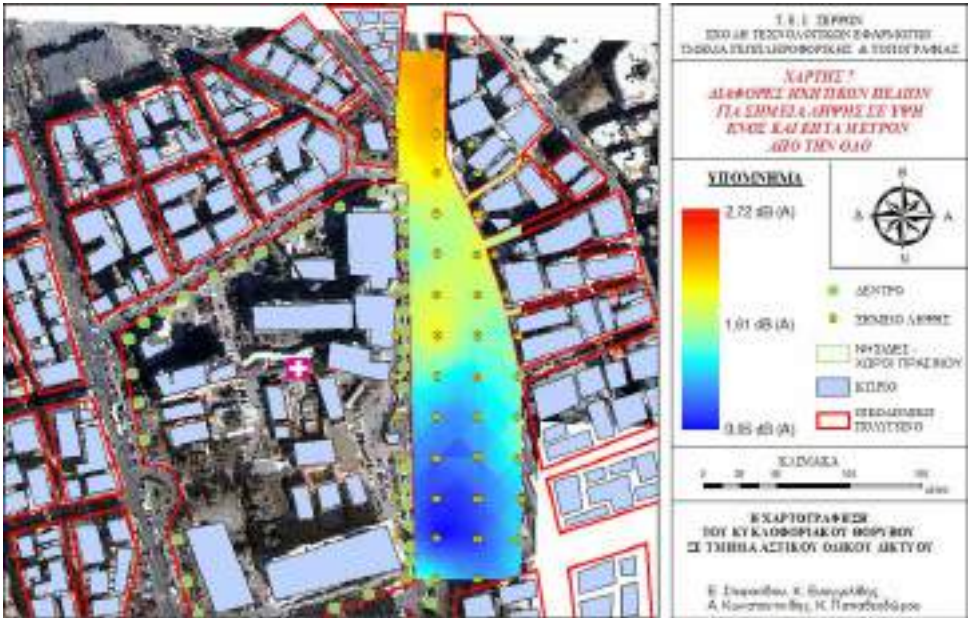
Χάρτης 4: Ηχητικό πεδίο για σημεία λήψης σε ύψος ενός μέτρου από την οδό



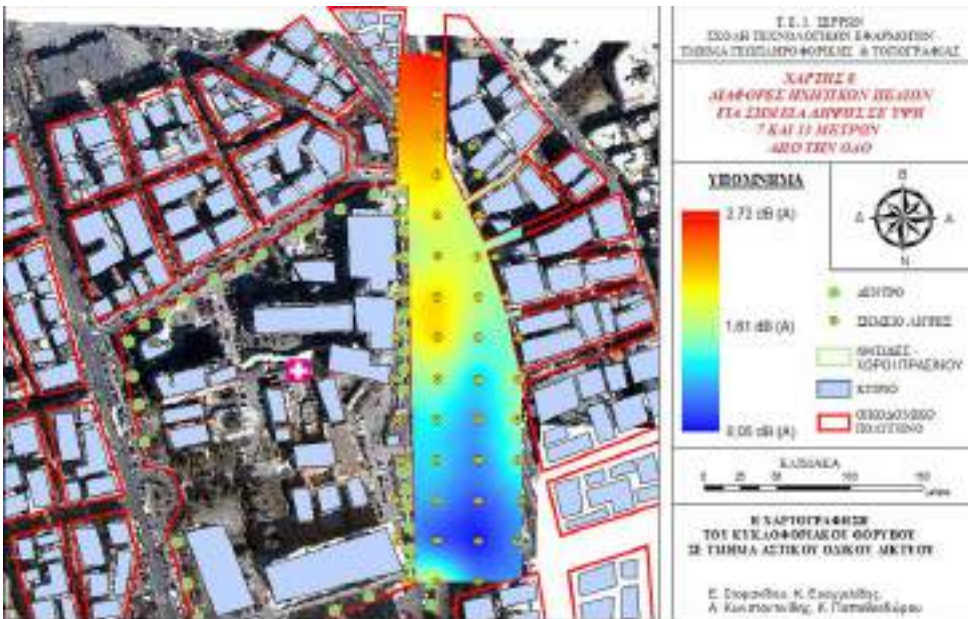
Χάρτης 5: Ηχητικό πεδίο για σημεία λήψης σε ύψος επτά μέτρων από την οδό



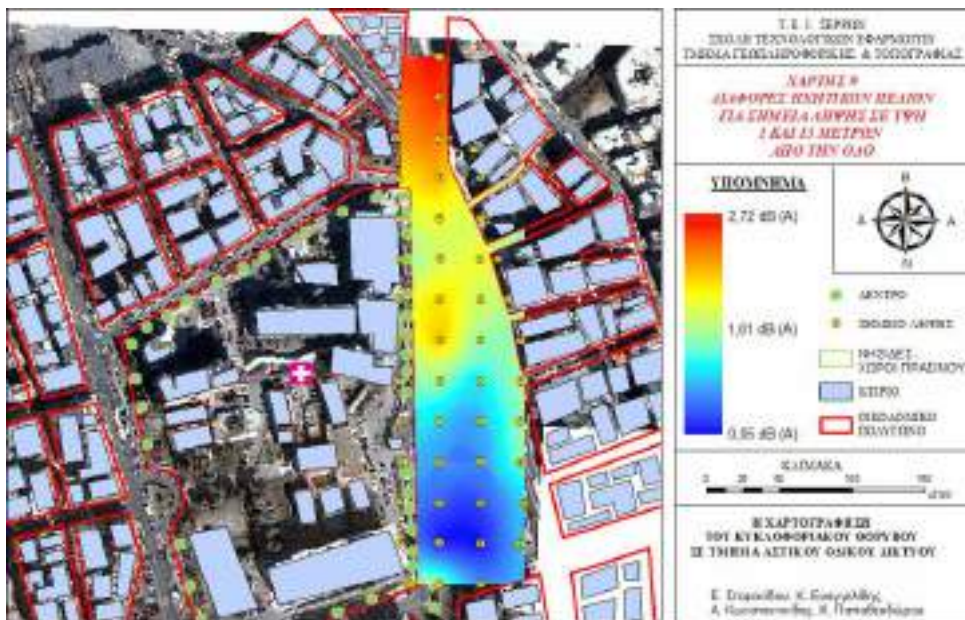
Χάρτης 6: Ηχητικό πεδίο για σημεία λήψης σε ύψος δεκατριών μέτρων από την οδό



Χάρτης 7: Διαφορές ηχητικών πεδίων για σημεία λήψης σε ύψος ενός και επτά μέτρων από την οδό



Χάρτης 8: Διαφορές ηχητικών πεδίων για σημεία λήψης σε ύψος επτά και δεκατριών μέτρων από την οδό



Χάρτης 9: Διαφορές ηχητικών πεδίων για σημεία λήψης σε ύψη ενός και δεκατριών μέτρων από την οδό

5 Συμπεράσματα

Βάσει των αποτελεσμάτων και των χαρτών που εκπονήθηκαν προκύπτει ότι τα επίπεδα θορύβου στην περιοχή μελέτης υπερβαίνουν τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια, όπως αυτά ισχύουν στην Ελλάδα. Η χρήση, όμως των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών αναδεικνύει μια νέα χαρτοκεντρική προσέγγιση στην μοντελοποίηση και μελέτη του κυκλοφοριακού θορύβου, αφού η διαδραστική σχέση χάρτη – βάσης δεδομένων, που εξ ορισμού παρέχεται από τα GIS παρέχει την δυνατότητα της δυναμικής παρέμβασης του μελετητή για την εξέταση σεναρίων και τη λήψη αποφάσεων.

Βιβλιογραφία

- Βούγιας Σ., 1985, “Ατμοσφαιρική Ρύπανση και θόρυβος από την κυκλοφορία στη Θεσσαλονίκη”, Πρακτικά Συνεδρίου με θέμα: Περιβάλλον και ποιότητα ζωής στη Θεσσαλονίκη, Θεσ/νίκη.
- Βούγιας Σ., Παπανικολάου Γ., 1984, “Κυκλοφοριακός θόρυβος και ρύπανση της ατμόσφαιρας στη Θεσσαλονίκη”, University Studio Press, Θεσ/νίκη.
- Γουλής Ε., Ευαγγελίδης Κ. 1997, “Μελέτη του κυκλοφοριακού θορύβου και κατασκευή μοντέλου πρόβλεψης με χρήση της μεθόδου CRTN”, μεταπτυχιακή διατριβή, Θεσ/νίκη.
- Δηλάνας Α., 1999, “21^{ος} αιώνας: Προβληματισμοί για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Ενημέρωση – Μέτρα προστασίας”, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

- Ζήσιμος Γ., 1995, “*Ηχοπετάσματα αυτοκινητοδρόμων: Κατασκευαστική εμπειρία και αξιολόγηση ηχομειωτικής αξίας*”, Πρακτικά 1^{ου} Συνεδρίου Οδοποιίας, Αθήνα.
- Μανολιάδης Ο., 2002, “*Περιβαλλοντικός σχεδιασμός – Μελέτη και εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων*”, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
- Τζεκάκης Μ., Τσνίκας Ν. 2002, “*Πολεοδομική ηχοπροστασία*”, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Τσώχος Γ., 1997, “*Περιβαλλοντική Οδοποιία*”, University Studio Press, Θεσ/νίκη.