

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟ

Ν. ΤΖΩΡΤΖΗ

Δρ Αρχιτεκτονικής Τοπίου

Μέλος ΣΕΠ- Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου

ΑΙΚ. ΜΑΡΙΝΑΚΗ

Πολιτικός Μηχανικός MSc Δ.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση και η αντιμετώπιση του προβλήματος του κυκλοφοριακού θορύβου στους οικισμούς, που βρίσκονται πλησίον υπεραστικών οδών. Για την πραγματοποίηση του σκοπού της εργασίας εξετάζεται το παράδειγμα του κάθετου άξονα της Εγνατίας Οδού "Θεσσαλονίκης – Προμαχώνα" στο τμήμα που διέρχεται πλησίον των οικισμών "Βαμβακόφυτο" και "Προμαχώνα" και του κόμβου "Ν. Πετριτσίου".

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο κυκλοφοριακός θόρυβος επηρεάζει την ποιότητα ζωής, την υγεία και την καθημερινή ζωή των ανθρώπων γίνεται μια σύντομη ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κυκλοφοριακής ροής, καθώς και μια εκτίμηση του κυκλοφοριακού θορύβου ως μία από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της στο περιβάλλον. Παρουσιάζονται οι υπολογισμοί στο πλαίσιο της πραγματοποίησης του βασικού σκοπού της εργασίας και ολοκληρώνεται με επιτυχία η πρόβλεψη του επιπέδου του κυκλοφοριακού θορύβου.

Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης CTRN (Calculation of Road Traffic Noise) προέκυψε ότι: (α) η μεταβολή της ταχύτητας κατά 20 km/h μεταβάλλει το επίπεδο θορύβου κατά 1dB(A), (β) η κατασκευή ηχοπετάσματος ύψους 3,50 μ., που παρεμβάλλεται σε απόσταση 25,00 μ. από το δέκτη μειώνει

το επίπεδο θορύβου κατά 17dB(A), (γ) κάθε επιπρόσθετο μέτρο στο ύψος των ηχοπετασμάτων επιφέρει επιπλέον μείωση στα επίπεδα θορύβου γύρω στα 2 dB(A), (δ) η μεταβολή της θέσης του ηχοπετάσματος μεταξύ πηγής και δέκτη, σε απόσταση 2,00 μ., μειώνει το θόρυβο κατά 2dB(A) και (ε) ο συνδυασμός ηχοπετασμάτων με πυκνή ζώνη φύτευσης δίνει καλύτερα δυνατά αποτελέσματα στην ηχοπροστασία αλλά και στη βελτίωση της αισθητικής του τεχνικού.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Θόρυβος

Τα υψηλά επίπεδα θορύβου προκαλούν ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα εξαιτίας των επιπτώσεών του στη ζωή και στην υγεία των ανθρώπων. Η πιθανότητα και μόνο ότι ο θόρυβος έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων ήταν και είναι ένα πολύ ισχυρό κίνητρο για έρευνα και το σημαντικότερο επιχείρημα για τη λήψη μέτρων μείωσης θορύβου (Nelson, 1997).

Θόρυβος είναι κάθε ανεπιθύμητος ήχος. Αυτός ο ορισμός είναι κοινωνικός και διαφέρει από τον ήχο χωρίς τονικότητα που είναι ο φυσικός ορισμός του θορύβου. Ακόμη και μια μελωδία που δεν επιτρέπει τον ύπνο είναι όχληση – θόρυβος (Τσινίκας, 2002).

Τα βασικά χαρακτηριστικά του θορύβου, είναι η στάθμη του και η συχνότητα. Ο κυκλοφοριακός θόρυβος είναι μια από τις μεγαλύτερες οχλήσεις, που υφίσταται ο άνθρωπος στις μεγάλες πόλεις (Μανατάκης, 2003). Έτσι έχουν γίνει προσπάθειες δημιουργίας μοντέλων πρόβλεψής του, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τον κυκλοφοριακό θόρυβο μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: κυκλοφοριακούς, ατμοσφαιρικούς και της γεωμετρίας της οδού. Στους κυκλοφοριακούς παράγοντες περιλαμβάνονται ο κυκλοφοριακός φόρτος, η σύνθεση της κυκλοφορίας, η ταχύτητα και η κατανομή της κυκλοφορίας. Στους ατμοσφαιρικούς παράγοντες περιλαμβάνονται η διεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου και τέλος στη γεωμετρία της οδού περιλαμβάνονται η κλίση και το πλάτος της οδού, το είδος της επιφάνειας του οδοστρώματος και το αν η οδός βρίσκεται σε όρυγμα ή επίχωμα.

Στον Πίνακα 1.1. που ακολουθεί, δίδεται συνοπτικά η αξιολόγηση των περιβαλλοντι-

κών επιπτώσεων του τμήματος «Σέρρες – Προμαχώνας» του κάθετου άξονα της Εγνατίας οδού. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιείται κλίμακα από 0 έως 10, με χαρακτηρισμό “ασήμαντη” την επίπτωση με βαθμολογία 0(μηδέν) και “άκρως επικίνδυνη” την επίπτωση με βαθμολογία 10 (δέκα). Από την αξιολόγηση αυτή φαίνεται ως πιο σημαντική επίπτωση ο κυκλοφοριακός θόρυβος με βαθμολογία 9 (εννέα).

Πίνακας 1.1: Πίνακας περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο τμήμα της Εγνατίας Οδού Σέρρες – Προμαχώνα.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	Κυκλοφοριακός θόρυβος	Ατμοσφαιρική ρύπανση	Υδάτινη ρύπανση	Οικονομία	Οίκοлогия	Ιστορική ή αρχιτεκτονική προσβολή	Πολιτιστική προσβολή
Στοιχεία	Η οδός διέρχεται παραπλεύρως των ορίων οικισμών. Η αυξημένη κυκλοφοριακή ροή, αναμένεται να παρουσιάσει και υψηλό επίπεδο ηχορύπανσης.	Αυξημένη κυκλοφοριακή ροή, άρα και αναμενόμενη αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση.	Η οδός δεν διέρχεται από περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν ιδιαίτερο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον από άποψη υδάτινων πόρων.	Μέσω της οδού συνδέονται οι νομοί Θεσσαλονίκης και Σερρών με κατάληξη στον Προμαχώνα, όπου γίνεται και η σύνδεσή του με την Βουλγαρία και τον Πανευρωπαϊκό Διάδρομο. Στην πορεία εξέλιξης της οικονομικής ανάπτυξης, τόσο η Θεσσαλονίκη, όσο και οι πόλεις της Βόρειας Ελλάδας μπορούν να αποτελέσουν κέντρα δραστηριοτήτων του ευρύτερου βαλκανικού χώρου.	Χλωρίδα και πανίδα εκτεθειμένες λόγω κατοικημένης περιοχής με πυκνή βλάστηση.	Η χάραξη της οδού δεν διέρχεται εντοπισμένου ιστορικού ή αρχαιολογικού χώρου. Η κατοικημένη περιοχή βρίσκεται στη μια μόνο πλευρά της οδού και δεν παρεμποδίζει τη μορφολογία της περιοχής.	Παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής, ενισχύεται και η πολιτιστική προβολή του Νομού Σερρών και της Ελλάδας γενικότερα. Αποκατάσταση της επικοινωνίας στους απομονωμένους Νομούς, οι οποίοι αναμένεται να προσελκύσουν δραστηριότητες Βιομηχανίας και Τουρισμού, που θα συγκρατήσουν τον πληθυσμό στις περιοχές του.
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ¹	9/10	7/10	0/10	3/10	6/10	0/10	3/10

Πολλά διαφορετικά μοντέλα πρόβλεψης κυκλοφοριακού θορύβου έχουν προταθεί, αλλά, οι απόψεις σχετικά με τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε όλα τα περιβάλλοντα διίστανται.

Οι Barry and Reagan (1978) αναφέρουν ότι ο κυκλοφοριακός θόρυβος των περιφερειακών αρτηριών δημιουργεί προβλήματα στις περιβαλλόμενες περιοχές, ειδικά στην περίπτωση υψηλής κυκλοφοριακής ροής και υψηλών ταχυτήτων. Πολλές χώρες έχουν αναπτύξει μοντέλα κυκλοφοριακού θορύβου, βασιζόμενα σε διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες και διαφορετικά χαρακτηριστικά της κυκλοφοριακής ροής. Αυτό κάνει τη χρήση των μοντέλων αυτών μη αξιόπιστα όταν χρησιμοποιούνται σε πολύ διαφορετικές συνθήκες.

Οι Li et al. (2003), επιλέγοντας το μοντέλο CRTN (Calculation of Road Traffic Noise) ως μέθοδο πρόβλεψης, διευκρινίζουν τις αρχές ανάπτυξης μιας νέας μεθοδολογίας για

¹ Ο βαθμός αξιολόγησης έχει ως εξής:

0 (δεν προκαλεί πρόβλημα)

5 (μετρίας επικινδυνότητας)

10(άκρως επικίνδυνος παράγοντας)

την πρόβλεψη επιπέδων θορύβου σε ένα εξώστη κτιρίου. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι πειραματική και μπορεί να εναρμονιστεί με κάθε ένα από τα μοντέλα πρόβλεψης, όπως από το CRTN.

Οι Farina and Fausti (1995), χρησιμοποιώντας μοντέλα πρόβλεψης του γερμανικού κώδικα RLS 81, πραγματοποίησαν ανάλυση της αρχικής κατάστασης καθώς και του σχεδιασμού ηχοπετασμάτων.

Όλες αυτές αλλά και άλλες παρόμοιες μέθοδοι πρόβλεψης χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του κυκλοφοριακού θορύβου σε μεγάλα έργα υποδομής.

Η χρήση της “Βρετανικής Μεθόδου Πρόβλεψης” ως μέθοδο υπολογισμού του κυκλοφοριακού θορύβου υπεραστικών οδών έχει εγκριθεί από το αντίστοιχο τμήμα περιβάλλοντος του Υπουργείου Μεταφορών της Μεγάλης Βρετανίας και έχει υιοθετηθεί από την αντίστοιχη υπηρεσία της Ελλάδας.

1.2 Μέτρα αντιμετώπισης ηχορύπανσης

1.2.1. Ηχοπετάσματα

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της ηχορύπανσης πραγματοποιείται κυρίως με τη βοήθεια κατασκευαστικών μέτρων στην οδό, όπως ειδικών έργων, ειδικού τύπου οδοστρώματος, και ηχοπετάσματος. Τα ηχοπετάσματα είναι ειδικές κατασκευές που τοποθετούνται παράλληλα στην οδό και στόχο έχουν τη μείωση των υψηλών επιπέδων θορύβου, που δημιουργούνται από την κυκλοφορία των οχημάτων. Η επίτευξη της μείωσης οφείλεται στην απορρόφηση, μεταβίβαση, αντανάκλαση και διάθλαση του ήχου κατά το πέρασμα του από αυτά. Η διάθλαση των ηχητικών κυμάτων γύρω από ένα εμπόδιο λαμβάνει χώρα στην κορυφή του ηχοπετάσματος. Η πορεία που ακολουθεί είναι ανάλογη με εκείνη των δύο άλλων κυματικών φαινομένων, φωτός και ύδατος. Λόγω της φυσικότητας των ηχητικών κυμάτων, η διάθλαση δεν έχει την ίδια κατεύθυνση για ολόκληρο το φάσμα των συχνοτήτων. Σε υψηλές συχνότητες (κοντύτερα μήκη κύματος) διαθλώνται σε μικρότερο βαθμό, ενώ σε χαμηλές συχνότητες (μακρύτερα μήκη κύματος) διαθλώνται βαθύτερα στη ζώνη σκιάς πίσω από τα ηχοπετάσματα (Kotzen and Eglisch, 1999).

Τα ηχοπετάσματα πρέπει να έχουν ένα απαιτούμενο ελάχιστο ύψος και μήκος έτσι ώστε μικρό τμήμα του ήχου, να διαθλάται πέρα από το άκρο τους. Εάν το ηχοπέτασμα

δεν καλύπτει την περιοχή επαρκώς ως προς το μήκος, τότε η απόσταση του σημείου λήψης από το άκρο τους, να είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την κάθετη απόσταση του από αυτά.

1.2.2. Χρήση κατάλληλης φύτευσης

Η χρήση κατάλληλης φύτευσης αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους και πιο καλαίσθητους τρόπους μείωσης της στάθμης ηχορύπανσης. Η αποτελεσματικότητα της χρήσης των φυτών στον έλεγχο θορύβων εξαρτάται από αυτή καθ' αυτή τη φύση των θορύβων, το είδος των φυτών, τη δομή της φύτευσης και από τις κλιματολογικές συνθήκες. Εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο το δάσος μειώνει τους θορύβους κατά 7 dB(A) ανά 30,00 μ. απόστασης. Η μείωση αυτή εξαρτάται από το είδος βλάστησης, το ύψος των δέντρων και τη δομή του δάσους. Τη μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζουν τα κηπευτά δάση (8-12 dB(A)), τα δάση δηλαδή, που περιλαμβάνουν δένδρα διαφορετικών ηλικιών και επομένως διαφορετικού ύψους και τη μικρότερη, ομοιόμορφες συστάδες (8-12 dB(A)). Έρευνες του Γεωπονικού Πανεπιστημίου στον εθνικό κήπο (Papafotiou et al. 2004), απέδειξαν ότι πυκνή βλάστηση από δένδρα και θάμνους μειώνουν κατά 2dB(A) έως 4dB(A) περισσότερο το κυκλοφοριακό θόρυβο σε σχέση με εκτάσεις που καλύπτονται με χλοοτάπητα και χαμηλή βλάστησης. Οι γερμανικοί κανονισμοί προστασίας (Schuizgenen Verkehrslarm, 1988) αναφέρουν ότι για να πραγματοποιηθεί μια αντιληπτή μείωση κυκλοφοριακού θορύβου σε σύγκριση με την ελεύθερη διάδοση του θορύβου, απαιτείται πυκνή βλάστηση συμπαντικού βάθους με αρκετό ύψος και συνεχίζουν πως όταν η διάδοση του ήχου γίνεται μέσα από πυκνή βλάστηση με φυλλωσιά, υπολογίζεται μια πρόσθετη μείωση της τάξης του 1,5 dB(A) κάθε 10 μέτρα βάθους βλάστησης. Η μείωση του θορύβου από τη φύτευση εξετάστηκε από διάφορους ερευνητές όπως ο Heisler et al. (1987), Aylor (1972). Αείφυλλα είδη είναι περισσότερο αποτελεσματικά για τη μείωση θορύβων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Βογιατζής κ.α. 1990, Ντάφης 2000). Οι γαλλικοί κανονισμοί (Guide de bruit des Transport Terrestres), βασισμένοι στα αποτελέσματα του εθνικού κέντρου δασικών ερευνών της Γαλλίας δέχονται ότι οι ζώνες πρασίνου μπορούν να επιτύχουν σημαντικές μειώσεις του κυκλοφοριακού φόρτου κατά 5-10 dB(A) ανά 10 μέτρα φύτευσης. Ο συνδυασμός δε φυτεύσεων και αντιθορυβικών πετασμάτων διαφό-

ρων τύπων κατασκευής, μπορεί να είναι απολύτως αποτελεσματικός, χωρίς βέβαια η αποτελεσματικότητα αυτή να ξεπερνά το 1,5 dB (A) ανά 10 μ. φύτευσης (Βογιατζής κ.α. 1990). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ερευνών της διεθνούς εμπειρίας, διαπιστώθηκε ότι οι ζώνες πρασίνου μπορούν να ενταχθούν όχι μόνο στο πλαίσιο των προσπαθειών για τη μείωση του θορύβου, αλλά και να δώσουν μια λύση στο πρόβλημα της οπτικής ρύπανσης που προκαλούν τα συνήθη αντιθορυβικά πετάσματα.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

2.1. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε χωρίζεται στα παρακάτω στάδια:

- ♦ Τοπογραφικό, κυκλοφοριακό και μετεωρολογικό πληροφοριακό υλικό της περιοχής.
- ♦ Ανάλυση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου.
- ♦ Εφαρμογή της “Βρετανικής Μεθόδου Πρόβλεψης” σε κατάλληλα επιλεγμένα σημεία της οδού για τον υπολογισμό του κυκλοφοριακού θορύβου.
- ♦ Σύγκριση των αποτελεσμάτων και διερεύνηση των αιτιών στις τυχόν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα θορύβου που υπολογίστηκαν.
- ♦ Πρόταση μεθόδων μείωσης του επιπέδου του κυκλοφοριακού θορύβου, στα σημεία όπου το επίπεδο αυτού υπερβαίνει τα επιτρεπόμενα όρια.
- ♦ Πρόταση υλικών ηχοπετασμάτων και φύτευσης για τη μείωση του επιπέδου του κυκλοφοριακού θορύβου.
- ♦ Εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων επί του προβλήματος της ηχορύπανσης.

2.2. Υλικά

Οι δείκτες κυκλοφοριακού θορύβου, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία ΦΕΚ 395Β/19-06-1992, είναι η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου L_{eq} και ο δείκτης $L_{10}(18)$. Η ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου L_{eq} είναι η στάθμη θορύβου, που σε μια ορισμένη χρονική στιγμή έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου στην ίδια χρονική περίοδο, για τις ώρες από τις 8.00 π.μ. ως τις 20.00 μ.μ. Το όριο θορύβου για το δείκτη L_{eq} , για μια υπεραστική οδό είναι 67 dB(A). Ανάλογα ο δείκτης $L_{10}(18)$ είναι η αριθμητική μέση τιμή των 18 ξεχωριστών ωριαίων τιμών του δείκτη L_{10} , για τις

ώρες από 6.00 π.μ. ως τις 24.00 μ.μ. και το όριο θορύβου για μια υπεραστική οδό είναι 70 dB(A).

Οι μέθοδοι πρόβλεψης χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του βαθμού έκθεσης στον κυκλοφοριακό θόρυβο από μια υπάρχουσα ή υπό σχεδιασμό οδό. Οι μέθοδοι πρόβλεψης μπορούν με ευρύτητα να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες. Στην πρώτη ομάδα, ανήκουν οι μέθοδοι που επιτρέπουν τον υπολογισμό του επιπέδου του κυκλοφοριακού θορύβου με τη χρήση μιας σειράς απλών πινάκων, διαγραμμάτων και νομογραφημάτων. Ο δεύτερος τύπος μεθόδων βασίζεται πλήρως σε χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εκτελέσει ένα μεγάλο πλήθος λεπτομερών υπολογισμών, να εισαγάγει ικανοποιητικό αριθμό παραμέτρων του προβλήματος. Στην τρίτη ομάδα ανήκουν τα μοντέλα «φυσικής» κλίμακας, τα οποία χρησιμοποιούνται ειδικά στις περιπτώσεις, όπου το θεωρητικό μοντέλο αδυνατεί να συνδεθεί επαρκώς με την κατάσταση του εδάφους της οδού και με τα χαρακτηριστικά των χρήσεων γης (Baker, 1975).

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΒΡΕΤΑΝΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, στην Ελλάδα για τις υπεραστικές οδούς χρησιμοποιείται η "Βρετανική Μέθοδος Πρόβλεψης". Η μεθοδολογία, που ακολουθείται για τον υπολογισμό του θορύβου οδικής κυκλοφορίας, προέρχεται από την έκθεση της βρετανικής Διεύθυνσης Μεταφορών Welsh Office. Η έκθεση αυτή παρέχει μια γενική μέθοδο υπολογισμού για την πρόβλεψη θορύβου σε μια απόσταση από το δρόμο, λαμβάνοντας υπόψη κυκλοφοριακές παραμέτρους, την κάλυψη του εδάφους στην περιλαμβανόμενη περιοχή, τον τύπο του δρόμου και την όλη μορφή της περιοχής.

3.1. Μεθοδολογία εφαρμογής

Η μεθοδολογία του βρετανικού μοντέλου λαμβάνει όλα τα επίπεδα θορύβου σύμφωνα με το δείκτη L_{10} (18ώρου), όπου είναι ο μέσος όρος των τιμών των ωριαίων L_{10} για κάθε μια από τις δεκαοκτώ ωριαίες περιόδους, μεταξύ 6:00 π.μ. και 24:00 μ.μ

Η "Βρετανική Μέθοδος Πρόβλεψης" του επιπέδου θορύβου, που προέρχεται από την κυκλοφοριακή ροή οχημάτων σε μια οδό, σε ένα σημείο, εφαρμόζεται στα εξής στάδια:

- Διαιρέση της οδού σε ένα ή περισσότερα τμήματα με τέτοιο τρόπο, ώστε η μεταβολή

του επιπέδου του θορύβου στο κάθε τμήμα να είναι μικρή.

- Υπολογισμός του βασικού επιπέδου θορύβου για κάθε τμήμα σε απόσταση αναφοράς 10 μ. από την οριογραμμή της οδού.
- Εκτίμηση για κάθε τμήμα του επιπέδου θορύβου στο δέκτη, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της απόστασης του δέκτη από την πηγή, της φύσης του εδάφους και της ύπαρξης παρεμβαλλόμενων εμποδίων στη βασική στάθμη θορύβου.
- Διόρθωση του βασικού επιπέδου θορύβου, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της περιοχής συμπεριλαμβανομένων των αντανakλάσεων από κτίρια και του μεγέθους του τμήματος της οδού.
- Συνδυασμός των αποτελεσμάτων όλων των τμημάτων, με σκοπό την πρόβλεψη του επιπέδου θορύβου για το σύνολο της οδού.

3.2. Υπολογισμός συνεισφοράς επιπέδου θορύβου για κάθε τμήμα της οδού

Υπολογισμός του επιπέδου θορύβου με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο Q

Η επίδραση της κυκλοφοριακής ροής στον υπολογισμό της βασικής στάθμης θορύβου υπολογίζεται με βάση τη σχέση :

$$L_Q = 29,10 + 10 \log Q \quad (1)$$

όπου:

L_Q : βασικό επίπεδο θορύβου, σύμφωνα με τον κυκλοφοριακό φόρτο σε dB(A)

Q : κυκλοφοριακός φόρτος σε οχήματα /18ωρο

Επίδραση ποσοστού βαρέων οχημάτων και της ταχύτητας των οχημάτων στον υπολογισμό βασικού επιπέδου θορύβου

$$L_{V,P} = 33 \log \left(V + 40 + \frac{500}{V} \right) + 10 \log \left(1 + \frac{5P}{V} \right) - 68,8 \text{ dB(A)} \quad (2)$$

όπου:

$L_{V,P}$: επίπεδο θορύβου σύμφωνα με την ταχύτητα και το ποσοστό βαρέων οχημάτων σε dB(A)

V : ταχύτητα οχημάτων σε km/h

P : κυκλοφοριακός φόρτος σε οχήματα /18ωρο

Υπολογισμός διορθωτικού συντελεστή, που λαμβάνει υπόψη την κλίση οδού

$$L_G = 0,30G \quad (3)$$

όπου:

L_G : βασικό επίπεδο θορύβου σύμφωνα με την κλίση της οδού σε dB(A)

G : κλίση της οδού επί τοις εκατό με τιμές από 0% έως 100%

Επίδραση του είδους της επιφάνειας της οδού στο βασικό επίπεδο θορύβου

$$L_s = s(4 - 0,03p) \quad (4.1)$$

όπου:

L_s : βασικό επίπεδο θορύβου, σύμφωνα με το είδος της επιφάνειας της οδού σε dB(A)

s : μήκος αυλάκωσης μεγαλύτερο από 5mm

$$L_s = s(4 - 0,03p) = 0 \quad (4.2)$$

όπου:

L_s : βασικό επίπεδο θορύβου, σύμφωνα με το είδος της επιφάνειας της οδού σε dB(A)

όταν το μήκος αυλάκωσης είναι μικρότερο από 5mm

Υπολογισμός της επίδρασης της απόστασης, ανάλογα με το είδος της επιφάνειας του εδάφους

Στην περίπτωση διάδοσης του ήχου επί εδάφους, η επιφάνεια του οποίου είναι κυρίως (περισσότερο από 50%) μη απορροφητική σκληρή, το επίπεδο θορύβου δίνεται από τη σχέση:

$$L_{Dh} = -10 \log\left(\frac{d'}{13,5}\right) \quad (5.1)$$

$$d' = [(d + 3,5)^2 + (h - 0,50)^2]^{\frac{1}{2}}$$

όπου:

L_{Dh} : βασικό επίπεδο θορύβου σύμφωνα με το είδος της επιφάνειας του εδάφους μεταξύ της πηγής και του δέκτη σε dB(A)

d' : η ελάχιστη απόσταση από την πηγή σε m

h : η κατακόρυφη απόσταση του δέκτη μέχρι την νοητή προέκταση από την πηγή σε m

Στις περιπτώσεις όπου η επιφάνεια εδάφους μεταξύ της γραμμικής πηγής θορύβου και του σημείου λήψης έχει απορροφητικές ιδιότητες όπως μαλακό έδαφος ισχύουν τα εξής:

$$L_{Ds} = -10 \log\left(\frac{d'}{13,5}\right) + 5,2 \log\left[\frac{3h}{(d+3,5)}\right] \quad \text{για τιμές } 1 < h < \left(\frac{d+3,5}{3}\right) \quad (5.2)$$

$$L_{Ds} = -10 \log\left(\frac{d'}{13,5}\right) \quad \text{για τιμές } h > \left(\frac{d+3,5}{3}\right)$$

όπου:

L_{Ds} : βασικό επίπεδο θορύβου, σύμφωνα με το είδος της επιφάνειας του εδάφους μεταξύ της πηγής και του δέκτη σε dB(A)

d' : η ελάχιστη απόσταση από την πηγή σε m

h : η κατακόρυφη απόσταση του δέκτη μέχρι τη νοητή προέκταση από την πηγή σε m

Υπολογισμός της επίδρασης της οπτικής γωνίας θ στο επίπεδο θορύβου

$$L_{\alpha} = 10 \log\left(\frac{\theta}{180}\right) \quad (6)$$

όπου:

L_{α} : βασικό επίπεδο θορύβου, σύμφωνα με τη γωνία μεταξύ της πηγής και του δέκτη σε dB(A)

θ : η γωνία μεταξύ της πηγής και του δέκτη σε degrees ($^{\circ}$) .

Διόρθωση λόγω ύπαρξης εμποδίου

Η επίδραση των εμποδίων, της περιορισμένης γωνίας όψεως του δρόμου, της ανάκλασης των κοντινών επιφανειών, χρειάζεται να ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό του θορύβου.

Η διόρθωση λόγω περίθλασης δίνεται από τη σχέση:

$$L_B = A_0 + A_1 X + A_2 X^2 + \dots + A_n X^n = \sum_{i=0}^n A_i X_i \quad (7)$$

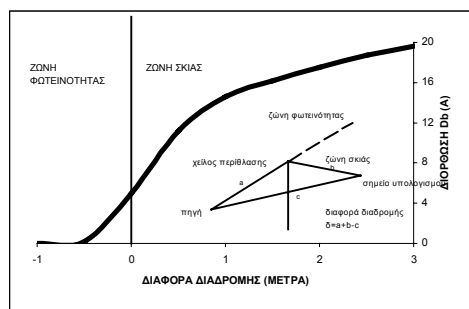
$$X = \log(a+b-c)$$

όπου:

L_B : διόρθωση θορύβου λόγω ύπαρξης εμποδίου σε dB(A)

A_i : η διαδρομή από περίθλαση (αριθμός) Πίνακας 2.1

X : η διαφορά διαδρομής της απευθείας διαδρομής, μεταξύ σημείου λήψης και δρόμου σε m.



Σχήμα 1: Διόρθωση του θορύβου λόγω ύπαρξης επιμήκους φράγματος, συνάρτησε της διαφοράς διαδρομής.

Πηγή "Department of Transport and Welsh Office ,1988.Calculation of Road Traffic Noise. HMSO, London»

Πίνακας 2.1: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΙ

Ζώνη σκιάς		Ζώνη Φωτεινότητας	
-3<X<1.2	-15.4	-4<X<0	0
A ₀	-8.26	A ₀	+0.109
A ₁	-2.787	A ₁	-0,185
A ₂	-0.831	A ₂	+0.479
A ₃	-0.198	A ₃	+0.3284
A ₄	+0.1539	A ₄	+0.04385
A ₅	+0.12248	A ₅	
Ζώνη σκιάς		Ζώνη Φωτεινότητας	
A ₆	+0.2175	A ₆	

Έξω από το πεδίο ισχύος η διόρθωση ορίζεται ως εξής:

Ζώνη σκιάς		Ζώνη Φωτεινότητας	
X<-3	A=-5	X<-4	A=-5
X>1.2	A δεν προσδιορίζεται	X>0	A=0

Πηγή "Department of Transport and Welsh Office ,1988.Calculation of Road Traffic Noise. HMSO, London»

4. ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΡΕΤΑΝΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

4.1. Υπολογισμός πρόβλεψης επιπέδου θορύβου της υπεραστικής οδού «Σέρρες- Προμαχώνας»

Σε επιλεγμένες θέσεις της εθνικής οδού έχουν κατασκευαστεί κόμβοι για τη σύνδεση της υπεραστικής οδού με τους οικισμούς και με το υπόλοιπο επαρχιακό δίκτυο. Επιλέγονται τρεις χαρακτηριστικές θέσεις για την πρόβλεψη θορύβου στο τμήμα της υπεραστικής οδού «Σέρρες –Προμαχώνας».

Το σημείο 1 - οικισμός Βαμβακόφυτο - αποτελεί τη σύνδεση εθνικής οδού για το τμήμα Παλαιόκαστρο – Σιδηρόκαστρο, τα δε κτίσματα στο σημείο αυτό βρίσκονται σε κοντινότερη απόσταση από το οδόστρωμα. Το σημείο 2 – ο κόμβος Νέου Πετρίτσιου - αποτελεί

τη σύνδεση εθνικής οδού Σερρών και Κιλκίς με τη Βουλγαρία. Τέλος το σημείο 3 - οικισμός Προμαχώνας - αποτελεί τον τελευταίο οικισμό στα σύνορα της χώρας μας με τη Βουλγαρία.

Η πρόβλεψη θορύβου κατά τη λειτουργία του υπό μελέτη τμήματος Λευκώνας-Προμαχώνας, έγινε με βάση το βρετανικό μοντέλο, το οποίο βασίζεται στον υπολογισμό του δείκτη L_{10} (18ώρου). Τα βασικά δεδομένα της πρόβλεψης θορύβου είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος, η ταχύτητα μελέτης, το ποσοστό των βαρέων οχημάτων επί του συνολικού φορτίου και η κλίση της μηκοτομής του τμήματος. Οι τιμές του μέσου ημερήσιου κυκλοφοριακού φόρτου 18ώρου και το ποσοστό βαρέων οχημάτων είναι σύμφωνα με τα δεδομένα της 14^{ης} Π.Υ.Δ.Ε. για το έτος 2010. Η ταχύτητα μελέτης και η κλίση της μηκοτομής των τμημάτων δίνονται από τη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων «Βελτίωση Εθνικής οδού Σερρών –Προμαχώνα» και από τη μελέτη ανισόπεδου κόμβου «Νέου Πετριτσίου-Προμαχώνας» (Βλαστός Μπιρμπίλη, 2001).

Ο θόρυβος υπολογίζεται σε απόσταση 25,00 μ. από το οδόστρωμα και για διαφορά ύψους 1,00 μ.

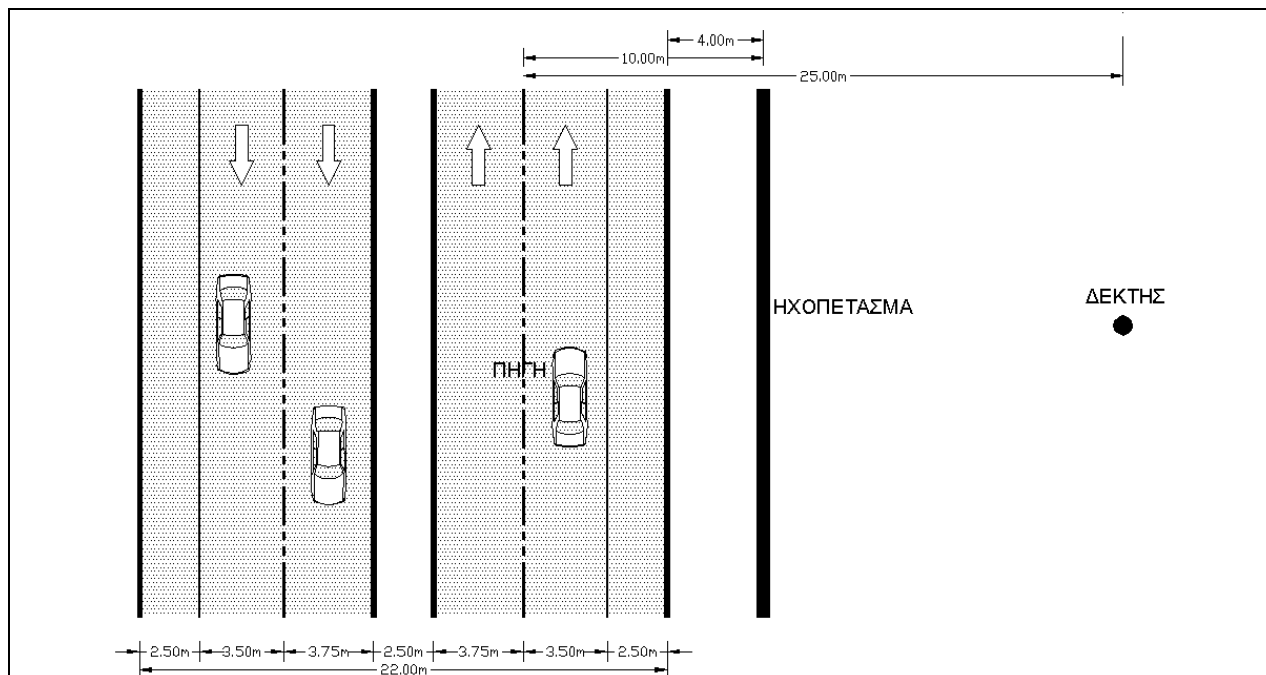
Στον Πίνακα 3.1α σύμφωνα με τα δεδομένα και με χρήση των τύπων υπολογίζεται η στάθμη θορύβου για τον οικισμό Βαμβακόφυτο Σερρών ίση με 72,60dB(A). Η στάθμη θορύβου υπερβαίνει την ανώτατη οριακή τιμή και προτείνεται κατασκευή ηχοπετάσματος ύψους 3,50 μ. με απόσταση 4,00 μ. από το οδόστρωμα και απόσταση πλησιέστερου κτίσματος 25.00 μ. από το όριο οδοστρώματος. Η μείωση επιπέδου θορύβου, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1.β, με την τοποθέτηση ηχοπετάσματος είναι 17,22 dB(A) και το επίπεδο θορύβου γίνεται 55,38 dB(A). (Σχήμα 2,3)

Πίνακας 3.1.α: Πρόβλεψη στάθμης θορύβου $L(10)$ στο σημείο 1 οικ. Βαμβακόφυτο.

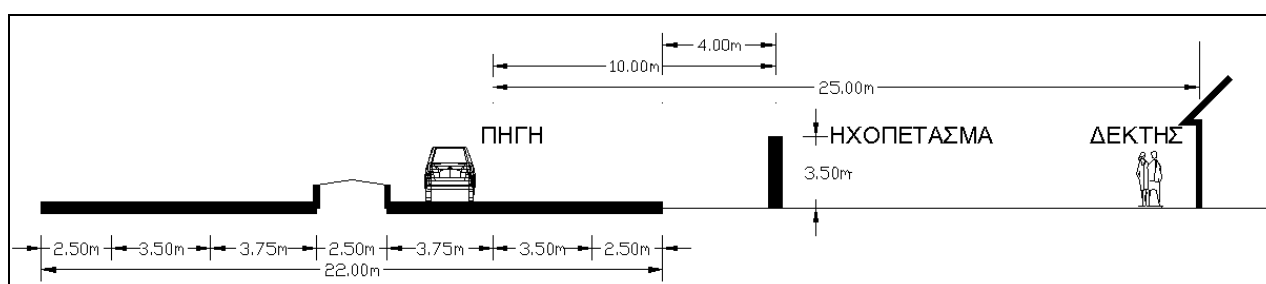
Δεδομένα	Μονάδες	Τιμές
Κυκλοφοριακός φόρτος 18ώρου (06.00-24.00)	οχήματα	4610
Μέση ταχύτητα οχημάτων	km/h	100,0
Ποσοστό βαρέων οχημάτων	%	33,00
Μέση κλίση του υπό μελέτη τμήματος	%	1,42
Είδος εδάφους μετάδοσης ήχου	Μαλ/Σκλ	μαλακό
Οπτική γωνία οδού από το σημείο πρόβλεψης	μοίρες	170
Απόσταση από την άκρη του δρόμου	m	24
Διαφορά ύψους από το δρόμο	m	1
ΣΥΝΟΛΟ	dB(A)	72,6

Πίνακας 3.1.β: Κατασκευή ηχοπετάσματος για μείωση θορύβου στο σημείο 1 οικ. Βαμβακόφυτο.

Δεδομένα και αποτελέσματα		Μονάδες	Τιμές
Ύψος ηχοπετάσματος	h	m	3,50
Απόσταση ηχοπετάσματος από το δρόμο		m	10,00
Ύψος σημείου πρόβλεψης		m	1
Απόσταση σημείου από την άκρη του δρόμου		m	25
Αποστάσεις:	$\delta=a+b-c$	-	1,6
Επίδραση ηχοπετάσματος		dB(A)	17,22



Σχήμα 2: Κάτοψη οδού με την τοποθέτηση ηχοπετάσματος.



Σχήμα 3: Τομή οδού με την τοποθέτηση ηχοπετάσματος.

Στους Πίνακες 3.2. και 3.3., σύμφωνα με τα στοιχεία της υπεραστικής οδού και με χρήση των τύπων υπολογίζεται η στάθμη θορύβου στο κόμβο Ν. Πετριτσίου και στον οικισμό Προμαχώνα ίσο με 68,10 dB(A) και 68,80 dB(A) αντίστοιχα. Η στάθμη θορύβου δεν υπερβαίνει την ανώτατη οριακή τιμή και δεν απαιτείται να ληφθούν μέτρα ηχοπροστασίας.

Πίνακας 3.2: Πρόβλεψη στάθμης θορύβου L(10) σημείο 2 κόμβος Νέου Πετритσίου.

Δεδομένα	Μονάδες	Τιμές
Κυκλοφοριακός φόρτος 18ώρου (06.00-24.00)	οχήματα	1545
Μέση ταχύτητα οχημάτων	Km / h	100,0
Ποσοστό βαρέων οχημάτων	%	46,00
Μέση κλίση του υπό μελέτη τμήματος	%	0,42
Είδος εδάφους μετάδοσης ήχου	Μαλ/Σκλ	Μαλακό
Οπτική γωνία οδού από το σημείο πρόβλεψης	μοίρες	170
Απόσταση από την άκρη του δρόμου	m	24
Διαφορά ύψους από το δρόμο	m	1
ΣΥΝΟΛΟ	dB(A)	68,1

Πίνακας 3.3: Πρόβλεψη στάθμης θορύβου L(10) σημείο 3 Προμαχώνας.

Δεδομένα	Μονάδες	Τιμές
Κυκλοφοριακός φόρτος 18ώρου (06.00-24.00)	-	1880
Μέση ταχύτητα οχημάτων	km/h	100,0
Ποσοστό βαρέων οχημάτων	%	38,00
Μέση κλίση του υπό μελέτη τμήματος	%	0,13
Οπτική γωνία οδού από το σημείο πρόβλεψης	μοίρες	160
Απόσταση από την άκρη του δρόμου	m	100
Διαφορά ύψους από το δρόμο	m	1
ΣΥΝΟΛΟ	dB(A)	68,8

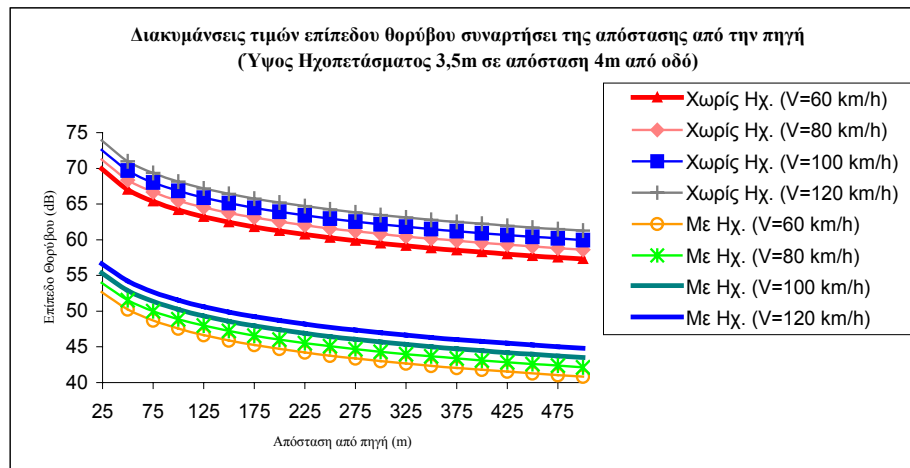
4.2. Συμπεράσματα και μέτρα αντιμετώπισης ηχορύπανσης για το τμήμα του κάθετου οδικού άξονα «Σέρρες - Προμαχώνας»

Η παρούσα εργασία ασχολείται με το πρόβλημα της ηχορύπανσης και την επιλογή μέτρων μείωσης θορύβου, όταν η οδός διέρχεται σε κοντινή απόσταση από κατοικίες. Χρησιμοποιώντας τα βασικά δεδομένα πρόβλεψης θορύβου της εθνικής οδού, γίνεται συγκριτική ανάλυση επιπέδων θορύβου υπό μορφή γραφημάτων με βάση τα δεδομένα.

4.2.1. Μείωση επιπέδου θορύβου μεταβάλλοντας την ταχύτητα των οχημάτων

Ο τύπος της οδού με κεντρική νησίδα στη μέση και δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, επιφέρει αύξηση της ταχύτητας διέλευσης των οχημάτων. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί η επίδραση της στο επίπεδο θορύβου, συναρτήσει της ύπαρξης ηχοπετάσματος και της απόστασης από την πηγή.

Στη συνέχεια, υπό μορφή γραφήματος, με βάση τα δεδομένα στο σημείο 1 συναρτήσει της απόστασης από την πηγή υπολογίζονται τα επίπεδα θορύβου.

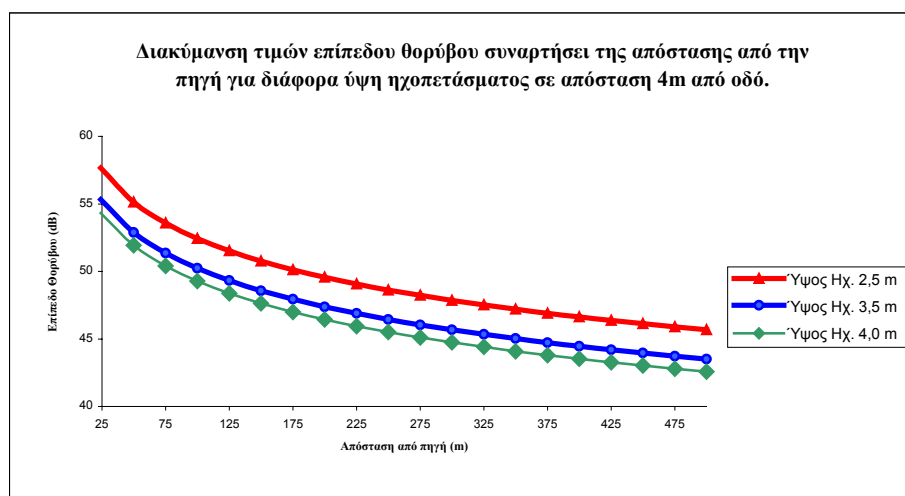


Γράφημα 4.1: Μεταβολή επιπέδου θορύβου συναρτήσει της απόστασης και της ταχύτητας. Από το παραπάνω Γράφημα 4.1 εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Η μεταβολή της ταχύτητας μεταβάλλει το επίπεδο θορύβου κατά 1 dB(A) γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν απαιτείται η θέσπιση μέτρων μείωσης ταχύτητας, αφού δεν επιφέρει ιδιαίτερη μεταβολή του επιπέδου θορύβου.
- Διαπιστώνεται μια διαφορά της τάξης των 17,22dB(A) με τη χρήση ή όχι του ηχοπετάσματος. Η παραπάνω διαφορά είναι σημαντική και αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα της ύπαρξης των ηχοπετασμάτων .
- Καθώς απομακρυνόμαστε από την πηγή, το επίπεδο θορύβου μειώνεται αισθητά και η μείωση αυτή σταθεροποιείται μετά από τα 400 μ.

4.2.2. Μείωση επιπέδου θορύβου μεταβάλλοντας το ύψος του ηχοπετάσματος

Στο Γράφημα 4.2. παρουσιάζεται η διακύμανση τιμών επιπέδου θορύβου στο σημείο 1 για διάφορα ύψη ηχοπετασμάτων συναρτήσει της απόστασης από την πηγή.



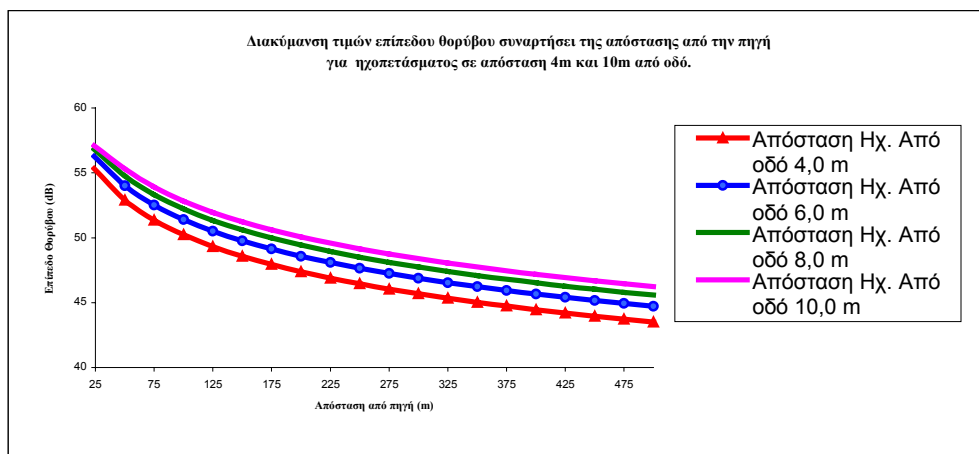
Γράφημα 4.2: Μεταβολή επιπέδου θορύβου συναρτήσει του ύψους ηχοπετάσματος και της απόστασης από την πηγή.

Με βάση το Γράφημα 4.2. εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Κάθε επιπρόσθετο μέτρο στο ύψος των ηχοπετασμάτων επιφέρει επιπλέον μείωση στα επίπεδα θορύβου γύρω στα 2 dB(A).
- Καθώς απομακρυνόμαστε από την πηγή, το επίπεδο θορύβου μειώνεται αισθητά και η μείωση αυτή σταθεροποιείται μετά από τα 400 μ.

4.2.3. Μείωση επιπέδου θορύβου μεταβάλλοντας τη θέση του ηχοπετάσματος

Επιπρόσθετα εξετάστηκε η μεταβολή της θέσης του ηχοπετάσματος μεταξύ πηγής και δέκτη. Με βάση το Γράφημα 4.3. και δεδομένα για το σημείο 1 παρατηρείται μια μεταβολή της τάξης των στα 2 dB(A) ανά 2μ απόσταση.



Γράφημα 4.3: Μεταβολή επιπέδου θορύβου συναρτήσει της θέσης του ηχοπετάσματος και της απόστασης από την πηγή.

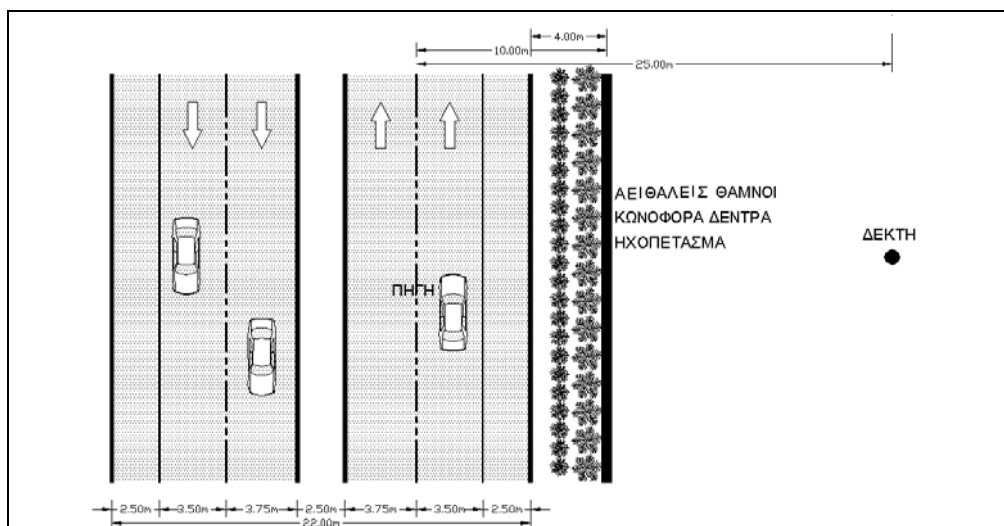
4.3. Προτεινόμενα μέτρα ηχορύπανσης στο σημείο 1 οικισμού Βαμβακόφυτο Σερρών

Η υπεραστική οδός «Σερρών – Προμαχώνα» διέρχεται κοντά από τον οικισμό Βαμβακόφυτο Σερρών, με άμεση συνέπεια τη δημιουργία έντονων προβλημάτων ηχορύπανσης. Είναι αναγκαίο να υπάρξουν λειτουργικές λύσεις που να αφορούν τόσο στην καλή απόδοση των μέτρων μείωσης του θορύβου, όσο και την αισθητική του τοπίου, ώστε να αποφευχθεί η δυσарέσκεια των κατοίκων (Οικονόμου, 2000, Τσώχος, 1997).

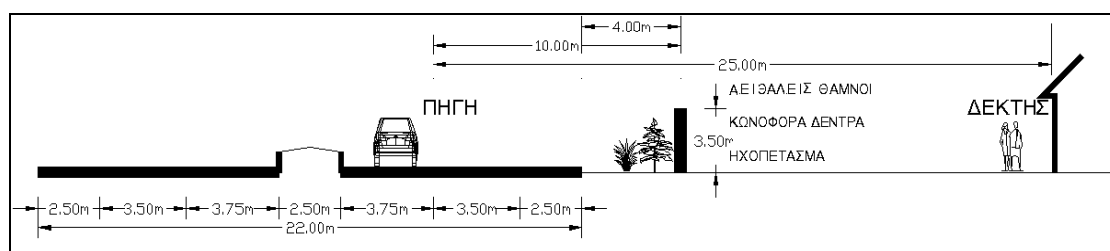
Αναμφισβήτητα τα ηχοπετάσματα αποτελούν την πλέον ενδεδειγμένη λύση όσον αφορά στην μείωση του θορύβου. Από την άλλη πλευρά όμως, η εφαρμογή ενός τέτοιου είδους ηχοπροστασίας θα δημιουργούσε μια έντονη δυσαρμονία στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Επομένως, θα πρέπει να προταθεί ηχοπέτασμα, όπου τα υλικά κατασκευής

του να προσαρμόζονται με τα στοιχεία της περιοχής.

Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες, με την ανάλογη βαρύτητα, προτείνουμε την τοποθέτηση ηχοπετασμάτων τύπου από ξύλο σε συνδυασμό με τη φύτευση θάμνων από την πλευρά των κατοικιών.



Σχήμα 4: Κάτοψη οδού με την τοποθέτηση ηχοπετάσματος και φύτευσης.



Σχήμα 5: Τομή οδού με την τοποθέτηση ηχοπετάσματος και φύτευσης.

4.3.1. Επιλογή φύτευσης ως ηχοπροστασία

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη μείωση του θορύβου, προτείνονται (σχήμα 3) αειθαλείς αυτοφυείς υψηλοί θάμνοι (1,5 μ. – 2,0 μ.), με πυκνή κόμη που θα φυτευτούν σε πρώτο επίπεδο (σε επαφή με το ηχοπέτασμα), όπως άρκευθος (*Juniperus communis*) και δάφνη (*Laurus nobilis*) και στη συνέχεια χαμηλότεροι αειθαλείς θάμνοι στο δεύτερο επίπεδο, σε τέτοια ποικιλία, ώστε να προσδίδουν και το καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα (χρώμα, μορφή, γραμμή) (Ελευθεριάδης, 1995, Ντάφης 2002, Georgi et al, 2001) όπως πικροδάφνη (*nerium oleander*), λυγαριά (*vitex agnus castus*), πουρνάρι (*quercus coccifera*), μυρτιά (*myrtus communis*), δεντρολίβανο (*rosmarinus officinalis*), ράμνος (*rammus alaternus*) και αναρριχώμενα φυτά κατά θέσεις, όπως αγιόκλημα (*Ionicera sp.*)

κλιματίδα (clematis sp.), κισσός (hedera helix), (Ελευθεριάδης, 1995, Ντάφης, 2002).

4.3.2. Επιλογή υλικού ηχοπετάσματος

Τα συνήθη υλικά κατασκευής ηχοπετάσματος στη Γαλλία και στις ΗΠΑ (FHWA, 2004) είναι:

Υλικά	Ποσοστό Χρήσης (%) Γαλλία – ΗΠΑ
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	60/55
Ηχοαπορροφητικά Τούβλα	2 / 30
Διαφανές Πλαστικό	22 / 5
Ξύλο	4 / 10



Σχήμα 6: Συνήθη υλικά ηχοπετασμάτων που χρησιμοποιούνται στη Γαλλία και Η.Π.Α.

Η κατασκευή ηχοπετασμάτων πρέπει να ικανοποιεί τους θεμελιώδεις κανόνες της αισθητικής. Βασικές αρχές για την επιλογή της μορφής των ηχοπετασμάτων είναι:

- Το ηχοπέτασμα να βοηθάει τον οδηγό στον καθορισμό της κίνησής του.
- Οι χρησιμοποιούμενες μορφές οφείλουν να προσαρμόζονται για λόγους ιστορικούς, πολιτιστικούς ή φυσικού περιβάλλοντος με τα στοιχεία της περιοχής.

Επιπρόσθετα, μπορεί να ειπωθεί για την επιλογή του υλικού ηχοπετάσματος, ότι στο ορεινό αγροτικό τοπίο καταλληλότερο υλικό θεωρείται το ηχοπέτασμα, που κατασκευάζεται από ξύλο. Κανένα δομικό υλικό δεν μπορεί να συγκριθεί με τη ζεστασιά και την αρμονία που δίνει το ξύλο, γιατί είναι πάντα ένα ζωντανό υλικό, που ζει μέσα στο φυσικό χώρο.

Αντίθετα στο αστικό τοπίο ταιριάζει το ηχοπέτασμα από διαφανές πλαστικό, για καλύτερη ορατότητα πέρα του ηχοπετάσματος.

6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μια υπεραστική οδός ή ένας δρόμος ταχείας κυκλοφορίας δημιουργεί υψηλά επίπεδα θορύβου στις γειτονικές χρήσεις γης. Η πρόβλεψη του επιπέδου θορύβου κρίνεται σημαντική, όταν η οδός περνάει μέσα ή κοντά από μια οικιστική περιοχή.

Με βάση τα συμπεράσματα, που εξήχθησαν από τη μελέτη, περίπτωση του κάθετου οδικού άξονα της Εγνατίας Οδού Ελλάδα Βουλγαρία και συγκεκριμένα το τμήμα «Σέρρες-Προμαχώνα» εξάγονται τα εξής:

- Το επίπεδο θορύβου μειώνεται καθώς απομακρύνεται ο δέκτης από την πηγή και σταθεροποιείται στα 400,00 μ. και άνω.
- Η μεταβολή της ταχύτητας κατά 20 km/h μεταβάλλει το επίπεδο θορύβου κατά 1 dB(A).
- Η τοποθέτηση ηχοπετάσματος μειώνει αισθητά το επίπεδο θορύβου και προτείνεται ως μέτρο αντιμετώπισης ηχορύπανσης. Ένα ηχοπέτασμα ύψους 3,50 μ. που παρεμβάλλεται σε απόσταση 25,00 μ. από το δέκτη μειώνει το επίπεδο θορύβου κατά 17 dB(A). Επίσης σημαντικός παράγοντας στην εκλογή ηχοπετασμάτων είναι η αισθητική τους.
- Κάθε επιπρόσθετο μέτρο στο ύψος των ηχοπετασμάτων επιφέρει επιπλέον μείωση στα επίπεδα θορύβου γύρω στα 2 dB(A).
- Η μεταβολή της θέσης του ηχοπετάσματος μεταξύ πηγής και δέκτη ανά 2,00 μ. απόσταση μειώνει το θόρυβο γύρω στα 2 dB(A).
- Τα φυτά δρουν ως διαχωριστικοί τοίχοι και απορροφούν και μειώνουν σε κάποιο βαθμό το θόρυβο. Φυτεύσεις 10,00 μ. έως 20,00 μ. πλάτους μπορούν να μειώσουν το θόρυβο από 10 έως 20 dB(A). Η αποτελεσματικότητα μιας φύτευσης ή ενός φράκτη που λειτουργεί αντηχητικά αυξάνει με το πλάτος της λωρίδας, την πυκνότητα και το είδος της φύτευσης. Επιπλέον για μείωση θορύβων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους προτιμούνται αειθαλή φυτά.
- Είναι δυνατό για τη μείωση του θορύβου, να συνδυαστεί η κατασκευή ηχοπετάσματος με τη φύτευση θάμνων υψηλών και χαμηλών για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα καθώς και αναρριχόμενων φυτών. Με αυτό τον τρόπο τα ηχοπετάσματα δρουν ως φυσικοί φράκτες και οδηγούν στην αισθητική αναβάθμιση του χώρου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aylor, D. 1972. **Noise reduction by vegetation and ground** – IASA 51 p.p. 197-205
2. Βλαστός Θ., Μπιρμπίλη Τ., 2001. **Ζητήματα σχεδιασμού με κριτήρια την ρύπανση του αέρα και το θόρυβο**. Εκδ. Υ. Ε. Π.& Θ. Τόμος 60Α, Πάτρα σελ.79-80.
3. Βογιατζής Κ., Ψύχας Κ., Καραντούνιας Γ. 1990. **Διερεύνηση Δυνατοτήτων Μείωσης του Κυκλοφοριακού Θορύβου από Συστήματα Φύτευσης και Ζωνών Πρασίνου**. Τεχνικά Χρονικά, Τομ. 10, Τεύχος 1, σελ. 8-20.
4. Baker , R. F. 1975. **Handbook of Highway Engineering**. Van Nostrand Reinhold Company, N. York.
5. Barry , T. M., Reagan J.A., 1978. **FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model**, FHWA-RD-77-108 US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Research, Office of Environmental Policy. Washington, DC.
6. Department of Transport and Welsh Office, 1988. **Calculation of Road Traffic Noise**. HMSO, London, p. 95.
7. Der Bundesminister fuer Verkehr, 1981. **“Richtlinien fuer den Laermschutz an Strassen”** – RLS81.
8. ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε., 2001. **Ανισόπεδος κόμβος Νέου Πετρίτσιου-Προμαχώνας** Τεχνική Έκθεση, Θεσσαλονίκη, σελ. 5-7.
9. ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε. 2001. **Ανισόπεδος κόμβος Νέου Πετρίτσιου-Προμαχώνας Περιοχή Προμαχώνα** Τεχνική Έκθεση, Θεσσαλονίκη, σελ 5-6.
10. Ελευθεριάδης Ν. , 1995. **Θέματα Δασικής Αναψυχής και Αρχιτεκτονικής Τοπίου**. ΤΕΙ Δράμας, σελ. 240
11. Farina A., Fausti P, 1995. **Motorway traffic noise reduction by means of barriers : A design example based on prediction models and experimental verification**. University of Parma and University of Ferrara. Italy.
12. Georgi J.N. et al. (2001) **“Landscape Design for Egnatia Highway an Infrastructure Project in Northern Greece”**. 38th IFLA (International Federation of Landscape Architects) World Congress Singapore 2001, Conference Proceedings, 26-29 July 2001 Singapore, U49-U57.

13. Heisler, G.M., Mc Daniel, O.H. Hodgson, K.K. Portelli, J.J. and Gleason S.B. 1987. **Highway Noise abatement in two forests.** Noise – con 87, The Pennsylvania State University, State College, Pennsylvania. p.p. 465-470.
14. Kotzen Benz, Colin English, 1999. **Environmental Noise Barriers.** E and FN Spon London, p.160.
15. Li K.M, Lui W.K, Lau K.K., Chan K.S, 2003. **A simple formula for evaluating the acoustic effect of balconies in protecting dwellings against road traffic noise.** The Hong Kong Polytecnic University – Department of Mechanical Engineering. Applied Acoustics. Elsevier.
16. Μανατάκης Μ. **Πολυμεταβλητά μοντέλα πρόβλεψης κυκλοφοριακού θορύβου.** Πρακτικά Συνεδρίου 4^η Διεθνής Έκθεση και Συνέδριο για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος, 30 Ιανουαρίου – 2 Φεβρουαρίου 2003 , Αθήνα, σελ. 63-132.
17. Nelson, P., 1997. **Transportation Noise Reference Book.** Butterworth and Co. (Publishers) Ltd.
18. Nordmann T., Froelich A., 2000. **The potential of PV noise barrier technology in Europe.**
19. Ντάφης, Σ., 2002. **Δασοκομία Πόλεων.** Α.Π.Θ. , Θεσσαλονίκη, σελ.150
20. Οικονόμου, Α., 2000. **Τα φυτά και η συμβολή τους στην βελτίωση της ατμόσφαιρας των πόλεων.** Πρακτικά Ελληνικής Εταιρίας Επιστήμης και οπωροκηπευτικών. Διήμερο Διεπιστημονικό Συμπόσιο, 6-7 Μαΐου .
21. Papafotiou M., Chronopoulos J., Tsiotsios A., Mouzakis K. and Balotis G., 2004. **The impact of Design on Traffic Noise Control in an Urban Park.** Journal of Acta Horticulture. IC on Urban Horticulture. Vol. 643, ISHS 2004, p.p. 277-279.
22. Schuizgenen Verkehrslarm. 1988. VDI 2573. **Verein Deutscher Ingenieure.**
23. Τσινίκας Ν.Π., 2002. **Συζήτηση κοινωνικών θεμάτων από την άσκηση αντι-θορυβικής πολιτικής.** Πρακτικά 1^{ου} Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας 1-4 Μαρτίου, Θεσσαλονίκη, σελ.308-314
24. Τσώχος, Γ. 1997. **Περιβαλλοντική Οδοποιία.** Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 257

25. www.fhwa.dot.gov/environment/noise/barrier/stable2.htm