

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΗΧΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

Ε. Α. Κανελοπούλου, Π. Θ. Νάστος, Φ. Ι. Κανδύλης*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια ενός προγράμματος παρακολούθησης των επιπέδων ηχορύπανσης σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, που εκπονείται στο Εργαστήριο Κλιματολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, δίδονται εδώ τα πρώτα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν σε διάφορα σημεία της Αθήνας, όσον αφορά την ηχοενόχληση που δημιουργείται από τον κυκλοφοριακό θόρυβο.

Οι κύριοι στατιστικοί υπολογισμοί έγιναν : α) επί των διακυμάνσεων της μέσης στάθμης κυκλοφοριακού θορύβου μεταξύ διασταυρώσεων κεντρικών αρτηριών και των κυρίως αρτηριών και β) επί των εβδομαδιαίων διακυμάνσεων του δείκτη θορύβου κυκλοφορίας TNI (Traffic Noise Index) των Griffiths-Langdon (1), ο οποίος προσεγγίζει με τον ιδανικότερο τρόπο τη σχέση μεταξύ της ηχοενόχλησης και της υποκειμενικής έντασης (ακουστότητας) του κυκλοφοριακού θορύβου.

ABSTRACT

The first results of the traffic noise which is recorded at several points of Athens area, due to a program that monitors the levels of traffic noise and is supervised by the Laboratory of Climatology of University of Athens, are presented in that study.

The main statistical calculations concern : a) the fluctuations of the traffic noise mean level among road and main avenues crossings and b) the weekly fluctuations of the TNI (Traffic Noise Index), which approaches very well the relation between noise disturbance and subject intensity.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε ακανόνιστος απεριοδικός ήχος, του οποίου η στιγμιαία τιμή αυξομειώνεται με τυχαίο τρόπο θεωρείται ανεπιθύμητος ήχος και ονομάζεται θόρυβος, το δε φαινόμενο της δημιουργίας θορύβων ονομάζεται ηχορύπανση.

Η ηχορύπανση είναι ένα από τα προβλήματα επιβάρυνσης του φυσικού μας περιβάλλοντος με στοιχεία που αλλοιώνουν τη φυσική δομή του και προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του βιοπληρώματος. Από τις επιπτώσεις στο περιβάλλον μπορούμε να αναφέρουμε : α) την υποβάθμιση της περιοχής επιρροής του θορύβου όσον αφορά την αξία γης και κατοικίας, β) την απαγόρευση ανέγερσης νοσοκομείων και σχολείων, γ) την εκτόπιση ή παρενόχληση διαφόρων αστικών λειτουργιών, όπως ο τουρισμός, η εκπαίδευση κ. α., με αποτέλεσμα την υποβάθμιση στην ποιότητα ζωής (μείωση της παραγωγικότητας των εργαζομένων, διαταραχή της επικοινωνίας στην ομιλία κ.λ.π.). Όσον αφορά τις επιπτώσεις στην υγεία, πέραν των προβλημάτων στην ακοή (παροδική ή μόνιμη απώλειά της), έχουν διαπιστωθεί, από την αλλαγή συμπεριφοράς των ανθρώπων και καταγραφεί με την βοήθεια εγκεφαλογραφημάτων, καρδιακών σφυγμών, πίεσης του αίματος κ.λ.π. οι εξής επιδράσεις στον οργανισμό : Αύξηση της συχνότητας του καρδιακού παλμού πάνω από 100/min, εφίδρωση, κακή αιμάτωση, μεταβολές στην ηλεκτρική αντίσταση του δέρματος, υπερένταση, πονοκέφαλος, έλκος κ.λ.π. Συνήθως ο θόρυβος, με την διέγερση του κεντρικού και αυτόνομου νευρικού συστήματος συνεισφέρει στις επιδράσεις δημιουργίας παρεδικών επιπτώσεων στις προαναφερθείσες "νόσους". Σε πολλές όμως περιπτώσεις οι επιρροές αυτές μπορεί να αποβούν μόνιμες.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του θορύβου είναι η ταχύτητα διάδοσης (c), η συχνότητα (f) και η ένταση (I). Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του θορύβου είναι το ύψος (υποκειμενικό αίσθημα της συχνότητας) η ακουστότητα ή ηχηρότητα (υποκειμενικό αίσθημα της έντασης) και η χροιά (αριθμός αρμονικών ταλαντώσεων του ήχου). Για την μελέτη των θορύβων θεωρείται διεθνώς αποδεκτή η

* Εργαστήριο Κλιματολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

περιοχή συχνοτήτων 88 Hz-6000 Hz (η περιοχή ήχων που διεγείρει το ανθρώπινο αφτί είναι μεταξύ 20 Hz-20 KHz, ενώ το φάσμα συχνοτήτων των ήχων γενικώς μπορεί να φθάσει, εντός των στερεών, μέχρι 10^{12} Hz). Η ένταση (I) του θορύβου καθορίζει την ανά μονάδα χρόνου ηχητική ενέργεια που δέχεται η μονάδα επιφάνειας, κάθετα εκτεθειμένη στο θόρυβο και μετρείται σε Watts/m². Επειδή μεταξύ του κατώτατου ορίου ακουστότητας του ήχου ($I_0=10^{-12}$ Watts/m²) και της ανώτερης έντασης θορύβου που ανέχεται το ανθρώπινο αυτί χωρίς να υποστεί βλάβη ($I=10^{-6}$ Watts/m²), η περιοχή εντάσεων είναι τεράστια, επινοήθηκε μία λογαριθμική μονάδα, το Desibel (dB), που ορίζεται ως το 10-πλάσιο του λογαρίθμου του λόγου των δύο εντάσεων ανώτατης και κατώτατης βαθμίδας : $10\log(I/I_0)$, όπου I_0 είναι μία ένταση αναφοράς διεθνώς αποδεκτή ως ίση με 10^{-12} Watts/m². Σύμφωνα με τα ανωτέρω, η στάθμη έντασης του ορίου του πόνου στον ήχο είναι 120 dB περίπου (σ' αυτή την ένταση οι βλάβες στον άνθρωπο από τους θορύβους είναι μεγάλες).

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΕΟΚ (τεύχος 6289/2-11-82) η ημερήσια έκθεση του θορύβου που μπορούμε να δεχθούμε, ανάλογα και με τη διάρκεια του, χωρίς μόνιμη βλάβη της ακοής, δίδεται από τον ακόλουθο πίνακα 1:

Πίνακας 1.

ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΟΥΣ ΘΟΡΥΒΟΥΣ (ΩΡΕΣ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΕΚΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ (Db)
8	80-85
4	89-92
1	90-93
0,5	92-97

Επειδή η ένταση του ήχου δεν είναι εύκολο να μετρηθεί, μετρούμε συνήθως με μικρόφωνα τη διαφορική πίεση (P) την οποία ασκεί το ηχητικό κύμα στην ατμόσφαιρα. Η διαφορική πίεση του κύματος συνδέεται με την ένταση I αυτού μέσω της σχέσης : $I=AP^2$ όπου A είναι συντελεστής αναλογίας εξαρτώμενος από τις φυσικές σταθερές του μέσου διάδοσης. Δηλαδή η ηχητική ένταση 10^{-12} Watts/m² (κατώφλιο ακουστότητας) ισοδυναμεί με διαφορική πίεση $P=2 \cdot 10^{-4}$ μBar = $20\log(P/2 \cdot 10^{-4})$ dB, η οποία λαμβάνεται και ως στάθμη αναφοράς.

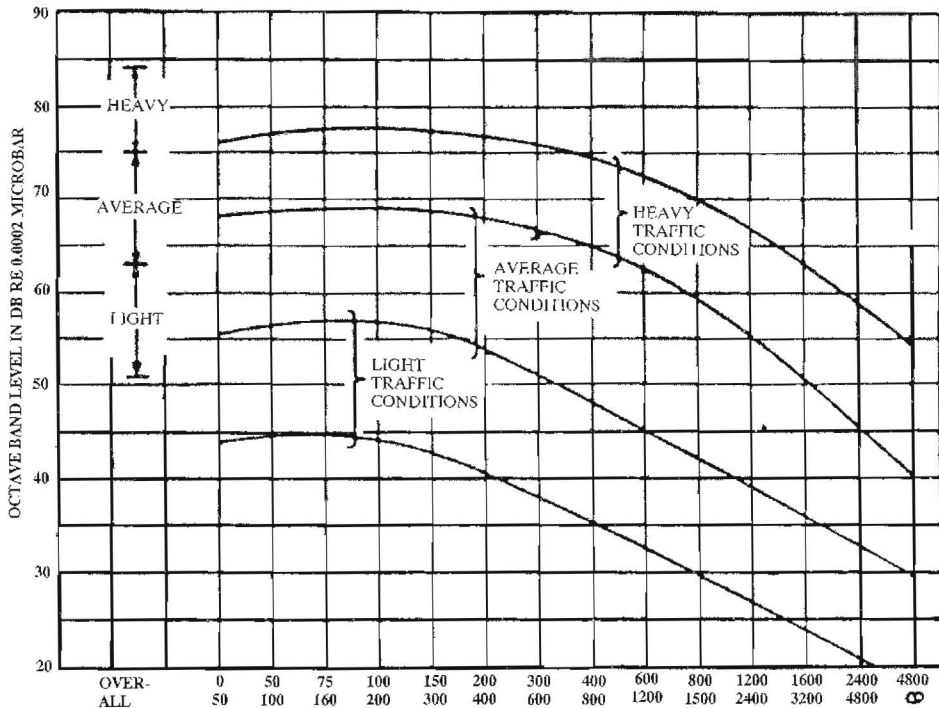
Για τον προσδιορισμό της ενόχλησης από την έκθεση σε κυκλοφοριακό θόρυβο ένας αντιπροσωπευτικός δείκτης είναι η στάθμη Leq. Ορίζεται ως ισοδύναμη ενεργειακή στάθμη θορύβου Leq, η στάθμη συνεχούς θορύβου σε ορισμένη χρονική περίοδο που έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου, σταθερού ή μεταβαλλόμενου κατά την ίδια περίοδο. Ο Leq έχει γίνει ευρύτατα αποδεκτός και χρησιμοποιείται για να εκφράσει, σε οποιαδήποτε χρονική διάρκεια, θορύβους των οποίων η στάθμη μεταβάλλεται με το χρόνο.

Ο προσδιορισμός της κυκλοφοριακής ηχοενόχλησης στην παρούσα εργασία γίνεται εν αναφορά με την χρήση του δείκτη θορύβου κυκλοφορίας TNI. Ο δείκτης TNI παρουσιάζει μεγαλύτερη προσέγγιση με την πραγματικότητα σύμφωνα με την κατά τον Robinson (3) τροποποίηση, βάση της οποίας ο TNI δίδεται από την εξίσωση :

$$TNI = LA_{90} + 4(LA_{10} - LA_{90})$$

όπου LA_{90} είναι η μέση στάθμη έντασης του θορύβου σε dB(A), την οποία υπερβαίνει ο θόρυβος κατά το 90% του χρόνου εντός του 24ώρου και LA_{10} είναι η μέση στάθμη έντασης του θορύβου σε dB(A) την οποία υπερβαίνει ο θόρυβος στα 10% του χρόνου εντός του ίδιου 24ώρου.

Στο σχήμα 1.1 δίδεται το φάσμα του εκ της κυκλοφορίας των οχημάτων θορύβου (2).



Σχήμα 1.1. Φάσμα κατανομής του εκ της κυκλοφορίας των οχημάτων θορύβου.

Η ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΗΧΟΥΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟ ΘΟΡΥΒΟ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

Οι μετρήσεις στάθμης θορύβου γίνονται με ειδικά όργανα που λέγονται ηχόμετρα. Ένα ηχόμετρο είναι ένα όργανο που σχεδιάστηκε για να συμπεριφέρεται στον ήχο σαν το ανθρώπινο αυτί. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηχομέτρων, όμως όλα αποτελούνται από μικρόφωνο, μονάδα επεξεργασίας σήματος και τελική έξοδο (αναλογική ή ψηφιακή). Ο χρήστης θα πρέπει να τοποθετεί το σώμα του με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην παρεμβάλλεται μεταξύ του ηχομέτρου και της ηχητικής πηγής και αλλοιώνει τις μετρήσεις. Αποτελέσματα πειραμάτων δείχνουν ότι σε συχνότητες 400 Hz περίπου οι ανακλάσεις του ήχου επάνω στο χρήστη μπορεί να οδηγήσουν σε λάθος εκτίμηση μέχρι και 6 dB, ειδικά όταν οι μετρήσεις γίνονται σε απόσταση μικρότερη από 1m από τον χρήστη.

Στην παρούσα εργασία επεχειρήθη η καταγραφή της στάθμης κυκλοφοριακού θορύβου σε διάφορες περιοχές της Αθήνας, με την βοήθεια δύο ηχομέτρων τύπου RFT IMPULSSCHALLPEGELMESSER 00 014.

Ως περιοχές καταγραφής επελέγησαν, στην καθαρά αστική ζώνη τα σημεία: I) Δροσοπούλου - Αγίου Μελετίου, II) Πατησίων - Αγίου Μελετίου, III) Μαυροματαίων - Λ. Αλεξάνδρας, IV) Λιοσίων - Αγίου Μελετίου και V) Ομήρου - Σταδίου. Στην περιαστική ζώνη επελέγησαν δύο θέσεις στο Μαρούσι και στην Πετρούπολη: VI) Γοργοποτάμου - Νεαπολέως και VII) Λ. Πετρούπολεως - Ρωμανού αντίστοιχα. Η επιλογή διασταυρώσεων ως θέσεων καταγραφής έγινε για τον υπολογισμό ενός επιπλέον στοιχείου: της διακύμανσης της στάθμης θορύβου μεταξύ των σημείων διασταύρωσης των μεγάλων κυκλοφοριακών αρτηριών και των κυρίως αρτηριών, η οποία μπορεί να φθάσει και τα 20 dB(A), λόγω επιτάχυνσης, επιβράδυνσης και φρεναρίσματος των οχημάτων. Η καταγραφή της ηχοενόχλησης έγινε στο χρονικό διάστημα από το Μάρτιο 1999 και επί δύο μήνες έως το Μάιο 1999, από μία εβδομάδα σε κάθε περιοχή από τις προαναφερθείσες και στις 24 κύριες ώρες του 24ώρου, από εναλλασσόμενες ερευνητικές ομάδες.

Τα βασικότερα στοιχεία που κατεγράφησαν περιγράφονται ακολούθως:

A) Τα μέσα επίπεδα κυκλοφοριακού θορύβου στα σημεία καταγραφής I), II), III), IV), V), VI) και VII) παρουσιάζονται στον πίνακα 2 :

Πίνακας 2.

Σημεία καταγραφή κυκλοφοριακού θορύβου	Κυκλοφοριακός θόρυβος (Leq), σε dB (a)	Αύξηση σε dB(a) μεταξύ κύριων αρτηριών και διασταύρωσης
I) Δροσοπούλου – Αγ. Μελετίου	75 - 77	6
II) Πατησίων – Αγ. Μελετίου	77 - 79	4
III) Μαυροματαίων – Λ. Αλεξάνδρας	80 - 82	2
IV) Λιοσίων – Αγ. Μελετίου	78 - 80	4
V) Ομήρου – Σταδίου	77 - 79	4
VI) Γοργοποτάμου – Νεαπόλεως	73 - 75	5
VII) Λ. Πετρουπόλεως - Ρωμανού	69 - 71	8

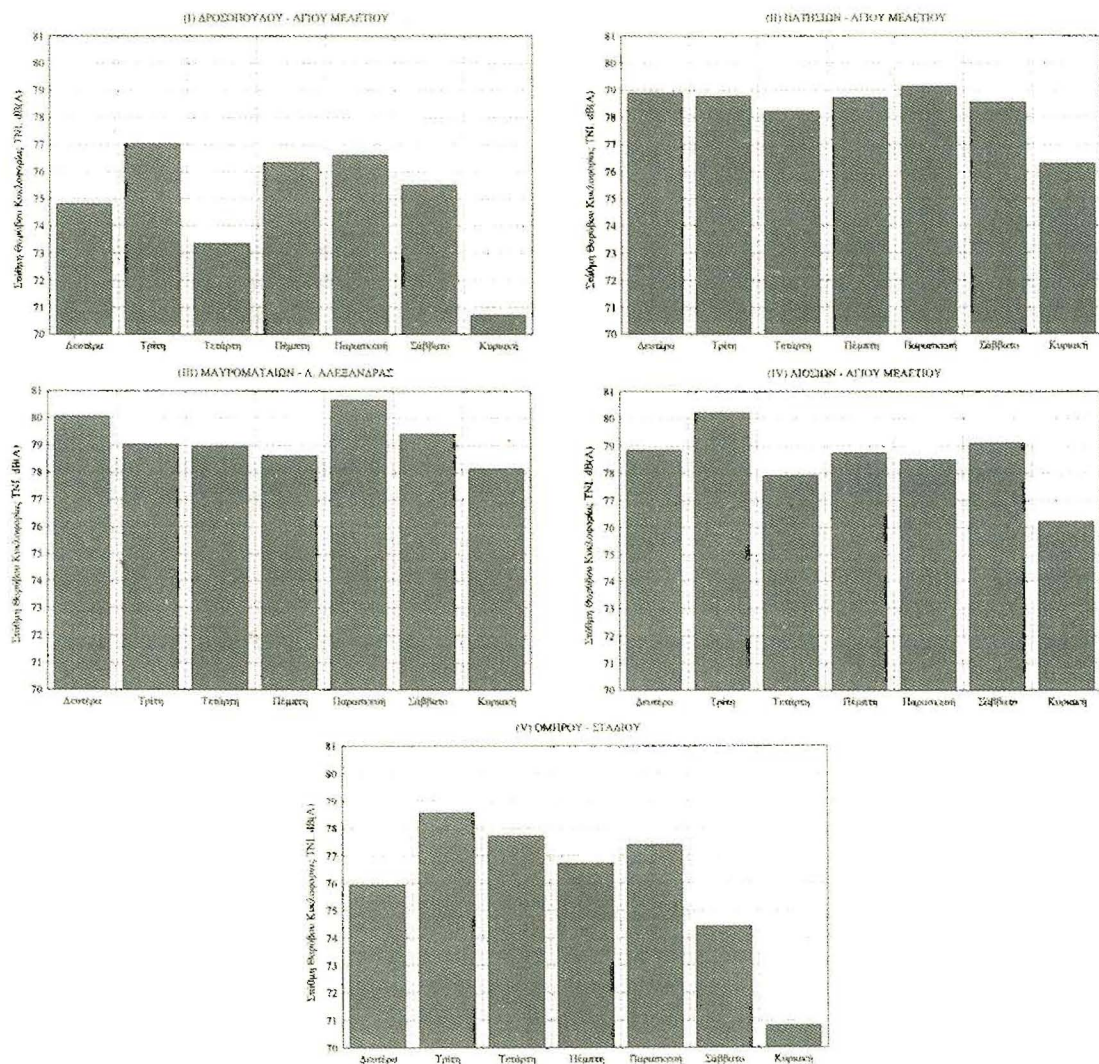
Με δεδομένο ότι τα ανώτατα όρια εκπομπών θορύβου από αυτοκίνητα που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 75 dB, συμπεραίνουμε ότι ολόκληρη η αστική ζώνη της εξεταζόμενης περιοχής χαρακτηρίζεται από θορύβους επιβλαβείς για την υγεία του βιοπληρώματος. Η διακύμανση του θορύβου μεταξύ διασταύρωσης και των κυρίως αρτηριών παίρνει τιμές από 2 - 8 dB(A). Οι μικρότερες διακυμάνσεις σημειώνονται στους δρόμους με τον μεγαλύτερο κυκλοφοριακό θόρυβο.

B) Η κατανομή του δείκτη θορύβου κυκλοφορίας TN1 στις θέσεις καταγραφής που προαναφέρθηκαν στη διάρκεια της εβδομάδας απεικονίζεται στα σχήματα 2.1 και 2.2, που ακολουθούν. Παρατηρούμε συνεχώς υψηλά επίπεδα του δείκτη σ' όλη την διάρκεια της εβδομάδας στη καθαρά αστική ζώνη με εξαίρεση τις θέσεις I και V. Στη περιαστική ζώνη τα επίπεδα ηχοενόχλησης είναι κάτω από τα όρια επικινδυνότητας και χωρίς σημαντικές διακυμάνσεις από ημέρα σε ημέρα στη περιοχή VII αλλά αισθητή μείωση κατά το Σαββατοκύριακο στη περιοχή VI.

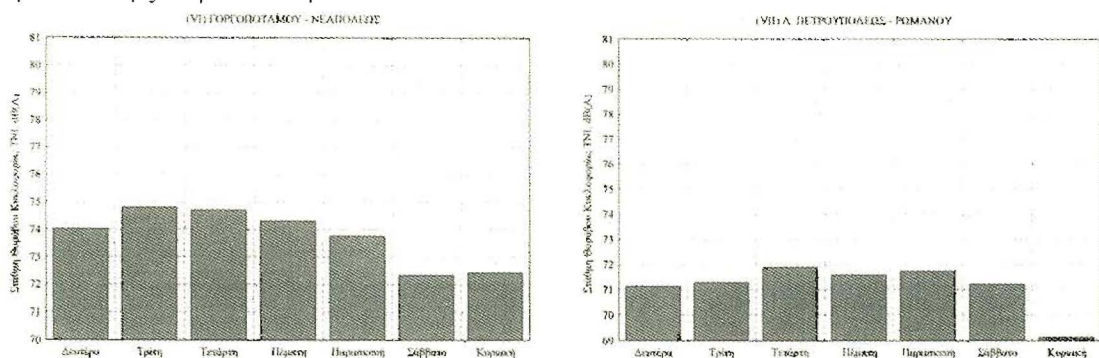
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα αυτής της εργασίας αναφέρονται με την επιφύλαξη ότι καταγράφουν το αποτέλεσμα της πρώτης φάσης μιας ερευνητικής προσπάθειας η οποία στη συνέχεια έχει στόχο να καταγράψει με αυτόματα συστήματα τις διακυμάνσεις των επιπέδων ηχοενόχλησης στην περιοχή του νέου αεροδρομίου των Σπάτων και σε μεγάλες πόλεις της Ελλάδας. Με την επιφύλαξη αυτή του μικρού χρόνου και της μη αυτόματης καταγραφής που θα εκμηδένιζε το προσωπικό σφάλμα παρατήρησης, μπορούμε να πούμε ότι τα σημαντικότερα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα :

- Ολόκληρη η αστική ζώνη της εξεταζόμενης περιοχής χαρακτηρίζεται από θορύβους επιβλαβείς για την υγεία του βιοπληρώματος δεδομένου ότι κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα από την στάθμη των 75 dB(A), που έχει τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Η διακύμανση του θορύβου μεταξύ διασταύρωσης και των κυρίως αρτηριών παίρνει τιμές από 2 - 8 dB(A) με τις μικρότερες διακυμάνσεις σημειούμενες στους δρόμους με τον μεγαλύτερο κυκλοφοριακό θόρυβο.
- Όσον αφορά την εβδομαδιαία διακύμανση των επιπέδων ηχοενόχλησης παρατηρείται σημαντική μείωση την Κυριακή μόνο στις θέσεις καταγραφής I και V της αστικής ζώνης και αισθητή μείωση στη θέση VI της περιαστικής ζώνης.



Σχήμα 2.1. Εβδομαδιαία πορεία της στάθμης θορύβου κυκλοφορίας TNI σε dB (A) σε θέσεις στην καθαρά αστική ζώνη των Αθηνών.



Σχήμα 2.2. Εβδομαδιαία πορεία της στάθμης θορύβου κυκλοφορίας TNI σε dB (A) σε δύο θέσεις στην περιαστική ζώνη των Αθηνών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Griffiths I. D. And Langdon F. J. (1968) : Subjective response to road traffic noise. J. Sound Vib. Vol. 8, pp 16-32.
- Λάσκαρης Κ. (1973) : Συμπόσιο επί των προβλημάτων του περιβάλλοντος στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Το πρόβλημα των θορύβων), Αθήνα. Σελ. 169-208.
- Robinson D. W. (1971) : Towards a unified system of noise assessment . J. Sound Vib. Vol. 14. pp. 279-298.